

INSTITUTO SENAI DE EDUCAÇÃO SUPERIOR

ADRIANO DA SILVA BRITO

HELTON RIBEIRO

LEONARDO MACHADO MATOS

**COMISSIONAMENTO EM SISTEMAS DE
TUBULAÇÕES DE UTILIDADES**

**APLICAÇÃO DO COMISSIONAMENTO A UM SISTEMA DE
RESFRIAMENTO**

Rio de Janeiro

2010

ADRIANO DA SILVA BRITO

HELTON RIBEIRO

LEONARDO MACHADO MATOS

**COMISSIONAMENTO EM SISTEMAS DE
TUBULAÇÕES DE UTILIDADES**

**APLICAÇÃO DO COMISSIONAMENTO A UM SISTEMA DE
RESFRIAMENTO**

Monografia, como requisito parcial
para conclusão do Curso de
Construção e Montagem de
Tubulações Industriais – Ênfase em
Petróleo e Gás

Orientador: Professor Alexandre de Moraes Guimarães

Rio de Janeiro

2010

©2010. Adriano da Silva Brito, Helton Ribeiro, Leonardo Machado Matos

Qualquer parte dessa obra poderá ser reproduzida, desde que citada à fonte.

Presidente da FIRJAN

Eduardo Eugênio de Gouvêia Vieira

Superintendente – Diretor Regional SESI – SENAI

Maria Lúcia Telles

Diretora de Educação

Andréa Marinho de Souza Franco

Gerente de Educação Profissional

Regina Helena Malta do Nascimento

Gerente do Instituto SENAI de Educação Superior

Carlos Bernardo Ribeiro Schlaepfer

Coordenador de Pós Graduação – Área de Petróleo

Caetano Moraes

Ficha catalográfica elaborada sob orientação do Instituto SENAI de Educação Superior.

Brito, Adriano da Silva; Ribeiro, Helton; Matos, Leonardo Machado; 2010

Comissionamento em Sistemas de Tubulações de Utilidades, Aplicação do comissionamento a um Sistema de Resfriamento.

Rio de Janeiro: FIRJAN/SENAI – Instituto SENAI de Educação Superior, 2010. 187 páginas.

Orientador: Professor Alexandre de Moraes Guimarães

Inclui Bibliografia

TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS, COMISSIONAMENTO

ADRIANO DA SILVA BRITO

HELTON RIBEIRO

LEONARDO MACHADO MATOS

**COMISSIONAMENTO EM SISTEMAS DE
TUBULAÇÕES DE UTILIDADES**

**APLICAÇÃO DO COMISSIONAMENTO A UM SISTEMA DE
RESFRIAMENTO**

Monografia, aprovada como requisito parcial para conclusão do curso de Construção e Montagem de Tubulações Industriais – Ênfase em Petróleo e Gás.

Aprovado em: 03/ 09/ 2010

Banca Examinadora

Prof. Alexandre de Moraes Guimarães
Instituto Senai de Educação Superior

Professor Caetano Moraes, Ph. D.
Instituto Senai de Educação Superior

Professor Maurini Elizardo Brito, M. Sc.
Instituto Senai de Educação Superior

Resumo

O objetivo desse trabalho é tratar do comissionamento de sistemas de tubulações de Utilidades, apresentando uma aplicação do comissionamento a um Sistema real de Água de Resfriamento de uma indústria de processo.

No primeiro capítulo serão apresentados os principais conceitos do processo de comissionamento, apresentando seus métodos e práticas gerais que podem ser aplicadas a qualquer tipo de instalação. O segundo capítulo tratará de comissionamento em Sistemas de Tubulações de Utilidades de indústrias de processo, apresentando os principais procedimentos de preservação, testes, condicionamento, partida e pré- operação aplicáveis a esses sistemas. O terceiro capítulo se constituirá de uma descrição de um Sistema real de Água de Resfriamento de uma Refinaria de Petróleo. No quarto e ultimo capítulo será descrito como deverá ser executado o comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento apresentado no capítulo 3.

