GALZER

MANUAL DE INSTRUÇÕES

TANQUE
CRIOGÊNICO



Imagem meramente ilustrativa.

V. 1.0

ESTE MANUAL CONTÉM INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO, USO E CUIDADOS.

LEIA COM ATENÇÃO E UTILIZE SEMPRE OS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPIs).

OBRIGADO

PELA PREFERÊNCIA!

Parabéns pelo seu novo produto **GALZER**!

Estamos muito felizes em tê-lo como nosso cliente e comprometidos em oferecer sempre os melhores produtos e serviços. Desenvolvemos este manual de instruções para que você possa operar seu produto com segurança e facilidade.

Na **GALZER,** sua satisfação e segurança são nossas prioridades. Por isso, recomendamos que você dedique um momento para ler atentamente todo o manual, especialmente as instruções de segurança, que são fundamentais para evitar acidentes durante o uso.

Nos empenhamos ao máximo para fornecer informações claras e precisas, complementadas por desenhos e fotografias que facilitam o entendimento.

Como estamos em constante aprimoramento, algumas atualizações podem não estar refletidas nesta edição. Caso tenha dúvidas sobre o conteúdo ou sobre o produto recebido, consulte a versão mais recente em nosso site ou entre em contato com o nosso suporte técnico.

SAC:

+55 (31) 9 9574-1521

+55 (31) 2567-8820

GALZER

TERMO DE GARANTIA

A Galzer garante ao Comprador/Usuário que seus equipamentos são fabricados sob rigoroso controle de qualidade, assegurando pleno funcionamento e características adequadas, desde que instalados, operados e mantidos de acordo com as instruções contidas no respectivo manual do produto.

A Galzer compromete-se a reparar ou substituir quaisquer partes ou componentes que, em condições normais de uso, apresentem falhas decorrentes de defeitos de material ou de fabricação durante o período de garantia estabelecido para cada modelo, assegurando também o cumprimento dos direitos previstos em lei para casos de vícios identificados após a compra, conforme os termos deste documento.

Período de Garantia

O equipamento possui **12 (doze) meses** de garantia, sendo:

- **3 (três) meses** de garantia legal; e
- **9 (nove) meses** de garantia contratual, aplicáveis exclusivamente à unidade principal do equipamento.

Este termo de garantia é válido a partir da data de emissão da nota fiscal de venda, emitida pela Galzer ou por um revendedor autorizado.

Guarde o comprovante de compra (Nota Fiscal ou Cupom Fiscal), pois ele será indispensável para a validação da garantia, quando necessário. Contamos com sua colaboração.

Esta garantia não cobre:

- Equipamentos Galzer ou componentes que tenham sido alterados, modificados ou submetidos a uso incorreto.
- Danos resultantes de acidentes, transporte inadequado, condições climáticas adversas, instalação imprópria ou manutenção inadequada.
- Intervenções técnicas realizadas por pessoas não autorizadas ou não habilitadas pela Galzer.
- Utilização do equipamento fora das aplicações para as quais foi projetado e fabricado.

Despesas de transporte

Os custos de embalagem e transporte (ida e volta) dos equipamentos que necessitarem de serviços técnicos prestados pela Galzer, quando tais serviços estiverem cobertos pela garantia, serão de responsabilidade da empresa.

Assistência Técnica

Caso seja necessário acionar a assistência técnica, nossa equipe especializada está à disposição para orientações e atendimento.

Clique no botão abaixo e fale diretamente com nosso suporte.

Assistência Técnica

1. SUMÁRIO

TERMO DE GARANTIA..... 3
1. SUMÁRIO..... 4
2. APRESENTAÇÃO 6
3. REQUISITOS E PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA 7
3.1 ALERTAS DE SEGURANÇA.....8
3.2 REQUISITOS DE SEGURANÇA..... 10
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DOS GASES E DOS LÍQUIDOS CRIOGÊNICOS 11
3.2.2 SEGURANÇA AMBIENTAL RELACIONADA AO AR 12
3.2.3 RELAÇÃO ENTRE CAPACIDADE DO TANQUE E TEMPERATURA DO LÍQUIDO 13
3.3 PRECAUÇÕES..... 13
3.4 DETECÇÃO E TRATAMENTO DE VAZAMENTOS 14
3.4.1 VAZAMENTO PEQUENO 14
3.4.2 VAZAMENTO GRANDE.....15
4. ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO TANQUE 17
4.1 OPERAÇÃO 18
4.2 SISTEMA DE REGULAGEM DE PRESSÃO 18
4.3 SISTEMA DE FORNECIMENTO DE GÁS 19
4.4 OUTROS SISTEMAS DE TUBULAÇÃO 19
4.5 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO 19
5. INTRODUÇÃO ÀS VÁLVULAS 20
6. DESCRIÇÃO GERAL DAS FUNÇÕES DO TANQUE..... 23
6.1 CARACTERÍSTICAS 23
6.2 ESPECIFICAÇÕES DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO 24
6.3 DISPOSITIVO DE SEGURANÇA 25
6.4 ENCHIMENTO DO TANQUE 25
6.5 ENCHIMENTO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO..... 25
6.6 FORNECIMENTO DE GÁS..... 26
6.7 DESCARGA DE LÍQUIDO..... 26
6.8 VAPORIZADOR DE PRESSURIZAÇÃO 27
6.9 VAPORIZADOR..... 27
7. TRANSPORTE E INSTALAÇÃO 27
7.1 IÇAMENTO..... 28
7.2 TRANSPORTE 28
7.3 LOCAL DE INSTALAÇÃO 29
7.4 INSTALAÇÃO 29

7.5 PROTEÇÃO DA INSTALAÇÃO 30
7.6 REQUISITOS DE SEGURANÇA DO LOCAL DE INSTALAÇÃO 30
8. PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO 31
8.1 PRIMEIRO ABASTECIMENTO 32
8.2 REABASTECIMENTO 34
8.3 FORNECIMENTO DE GÁS 36
8.4 SISTEMA DE ASPERSÃO DE LÍQUIDO CRIOGÊNICO 37
8.5 FORNECIMENTO DE LÍQUIDO 38
8.6 AJUSTE DO REGULADOR DE PRESSURIZAÇÃO R-1 38
8.7 MEDIDOR DE NÍVEL DE LÍQUIDO E MANÔMETRO 40
8.8 ARMAZENAMENTO 41
9. MANUTENÇÃO 42
9.1 INSPEÇÕES DIÁRIAS 42
9.2 DESEMPENHO DE ISOLAMENTO TÉRMICO E MANUTENÇÃO DO VÁCUO 42
9.3 LIMPEZA 43
9.4 SOLDAGEM 43
9.5 PINTURA DO VASO EXTERNO 43
9.6 INSPEÇÕES PERIÓDICAS 43
10. DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO DE FALHAS 44
11. REPARO 47
11.1 PONTOS IMPORTANTES 47
11.2 REPARO DE VÁLVULAS 47
11.2.1 VÁLVULA CRIOGÊNICA DE BLOQUEIO 47
11.2.2 REGULADOR DE PRESSÃO (VÁLVULA DE REGULAÇÃO) 48
11.2.3 PG (MANÔMETRO) E LG (INDICADOR DE NÍVEL) 48
11.2.4 VÁLVULA DE ALÍVIO DE SEGURANÇA 49
11.2.5 CONJUNTO DE DISCO DE RUPTURA DO RECIPIENTE INTERNO 49
11.3 TESTE APÓS O REPARO 49
11.4 RETORNO DE PEÇAS COM DEFEITO 50
12. ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO E DIAGRAMA DE FLUXO 50
12.1 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO E CONJUNTOS 50
12.2 DIAGRAMA DE FLUXO 51
13. ASSISTÊNCIA TÉCNICA 52
ANOTAÇÕES 53

2. APRESENTAÇÃO

Este Manual do Usuário apresenta, de forma detalhada, informações sobre a estrutura, funcionalidade, operação, transporte, instalação, manutenção (incluindo diagnóstico de falhas e reparos), medidas de segurança e outros dados relevantes, com o objetivo de orientar os usuários quanto às etapas de içamento, instalação, operação e manutenção do tanque criogênico vertical de fundo plano.

Recomenda-se que operadores e responsáveis técnicos leiam atentamente este Manual do Usuário e observem rigorosamente as normas aplicáveis à segurança no uso de equipamentos de armazenamento e transporte de líquidos criogênicos, incluindo:

- **JB/T 6898-2015** – Regras de Segurança para o Uso de Equipamentos de Armazenamento e Transporte de Líquidos Criogênicos (China);
- **ISO 21029-1 / ISO 21029-2** – Cryogenic vessels — Vacuum insulated vessels — Partes 1 e 2 (Norma Internacional);
- **ABNT NBR 16785:2020** – Equipamentos para armazenamento e transporte de líquidos criogênicos — Requisitos de segurança (Brasil).

O atendimento a essas normas é fundamental para garantir a operação segura do equipamento, a integridade dos operadores e a conformidade com os requisitos técnicos e legais aplicáveis.

Este manual aplica-se ao modelo de tanque criogênico vertical de fundo plano fornecido pela **Galzer Importação e Exportação Ltda.**, e contempla orientações de segurança e dados específicos sobre o uso de oxigênio líquido (LO_2), nitrogênio líquido (LN_2) e argônio líquido (LAr). É essencial que todos os operadores conheçam este material em detalhes. Em caso de dúvidas, entre em contato com o departamento de atendimento ao cliente da Galzer Importação e Exportação Ltda.

Cada válvula do sistema está identificada com códigos e especificações funcionais. As instruções relacionadas à funcionalidade, operação e manutenção neste manual fazem referência direta a esses códigos, para destacar a atenção especial necessária aos respectivos componentes.

A organização dos capítulos é a seguinte:

- **Capítulo 3 –** Requisitos e precauções de segurança no transporte de líquidos criogênicos.
- **Capítulo 4 –** Estrutura e funcionamento do tanque.
- **Capítulo 5 –** Identificação e função das válvulas.
- **Capítulo 6 –** Operação e controle do equipamento.
- **Capítulo 7 –** Transporte e instalação do tanque.
- **Capítulo 8 –** Procedimento básico de operação.
- **Capítulo 9 –** Manutenção preventiva e corretiva do equipamento.
- **Capítulo 10 –** Diagnóstico e solução de falhas.
- **Capítulo 11 –** Procedimentos de revisão geral e substituição de componentes.
- **Capítulo 12 –** Especificações de projeto e diagrama de fluxo do tanque.
- **Capítulo 13 –** Assistência técnica.

ADVERTÊNCIA

Termos de segurança utilizados neste manual:

- **Aviso:** indica situações que podem comprometer seriamente a segurança do operador.
- **Cuidado:** indica situações que podem danificar o equipamento ou seus componentes.
- **Nota:** destaca informações úteis que merecem atenção.

3. REQUISITOS E PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA

O tanque criogênico é composto por um vaso de pressão interno e um invólucro externo a vácuo, fabricado em aço de baixa liga ou aço inoxidável. O tanque opera sob baixa a média pressão. A integridade do equipamento é protegida por um disco de ruptura e válvulas de alívio de segurança, que entram em ação quando a pressão interna excede os limites operacionais.

Os dispositivos de segurança destinados à proteção do vaso de pressão interno e da câmara de vácuo externa devem estar em conformidade com os seguintes regulamentos e normas técnicas:

- **GB150-2011** – Vasos de Pressão.
- **Q/NMHJ20-2014** – Reforço de Pressão em Vasos Criogênicos Estáticos com Isolamento a Vácuo, Fabricados em Aço Inoxidável Austenítico.
- **TSG R0004-2009** – Regulamento de Supervisão Técnica de Segurança para Vasos de Pressão Estacionários.

Este equipamento foi fabricado conforme as normas e regulamentos técnicos declarados pelo fabricante: GB/T 150, Q/NMHJ20 e TSG R0004-2009.

Para utilização no Brasil, a instalação, regularização, operação, inspeção, manutenção e demais controles de segurança devem atender à legislação e às normas aplicáveis, especialmente à NR-13, quando o equipamento estiver enquadrado em seu campo de aplicação.

A verificação das condições de instalação, enquadramento normativo, inspeções aplicáveis, operação segura, manutenção e atendimento às exigências legais no local de uso são de responsabilidade do cliente/usuário final, devendo ser realizadas com acompanhamento de profissional legalmente habilitado, quando exigido.

As informações acima não afastam as responsabilidades legais do fabricante, importador ou fornecedor quanto à conformidade do produto entregue, às informações técnicas fornecidas, à rastreabilidade, à documentação aplicável e à segurança do equipamento nos termos da legislação vigente.

O sistema de segurança do equipamento inclui um dispositivo combinado de alívio de pressão e disco de ruptura para proteção do vaso interno e um disco de ruptura adicional para proteção da câmara externa de vácuo.

O tanque criogênico foi projetado para oferecer segurança, confiabilidade operacional e funcionamento livre de falhas ao longo de sua vida útil. A operação deve seguir rigorosamente os requisitos de segurança estabelecidos neste manual. Recomendamos que as empresas enfatizem as práticas seguras junto a seus colaboradores e clientes, e que todos os operadores leiam com atenção os alertas, requisitos e precauções de segurança contidos neste documento, além das normas aplicáveis ao manuseio de oxigênio e gases inertes.

É fortemente recomendado que os operadores revisem periodicamente os itens de segurança.

3.1 ALERTAS DE SEGURANÇA

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 1

O acúmulo excessivo de oxigênio pode criar uma condição de “ar enriquecido com oxigênio” (concentração superior a 23%). Neste ambiente, substâncias combustíveis podem inflamar-se com extrema facilidade, resultando em incêndios ou explosões. Mesmo materiais normalmente não inflamáveis podem queimar rapidamente. É proibido o contato de oxigênio com substâncias orgânicas ou combustíveis, como óleo, graxa, querosene, tecido, madeira, tinta, alcatrão e carvão em pó. É estritamente proibido fumar ou utilizar chamas abertas em áreas onde o oxigênio é armazenado, manuseado ou utilizado, pois há risco significativo de lesões graves.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 2

Os vapores de nitrogênio e argônio reduzem a concentração de oxigênio no ar ambiente. Em atmosferas com níveis de oxigênio abaixo de 20%, há risco de perda de consciência, ferimentos graves ou consequências fatais.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 3

Antes de remover qualquer componente do sistema ou desconectar conexões das tubulações, o gás e o líquido criogênico contidos no interior do tanque devem ser completamente aliviados por métodos seguros. Os operadores devem usar luvas de proteção térmica e óculos de segurança. A não observância pode resultar em queimaduras por frio ou outros ferimentos causados pela pressão residual no equipamento.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 4

Durante o manuseio de líquidos criogênicos, é fundamental evitar respingos ou transbordamentos. Todas as partes do corpo que possam entrar em contato com o líquido, tubulações frias, equipamentos frios ou vapores devem estar protegidas. Recomenda-se o uso de luvas térmicas de manga longa, limpas e de fácil remoção. Utilize calças compridas, sem bainhas ou dobras, posicionadas por fora dos calçados de segurança. Calças com bainha devem cobrir completamente os calçados, para evitar o contato do líquido com a pele.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 5

Se as roupas forem respingadas com oxigênio líquido ou expostas a oxigênio saturado, o usuário deve removê-las imediatamente ou ventilá-las completamente, pois elas tornam-se altamente inflamáveis. Existe risco elevado de ignição enquanto houver concentração de oxigênio nas fibras, e essas roupas devem ser consideradas inseguras por pelo menos 30 minutos.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 6

É importante inspecionar periodicamente as válvulas para verificar a ocorrência de congelamento excessivo. Caso haja formação evidente de gelo, o equipamento não deve ser reiniciado até que o congelamento seja totalmente eliminado. A operação com válvulas congeladas pode causar danos ao equipamento.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 7

Antes da instalação de um sistema com oxigênio líquido, os responsáveis devem conhecer os códigos e procedimentos de segurança contra incêndio aplicáveis a sistemas de oxigênio a granel, e adotar as medidas preventivas necessárias.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 8

Reguladores de pressão, conexões e mangueiras que foram utilizados em sistemas de ar comprimido não devem ser reutilizadas em aplicações com oxigênio, a menos que passem por limpeza adequada para uso com oxigênio. Da mesma forma, tanques criogênicos não devem ser usados como equipamentos para ar comprimido. A verificação de vazamentos com oxigênio deve ser feita com solventes compatíveis, e o processo de desengraxe também exige solventes compatíveis com oxigênio.

ATENÇÃO

ALERTA DE SEGURANÇA 9

O transporte e a instalação dos tanques devem seguir rigorosamente as instruções contidas neste manual. O descumprimento pode resultar em danos estruturais severos, ou falha total do equipamento. Durante o transporte, içamento, movimentação e posicionamento, o tanque criogênico deve ser mantido sempre na posição vertical.

3.2 REQUISITOS DE SEGURANÇA

Devido às particularidades do tanque criogênico vertical de fundo plano, devem ser adotadas medidas de segurança específicas relacionadas às propriedades dos gases, baixas temperaturas, condições ambientais e características do vaso de pressão, de modo a garantir segurança total nas operações.

Os operadores devem ler atentamente este manual, familiarizar-se com o tanque, as válvulas e o sistema de tubulação, e seguir rigorosamente os procedimentos operacionais indicados.

Além disso, o uso do tanque deve obedecer rigorosamente às disposições das normas técnicas aplicáveis à segurança de equipamentos criogênicos, incluindo a **JB/T 6898-2015** (China), a **ISO 21029-1/2** (internacional) e a **ABNT NBR 16785:2020** (Brasil), bem como às demais legislações e regulamentações de segurança vigentes no local de instalação.

Caso ocorra perda de vácuo no tanque criogênico vertical de fundo plano, ou danos ao dispositivo de alívio de segurança, medidas corretivas imediatas devem ser adotadas. O conteúdo líquido deve ser completamente drenado, sempre que possível, e o tanque não deve ser reabastecido com líquido criogênico até que passe por reparos e inspeção técnica de qualidade.

Antes de reutilizar qualquer equipamento danificado, o tanque deve ser inspecionado por um fabricante ou técnico especializado. Recomenda-se que todo tanque danificado seja enviado à nossa empresa para avaliação, reparo e ensaio de segurança.

Durante o descarte de tanques danificados, atenção especial deve ser dada às condições de segurança e ambientais relativas ao líquido criogênico e ao gás residual. Essas condições incluem ambientes com:

- Deficiência de oxigênio (anóxicos),
- Enriquecimento de oxigênio,
- Presença de gases inertes.

O tanque criogênico vertical deve ser posicionado sobre superfície nivelada e protegido por cercado de segurança, a fim de evitar o acesso de pessoas não autorizadas ou a interferência de objetos na área de operação.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS DOS GASES E DOS LÍQUIDOS CRIOGÊNICOS

A Tabela 3-1 apresenta algumas das características dos gases oxigênio, nitrogênio e argônio. Durante o uso do tanque, o usuário deve adotar medidas específicas de acordo com o tipo de gás utilizado.

Tabela 3-1 – Características Parciais do Oxigênio, Nitrogênio e Argônio

NOME	OXIGÊNIO	NITROGÊNIO	ARGÔNIO
Símbolo do Elemento	O_2	N_2	Ar
Peso Específico do Gás (Ar: 1)	1,11	0,97	1,38
Cor do Líquido	Azul-claro	Incolor	Incolor
Ponto de Ebulição (a 760 mmHg)	-183 °C	-196 °C	-186 °C
Volume de Gás Vaporizado por 1 L de Líquido (em CNTP)	800 L	643 L	780 L
Asfixia	/	Sim	Sim
Narcose	Sim	Sim	Sim
Risco de Incêndio	Sim	/	/

Oxigênio, nitrogênio e argônio são gases incolores, inodoros e não tóxicos.

O oxigênio é um forte agente oxidante e atua como suporte à combustão. Em ambientes enriquecidos com oxigênio (com concentração superior a 21%), os principais riscos são incêndios e explosões.

O nitrogênio e o argônio podem causar asfixia e narcoses ao deslocarem o oxigênio no ar.

Quando uma pessoa estiver exposta a líquidos criogênicos, é imprescindível o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados, a fim de prevenir lesões por congelamento.

3.2.2 SEGURANÇA AMBIENTAL RELACIONADA AO AR

3.2.2.1 – AMBIENTE COM DEFICIÊNCIA DE OXIGÊNIO (ANÓXICO)

A redução do teor de oxigênio no ar representa um risco potencial, independentemente de ser causada por consumo (como em processos de combustão) ou pela substituição por gases inertes. Medidas preventivas apropriadas devem ser adotadas.

Um indivíduo exposto a um ambiente com concentração de oxigênio entre 8% e 12% pode perder a consciência imediatamente, sem qualquer sintoma prévio.

Se a concentração de oxigênio for reduzida para cerca de 15% ou 16%, substâncias combustíveis comuns (inclusive combustíveis utilizados como fontes de calor ou luz) poderão não queimar adequadamente. Em ambientes com teor de oxigênio ainda menor, a pessoa pode não perceber a gravidade da situação e apresentar sintomas como:

- Sonolência e cansaço,
- Fadiga física e mental,
- Desorientação, raciocínio comprometido,
- Falsa sensação de segurança e conforto.

3.2.2.2 – AMBIENTE ENRIQUECIDO COM OXIGÊNIO

Quando a concentração de oxigênio no ar atinge ou excede 23%, o ambiente é classificado como enriquecido com oxigênio. Embora o oxigênio não seja inflamável, ele acelera significativamente a combustão de materiais combustíveis, aumentando o risco de incêndios.

O sistema de fornecimento de oxigênio deve ser instalado em um local bem ventilado, pois vazamentos ou a atuação das válvulas de alívio de segurança podem causar o acúmulo temporário de oxigênio em ambientes mal ventilados, resultando em risco de incêndio ou explosão.

3.2.2.3 – NITROGÊNIO E ARGÔNIO

O nitrogênio e o argônio são gases inertes e asfixiantes, incapazes de sustentar a vida humana. Eles substituem o oxigênio no ambiente e podem provocar efeitos imediatos e perigosos à saúde.

Mesmo na presença de oxigênio suficiente, a exposição a nitrogênio ou argônio sob alta pressão pode causar narcoses.

O vapor desses gases dilui a concentração de oxigênio no ar, que é essencial à vida. A inalação pode resultar em:

- Falta de oxigênio, com sintomas como tontura, náusea, vômito e perda de consciência;
- E graves complicações à saúde, em casos mais severos.

Em caso de exposição:

- A vítima deve ser imediatamente removida para um ambiente com concentração normal de oxigênio;

- A equipe de primeiros socorros deve estar equipada com respiradores autônomos com fornecimento de oxigênio;
- Se a vítima estiver inconsciente ou sem respirar, deve-se administrar respiração artificial e oxigenoterapia.

Se houver contato da pele ou dos olhos com líquidos criogênicos ou vapores frios, deve-se:

- Lavar ou imergir as áreas afetadas com água morna (entre 41 °C e 46 °C);
- Nunca usar água quente, pois isso pode causar bolhas ou danos profundos aos tecidos;
- Encaminhar a vítima imediatamente para atendimento médico especializado.

3.2.3 RELAÇÃO ENTRE CAPACIDADE DO TANQUE E TEMPERATURA DO LÍQUIDO

A densidade dos líquidos criogênicos diminui conforme aumentam a temperatura ou a pressão, o que implica em uma redução da capacidade (em peso) do tanque à medida que a temperatura de saturação se eleva.

Portanto, durante o processo de reabastecimento sob pressão, é necessário garantir que o volume de líquido no interior do tanque não ultrapasse o volume permitido para a respectiva temperatura de saturação.

Para isso, é obrigatório que, ao preencher o tanque quase completamente, a válvula de controle de nível (trycock) seja aberta para assegurar que o nível de enchimento não exceda 95% da capacidade nominal.

3.3 PRECAUÇÕES

3.3.1 O tanque criogênico vertical de fundo plano é um vaso de pressão, portanto, a pressão interna (vaso interno) não deve exceder a pressão máxima de trabalho especificada durante sua operação. Um funcionário designado deve ser responsável por manter os registros e o controle do equipamento. Caso a pressão ultrapasse o limite permitido, o operador deve abrir imediatamente a válvula de respiro/transbordo V-4 para liberar o excesso de pressão.

3.3.2 As válvulas devem ser abertas ou fechadas de forma lenta e gradual, evitando movimentos bruscos ou repentinos que possam gerar faíscas. As válvulas não devem ser apertadas excessivamente, para evitar danos às vedações e prolongar sua vida útil.

3.3.3 O armazenamento sob pressão só deve ser realizado após a análise da relação entre a taxa de aumento de pressão e a variação de tempo. Os dispositivos de segurança devem ser confiáveis, estáveis e sem sinais de falha.

3.3.4 Os discos de ruptura sobressalentes do conjunto de disco de ruptura do vaso interno devem ser armazenados em caixa hermética e apropriada.

3.3.5 Ao substituir ou reparar uma válvula, é obrigatório garantir a completa remoção de óleo ou graxa antes de reinstalá-la no sistema.

3.3.6 Antes de qualquer procedimento de soldagem durante manutenção, todo o líquido residual no tanque e nas tubulações deve ser escoado. Em seguida, o sistema deve ser purgado com ar seco isento de óleo ou nitrogênio.

3.3.7 Ao acessar áreas enriquecidas com oxigênio, nitrogênio ou argônio, deve-se garantir ventilação e purga adequadas.

3.3.8 Os operadores devem utilizar EPIs apropriados, de forma a evitar contato do líquido criogênico com a pele e/ou os olhos.

3.3.9 Os operadores devem seguir rigorosamente os procedimentos operacionais descritos neste manual, realizar a verificação das condições de segurança e do funcionamento do equipamento antes de encerrar o turno, além de conferir se as válvulas estão em posição correta (abertas ou fechadas) e efetuar a inspeção diária conforme as diretrizes.

3.3.10 Se houver congelamento no equipamento, tubulações ou válvulas, utilize ar quente ou nitrogênio aquecido a 70 ºC e 80 ºC, ou ainda água morna para o descongelamento. É estritamente proibido bater com objetos duros, aplicar chama direta, ou utilizar aquecedores elétricos.

3.3.11 Ao operar válvulas criogênicas de bloqueio com alavanca longa, o volante deve ser girado de forma uniforme com as mãos, sem movimentos laterais, para evitar danos ao isolamento térmico da alavanca, como empenamento.

3.3.12 Quando o tanque for utilizado apenas para armazenamento de líquido (sem enchimento ou descarga), as válvulas V-6 (descarga/pressurização), V-11 (econômica) e V-5 (fornecimento de gás) devem ser mantidas fechadas, a fim de evitar o aumento rápido da pressão interna.

3.3.13 Durante o uso regular do tanque, não se deve esvaziar completamente o líquido armazenado, pois isso causará a elevação da temperatura interna para níveis atmosféricos, resultando em alto consumo de líquido na próxima recarga. Caso o equipamento fique inativo por longos períodos, e houver vantagem econômica em esvaziá-lo, todo o líquido pode ser drenado. Após isso, todas as válvulas de saída devem ser fechadas. Deve-se manter uma pressão interna entre 0,02 e 0,05 MPa, a fim de evitar a entrada de ar úmido e poeira, que poderiam obstruir as tubulações e válvulas, além de reduzir a pureza do gás.

3.3.14 A capacidade de vaporização do vaporizador de pressurização interno do tanque é projetada com base na vazão de descarga de líquido por unidade de tempo. A partir dessa vazão, pode-se calcular o tempo necessário para o processo de pressurização durante o enchimento. Esse tempo depende não apenas do volume líquido armazenado (grau de enchimento), mas também do valor da pressão. Portanto, o tempo de pressurização é proporcional ao volume da fase gasosa e à pressão interna do tanque.

3.3.15 Antes do envio ao cliente, o vaso interno é preenchido com nitrogênio seco entre 0,02 e 0,05 MPa. Esse gás deve ser completamente liberado antes do primeiro enchimento, a fim de evitar a entrada de ar úmido no sistema.

3.4 DETECÇÃO E TRATAMENTO DE VAZAMENTOS

3.4.1 VAZAMENTO PEQUENO

Nos tanques criogênicos, os pequenos vazamentos ocorrem principalmente nas tubulações externas, tais como válvulas, pontos de solda, conexões tipo "sleeve" (encaixe por luva) e similares. Esses vazamentos podem ser controlados no local.

- Vazamentos em válvulas ou conexões tipo "sleeve" (encaixe por luva) podem ser resolvidos com aperto adequado.
- Vazamentos em juntas podem ser corrigidos com a substituição das mesmas, seja com o sistema em operação (online) ou desligado (offline), dependendo da proximidade da junta em relação ao líquido.