Palavras Chave

Comissionamento, Tubulações Industriais, Sistemas de Utilidades, Sistema de Água de Resfriamento.

Lista de Ilustrações

Figura 01	Avanço de C&M X Comissionamento – Visão Tradicional	Pg. 13
Figura 02	Avanço da C&M X Comissionamento – Novo Paradigma	Pg. 15
Figura 03	Macro processos de implantação de um projeto	Pg. 26
Figura 04	O processo de comissionamento na implantação de uma instalação industrial	Pg. 27
Figura 05	Sistema de Utilidades dentro de uma rede de precedência	Pg. 48
Figura 06	Teste de Cavitação de Bombas - Variação do NPSH disponível através da modificação do nível de líquido	Pg. 93
Figura 07	Teste de Cavitação de Bombas - Variação do NPSH disponível através do estrangulamento da sucção	Pg. 94
Figura 08	Teste de Cavitação de Bombas - Variação do NPSH disponível por modificação de pressão e/ou temperatura	Pg. 95
Figura 09	Diagrama de Distribuição de Água de Resfriamento da Unidade de Destilação Atmosférica	Pg. 115

Lista de Tabelas

Tabela 01	Teste de desempenho de bombas - Flutuações aceitáveis	Pg. 89
Tabela 02	Teste de desempenho de bombas - Tolerâncias aceitáveis	Pg. 90
Tabela 03	Limites aceitáveis de ruído em bombas API	Pg. 98
Tabela 04	Condições da água de resfriamento no limite da unidade	Pg. 111
Tabela 05	Condições de Operação e Projeto do Sistema de Água de Resfriamento	Pg. 112
Tabela 06	Consumidores de Água de Resfriamento	Pg. 113
Tabela 07	Características das tubulações do Sistema de Água de Resfriamento	Pg. 116
Tabela 08	Pressões de Teste Hidrostático das malhas de tubulação do sistema de água de Resfriamento	Pg. 154

Lista de Abreviaturas e Siglas

- AR** – Análise de Risco
- APR** – Análise Preliminar de Risco
- ATF** – Autorização para Teste de Funcionamento
- CCM** – Certificado de Completação Mecânica
- C&M** – Construção e Montagem
- EAP** – Estrutura Analítica de Projeto
- END** – Ensaio Não Destrutivo
- ETA** – Estação de Tratamento de Afluentes
- FD** – Folha de Dados
- FVI** – Folha de Inspeção de Item
- FVM** – Folha de Inspeção de Malha
- FJA** – Flange para Junta tipo Anel
- JA** – Junta tipo Anel
- O&M** – Operação e Manutenção
- PO&P** – Pré-Operação e Partida
- PMO** – Pressão Máxima de Operação
- PRE** – Plano de Resposta à Emergência
- PSH** – Comando/ Chave de Pressão Alta
- PSL** – Comando/ Chave de pressão Baixa
- PT** – Permissão de Trabalho
- RM** – Requisição de Material
- SDCD** – Sistema Digital de Controle Distribuído
- SOP** – Sistema Operacional
- SSOP** – Subsistema Operacional
- STVM** – Sistema de Válvulas Motorizadas
- TAF** – Teste de Aceitação de Fábrica
- TAP** – Teste de Aceitação de Performance
- TI** – Tecnologia da Informação
- TTAS** – Termo de Transferência e Aceitação de Sistema