Se o vazamento ocorrer na válvula raiz, recomenda-se fechar imediatamente a válvula de entrada (líquido/gás). Após a completa despressurização do sistema a jusante e com o conjunto em temperatura ambiente, a válvula pode ser aberta para substituição da junta. Caso o vazamento seja na própria válvula, esta só poderá ser substituída após total esvaziamento do sistema e estabilização térmica.

Em caso de rachadura no tubo, o componente deve ser substituído. Para meios não inflamáveis e não comburentes, como nitrogênio líquido ou argônio líquido, é possível realizar a substituição da tubulação com o sistema ainda em operação, desde que as válvulas raiz estejam fechadas. Já para meios comburentes ou inflamáveis, o tanque deve ser previamente drenado, purgado e substituído, antes de realizar qualquer troca de válvulas. Somente deve-se operar online se não houver líquido, gás ou pressão a jusante da válvula raiz.

Em caso de rachadura no vaso interno, o sistema deve ser imediatamente drenado e os operadores evacuados do local. Deve ser formada uma equipe de auxílio mútuo, com pelo menos dois operadores, todos devidamente equipados com EPIs, como óculos de proteção e vestimentas apropriadas. Essa equipe será responsável por fechar válvulas, localizar o ponto de vazamento e definir o plano de contenção.

ATENÇÃO

1. Os usuários devem manter um plano de resposta a emergências atualizado e realizar treinamentos e simulações anualmente.
2. A equipe de resposta a emergências deve conter pelo menos dois operadores, todos devidamente equipados com máscaras de oxigênio e EPIs adequados.
3. Após a ocorrência de um vazamento, deve-se identificar rapidamente a causa, avaliar a necessidade de fechamento do sistema e garantir exaustão local adequada ou exaustão total.
4. Em caso de necessidade de trabalhos com fogo próximo ao tanque com oxigênio líquido, é obrigatório o esvaziamento e purga completa do tanque. Jamais utilize fogo ou chama aberta em tanques contendo oxigênio líquido.

3.4.2 VAZAMENTO GRANDE

O oxigênio líquido é um agente oxidante forte e comburente. Em ambientes com ar enriquecido com oxigênio (concentração superior a 21%), há alto risco de incêndio ou explosão.

Em caso de grande vazamento, todos os envolvidos devem primeiramente assegurar sua própria proteção antes de se aproximar do local. Uma equipe emergencial temporária deve ser formada.

Sempre que as condições de segurança permitirem, os feridos ou pessoas presas no local do acidente devem ser resgatados e socorridos imediatamente.

A seguir, deve-se:

- Interromper o vazamento;
- Diluir o oxigênio com gás nitrogênio, operando a favor do vento (posição de barlavento), a fim de evitar asfixia;
- Evitar formação de misturas explosivas.

Outras ações imediatas:

- Isolar a área;
- Restringir severamente o acesso ao local;
- Desativar imediatamente fontes de ignição e energia elétrica;
- Utilizar vestimentas antiestáticas;
- Remover materiais inflamáveis da área.

Caso o local não seja seguro para realizar resgate ou manobras de contenção, acione o Corpo de Bombeiros imediatamente.

ATENÇÃO

Se o oxigênio líquido atinge suas roupas, deve-se removê-las imediatamente ou soprar vigorosamente para eliminar o oxigênio impregnado. As roupas contaminadas com oxigênio líquido tornam-se altamente inflamáveis e podem se inflamar mesmo sem fonte de ignição direta. As roupas devem ser consideradas inseguras por pelo menos 30 minutos.

Resposta a Vazamento de Nitrogênio Líquido ou Argônio Líquido:

1. Evacue imediatamente as pessoas para a direção oposta ao vento e isole o local, restringindo totalmente o acesso.
2. Acione o Corpo de Bombeiros.
3. As equipes de emergência devem usar respiradores autônomos (SCBA), vestimentas térmicas e luvas de proteção.
4. Impedir o escoamento do líquido para porões ou espaços confinados onde haja pessoas. Se não for possível conter o vazamento, notifique imediatamente as autoridades responsáveis.
5. Evite contato direto com o líquido vazado.
6. Tente interromper o vazamento na fonte.
7. Acelere a evaporação do líquido utilizando neblina de água, porém não direcione jatos de água diretamente sobre o líquido.
8. Utilize exaustores para desviar o vazamento para áreas abertas, evitando o acúmulo de gás em áreas rebaixadas.
9. É proibida a permanência em terrenos baixos ou na direção do vento (sotavento).

4. ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO TANQUE

O tanque criogênico vertical de fundo plano é um vaso de pressão criogênico compacto, do tipo jaquetado, com isolamento a vácuo em múltiplas camadas (isolamento em pó a vácuo), utilizado para armazenamento e fornecimento de gases criogênicos liquefeitos (como nitrogênio líquido, oxigênio líquido e argônio líquido).

A estrutura do tanque é composta por:

- Recipiente interno em aço inoxidável austenítico;
- Recipiente externo (jaqueta) em aço de baixa liga ou aço carbono;
- Estruturas de suporte que conectam o vaso interno e a jaqueta externa;
- Materiais de isolamento térmico;
- Dispositivo de adsorção com peneira molecular;
- Paletes para movimentação com empilhadeira;
- Sistema de válvulas e tubulações instalado ao redor da carcaça do vaso.

A jaqueta externa é um espaço de vácuo. Para garantir uma longa vida útil do isolamento a vácuo e manter o tanque em estado eficiente de isolamento térmico por um longo período, são realizados rigorosos testes de pressão, testes de vedação e testes com espectrômetro de massa de hélio no vaso interno e na jaqueta. Esses testes asseguram que a taxa de vazamento do tanque é inferior a 2×10^{-7} Pa·m³/s.

O tanque foi projetado para oferecer máxima conveniência e segurança ao cliente. No tubo de ventilação do vaso interno, está instalado o conjunto V-7, equipado com dois dispositivos combinados de alívio de pressão (RV-1 e BD-1), garantindo que o vaso interno esteja sempre protegido contra sobrepressão e evitando danos por operação incorreta. A pressão de abertura da válvula de alívio RV-1 é previamente ajustada pelo fabricante antes da entrega. Caso a válvula RV-1 apresente falha e a pressão interna do vaso exceda o limite máximo de operação, atingindo a pressão de ruptura do disco, o disco de ruptura (BD-1) se rompe, liberando o gás interno e evitando sobrepressão. Se um dos dois dispositivos de alívio estiver danificado e necessitar calibração, a válvula de três vias (V-7) permite comutação para o outro dispositivo de alívio.

O tanque mantém o isolamento térmico através da combinação de materiais de isolamento em múltiplas camadas e do vácuo.
A estrutura é composta por:

- **Vaso interno –** utilizado para o armazenamento do fluido criogênico, atuando como o vaso de pressão principal;
- **Carcaça externa –** protege a camada isolante e o vaso interno;
- **Sistema de tubulação –** responsável pela operação do tanque (uso de líquido, gás e regulador de pressurização);
- **Palete para empilhadeira –** destinado ao posicionamento e movimentação do tanque quando vazio.

4.1 OPERAÇÃO

O tanque pode fornecer fluxo contínuo e estável de gás, por meio das válvulas PB/V-6 (válvula de descarga de líquido/pressurização) e V-5 (válvula de fornecimento de gás).

O sistema conta com um vaporizador de pressurização, responsável por aquecer o líquido e o gás, garantindo a entrega de gás a uma pressão estável. Além disso, o tanque pode fornecer líquido diretamente pela válvula V-3.

Durante a operação, é essencial monitorar a pressão do vaso interno e as condições da carcaça externa. Em caso de qualquer anormalidade, a operação deve ser interrompida imediatamente, e o responsável técnico deve ser contatado.

4.2 SISTEMA DE REGULAGEM DE PRESSÃO

O sistema de regulagem de pressão é composto por:

- Válvula de descarga/pressurização PB (V-6);
- Regulador de pressurização (R-1);
- Válvula de segurança do sistema de pressurização (RV-2);
- Válvulas de retenção (CV-1 e CV-3);
- Vaporizador de pressurização;
- Vaporizador;
- Filtro (F-1).

Funcionamento

1. Para utilizar o tanque, abra a válvula PB/V-6.
2. Quando a pressão do gás na fase superior do vaso interno estiver abaixo do valor pré-definido do regulador R-1, o líquido criogênico no interior do vaso flui pela tubulação de saída inferior, passando pelo filtro F-1, pelo regulador R-1 e pela válvula de retenção CV-1, dirigindo-se ao vaporizador de pressurização.
3. No vaporizador de pressurização, o líquido é vaporizado e retorna como gás para o espaço gasoso do vaso interno por meio da válvula de retenção CV-3 e da linha de ventilação.
4. A pressão interna aumenta até atingir o valor pré-ajustado do regulador R-1, que então se fecha automaticamente.
5. Com o consumo do líquido criogênico, quando a pressão da fase gasosa cai abaixo do valor ajustado, o regulador R-1 abre novamente, repetindo o processo de pressurização.

Observação:

O sistema de pressurização e o sistema de fornecimento de gás podem operar simultaneamente. Quando o equipamento consumidor de gás está conectado à válvula de fornecimento de gás V-5, a abertura da válvula PB/V-6 permite o fornecimento contínuo de gás, mantendo a pressão estável.

4.3 SISTEMA DE FORNECIMENTO DE GÁS

O sistema de fornecimento de gás é utilizado para disponibilizar gás aos equipamentos consumidores.

Para utilizar o tanque de líquido:

1. Abra primeiramente a válvula de descarga/pressurização PB (V-6).
2. Quando a pressão da fase gasosa no vaso interno estiver abaixo do valor pré-ajustado do regulador de pressurização (R-1), o líquido criogênico no vaso interno flui pela tubulação de saída inferior e segue para o vaporizador de pressurização, passando pelo filtro F-1, regulador R-1 e válvula de retenção CV-1.
3. No vaporizador de pressurização, o líquido será vaporizado, e retornará em forma de gás através da válvula de retenção CV-3 e do tubo de ventilação para o espaço gasoso do vaso interno. Assim, a pressão da fase gasosa aumenta e é mantida estável.
4. A maior parte do gás segue pela válvula de fornecimento de gás V-5 até o equipamento consumidor.
5. Quando a pressão interna do vaso se torna excessiva, o gás flui pela válvula econômica V-11 e pela válvula de retenção CV-2, sendo aquecido no vaporizador antes de seguir pela válvula V-5 até o equipamento de consumo.

4.4 OUTROS SISTEMAS DE TUBULAÇÃO

O sistema adicional de tubulações do tanque é composto por:

- Sistema de abastecimento: (C-1, V-1, V-2, CV-4);
- Sistema de medição de líquido: (V-8, V-9, V-10, PG, LG);
- Sistema de segurança: (V-7, RV-1, BD-1).

Esses sistemas estão organizados de forma compacta ao redor do tanque, facilitando a operação, otimizando o espaço e permitindo a entrega prática do equipamento.

4.5 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Nosso tanque criogênico vertical de fundo plano oferece uma solução conveniente, confiável e econômica para o armazenamento e transporte de oxigênio líquido, nitrogênio líquido e argônio líquido. Suas principais características são:

A. O sistema de regulagem de pressurização mantém automaticamente a pressão interna do tanque estável, ajustada conforme a necessidade do cliente.

B. O tanque, juntamente com o sistema de válvulas e tubulações, forma um circuito fechado. Este circuito pode fornecer líquido ou gás para os usuários externos utilizando apenas a pressão interna do próprio tanque, sem necessidade de energia externa (exceto em casos de grandes descargas de líquido), garantindo assim a pureza do gás ou líquido fornecido.

C. O gás armazenado no tanque geralmente possui maior pureza do que o armazenado em cilindros convencionais de alta pressão.

D. A operação é simples e prática: basta abrir as válvulas PB/V-6 (descarga/pressurização), V-11 (econômica) e V-5 (fornecimento de gás) para utilizar o gás.

E. O sistema de tubulação é compacto e disposto ao redor do tanque, facilitando a operação, economizando espaço e permitindo movimentação fácil. Há um palete para empilhadeira na base do tanque para transporte, quando vazio.

F. O tanque pode fornecer gás com pressão e fluxo estáveis, aproveitando o gás vaporizado, o que reduz significativamente o desperdício.

G. O tanque oferece um conjunto completo de funcionalidades, entre as quais:

1. Fornecimento de gás de média e baixa pressão a usuários externos por meio da válvula V-5, possibilitando seu uso como estação central de fornecimento de gás;
2. Possibilidade de enchimento de recipientes criogênicos menores;
3. Conexão com sistemas de pulverização de líquido criogênico, podendo atuar como unidade de refrigeração de nitrogênio líquido para moagem em baixa temperatura ou congelamento rápido de alimentos;
4. Permite amostragem de gás ou líquido armazenado para análise de pureza;
5. Permite enchimento a partir de caminhão-tanque ou transferência para caminhão-tanque;
6. Pode ser movimentado com empilhadeira quando vazio, sem necessidade de base fixa para instalação;
7. Possui um manômetro de vácuo com termopar metálico, usado para verificar o grau de vácuo na jaqueta.

5. INTRODUÇÃO ÀS VÁLVULAS

Cada válvula possui um código único, utilizado para sua identificação e referência operacional.

Esta seção apresenta o nome e a função de cada válvula, com o objetivo de fornecer ao usuário uma compreensão mais clara da estrutura do tanque, do funcionamento das válvulas e de sua operação correta.

Em caso de incidentes ou falhas, o conhecimento prévio das válvulas permite uma resposta mais rápida e precisa.