Sumário

Introdução	12
1. Processo de Comissionamento de uma instalação:.....	16
1.1 <i>Noções Básicas:.....</i>	16
1.2 <i>Definições:.....</i>	19
1.3 <i>O processo de Comissionamento:</i>	25
1.4 <i>Etapas do Processo de Comissionamento:</i>	30
1.4.1 <i>Planejamento e Gestão do Comissionamento:.....</i>	30
1.4.2 <i>Preservação e Manutenção:.....</i>	34
1.4.3 <i>Condicionamento:</i>	37
1.4.4 <i>Pré-Operação e Partida:.....</i>	38
1.4.5 <i>Operação Assistida:.....</i>	42
1.4.6 <i>Ferramenta informatizada de Comissionamento:.....</i>	43
2. Comissionamento em Sistemas de tubulações de Utilidades:.....	46
2.1 <i>Sistemas de tubulações de Utilidades:</i>	46
2.2 <i>Comissionamento em Sistemas/ subsistemas de tubulação:</i>	49
2.2.1 <i>Recebimento, armazenagem e preservação:</i>	49
2.2.1.1 <i>Tubos:.....</i>	50
2.2.1.2 <i>Flanges:</i>	51
2.2.1.3 <i>Conexões:</i>	52
2.2.1.4 <i>Válvulas:</i>	54
2.2.1.5 <i>Purgadores:</i>	55
2.2.1.6 <i>Juntas de vedação:</i>	56
2.2.1.7 <i>Juntas de expansão:</i>	57
2.2.1.8 <i>Filtros:</i>	58
2.2.1.9 <i>Suportes de Mola:.....</i>	59

2.2.2	<i>Testes de Pressão e Estanqueidade em tubulações industriais:</i>	60
2.2.2.1	<i>Temperatura de teste:.....</i>	66
2.2.2.2	<i>Fluido de teste:</i>	67
2.2.2.3	<i>Pressão de teste:.....</i>	68
2.2.2.4	<i>Aplicação da pressão, constatação de vazamentos e final do teste:</i>	70
2.2.2.5	<i>Testes de válvulas:</i>	73
2.2.3	<i>Condicionamento de sistemas/ subsistemas de tubulação:</i>	74
2.2.3.1	<i>Limpeza de Malhas de Tubulação:</i>	75
2.2.3.2	<i>Secagem:</i>	83
2.2.3.3	<i>Inspeções Mecânicas:.....</i>	84
2.3	<i>Comissionamento de bombas industriais:.....</i>	85
2.3.1	<i>Transporte, recebimento e preservação de bombas:.....</i>	85
2.3.2	<i>Testes de bombas industriais:</i>	87
2.3.2.1	<i>Teste Hidrostático:.....</i>	87
2.3.2.2	<i>Teste de desempenho:</i>	88
2.3.2.3	<i>Teste de cavitação:</i>	92
2.3.2.4	<i>Teste de escorva:</i>	96
2.3.2.5	<i>Limites aceitáveis de vibração e ruído:</i>	96
2.4	<i>Comissionamento de Sistemas Turbo:</i>	98
2.4.1	<i>Testes em Turbinas a Gás:.....</i>	100
2.4.1.1	<i>Turbinas a Gás – "Performance Test":</i>	100
2.4.1.2	<i>Turbinas a Gás – "Mechanical Running Test":</i>	100
2.4.1.3	<i>Turbinas a Gás – "Complete Unit Test- String Test":.....</i>	101
2.4.2	<i>Testes em Compressores Centrífugos:</i>	101
2.4.2.1	<i>Compressor Centrífugo – "Performance Test":</i>	101
2.4.2.2	<i>Compressor Centrífugo – "Mechanical Running Test":</i>	102
2.4.2.3	<i>"Full Load Compressor Testing - ASME PTC 10 Class-I":.....</i>	103
2.5	<i>Pré-Operação e Partida de Sistemas de tubulações de Utilidades e transferência dos sistemas:.....</i>	103

3.	<i>Descrição do Sistema de Resfriamento:</i>	109
3.1	<i>Torre de Resfriamento:</i>	109
3.2	<i>Água de Resfriamento:</i>	112
3.2.1	<i>Condições de Operação:</i>	112
3.2.2	<i>Consumidores:</i>	112
3.2.3	<i>Diagrama Esquemático do Sistema de Resfriamento:</i>	114
3.3	<i>Filosofia de operação das bombas de circulação:</i>	117
3.4	<i>Subsistema de Purga das Torres:</i>	120
3.5	<i>Subsistema de Água de Reposição:</i>	121
4.	<i>Comissionamento do Sistema de Resfriamento:</i>	123
4.1	<i>Planejamento e Documentação de Comissionamento do Sistema de Resfriamento:</i>	126
4.1.1	<i>Sistema de Resfriamento dentro da Rede de Precedência da Unidade:.</i>	128
4.1.2	<i>Lista dos Subsistemas Operacionais do Sistema de Resfriamento:.....</i>	130
4.1.3	<i>Lista de Itens Comissionáveis do Sistema de Resfriamento</i>	130
4.1.4	<i>Lista de Sobressalentes para o Sistema de Resfriamento</i>	132
4.1.5	<i>Manual do Comissionamento do Sistema de Resfriamento:</i>	134
4.1.6	<i>Cronograma e EAP de Comissionamento do Sistema de Resfriamento:</i>	135
4.1.7	<i>Manual de Operação e Manutenção do Sistema de Resfriamento.....</i>	136
4.2	<i>Preservação dos componentes do sistema de Resfriamento:.....</i>	142
4.2.1	<i>Rotinas de Preservação:</i>	143
4.3	<i>Condicionamento do Sistema de Resfriamento:</i>	146
4.3.1	<i>Testes de Certificação:</i>	147
4.3.1.1	<i>Inspeções e Testes nos fornecedores/ fabricantes:</i>	147
4.3.1.2	<i>Inspeções e Testes no "Site" da Obra:</i>	152
4.3.2	<i>Limpeza das Malhas de Tubulação:</i>	156
4.3.3	<i>Completação Mecânica:</i>	157
4.3.3.1	<i>Tratamento de Pendências:</i>	162
4.4	<i>Pré-Operação e Partida do Sistema de Resfriamento:</i>	163

4.4.1	Treinamento das Equipes de Operação e Manutenção:.....	164
4.4.2	Partida do Sistema de Resfriamento.....	167
4.4.3	Teste de Aceitação de Performance - TAP:	170
4.4.4	Inspeções Funcionais.....	173
4.5	Operação Assistida do Sistema de Resfriamento:	176
4.5.1	Operação Assistida e Transferência do Sistema de Resfriamento:.....	176
	Conclusão	178
	Referências	182
	Anexos	186
	Lista de Anexos	187

Introdução

Dentre as diversas definições existentes para o termo Comissionamento, pode-se dizer, ainda que preliminarmente, que comissionamento é o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma instalação sejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário da instalação (cliente). O comissionamento pode ser aplicado tanto a novas instalações quanto a unidades e sistemas existentes em processo de expansão, modernização ou ajuste.

Na prática o processo de comissionamento consiste na aplicação integrada de um conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar cada componente físico da instalação, desde os individuais, como peças, instrumentos e equipamentos, até os mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas, atuando como uma espécie de elo integrador entre a Construção e Montagem (C&M) e a Operação e Manutenção (O&M).

Até o final da década de 80, o comissionamento era visto, dentro dos diversos processos que compõem a implantação de uma nova instalação, como uma atividade que era iniciada apenas pouco tempo antes de se preparar os sistemas e subsistemas operacionais para a partida.

As práticas convencionais do mercado com relação ao comissionamento, basicamente eram: Início tardio e pouco planejado da preparação para entrada em serviço, falta de integração entre as atividades de C&M e de preparação para entrada em serviço, falta de compreensão da natureza do processo, uso de conhecimento não estruturado, tático e empírico, subordinação do comissionamento as prioridades da C&M e falta de continuidade com a operação subsequente da instalação. Ou seja, o comissionamento era visto apenas como um conjunto de testes pré-operacionais, se tornando um processo isolado do restante do empreendimento.