Os diagramas de fluxo do tanque criogênico vertical de pequeno porte (Capítulo 12) ilustram a disposição das válvulas e do sistema de tubulações.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	FUNÇÃO
V-1 / V-1”	Válvula superior de entrada de líquido	Usada para encher o líquido criogênico, a partir do conjunto de enchimento (caminhão-tanque), para o recipiente interno pela parte superior. O tubo de entrada possui formato de pulverização, o que melhora a eficiência de enchimento e reduz perdas. Válvula normalmente fechada (N.C.), abrindo apenas durante o enchimento.
V-2 / V-2”	Válvula inferior de entrada de líquido	Permite o enchimento de líquido criogênico pela parte inferior do vaso interno (via caminhão-tanque). É uma válvula N.C., aberta apenas durante o enchimento.
V-3	Válvula de descarga de líquido	Utilizada para descarregar líquido criogênico do vaso interno para abastecer recipientes menores ou vaporizadores externos. É uma válvula N.C.
V-4	Válvula de respiro / transbordo	Usada para verificar se o recipiente interno está cheio. Quando atinge o nível máximo, o líquido transborda por esta válvula, limitando a quantidade de enchimento. Também pode ser usada para reduzir a pressão interna. É normalmente aberta (N.O.) durante o enchimento, e normalmente fechada (N.C.) nas demais condições.
V-5	Válvula de fornecimento de gás	Utilizada para fornecimento de gás. O gás, vaporizado ao passar pela linha de pressurização/saída de líquido, sistema de pressurização e vaporizador, além do gás de alta pressão aquecido pelo vaporizador, é fornecido ao cliente. Esta válvula é N.O. durante o fornecimento de gás; caso contrário, é N.C.
V-6	Válvula de descarga de líquido/ pressurização (PB)	Principalmente usada como válvula de saída de líquido para controlar o fluxo. O líquido criogênico que passa por esta válvula, pelo sistema de pressurização e pelo vaporizador é aquecido, mantendo a pressão interna e permitindo fornecimento estável de gás. Válvula N.O. quando fornecendo gás.
V-7	Válvula de três vias	Usada para comutar para o dispositivo de alívio de segurança reserva durante inspeção, manutenção ou reparo do dispositivo de alívio combinado do recipiente interno, ou na substituição da válvula de alívio ou disco de ruptura. É uma válvula intertravada para garantir que o vaso interno esteja sempre conectado ao dispositivo de alívio.

V-8	Válvula da fase gasosa (medidor de nível)	Separa a cavidade de baixa pressão do medidor de nível da linha de fase gasosa do recipiente. Válvula N.O.
V-9	Válvula da fase líquida (medidor de nível)	Separa a cavidade de alta pressão do medidor de nível da linha de fase líquida do recipiente. Válvula N.O.
V-10	Válvula de balanceamento do medidor de nível de líquido	Utilizada para equalizar a pressão entre as câmaras de alta e baixa pressão do medidor de nível de líquido. É uma válvula normalmente fechada (N.C.)
V-11	Válvula econômica	Abre a fase gasosa do recipiente. Quando a pressão é muito alta, o gás flui por esta válvula, pelo vaporizador e pela válvula de gás de pressurização V-15. Válvula N.O. durante fornecimento de gás.
V-12	Válvula do tubo de vácuo	Isola a câmara de vácuo do tubo do vacuômetro. Só deve ser aberta para medir o grau de vácuo. Caso contrário, permanece fechada. ⚠ **Atenção:** não abrir sem necessidade.
V-13	Válvula de alívio/ respiro	Reduz a pressão interna do recipiente quando esta está excessiva. Válvula N.C., abrindo apenas quando a pressão está alta.
V-14	Válvula de líquido	Controla a saída de líquido criogênico do recipiente interno para pressurização, vaporizador ou linha de saída de líquido. Válvula N.O. quando em uso.
V-15	Válvula de gás de pressurização	Conduz o gás proveniente do sistema de pressurização, via regulador R-2, de volta ao vaso interno para elevar a pressão na fase gasosa, conforme ajuste do regulador. Válvula N.O. durante fornecimento de gás.
CV-1	Válvula de retenção	Impede o fluxo reverso de gás e líquido no sistema.
F-1	Filtro	Filtra o líquido que passa pela linha de saída, garantindo a pressão de gás e reduzindo impurezas que possam chegar aos equipamentos a jusante.
R-1 / R-2	Reguladores de pressurização	Controlam automaticamente a pressão interna e a pressão de fornecimento de gás. Abre automaticamente quando a pressão interna é menor que o ajuste, e fecha automaticamente quando é maior.
RV-1	Válvula de alívio de segurança do vaso interno	Protege o recipiente interno, abrindo automaticamente quando a pressão excede o valor de ajuste de fábrica, liberando gás da fase gasosa.
RV-2 a RV-6	Válvula de alívio de segurança da tubulação	Protege o sistema de pressurização e a linha de saída de líquido contra sobrepressão, abrindo automaticamente quando a pressão ultrapassa o valor de ajuste.

BD-1	Conjunto de disco de ruptura do vaso interno	Conectado à fase gasosa do recipiente interno, o BD-1 é um dispositivo de segurança que se rompe para aliviar o gás caso a válvula de segurança falhe e a pressão exceda o limite.
LG	Medidor de nível de líquido	Indica o nível de líquido no tanque com base na pressão diferencial (Pa ou mm H_2O), utilizando a tabela de referência do vaso externo.
PG	Manômetro	Indica a pressão interna do vaso. Deve ser usado apenas com oxigênio, sem contato com óleo.
VE-1	Válvula de vácuo	Usada para evacuar o vaso e como dispositivo de segurança (disco de ruptura) da jaqueta externa, abrindo a 0,05 MPa para liberar gás da jaqueta em caso de falha no vácuo. ⚠ **Atenção:** manutenção frequente é necessária; não deve ser manuseada por pessoas não qualificadas.
TC-1	Tubo do medidor de vácuo	Usado com medidor de vácuo para aferir o grau de vácuo da jaqueta. ⚠ **Atenção:** não danificar a proteção externa.
C-1	Conexão de enchimento	Conexão para acoplar a mangueira metálica de abastecimento de líquido criogênico.

6. DESCRIÇÃO GERAL DAS FUNÇÕES DO TANQUE

O tanque criogênico vertical de fundo plano é um sistema compacto, completo, seguro e prático para armazenamento de líquidos criogênicos e fornecimento de gás. Ele é projetado para armazenar nitrogênio líquido, oxigênio líquido e argônio líquido, possibilitando o fornecimento tanto de líquido quanto de gás.
Esta seção apresenta os principais procedimentos de operação durante o uso do tanque.

6.1 CARACTERÍSTICAS

O tanque criogênico é um sistema de armazenamento e fornecimento de gases criogênicos, destinado ao transporte e uso de nitrogênio líquido, oxigênio líquido e argônio líquido. Trata-se de um equipamento simples, seguro e conveniente, que apresenta as seguintes características:

1. Capacidade de fornecer gás com pressão e fluxo estáveis.
2. Fácil instalação, não exigindo base fixa. Pode ser movimentado com empilhadeira.
3. Pronto para uso, bastando conectar diretamente à linha de fornecimento de gás, sem necessidade de tubulações adicionais.
4. O abastecimento de líquido pode ser realizado pelas tubulações de entrada superior e inferior.

5. O sistema de tubulação é projetado para facilidade de operação.
    - Todas as válvulas são projetadas e fabricadas conforme normas técnicas.
    - O sistema de enchimento possui um conector rápido, permitindo conexão e desacoplamento rápidos.
    - O sistema de segurança é composto por um conjunto duplo de dispositivos de alívio e uma válvula de alívio manual.
6. O tanque é projetado principalmente para fornecimento de gás, mas também pode fornecer líquido.
7. Permite a amostragem do gás ou do líquido armazenado para análises.
8. Possui vaporizador de pressurização, garantindo um fornecimento de gás estável.

6.2 ESPECIFICAÇÕES DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO

Dependendo da faixa de pressão e da série de fabricação, o regulador de pressão (R-1) controla a pressão de gás no tanque.

- Série 1,6 MPa: Faixa de pressão de 0,8 a 1,6 MPa, com manutenção da pressão no valor ajustado para uso contínuo.
- Série 2,6 MPa: Faixa de pressão de 1,6 a 2,4 MPa, mantendo pressão estável.
- Série 3,4 MPa: Faixa de pressão de 2,0 a 3,2 MPa, também mantida no valor ajustado.

A pressão do tanque é controlada automaticamente pelo regulador R-1, garantindo o funcionamento adequado e as condições ideais do líquido.
Embora existam diferenças de especificações entre as séries, a função básica é a mesma.

O tanque pode fornecer líquido e gás simultaneamente, quando utilizado em conjunto com vaporizadores e aquecedores externos.

A estrutura do tanque consiste em:

- Carcaça externa com vácuo;
- Vaso interno em aço inoxidável;
- Camada de isolamento térmico, selada permanentemente de fábrica, para manter o alto vácuo e excelente isolamento.

Todas as válvulas estão dispostas de forma compacta ao redor do tanque, tornando a operação conveniente.

A movimentação é segura e rápida, com uso de palete para empilhadeira.

6.3 DISPOSITIVO DE SEGURANÇA

O tanque é equipado com dispositivos de segurança de pressão para prevenir sobrepressão.
O dispositivo de segurança, instalado de fábrica, é composto por um conjunto de válvulas de segurança duplas e um disco de ruptura, que podem ser acionados por meio da válvula de três vias (V-7).

O tanque conta com discos de ruptura que atuam como proteção contra pressão excessiva. Caso a válvula de alívio de segurança (RV-1) do vaso interno não funcione corretamente e a pressão ultrapasse o limite previsto, o disco se rompe, liberando o gás.

Na parte superior da jaqueta externa há uma válvula de vácuo para evitar sobrepressão, além de um equipamento de teste de vácuo instalado no mesmo local.

6.4 ENCHIMENTO DO TANQUE

Antes do processo de enchimento, atente-se às seguintes recomendações:

1. Utilize tubulações o mais curtas possível, pois tubulações longas aumentam as perdas e prolongam o tempo de enchimento.
2. O líquido residual permanecerá na seção entre duas válvulas, portanto, faz-se necessário um dispositivo de segurança.
3. O tempo de enchimento deve ser o mais curto possível.

Antes de iniciar o enchimento:

- Inspecione visualmente o tanque para verificar se está limpo, íntegro e apto ao uso.
- Em caso de danos, providencie o reparo imediatamente.
- Purgue o tanque com um gás apropriado, garantindo que a temperatura do ponto de orvalho no vaso interno não seja superior a -40 °C.

6.5 ENCHIMENTO POR DIFERENÇA DE PRESSÃO

O enchimento pode ser realizado por diferença de pressão, quando o líquido flui de um tanque de alta pressão para um tanque de baixa pressão através da conexão de enchimento (C-1) e da válvula de entrada superior (V-1).

Este método reduz as perdas, pois o sistema possui um bico de pulverização que atomiza o líquido frio, promovendo contato eficiente com o gás quente no interior do tanque.
Quando o líquido frio entra em contato com o gás quente, ocorre redução da pressão interna, permitindo um enchimento mais rápido.

O líquido também pode ser rapidamente abastecido através da válvula de entrada inferior (V-2).
A pressão interna pode ser mantida estável abrindo-se simultaneamente as válvulas de entrada superior e inferior.

Quando o tanque está completo, o líquido excedente escoa pela válvula de respiro/transbordo (V-4).

ATENÇÃO

Se a pressão no tanque de entrada estiver maior do que no tanque receptor, é necessário reduzir a pressão do tanque de entrada.
Durante o processo de enchimento, o tanque não deve ser utilizado para fornecimento.

6.6 FORNECIMENTO DE GÁS

Quando o tanque é utilizado para fornecimento de gás, a pressão interna é controlada automaticamente pelo regulador de pressurização (R-1).

O líquido criogênico é vaporizado ao passar pela válvula PB/descarga de líquido (V-6) e seguir para o vaporizador.
O gás de alta pressão no vaso também é direcionado através da válvula econômica (V-11) e do regulador de pressurização (R-2) para o vaporizador, sendo então liberado ao consumidor através da válvula de fornecimento de gás (V-5).

O fornecimento de gás é a função principal do tanque, possibilitando uma distribuição estável e contínua para os equipamentos conectados.

6.7 DESCARGA DE LÍQUIDO

O líquido armazenado no vaso pode ser descarregado por meio da válvula de descarga (V-3).

Com esta operação, é possível:

- Drenar completamente o tanque;
- Fornecer gás através de aquecedores externos;
- Abastecer cilindros menores.

O líquido deve ser descarregado em baixa pressão a fim de reduzir as perdas por evaporação instantânea (flashing) e evitar respingos. Durante a descarga do líquido, o regulador de pressurização deve permanecer fechado. A descarga sob alta pressão pode ocasionar respingos, os quais podem provocar queimaduras por frio extremo.

Todos os operadores devem seguir rigorosamente as instruções referentes ao transporte de líquidos criogênicos e utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs) apropriados.

Se houver necessidade de maior pressão, o regulador de pressurização pode ser aberto gradualmente até atingir o nível desejado.

ATENÇÃO

O contato da pele ou dos olhos com o gás liquefeito provoca queimaduras severas por frio intenso.

Durante a transferência de líquido, é fundamental:

- Evitar respingos e vazamentos;
- Proteger pele e olhos contra contato com líquido, tubulações frias, partes metálicas e gases criogênicos;
- Utilizar protetor facial, em conjunto com os óculos de segurança para proteger rosto e olhos;
- Usar luvas térmicas e camisas de mangas compridas, de preferência fáceis de remover em caso de emergência;
- Usar calças compridas que cubram totalmente os calçados, prevenindo acidentes com derramamento de líquido.

6.8 VAPORIZADOR DE PRESSURIZAÇÃO

O vaporizador de pressurização, composto por tubos de alumínio aletados, fornece gás para manter a pressão de operação do tanque.

Princípio de funcionamento:

- O líquido criogênico que circula pelo vaporizador de pressurização absorve calor do ar ambiente e se vaporiza.
- O líquido vaporizado se transforma em vapor saturado, retornando ao vaso interno e elevando a pressão interna.
- O vaporizador de pressurização é instalado ao redor do tanque criogênico vertical de fundo plano e fixado na sua estrutura.

6.9 VAPORIZADOR

O vaporizador, também construído com tubos de alumínio aletados, tem a função de:

- Fornecer gás para o vaporizador de pressurização;
- Aquecer o gás produzido no tanque, elevando sua temperatura até próximo à temperatura ambiente;

A maior parte do gás do vaporizador retorna ao vaso interno para elevar a pressão, enquanto outra parte é direcionada para os equipamentos consumidores.

7. TRANSPORTE E INSTALAÇÃO

O tanque criogênico vertical de pequeno porte com fundo plano é composto por um vaso externo (camisa) e um vaso interno. O espaço entre ambos é evacuado e preenchido com material isolante térmico uniforme. O vaso interno é rigidamente fixado ao centro do vaso externo por suportes robustos.

Para evitar danos ao tanque durante o transporte e içamento, é imprescindível manuseá-lo com extremo cuidado, evitando impactos, tombamentos ou rolamentos. Não devem ser tocadas quaisquer partes do sistema de válvulas, tubulações, válvula de vácuo, tubo do manômetro de vácuo ou dispositivos de segurança localizados na parte externa do tanque.