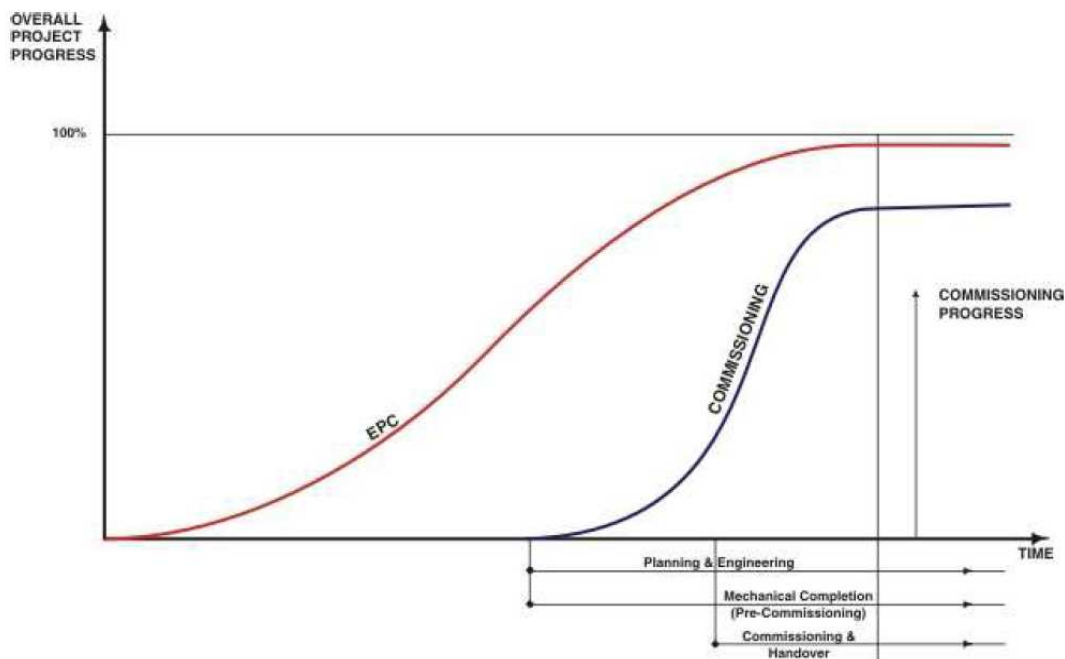


Figura 01 – Avanço de C&M X Comissionamento – Visão Tradicional (Fonte: Gaete, Luciano e Prates, João Paulo; Apresentação: "Ferramentas de TI para comissionamento de empreendimentos industriais").

A partir do início dos anos 90 porém, esse quadro começou a se alterar, as fases de pré-operação e partida e a transferência das instalações para o operador, ganharam maior importância, passando a ser vistas como etapas críticas, na implantação de uma unidade industrial.

Isso se deve, dentre muitas razões, por que são durante as fases de pré-operação e partida de uma unidade, que as falhas de projeto e construção e montagem tendem a aparecer, por essa razão, para garantir uma pré-operação sem traumas, se faz necessário um comissionamento eficiente, para tal é requerida uma estratégia apropriada e um bom gerenciamento.

Para garantir uma fase de transferência da instalação para o operador de uma maneira segura e ordenada, com a instalação plenamente operacional é necessário que o início da preparação da entrada em serviço comece já na fase de projeto de engenharia, além disso também se faz necessário que o comissionamento tenha: ênfase em planejamento e integração com a C&M, aplicação de conhecimento estruturado e técnicas da garantia da qualidade, visão abrangente das necessidades da operação, além dos limites físicos do ativo, e estímulo a participação do futuro operador da instalação.

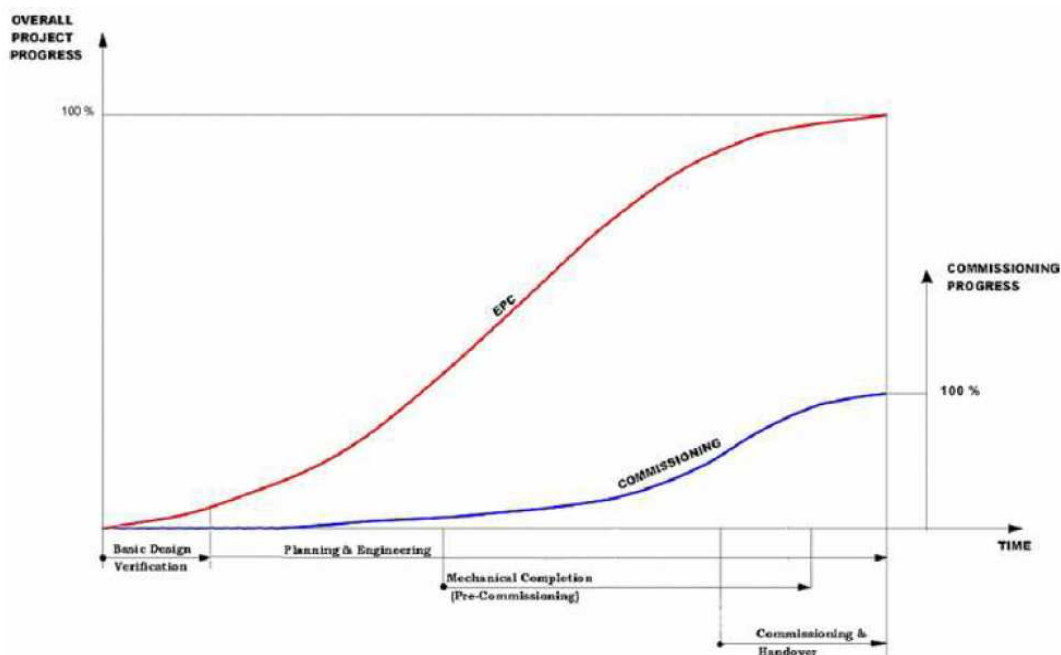


Figura 02 – Avanço da C&M X Comissionamento – Novo Paradigma (Fonte: Gaete, Luciano e Prates, João Paulo; Apresentação: “Ferramentas de TI para comissionamento de empreendimentos industriais”).

O presente trabalho tratará de processos de comissionamento em sistemas de tubulações de utilidades de indústrias de processo, apresentado uma aplicação prática dos conceitos do comissionamento a um Sistema real de Água de Resfriamento. No primeiro capítulo os conceitos do comissionamento serão apresentados e tratados de uma maneira geral, para qualquer tipo de instalação, nos capítulos subseqüentes esses conceitos serão tratados de maneira mais específica em casos de sistemas de tubulações de utilidades. Nos últimos capítulos será feita uma aplicação dos conceitos do comissionamento a um Sistema de Água de Resfriamento de uma indústria de processo, nesses capítulos os conceitos de comissionamento serão tratados a nível quase que de procedimento.

1. Processo de Comissionamento de uma Instalação:

1.1 Noções Básicas:

A definição mais empregada e aceita atualmente para o termo comissionamento é a visão deste como um conjunto estruturado de conhecimentos, práticas, procedimentos e habilidades, aplicável a produtos complexos de engenharia com o objetivo de assegurar a transferência da unidade civil ou industrial do construtor para o proprietário/ cliente de forma ágil, ordenada e segura, garantindo sua operabilidade em termos de desempenho, confiabilidade e rastreabilidade de informações.

Adicionalmente, quando executado de forma planejada, estruturada e eficaz, o comissionamento tende a se configurar como um elemento essencial para o atendimento aos requisitos de prazos, custos, segurança e qualidade da implantação de um ativo.

Entende-se por operabilidade como a capacidade de uma instalação de atender a seus requisitos de desempenho especificados enquanto funcionando de forma estável e confiável.