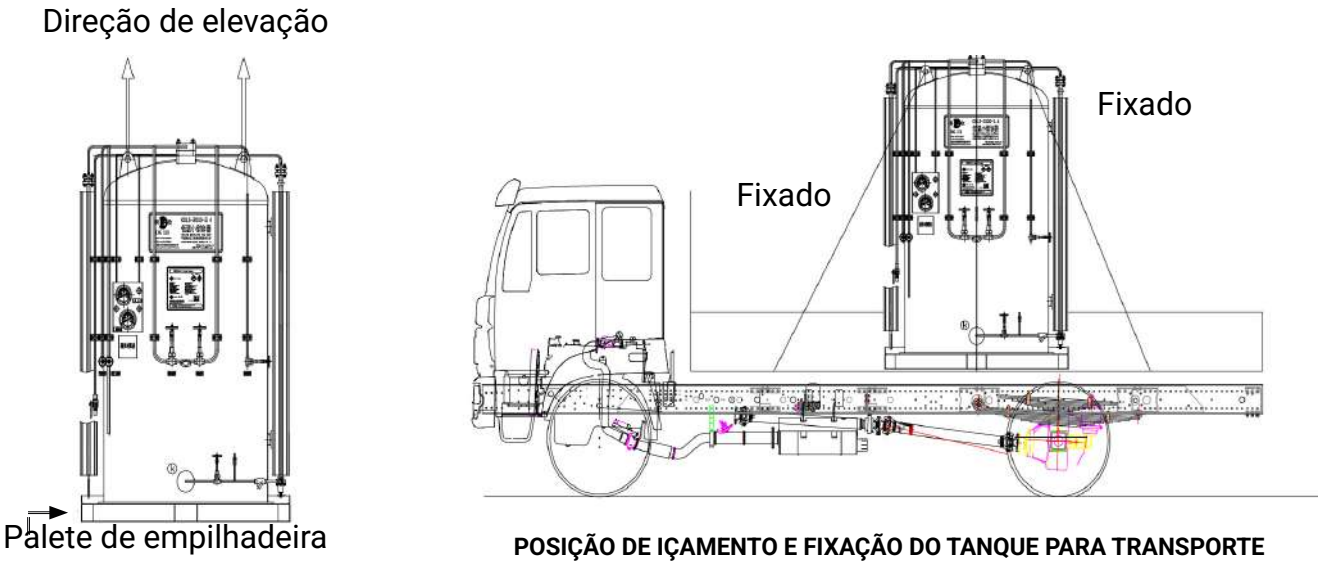
Durante o transporte, é obrigatório manter o tanque em posição vertical e assegurar que nenhuma parte das tubulações seja tocada.

7.1 IÇAMENTO

O içamento deve ser realizado exclusivamente na posição vertical, uma vez que o tanque vertical de pequeno porte com fundo plano possui tubulações e válvulas ao seu redor. Existem dois olhais de içamento na parte superior do vaso externo, utilizados tanto para içamento quanto para fixação durante o transporte.

Ao realizar o içamento, utilize um guindaste compatível com o peso do tanque. Consulte o desenho técnico geral fornecido neste manual para verificar o peso e as dimensões totais, a fim de selecionar guindastes, cabos de içamento e manilhas apropriadas.

Antes de elevar o tanque a uma posição mais alta ou movê-lo para outro local com auxílio de guindaste, deve-se realizar um içamento de teste. Esse procedimento visa verificar a estabilidade e a segurança da operação de içamento.



POSIÇÃO DE IÇAMENTO E FIXAÇÃO DO TANQUE PARA TRANSPORTE

7.2 TRANSPORTE

1. O tanque deve ser transportado em estado não embalado. Durante o transporte, os olhais de içamento, pontos de fixação, placas de apoio e o próprio tanque devem ser devidamente amarrados com cordas. O tanque deve permanecer em posição vertical sobre o veículo e não deve entrar em contato com outros veículos.

2. O tanque deve ser firmemente fixado ao veículo de transporte, que deve trafegar em velocidade moderada e evitar solavancos ou impactos. É estritamente proibido que o tanque colida com qualquer objeto.
3. O manuseio do tanque por rolamento é proibido em qualquer circunstância. O deslocamento deve ser feito exclusivamente por meio dos olhais de içamento ou das placas de encaixe para empilhadeiras.
4. Caso seja necessário trocar o veículo de transporte durante o trajeto, o içamento do tanque deve ser realizado conforme as instruções descritas na seção “7.1 – Içamento” deste capítulo.

7.3 LOCAL DE INSTALAÇÃO

1. Ao selecionar e projetar o local de instalação do tanque, devem ser considerados fatores como: capacidade de carga do solo, acesso para caminhões-tanque, condições de ventilação, drenagem pluvial e segurança do entorno.
2. Em geral, o abastecimento do tanque é feito a partir de um caminhão-tanque. Como a mangueira metálica de abastecimento do caminhão possui até 4 metros de comprimento, o tanque deve estar instalado a, no máximo, 3 metros do ponto de alcance do caminhão.
3. As dimensões de montagem do tanque estão indicadas no desenho técnico geral correspondente, fornecido neste manual (desenho conforme construído).
4. A capacidade de carga e as dimensões da fundação devem ser definidas pelo usuário com base no peso do tanque cheio, e pelos projetistas civis com base nas condições do solo do local. A construção e manutenção da fundação devem seguir rigorosamente as especificações dos desenhos de engenharia civil.
5. O tanque deve ser instalado em local onde nem ele nem seus acessórios fiquem próximos a cabos de energia elétrica, tubulações de líquidos ou gases inflamáveis ou explosivos. Caso seja instalado em ambiente interno, a edificação deve ser construída com materiais incombustíveis, possuir boa ventilação e ser destinada exclusivamente ao armazenamento de gases.
6. A distância entre o tanque e o sistema de aspersão de líquidos criogênicos deve ser a menor possível, a fim de reduzir perdas por vaporização e perda de frio na tubulação.
7. Adicionalmente, o tanque deve ser instalado em local que atenda às exigências de segurança previstas na seção “Requisitos de Segurança e Precauções” deste manual.

7.4 INSTALAÇÃO

1. O tanque criogênico vertical de pequeno porte com fundo plano pode ser facilmente instalado, bastando posicioná-lo, por içamento, sobre uma base plana previamente definida. A fundação deverá atender ao dimensionamento definido para o peso do tanque cheio e às condições do solo.

2. Caso todas as condições de instalação estejam atendidas no momento da entrega do tanque ao local, realize o descarregamento do equipamento do caminhão utilizando guindaste, remova as cordas de fixação e, em seguida, posicione o tanque verticalmente ou mova-o conforme as instruções fornecidas na seção “7.1 – Içamento” deste capítulo.

ATENÇÃO

É estritamente proibido que o tanque sofra impactos, quedas ou colisões com outros objetos durante o içamento. Deve-se redobrar o cuidado com os dispositivos de segurança localizados na parte superior da camisa externa, bem como com o tubo do manômetro de vácuo e a válvula de vácuo na parte inferior, que não devem colidir com nenhum objeto.

3. Após o tanque ser posicionado, inspecione o sistema de válvulas e tubulações para verificar se houve danos decorrentes do transporte ou içamento. Caso sejam identificados danos, os reparos devem ser realizados imediatamente.
4. Após a conclusão dos reparos, execute um teste de estanqueidade na área reparada utilizando a pressão máxima de operação do tanque. Não deve haver qualquer vazamento. Após o teste ser aprovado, conecte o tanque ao sistema auxiliar por meio das tubulações adequadas.
5. O sistema auxiliar também deve passar por teste de estanqueidade, utilizando a pressão máxima de operação correspondente, sem ocorrência de vazamentos.
6. Verifique o estado da pintura da superfície externa do vaso. Em caso de danos na camada de pintura, a restauração deve ser feita imediatamente.

7.5 PROTEÇÃO DA INSTALAÇÃO

Na maioria dos casos, danos ao tanque ocorrem devido à movimentação de equipamentos próximos ou à intervenção de pessoas não autorizadas. Para prevenir tais ocorrências, é indispensável a instalação de proteções físicas, como corrimões ou grades de isolamento ao redor do tanque.

7.6 REQUISITOS DE SEGURANÇA DO LOCAL DE INSTALAÇÃO

7.6.1 O local deve apresentar boas condições de ventilação.

7.6.2 Não deve haver nenhum local em desnível (como subsolos, poços de pintura, valas ou poços) num raio de 5 metros ao redor do vaso criogênico. Caso contrário, será necessário instalar uma barreira de contenção.

7.6.3 A distância mínima entre o tanque e áreas densamente habitadas deve ser superior a 7,5 metros.

7.6.4 O tanque não deve ser instalado em locais sujeitos a alagamento ou áreas deprimidas. Caso não haja alternativa, o local deve dispor de sistemas eficientes de ventilação e drenagem.

7.6.5 Os gases e líquidos devem ser descarregados em local seguro. As válvulas de segurança, válvulas de drenagem e discos de ruptura devem ser direcionados para o ambiente externo e bem ventilado.

7.6.6 No caso de armazenamento de oxigênio líquido, é obrigatória a sinalização permanente e visível com as seguintes informações:

- OXIGÊNIO LÍQUIDO
- PROIBIDO FUMAR
- PROIBIDO USO DE CHAMA

Além disso, deve-se garantir que não existam ervas daninhas, vegetação seca ou materiais combustíveis num raio de 4,5 metros ao redor do tanque.

7.6.7 A distância entre o tanque de oxigênio líquido e edificações combustíveis deve ser superior a 15 metros. Em relação a construções resistentes ao fogo, a distância mínima deve ser de 7,5 metros, e estas construções não devem possuir portas voltadas diretamente para o tanque.

7.6.8 É proibida qualquer fonte de ignição ou chama aberta num raio de 5 metros ao redor do tanque de oxigênio líquido. Também devem ser evitadas faíscas eletrostáticas.

7.6.9 Todas as tubulações e seus pontos de conexão devem ser submetidos a teste de estanqueidade com pressão equivalente à pressão máxima de operação do sistema.

8. PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO

Este capítulo apresenta as instruções para os seguintes procedimentos:

- Primeiro abastecimento;
- Reabastecimento;
- Abastecimento de gás a partir do tanque criogênico;
- Ajuste da válvula reguladora do pressurizador;
- Operação do medidor de nível de líquido.

Antes de realizar qualquer um dos procedimentos descritos neste capítulo, é essencial que o operador esteja plenamente familiarizado com:

- As funções de todas as válvulas de controle do sistema de válvulas e tubulações do tanque criogênico (consulte os Capítulos 5 e 12);
- As placas de identificação e suas respectivas localizações;
- Os conhecimentos e as precauções de segurança associadas ao manuseio de líquidos criogênicos.

DICA OPERACIONAL

Caso o seu tanque não possua uma determinada válvula mencionada na sequência de operação deste capítulo, **todas as etapas relacionadas a essa válvula podem ser desconsideradas.**

Após a instalação do tanque, deve-se realizar teste de estanqueidade em todo o sistema de válvulas e tubulações (incluindo o sistema de tubulação externa conectado), utilizando a pressão de trabalho nominal. Não deve haver vazamentos.

8.1 PRIMEIRO ABASTECIMENTO

1. O primeiro abastecimento refere-se, em geral, ao enchimento inicial de líquido criogênico no vaso interno do tanque em temperatura ambiente. Esse procedimento também se aplica a tanques que permaneceram armazenando líquido por um tempo e estão sendo reativados para operação.
2. Antes do primeiro abastecimento, é necessário:
   - Verificar e calibrar o medidor de nível de líquido e os manômetros;
   - Conferir se todas as válvulas estão corretamente abertas ou fechadas, conforme necessário;
   - Certificar-se de que as tubulações estão desobstruídas;
   - Abrir a válvula do manômetro e ligar o medidor de nível de líquido, colocando-o em modo de operação, conforme as instruções do manual.
3. Para tanques destinados ao armazenamento de líquidos criogênicos de alta pureza, deve-se realizar purgas e substituição de gases antes do abastecimento. O procedimento inclui:
   - Aquecer nitrogênio seco e isento de óleo e utilizá-lo para purgar o vaso interno por, no mínimo, 30 minutos.
   - Em seguida, realizar a purga com o gás do próprio produto.
     - ◊ Se o gás for nitrogênio (mais leve que o ar), a sucção deve ser feita pela válvula superior de entrada de líquido (V-1) e o descarte pela válvula de saída de líquido (V-3).
     - ◊ Se o gás for oxigênio ou argônio (mais pesados que o ar), a entrada deve ocorrer pela válvula inferior de entrada de líquido (V-2) e o descarte pela válvula de respiro/transbordo (V-4) ou pela válvula de fornecimento de gás (V-5).
   - Quando a pressão interna atingir 0,2 a 0,3 MPa, o gás de substituição deve ser descarregado.
   - Repetir o processo de purga até que a pureza do gás drenado atenda aos requisitos especificados.
   - Todas as válvulas e tubulações também devem ser purgadas com o gás do produto, e o gás purgado deve cumprir os critérios de pureza estabelecidos.

- Ao final da purga, o tanque deve ser selado com pressão positiva, evitando a entrada de ar externo.

4. O procedimento descrito de purga e substituição de gases não é necessário para o armazenamento de líquidos criogênicos comuns.
5. Para o primeiro abastecimento, recomenda-se realizar o enchimento à pressão atmosférica. Ou seja:
   - Abrir a válvula de respiro/transbordo (V-4) do vaso interno antes do abastecimento.
   - Não fechar esta válvula até que o enchimento esteja totalmente concluído.
   - O vaso permanecerá à pressão atmosférica ou baixa pressão durante o processo, tornando a operação simples e segura.

Se o líquido a ser abastecido for raro ou de alto valor, recomenda-se:

- Resfriar previamente o vaso interno com nitrogênio líquido;
- Substituir com gás criogênico do próprio produto até atingir o nível de pureza exigido;
- Drenar o gás;
- E então realizar o enchimento com o líquido criogênico.

6. Abastecimento
   Após a conclusão das etapas preparatórias acima, proceda ao enchimento do líquido criogênico no tanque conforme indicado na Tabela 8-1 – Procedimento Operacional para o Primeiro Abastecimento.

Tabela 8-1 – Procedimento Operacional para o Primeiro Abastecimento

ETAPA	PROCEDIMENTO
1	Confirme se o líquido na unidade de abastecimento é o mesmo que será utilizado para o enchimento do tanque.
2	Certifique-se de que as válvulas superior e inferior do medidor de nível (V-8 e V-9) estão abertas e que todas as demais válvulas estão fechadas.
3	Conecte a mangueira de abastecimento da unidade de enchimento à conexão de abastecimento C-1 do tanque. Observação: se o abastecimento for realizado por diferença de pressão, a pressão da unidade de alimentação deve ser cerca de 0,3 MPa superior à do tanque. Em seguida, abra a válvula de descarga da unidade e inicie o abastecimento. Se for utilizada bomba para o enchimento, abra lentamente a válvula de descarga e mantenha a pressão de saída da bomba cerca de 0,3 MPa acima da pressão do tanque.
4	Para líquidos criogênicos comuns: abra totalmente a válvula de alívio/respiro (V-13) e abasteça à pressão atmosférica. Para gases de alta pureza ou líquidos valiosos: mantenha a válvula V-13 fechada e abasteça à pressão atmosférica.

5	Abra a válvula de drenagem de líquido residual e abra levemente a válvula superior de entrada do tanque para eliminar o ar da mangueira de enchimento. Para líquidos de alta pureza, é necessário purgar cuidadosamente para evitar contaminações.
6	Feche a válvula de drenagem de líquido residual e abra lentamente a válvula superior de entrada de líquido (V-1) para abastecimento por aspersão. Ao mesmo tempo, mantenha a válvula de alívio/respiro (V-13) aberta para liberar o gás. Após o resfriamento do vaso interno, abra totalmente a válvula V-1 para acelerar o abastecimento.
7	Durante o enchimento, monitore o manômetro (PG) do tanque. Se a pressão do vaso interno exceder a pressão de abastecimento ou se aproximar da pressão de trabalho normal do tanque, reduza a velocidade de abastecimento ou feche a válvula de entrada para interromper o processo. Retome o abastecimento somente quando a pressão do tanque cair para 50% da pressão máxima de trabalho.
8	Se o enchimento estiver sendo feito à pressão atmosférica e o medidor de nível estiver indicando normalmente, abra lentamente a válvula inferior de entrada de líquido (V-2) para abastecer por ambas as entradas (superior e inferior). Para enchimento sob pressão, recomenda-se o uso da entrada superior via válvula V-1.
9	Monitore o medidor de nível (LG). Quando o medidor indicar que o tanque está com cerca de 80% da capacidade nominal, abra a válvula de respiro/transbordo (V-4). ⚠ **Atenção:** gás criogênico pode ser expelido sob pressão.
10	Assim que qualquer líquido for expelido pela válvula V-4, interrompa imediatamente o abastecimento fechando a válvula de descarga da unidade de enchimento. Aguarde a parada do fluxo pela V-4 e feche-a completamente.
11	Para purgar os líquidos residuais nas tubulações de abastecimento, abra a válvula superior de entrada do sistema de fornecimento e purgue as tubulações superior e inferior por cerca de 10 segundos. Em seguida, feche as válvulas de entrada inferior (V-2), superior (V-1) e a válvula superior do sistema de fornecimento.
12	Abra a válvula de drenagem de líquido residual para esvaziar a mangueira metálica de alimentação e a tubulação de entrada superior. Afrouxe o conector entre a mangueira e a conexão de enchimento C-1 do tanque. Descongele a superfície da mangueira e remova-a após recuperar a flexibilidade.
13	O processo de primeiro abastecimento está concluído. O tanque está agora em estado de armazenamento e pronto para operação.

8.2 REABASTECIMENTO

1. Caso seja necessário reabastecer o tanque que está em estado de armazenamento e uso de líquido, o líquido criogênico deve ser introduzido por meio das válvulas de entrada inferior (V-2) e/ou superior (V-1).

2. Ao reabastecer pela válvula inferior (V-2), a pressão no vaso interno tende a aumentar, em razão da compressão do gás na fase gasosa. Já ao utilizar a válvula superior (V-1), a pressão tende a diminuir, devido ao efeito de resfriamento por aspersão do líquido.
3. O reabastecimento pode ser classificado em duas modalidades:
    - **Reabastecimento à pressão atmosférica:** realizado após a purga completa do gás do vaso interno. Permite enchimento rápido.
    - **Reabastecimento sob pressão:** realizado com o vaso interno sob pressão ou em operação contínua. Essa modalidade preserva o gás existente e permite continuidade operacional, mas resulta em enchimento mais lento e exige maior controle do processo.
4. Os procedimentos detalhados estão descritos na Tabela 8-2 – Procedimentos Operacionais para Reabastecimento.

Tabela 8-2 – Procedimentos Operacionais para Reabastecimento.

ETAPA	PROCEDIMENTO
1	Confirme se o sistema de fornecimento de líquido é adequado para o reabastecimento.
2	Verifique se as válvulas superior e inferior do medidor de nível (V-8 e V-9) estão abertas e se todas as demais válvulas estão fechadas.
3	Certifique-se de que o tanque está armazenando líquido e mantenha, neste estado, as válvulas de fornecimento de gás e de líquido fechadas.
4	Para reabastecimento à pressão atmosférica, abra a válvula de alívio/respiro (V-13) do vaso interno para liberar a pressão interna.
5	Conecte a mangueira de abastecimento do sistema de fornecimento à conexão de enchimento C-1 do tanque.
6	Abra a válvula de drenagem de líquido residual da unidade de alimentação e, em seguida, abra lentamente a válvula de entrada superior (V-1) do tanque para eliminar ar e impurezas da conexão C-1.
7	Feche a válvula de drenagem de líquido residual e abra lentamente a válvula de entrada superior (V-1) até a posição totalmente aberta.
8	Abra lentamente a válvula de saída de líquido da unidade de fornecimento e a válvula de entrada inferior (V-2), de acordo com a velocidade desejada de enchimento. Realize o abastecimento pelas entradas superior e inferior simultaneamente. Monitore o manômetro (PG) e ajuste as aberturas das válvulas V-2 e V-1 para manter a pressão estável.

9	Durante o enchimento, se a pressão indicada no manômetro (PG) exceder a pressão de abastecimento ou se aproximar da pressão de trabalho normal do tanque, abra a válvula de respiro/transbordo (V-4) para liberar a pressão. Ajuste as válvulas V-1 e V-2 conforme necessário. Caso a pressão continue subindo, interrompa o abastecimento. Retome-o apenas quando a pressão cair para 50% da pressão máxima de operação.
10	Monitore o medidor de nível (LG). Quando o nível atingir aproximadamente 80% da capacidade nominal, abra a válvula de respiro/transbordo (V-4). ⚠ **Atenção:** gás criogênico será expelido.
11	Assim que qualquer líquido for expelido pela válvula V-4, interrompa imediatamente o abastecimento fechando a válvula de descarga da unidade de fornecimento. Aguarde a parada do fluxo e feche a V-4.
12	Abra a válvula superior de entrada do sistema de fornecimento e purgue os tubos de entrada inferior e superior por 10 segundos. Em seguida, feche as válvulas V-2, V-1 e a válvula superior do sistema de fornecimento.
13	Abra a válvula de drenagem de líquido residual para esvaziar a mangueira de alimentação e o tubo superior de entrada. Para enchimento à pressão atmosférica, feche a válvula de respiro/transbordo (V-4).
14	Afrouxe o conector da mangueira com a conexão C-1 do tanque. Descongele a superfície da mangueira e remova-a somente quando estiver novamente flexível. Para líquidos de alta pureza, vede a conexão C-1 com junta e tampa de vedação, evitando a entrada de impurezas, outros gases ou partículas.
15	O processo de reabastecimento está concluído. O tanque encontra-se agora em estado de armazenamento e pronto para operação.

8.3 FORNECIMENTO DE GÁS

O fornecimento de gás é a principal função do tanque criogênico de pequeno porte, permitindo uma distribuição contínua e estável de gás.

Para operar, basta conectar a entrada do equipamento consumidor de gás à válvula de fornecimento de gás (V-5) do tanque. A pressão de saída do gás pode ser ajustada por meio do regulador do pressurizador (R-1).

À medida que o líquido se evapora por aquecimento ou radiação térmica, o gás gerado pode ser utilizado por meio da tubulação econômica de fornecimento.

Os procedimentos operacionais para o fornecimento de gás estão descritos na Tabela 8-3 a seguir.

Tabela 8-3 – Procedimentos Operacionais para Fornecimento de Gás

REF.	OPERAÇÃO
1	Confirme se as válvulas superior e inferior do medidor de nível de líquido (V-8 e V-9) estão abertas e se todas as demais válvulas estão fechadas.
2	Abra sucessivamente as seguintes válvulas: • Válvula de líquido do pressurizador (PB) – V-6 • Válvula de gás de pressurização (PB) – V-15 • Válvula de fornecimento de gás – V-5 • Válvula econômica – V-11. Neste momento, a pressão pode ser controlada por meio do regulador R-1, conforme a pressão do vaso, garantindo um fornecimento de gás estável. **Observação:** A pressão do regulador R-1 é definida de fábrica.
3	Quando a quantidade desejada de gás tiver sido fornecida, ou se o tanque precisar ser fechado ou ficar fora de uso por longos períodos, o fornecimento de gás deve ser interrompido. Para isso, feche as seguintes válvulas: • Válvula de líquido V-14 • Válvula de saída de líquido do pressurizador (PB) – V-6 • Válvula de gás de pressurização (PB) – V-15 • Válvula de fornecimento de gás – V-5 • Agora o fornecimento de gás está finalizado.

8.4 SISTEMA DE ASPERSÃO DE LÍQUIDO CRIOGÊNICO

O sistema de aspersão de líquido criogênico é responsável por pulverizar nitrogênio líquido sobre objetos externos, com o objetivo de realizar trituração em baixa temperatura ou congelamento rápido de alimentos.

A válvula de saída de líquido (V-3) pode ser equipada e conectada a uma tubulação ou válvula do sistema de aspersão. A distância entre o tanque e o sistema de aspersão deve ser reduzida ao máximo, a fim de minimizar as perdas térmicas decorrentes de tubulações longas e da baixa temperatura.

A tubulação utilizada para transportar o líquido criogênico deve possuir isolamento térmico e proteção contra umidade adequados.

O usuário deve ajustar a pressão pré-definida do regulador do pressurizador (R-1) conforme a pressão necessária para a aspersão. Uma vez ajustado, o tanque é capaz de fornecer automaticamente o líquido criogênico para o sistema de aspersão a uma pressão constante.

Consulte a Tabela 8-4 para os procedimentos operacionais de fornecimento de líquido para o sistema de aspersão criogênica do tanque.

Tabela 8-4 – Procedimentos Operacionais do Sistema de Aspersão de Líquido Criogênico

REF.	OPERAÇÃO
1	Confirme se as válvulas superior e inferior do medidor de nível de líquido (V-8 e V-9) estão abertas, e se todas as demais válvulas estão fechadas.
2	Abra as seguintes válvulas:• Válvula de líquido V-14 • Válvula de saída de líquido do pressurizador (PB) – V-6 • Válvula de gás de pressurização (PB) – V-15.
3	Abra a válvula que fornece líquido ao sistema de aspersão de líquido criogênico, juntamente com a válvula de saída de líquido (V-3), e inicie a transferência de líquido criogênico para o sistema.
4	Após a conclusão da operação do sistema de aspersão, feche a válvula V-3, interrompendo o fornecimento de líquido ao sistema.
5	Feche as válvulas V-14, V-6 (saída de líquido PB) e V-15 (gás PB). A operação está agora concluída.

8.5 FORNECIMENTO DE LÍQUIDO

O fornecimento de líquido refere-se à distribuição de líquido criogênico para uso externo por meio da válvula de saída de líquido (V-3). Esse processo é utilizado, por exemplo, para o enchimento de recipientes criogênicos, como frascos Dewar e garrafas a vácuo.

Os procedimentos operacionais detalhados estão apresentados na Tabela 8-5.

Tabela 8-5 – Procedimentos Operacionais para Fornecimento de Líquido

REF.	OPERAÇÃO
1	Utilize mangueira/tubo de transferência especificamente especificado e certificado para o fluido, pressão e temperatura criogênica aplicáveis para conectar a válvula V-3 ao pequeno recipiente. Caso o recipiente possua válvula de alívio, abra essa válvula antes do enchimento.
2	Abra gradualmente a válvula de líquido V-14 e a válvula de descarga V-3. Mantenha o processo de enchimento constante e suave, evitando respingos do líquido criogênico.
3	Após o recipiente estar totalmente cheio, feche imediatamente a válvula de líquido V-14 e a válvula de descarga V-3. Quando a temperatura da tubulação de conexão se estabilizar (subir), desconecte a tubulação. O processo de enchimento está concluído.

8.6 AJUSTE DO REGULADOR DE PRESSURIZAÇÃO R-1

O regulador de pressurização R-1 é o principal componente de controle da pressão interna do tanque e do fornecimento de gás, permitindo uma pressurização estável e segura. Este regulador é pré-ajustado de fábrica.

No entanto, é necessário realizar ajustes e calibração da pressão de ajuste do R-1 nas seguintes situações:

- Quando os parâmetros operacionais do tanque forem alterados (por exemplo, mudança na pressão de saída);
- Após qualquer manutenção ou reparo do regulador.

A pressão deste regulador deve ser ajustada ou calibrada com o vaso interno contendo líquido criogênico, preferencialmente com o tanque cheio.

ATENÇÃO

A pressão de ajuste nunca deve exceder a pressão máxima de operação do tanque.

O regulador R-1 possui:

- Um parafuso de ajuste de pressão;
- Uma porca de travamento.

A regulagem da pressão é feita da seguinte forma:

- Girar o parafuso no sentido horário > Aumenta o ponto de ajuste da pressão;
- Girar no sentido anti-horário > Diminui o ponto de ajuste.

Este regulador (válvula R-1) é uma válvula normalmente aberta (N.O.), que fecha apenas quando a pressão atinge ou ultrapassa o ponto de ajuste.

Para evitar a condensação e acúmulo de umidade do ar na cavidade da mola de ajuste, o regulador deve ser instalado com o parafuso de ajuste voltado para baixo, de forma que o orifício de drenagem fique na parte inferior.

Consulte a Tabela 8-6 para os procedimentos detalhados de regulagem do R-1.