As condições para garantir a operabilidade de um sistema ou instalação ao término da implantação de um ativo são:

- Todos os sistemas são entregues ao operador livres de pendências;
- A documentação necessária a operação e à manutenção está atualizada e disponível para o usuário;
- As equipes de operação e manutenção estão treinadas;
- As dotações de consumíveis, sobressalentes e ferramentas estão provisionadas;
- As estruturas temporárias da obra foram retiradas;
- As instalações estão prontas para o trabalho normal e o controle de energias está entregue ao operador;
- O sistema de gestão da manutenção está operacional e disponível para o usuário;
- As interfaces externas ao processo industrial estão operacionais;
- A unidade está conforme e todas as normas e regulamentos aplicáveis e possui todas as licenças e contratos necessários.

De uma maneira geral, pode-se dizer que os objetivos do comissionamento são:

- Garantir uma partida segura, eficiente e rápida das facilidades de produção;

- Verificar se a instalação foi executada de acordo com as especificações;
- Assegurar que 100% das instalações mecânicas, elétricas e de supervisão e controle foram testados antes da partida;
- Demonstrar e documentar, através de registros, que todos os sistemas estão operacionais;
- Identificar deficiências/ pendências e fazer correções;
- Ajustar e modificar equipamentos para uma melhor operabilidade e manutenibilidade;
- Garantir um entrega dos sistemas operacionais para os operadores, com os últimos devidamente treinados.

A visão do comissionamento difere bastante da visão convencional da Construção e Montagem por três fatores principais:

- **Visão Operacional x Visão de Obra:** A visão do comissionamento é que a instalação deve operar de forma integrada, estável e segura. Por outro lado, a C&M tende a enxergar a instalação de maneira segregada, enxergando cada uma das diversas áreas físicas do ativo, como se estas fossem “independentes” uma das outras;
- **Hierarquia de sistemas x Hierarquia de Disciplinas:** A visão do comissionamento é que a instalação é um conjunto de sistemas operacionais que executam o processo desejado segundo uma

lógica definida. Por outro lado a C&M enxerga a instalação por disciplinas "independentes" entre si;

- **Avanço progressivo ascendente x Avanço Progressivo por áreas:** O comissionamento se inicia no nível de componentes e segue uma seqüência lógica na direção de subsistemas, sistemas e instalação. A C&M se inicia independentemente em cada uma das diversas áreas que compõem o espaço físico do ativo, que aos poucos vão se interligando entre si de maneira quase que "aleatória".

1.2 Definições:

- **Operabilidade:** "Capacidade de uma instalação atender aos requisitos de desempenho de projeto, enquanto operando de forma estável e confiável". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Comissionamento:** "Conjunto estruturado de conhecimentos, práticas e habilidades aplicável a produtos complexos de engenharia com o objetivo de assegurar a transferência da unidade industrial do construtor para o operador de forma rápida, ordenada e segura, certificando sua operabilidade em termos de desempenho, confiabilidade e rastreabilidade de informações".

(Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

- **Condicionamento:** “Conjunto de atividades de campo executadas durante a fase de Construção e Montagem, com o objetivo de assegurar que todos os itens comissionáveis atingiram o estágio de Completação Mecânica, encontrando-se prontos para iniciar o processo de Pré-Operação e Partida”. (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Pré-Operação e Partida:** “Conjunto de atividades de campo executadas sobre itens, malhas, subsistemas e sistemas com o objetivo de levá-los da completção mecânica até o estágio de operação plena. A pré-operação engloba todos os testes realizados com emprego de energia, pressão e fluidos, mas sem passagem ou geração de produtos; a partida envolve os testes com produto, e tem seu evento principal nos Testes de Aceitação de Performance (TAP) dos subsistemas e sistemas. Este processo conclui-se com a transferência dos sistemas para o operador”. (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Operação Assistida:** “Último processo de comissionamento, consistindo na prestação de assistência técnica ao operador por parte da entidade responsável pelo comissionamento, a partir da

transferência de cada sistema operacional e abrangendo, em sua fase final, o conjunto da Unidade de Produção. Esta assistência pode estender-se por um prazo pré-definido ou até o atendimento a algum requisito fixado em contrato. O encerramento da Operação Assistida representa, via de regra, a finalização do escopo dos serviços de comissionamento". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