Tabela 8-6 – Procedimentos de Ajuste do Regulador de Pressurização R-1

REF.	OPERAÇÃO
1	Defina o valor de pressão desejado para o regulador de pressurização R-1.
2	Confirme que as válvulas superior e inferior do medidor de nível de líquido (V-8 e V-9) estão abertas e que todas as demais válvulas estão fechadas.
3	Ajuste o ponto de pressão do regulador R-1, observando a leitura do manômetro (PG). 1. Se a pressão estiver acima do ponto de ajuste de R-1: feche as válvulas V-14 (líquido), V-6 (saída de líquido PB), V-15 (gás PB), e abra a válvula de alívio/respiro V-13. Quando a pressão atingir o ponto de ajuste, feche a V-13. 2. Se a pressão estiver abaixo do ponto de ajuste: aperte o parafuso de ajuste de R-1 para aumentar gradualmente a pressão. Quando atingir o ponto de ajuste, feche as válvulas V-14, V-6 e V-15.

4	Quando a temperatura da válvula de saída de líquido PB (V-6) e do regulador R-1 retornar à temperatura ambiente, solte o parafuso de ajuste para fechar o R-1.
5	Abra as válvulas V-14 (líquido), V-6 (saída PB) e V-15 (gás PB). Aperte lentamente e gradualmente o parafuso de ajuste do R-1. Quando a válvula R-1 abrir (percebe-se ruído de fluxo de gás nas válvulas V-6 e R-1, e queda de temperatura significativa), pare de girar o parafuso e trave-o com a porca de fixação. Feche as válvulas V-14, V-6 e V-15.
6	Refaça a verificação do ponto de ajuste do R-1. Abra a válvula de alívio/respiro V-13 para reduzir a pressão do tanque. Quando estiver 0,1 MPa abaixo do ponto de ajuste, feche a V-13. Abra levemente as válvulas V-14, V-6 e V-15 para aumentar lentamente a pressão. Observe o manômetro P-1 e o comportamento do R-1. Quando a pressão interna do vaso se estabilizar exatamente no valor ajustado em R-1, o procedimento estará concluído. Se a pressão não se estabilizar corretamente, repita os passos de 3 a 6.

Notas Técnicas:

1. Para tanques criogênicos verticais de fundo plano:
   - Pressão máxima de operação 1,6 MPa > R-1 ajustado para 0,8 MPa;
   - Pressão máxima de operação 2,6 MPa > R-1 ajustado para 2,2 MPa;
   - Pressão máxima de operação 3,4 MPa > R-1 ajustado para 3,0 MPa.

2. Variação de pressão por rotação do parafuso (sentido horário):
   - Modelos de 1,6 MPa > +0,3 MPa por volta;
   - Modelos de 2,6 MPa > +0,4 MPa por volta;
   - Modelos de 3,4 MPa > +0,5 MPa por volta.

8.7 MEDIDOR DE NÍVEL DE LÍQUIDO E MANÔMETRO

O medidor de nível LG é um indicador de pressão diferencial, que indica a diferença de pressão gerada pela altura da coluna de líquido no vaso interno. O valor indicado está relacionado apenas ao nível do líquido e à sua densidade, não sendo influenciado pela pressão do gás na fase gasosa do vaso interno.

Durante o uso do tanque, a posição zero do medidor de nível deve ser verificada e calibrada, se necessário. Quando a válvula de balanceamento (V-10) do medidor de nível estiver aberta e a válvula inferior (V-9) estiver fechada, as pressões dos dois lados do medidor entram em equilíbrio, e o ponteiro do indicador deve apontar para a posição zero. Caso isso não ocorra, deve-se verificar se a membrana do medidor está íntegra e se as válvulas do sistema estão devidamente vedadas.

Próximo ao medidor de nível, na parte frontal do tanque, há uma placa contendo instruções de operação do medidor de nível e uma tabela comparativa de quantidade de líquido.

ATENÇÃO

A operação do medidor de nível deve ser realizada estritamente conforme as instruções da placa, a fim de evitar danos ao equipamento.

A tabela de quantidade de líquido apresenta a quantidade de líquido criogênico armazenado no tanque sob pressão atmosférica normal (760 mmHg).

NOTA

A tabela para condições reais de operação difere daquela baseada na pressão atmosférica normal.

A manutenção e inspeção do medidor de nível devem ser realizadas de acordo com suas instruções específicas de operação.

A válvula da fase gasosa do medidor de nível é conectada a um manômetro. Esta válvula deve permanecer normalmente aberta e só deve ser fechada quando for necessário reparar ou substituir o medidor de nível ou o manômetro.

Antes de realizar qualquer reparo ou substituição do medidor de nível ou do manômetro, é imprescindível abrir a válvula de balanceamento do medidor de nível (V-10) e fechar as válvulas das fases líquida e gasosa (V-8 e V-9). Caso contrário, o medidor de nível poderá ser danificado.

Quando o manômetro for inspecionado ou substituído, recomenda-se realizar a troca imediata por um manômetro reserva, para garantir a continuidade da operação do equipamento.

8.8 ARMAZENAMENTO

O tanque criogênico vertical de fundo plano pode armazenar líquidos criogênicos em dois modos distintos:

- Armazenamento à pressão atmosférica;
- Armazenamento pressurizado.

No modo de armazenamento à pressão atmosférica, todas as válvulas devem permanecer fechadas, com exceção das válvulas da fase gasosa e líquida do medidor de nível (V-8 e V-9) e da válvula de respiro/transbordo (V-4), que devem permanecer abertas. Nesse modo, o ponteiro do manômetro deve indicar zero, confirmando a ausência de pressão interna.

No armazenamento pressurizado ou não destrutivo, permanecem abertas apenas as válvulas das fases líquida e gasosa do medidor de nível (V-8 e V-9), além da válvula de alívio/respiro V-13. Todas as demais válvulas devem ser mantidas fechadas.

Durante o armazenamento pressurizado, é fundamental monitorar periodicamente o manômetro. Caso a pressão interna se aproxime da pressão máxima de trabalho do tanque, deve-se abrir a válvula de alívio/respiro V-13 para prevenir sobrecarga de pressão.

9. MANUTENÇÃO

Este capítulo apresenta as informações relativas à manutenção preventiva e corretiva do tanque.

Os profissionais responsáveis pela manutenção devem estar plenamente familiarizados com a localização e a função de todas as válvulas, bem como com o sistema de tubulação descrito no Capítulo 5, além de conhecer profundamente os avisos de segurança e as precauções associadas ao manuseio de gases criogênicos liquefeitos.

9.1 INSPEÇÕES DIÁRIAS

Devem ser designados profissionais responsáveis exclusivamente pela gestão operacional, inspeção diária e registro sistemático do tanque. Os principais pontos de verificação são os seguintes:

A. Verificar se todas as válvulas estão corretamente fechadas ou abertas, conforme sua condição normal de operação;

B. Verificar se o medidor de nível de líquido e o manômetro estão funcionando corretamente;

C. Verificar se há vazamentos ou obstruções nas tubulações, conexões e válvulas do equipamento;

D. Verificar se a pressão do tanque está dentro dos níveis normais;

E. Quando a pressão do tanque se aproximar ou atingir a pressão máxima de trabalho, é obrigatório abrir a válvula de respiro/transbordo V-4 do vaso interno ou a válvula de alívio/respiro V-13, a fim de liberar a pressão interna;

F. Verificar a superfície externa do vaso, observando se há sudação (condensação) ou congelamento.

9.2 DESEMPENHO DE ISOLAMENTO TÉRMICO E MANUTENÇÃO DO VÁCUO

9.2.1 O grau de vácuo da câmara de isolamento (jaqueta) é o fator determinante para garantir o desempenho do isolamento térmico do tanque. Portanto, todas as conexões da tubulação e elementos relacionados ao vácuo conectados ao vaso externo devem ser rigorosamente protegidos e nunca devem ser soldados ou desmontados por pessoas não autorizadas, a fim de evitar danos ao vácuo.

9.2.2 A válvula de vácuo VE-1, localizada no vaso externo, está conectada diretamente à câmara de isolamento. Medidas protetivas devem ser adotadas com especial atenção. A válvula VE-1 não deve ser desmontadas ou manipuladas sem a confirmação da necessidade de evacuação do tanque.

9.2.3 O tubo do vacuômetro TC-1, localizado no topo do tanque, é utilizado para medir o grau de vácuo da jaqueta. A capa protetora deste tubo deve ser mantida corretamente instalada durante a operação diária, para evitar danos por colisão. Pessoas não qualificadas não devem operar ou testar este vacuômetro.

9.2.4 O vaso externo é uma estrutura a vácuo com pressão externa, projetado para suportar a pressão atmosférica. Por isso, qualquer soldagem ou impacto sobre o vaso é estritamente proibido.

9.2.5 As superfícies de aço-carbono do vaso devem estar completamente revestidas por tinta anticorrosiva, a fim de evitar corrosão localizada.

9.2.6 Devem ser adotadas medidas preventivas para evitar qualquer colisão entre o sistema de válvulas e tubulações do tanque e objetos externos, de modo a preservar o grau de vácuo da jaqueta.

9.3 LIMPEZA

O tanque deve ser limpo com frequência, evitando o contato com óleos ou graxas.

Sempre que houver substituição de peças ou componentes do sistema de válvulas e tubulações, devem ser limpas com acetona ou tetracloreto de carbono, de forma a eliminar completamente qualquer resíduo contaminante.

9.4 SOLDAGEM

Antes de realizar qualquer soldagem nas tubulações de válvulas do tanque, é obrigatório:

- Drenar completamente o oxigênio residual presente nas tubulações;
- Realizar a purga do sistema, substituindo o conteúdo da linha por nitrogênio limpo, a fim de eliminar riscos de combustão.

9.5 PINTURA DO VASO EXTERNO

Caso se observe descascamento ou deterioração do revestimento de pintura do vaso externo, deve-se proceder da seguinte forma:

1. Fechar todas as válvulas de entrada e saída do tanque;
2. Realizar o reparo da pintura, preferencialmente utilizando tinta da mesma cor e tipo da original;
3. Executar o serviço com o tanque fora de operação;
4. Reforçar medidas de segurança contra incêndio durante o processo de repintura.

9.6 INSPEÇÕES PERIÓDICAS

O tanque deve ser mantido em condições ideais de funcionamento, realizando-se verificações regulares nos instrumentos e componentes relacionados, conforme os intervalos especificados na Tabela 9-6.

Em caso de dúvida quanto ao estado de algum instrumento ou componente, recomenda-se reduzir o intervalo de inspeção como medida preventiva.

Tabela 9-6 – Itens e Intervalos para Verificações Regulares

ITENS	INTERVALO DE VERIFICAÇÃO
Calibração do manômetro	Anualmente
Medidor de nível (conforme instruções operacionais do medidor de nível)	Anualmente
Calibração da pressão de abertura das válvulas de alívio de pressão (RV-1, RV-2)	Anualmente
Substituição do disco de ruptura no conjunto de segurança do vaso interno	Anualmente
Verificação de vazamentos e falhas no sistema de válvulas e tubulações	A cada seis meses
Verificação de falhas nas funções do regulador	A cada seis meses

10. DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO DE FALHAS

Este capítulo apresenta as possíveis causas de falhas que podem ocorrer durante a operação do equipamento, bem como as respectivas soluções recomendadas. As falhas são organizadas na forma: Sintomas / Causas Possíveis / Análise / Soluções.

Em caso de ocorrência de uma falha específica, deve-se verificar cada possível causa listada na tabela correspondente.

Para informações sobre reparo de válvulas, consulte o Capítulo 11.

Tabela 10-1 – Diagnóstico de Falhas

SINTOMA	CAUSAS POSSÍVEIS	ANÁLISE	SOLUÇÕES
Aumento rápido da pressão no tanque	1. Válvulas de líquido V-14, válvula PB/ saída de líquido V-6 ou válvula de gás PB V-15 não estão totalmente fechadas, ou há vazamento de líquido. 2. Mau funcionamento da válvula R-1. 3. Manômetro sem indicação ou com leitura incorreta. 4. Deterioração do grau de vácuo da jaqueta. 5. Baixo nível de líquido no tanque.	• Presença constante de gelo ou condensação nas válvulas V-14, V-15, V-6 e R-1. • Comparação com manômetro de referência. • Ponto frio, gelo ou condensação no vaso externo; verificação do grau de vácuo. • Verificação do nível de líquido.	• Reparar ou substituir válvulas/ manômetro. • Contatar assistência técnica para inspeção e nova evacuação. • Reabastecer líquido ou esvaziar o tanque.
Pressão muito baixa no tanque	1. Válvulas V-14, V-6 e V-15 não estão abertas. 2. Mau funcionamento ou ajuste incorreto da válvula R-1. 3. Manômetro defeituoso. 4. Consumo excessivo ou perda de pressão. 5. Disco de ruptura BD-1 rompido. 6. Vazamento na tubulação.	• Formação de gelo nas válvulas. • Ausência de gelo na saída da R-1; verificação do ponto de ajuste. • Comparação do manômetro com padrão. • Observação no indicador de nível; consumo elevado. • Verificar fluxo de gás. • Ouvir vazamentos.	• Abrir válvulas; reajustar ou substituir R-1. • Substituir disco de ruptura. • Reparar vazamento.
Vazamento na válvula de alívio de segurança	1. Válvula presa ou suja. 2. Núcleo da válvula danificado.	• Válvula danificada.	• Desmontar, inspecionar e reparar. • Substituir válvula.
Disco de ruptura BD-1 do vaso interno rompido	1. Pressão excessiva (falha da válvula RV-1). 2. Fadiga ou corrosão atmosférica.	• Pressão de abertura da válvula incorreta. • Corrosão atmosférica.	• Substituir disco de ruptura. • Verificar pressão de abertura da RV-1.

Taxa de evaporação excede o padrão	1. Válvula V-6 não fechada completamente. 2. Deterioração do vácuo.	• Formação de gelo. • Medição de vácuo.	• Fechar válvula. • Medir vácuo e contatar assistência técnica para evacuação.
Grau de vácuo não se mantém	1. Tubo do vacuômetro com leitura incorreta. 2. Vazamento no vaso interno ou externo. 3. Liberação de gás pela jaqueta.	• Verificar uso. • Medir grau de vácuo. • Leitura elevada.	• Verificar uso correto. • Contatar assistência técnica. • Realizar nova evacuação da jaqueta.
Vazamento de líquido ou gás pelo castelo ou conexão da válvula	1. Castelo frouxo. 2. Anel de vedação danificado. 3. Superfície de vedação danificada. 4. Vazamento na solda.	• Gelo na área. • Inspeção visual.	• Apertar. • Substituir anel. • Substituir válvula. • Refazer a solda.
A válvula não fecha completamente	1. Anel de vedação danificado. 2. Base da válvula danificada.	• Vazamento contínuo.	• Substituir anel ou válvula.
A válvula não abre ou fecha	1. Válvula congelada.	• Travamento.	• Descongelar com ar quente (70~80 °C) ou água morna.
Indicador de nível com leitura incorreta	1. Mau funcionamento do indicador. 2. Válvula de controle não abre. 3. Inversão das ligações de fase líquida e gasosa. 4. Posição zero incorreta. 5. Vazamento na conexão do indicador. 6. Obstrução na tubulação.	• Ponteiro travado ou graduação incorreta. • Ponteiro abaixo do "0". • Posição zero não coincide quando válvula de balanceamento abre. • Teste com solução sem óleo. • Movimento lento ou ausência de movimento.	• Reparar o indicador. • Corrigir posição das válvulas conforme instruções. • Ajustar zero. • Reparar conexão ou contatar assistência técnica.

11. REPARO

Este capítulo apresenta as instruções para reparo do sistema de válvulas. Exceto nos casos em que o vácuo do invólucro (jaqueta) do tanque estiver comprometido — situação na qual o reparo deve ser realizado exclusivamente pela assistência técnica —, as válvulas danificadas podem ser reparadas pelo próprio usuário, desde que sejam empregados técnicos profissionais qualificados.

Antes de qualquer intervenção, é imprescindível identificar a causa da falha. Em caso de dúvida, recomenda-se contatar imediatamente o departamento de pós-venda, que prestará suporte técnico para a solução do problema.

11.1 PONTOS IMPORTANTES

Caso seja detectado vazamento de gás ou líquido pela tampa da válvula, a válvula correspondente deve ser imediatamente fechada. Utilize uma chave apropriada para apertar corretamente a tampa da válvula, somente após a temperatura da válvula retornar à temperatura ambiente. Se o vazamento cessar, a válvula poderá continuar sendo utilizada normalmente. Se o vazamento persistir, a válvula deverá ser desmontada e reparada.

Em geral, antes de remover ou reparar válvulas, a temperatura da válvula e do sistema de tubulações deve ser restaurada a temperatura ambiente. Ao remover válvulas conectadas diretamente à fase gasosa do vaso interno, deve-se abrir obrigatoriamente a válvula de respiro/transbordo V-4 para liberar a pressão. Além disso, é indispensável realizar a drenagem completa do líquido criogênico do tanque antes da remoção. No caso de válvulas que não estejam conectadas diretamente ao vaso interno, devem ser fechadas as válvulas imediatamente anteriores e posteriores da válvula a ser removida, desde que estejam ligadas ao vaso interno.

Ao remover uma válvula para reparo, todas as peças desmontadas devem ser identificadas e organizadas, a fim de facilitar a remontagem. As peças devem ser remontadas na sequência inversa da desmontagem. Os componentes desmontados devem ser protegidos contra danos — se não forem remontados imediatamente, devem ser armazenados em sacos plásticos limpos.

Todas as peças metálicas devem ser limpas com detergentes industriais de alta qualidade, enquanto os anéis de vedação orgânicos devem ser lavados com solução morna de sabão neutro. As peças limpas devem ser secas com ar ou nitrogênio limpo, isento de óleo e em baixa pressão. Antes da remontagem, todos os componentes devem estar totalmente limpos e desengraxados, a fim de evitar congelamento da válvula e contaminação do líquido criogênico.

Sempre que partes de uma válvula forem removidas do vaso, os orifícios expostos nas tubulações devem ser imediatamente vedados. Essa vedação geralmente pode ser feita preferencialmente com filme plástico limpo e livre de óleo.

11.2 REPARO DE VÁLVULAS

11.2.1 VÁLVULA CRIOGÊNICA DE BLOQUEIO

Se a falha da válvula criogênica de bloqueio decorrer de danos nos elementos de vedação ou no prensa-gaxeta, o reparo pode ser feito mediante a substituição do anel de vedação ou da gaxeta.

Nossa empresa mantém peças de reposição em estoque, e os usuários podem adquirir os componentes adequados.

Observação: os anéis de vedação devem ser fabricados em PTFE puro ou trifluorocloroetileno.

Se o defeito não estiver associado aos elementos de vedação, recomenda-se, preferencialmente, a substituição completa da válvula. Também disponibilizamos válvulas de reposição em estoque para aquisição pelos usuários.

11.2.2 REGULADOR DE PRESSÃO (VÁLVULA DE REGULAÇÃO)

O regulador de pressão R-1 possui construção complexa e é composto por diversos componentes. Caso seja necessário reparo, a válvula deve ser encaminhada ao departamento de assistência técnica da empresa.
Caso seja necessária a substituição, recomenda-se que o usuário adquira uma nova válvula diretamente conosco, a fim de garantir:

- O desempenho adequado do tanque;
- A facilidade de instalação do novo componente.

11.2.3 PG (MANÔMETRO) E LG (INDICADOR DE NÍVEL)

A manutenção e calibração do manômetro (PG) e do indicador de nível (LG) devem ser realizadas por profissionais qualificados em instrumentação. Estes técnicos devem:

- Ler atentamente o manual de operação dos instrumentos;
- Executar os reparos conforme as instruções fornecidas ou, alternativamente, enviar os instrumentos defeituosos ao nosso serviço de assistência técnica.

Antes de substituir o manômetro PG ou o indicador de nível LG, devem ser realizados os seguintes procedimentos de verificação:

A. Verificar se há vazamentos nas tubulações ou válvulas;
B. Verificar se as tubulações ou válvulas estão obstruídas (abrir as conexões dos instrumentos para inspeção);
C. Verificar possíveis vazamentos na válvula de balanceamento;
D. Verificar se a posição zero dos instrumentos foi devidamente calibrada;
E. Verificar se os ponteiros se movimentam livremente, sem resistência.

Se as falhas não forem causadas pelos fatores acima, os instrumentos devem ser removidos.

ATENÇÃO

Antes de remover o manômetro PG ou o indicador de nível LG, é necessário fechar as seguintes válvulas:

- Válvula de balanceamento do medidor de nível V-10;
- Válvula de fase líquida V-9;
- Válvula de fase gasosa V-8.

11.2.4 VÁLVULA DE ALÍVIO DE SEGURANÇA

A válvula de alívio de pressão de segurança deve ser substituída caso permaneça com defeitos mesmo após sua remoção e inspeção.

11.2.5 CONJUNTO DE DISCO DE RUPTURA DO RECIPIENTE INTERNO

11.2.5.1 Se o disco de ruptura do conjunto BD-1 romper, acione a válvula de três vias para alternar para o dispositivo de alívio de segurança reserva.

11.2.5.2 Remova, na seguinte ordem, os componentes do dispositivo BD-1:

- Elementos de fixação da tampa (gland);
- Tampa (gland);
- Anel de aperto (clamping collar);
- O próprio disco de ruptura.

Limpe cuidadosamente os resíduos do disco rompido, garantindo que a face de vedação da flange não seja danificada.
Instale o novo disco de ruptura arqueado de reserva, com o lado convexo voltado para fora.
Em seguida, reinstale o anel de aperto, a tampa e os elementos de fixação, apertando-os uniformemente até que não haja vazamentos.

Se, durante o uso do dispositivo BD-1, as válvulas de alívio de segurança (RV-1, RV-2) não forem acionadas após a ruptura do disco, será necessário verificar e calibrar a pressão de abertura dessas válvulas.

11.3 TESTE APÓS O REPARO

Deve-se realizar teste de estanqueidade em todas as válvulas e conexões que foram trocadas ou removidas durante os reparos.

A operação do tanque não poderá ser retomada antes da conclusão e aprovação desses testes.

11.4 RETORNO DE PEÇAS COM DEFEITO

Se for necessário devolver componentes defeituosos à fábrica para análise, estes devem ser embalados adequadamente, preferencialmente em caixa de papelão rígido, para evitar danos adicionais durante o transporte.

Inclua na embalagem uma carta contendo as seguintes informações:

- Descrição detalhada do defeito identificado;
- Indicação sobre a realização de testes ou tentativas de reparo prévios.

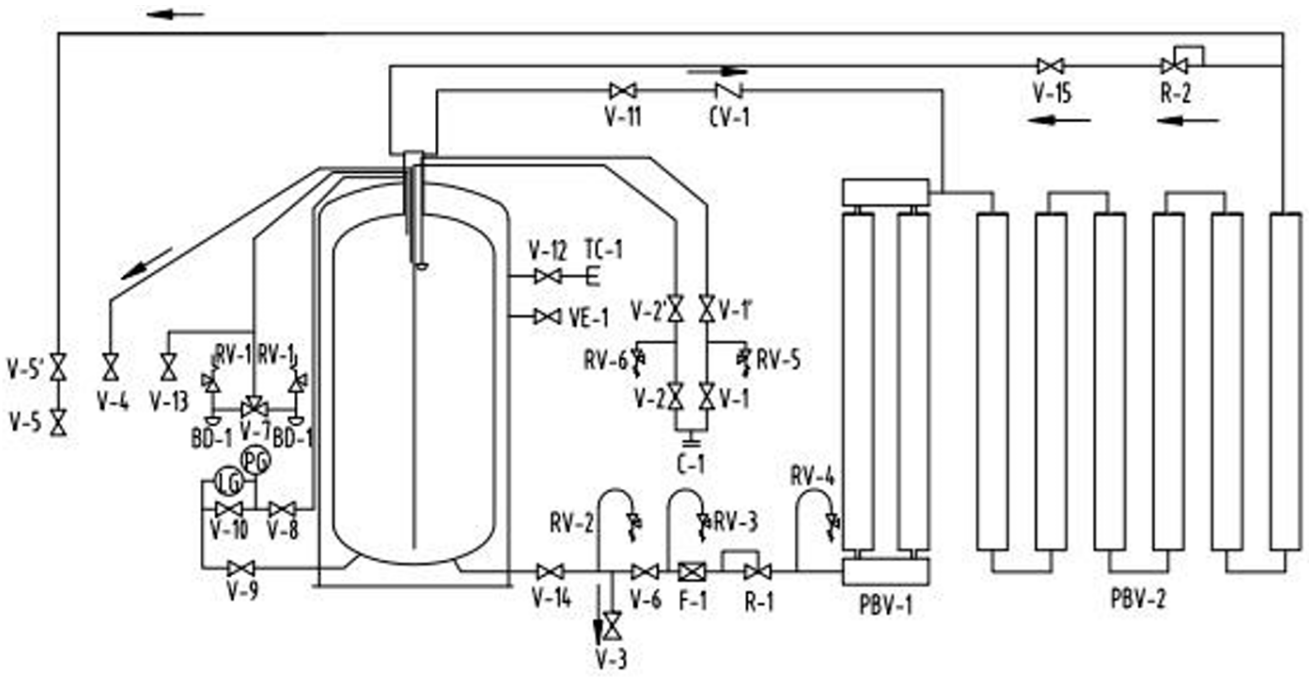
Essas informações são fundamentais para assegurar uma análise técnica precisa e contribuir para um processo de manutenção mais ágil e econômico.

12. ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO E DIAGRAMA DE FLUXO

12.1 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO E CONJUNTOS

ITEM	PARÂMETRO		
Pressão de Operação (MPa)	1,6 MPa	2,6 MPa	3,4 MPa
Pressão de Projeto (MPa)	1,7 MPa	2,85 MPa	3,5 MPa
Temperatura de Projeto (°C)	Recipiente interno: -196 °C Recipiente externo: temperatura ambiente		
Pressão de Ajuste da Válvula de Alívio de Pressão no Recipiente Interno (MPa)	1,65 MPa	2,75 MPa	3,45 MPa
Pressão de Ajuste do Disco de Ruptura no Recipiente Interno (MPa)	1,76 MPa	3,0 MPa	3,6 MPa
Pressão de Ajuste do Dispositivo de Segurança no Recipiente Externo (MPa)	0,05 MPa		
Método de Isolamento Térmico	Isolamento por camadas múltiplas		
Teste de Estanqueidade do Espaço Intermediário (MPa)	Teste com gás hélio		
Material Principal	Recipiente interno: S30408 Recipiente externo: Q345R ou S30408		
Estrutura	Vertical com fundo plano		
Fluido Armazenado	LO_2, LN_2, LAr, O_2, N_2, Ar		
Taxa de Enchimento (%)	≤ 95%		

12.2 DIAGRAMA DE FLUXO



V-1 / V-1”	Válvula superior de entrada de líquido	**LG**	Medidor de nível de líquido
V-2 / V-2”	Válvula inferior de entrada de líquido	**F-1**	Filtro
V-3	Válvula de saída de líquido	**RV-1**	Válvula de alívio de segurança do vaso interno
V-4	Válvula de respiro/transbordo	**RV-2 ~ RV-6**	Válvula de alívio de segurança da tubulação
V-5	Válvula de fornecimento de gás	**R-1 / R-2**	Regulador de pressurização
V-6	Válvula de saída de líquido da pressurização	**BD-1**	Conjunto de disco de ruptura do vaso interno
V-7	Válvula de três vias	**VE-1**	Válvula de vácuo
V-8	Válvula de fase gasosa do medidor de nível	**TC-1**	Tubo do medidor de vácuo
V-9	Válvula de fase líquida do medidor de nível	**V-12**	Válvula do tubo de medidor de vácuo
V-10	Válvula de balanceamento do medidor de nível	**V-13**	Válvula de alívio/respiro
V-11	Válvula econômica	**V-14**	Válvula de líquido
CV-1	Válvula unidirecional (retenção)	**V-15**	Válvula de gás de pressurização
PG	Manômetro		

13. ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Precisa de suporte para o seu Tanque Criogênico? Nossa equipe de Assistência Técnica está preparada para atendê-lo. Tenha em mãos a nota fiscal de compra para agilizar o atendimento e comprovar a garantia do produto.

ATENÇÃO

Não abra, modifique ou tente reparar o produto. Isso pode causar acidentes e invalidar a garantia.

Clique no botão abaixo para falar diretamente com nossa equipe especializada.

Assistência Técnica

ANOTAÇÕES

GALZER

Acesse o nosso site **www.galzer.com.br**
e conheça **toda a nossa linha de produtos**.

IMPORTADO POR: GALZER IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA.
CNPJ: 38.658.832/0003-34
FABRICADO NA CHINA