- **Inspeção de Recebimento:** "Inspeção qualitativa visual efetuada sobre todos os itens comissionáveis quando de sua chegada ao canteiro. Verifica aspectos como estado da preservação, danos de transporte, conformidade com a respectiva Ordem ou Requisição de Compra, presença da documentação de apoio técnico prevista, presença da dotação de sobressalentes e itens similares. Não verifica conformidade com as especificações de engenharia". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Preservação:** "Conjunto de atividades efetuadas sobre os itens comissionáveis visando mantê-los em boas condições de conservação desde o momento de sua saída de fábrica até o momento de sua preparação para partida (quando é substituída pela manutenção). Para boa parte dos itens, a preservação adequada é pré-requisito para que a garantia do fabricante seja

assegurada". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

- **Completação Mecânica:** "Estágio de implantação de um item, malha ou subsistema no qual todas as atividades de Construção e Montagem estão concluídas conforme o referencial técnico aplicável, a documentação necessária à pré-operação e partida está atualizada e disponível e a Ferramenta Informatizada de Comissionamento está atualizada em relação ao item, malha ou subsistema envolvido. Esse estágio é atestado pela emissão de Certificados de Completação Mecânica (CCM)". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Teste de Certificação:** "Qualquer teste realizado em um item comissionável ou malha sem aplicação de energia térmica, elétrica, pneumática ou hidráulica (a injeção de sinais para a execução de testes elétricos não caracteriza aplicação de energia)". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Teste de Funcionamento:** "Qualquer teste realizado em um item comissionável, malha ou subsistema com aplicação de energia térmica, elétrica, pneumática ou hidráulica". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

- **Teste de Aceitação de Performance:** "Teste de um subsistema ou sistema no qual é avaliada sua capacidade de atendimento aos requisitos de desempenho de projeto especificados. A conclusão bem sucedida de um TAP é atestada pela emissão de um Termo de Transferência e Aceitação de Sistema (TTAS), e assinala a entrada oficial do subsistema ou sistema na condição operacional. A constatação da existência de pendências durante um TAP pode levar a sua recusa (pendências impeditivas) ou a sua aceitação provisória (pendências não impeditivas); no segundo caso, o TTAS também é provisório (TTAS1), sendo substituído pelo definitivo (TTAS2) quando todas as pendências tiverem sido sanadas". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Pendência:** "Qualquer desvio que afete a condição de plena operabilidade de um item, malha, subsistema ou sistema, durante todas as fases do comissionamento. Uma pendência será impeditiva se sua existência: (1) bloquear o prosseguimento do comissionamento do item, malha, subsistema ou sistema envolvido, (2) colocar em risco a segurança das pessoas ou das instalações ou (3) exigir a paralisação de instalações já em operação para sua correção. A pendência será não impeditiva se as atividades de comissionamento puderem prosseguir mesmo na

sua presença e/ou as condições descritas nos itens 2 e 3 acima não ocorrerem". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

- **Item Comissionável:** "Componente ou equipamento mecânico, elétrico, de instrumentação ou de automação cujo comissionamento seja necessário para garantir a condição de operabilidade da instalação. Todo item comissionável deve ser identificado por um código individual (TAG), definido de acordo com critério único para toda a unidade instalação". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Malha:** "Conjunto interligado de itens comissionáveis que deva sofrer atividades de comissionamento como uma unidade funcional. Tubulações, circuitos de potência e circuitos de controle (ou trechos dos mesmos, entre pontos notáveis) constituem malhas". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Sistema Operacional (SOP):** "Conjunto integrado de equipamentos, malhas, componentes e materiais capazes de efetuar uma função produtiva ou de apoio ao processo da instalação. Um sistema pode ser subdividido em subsistemas". (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

- **Subsistema Operacional (SSOP):** “Parcela definida do SOP, menor ou igual ao mesmo, que tem como objetivo permitir a ativação escalonada do SOP em estágio de operação, cujo funcionamento produz, ou mantém, parte de uma determinada situação, processo, utilidade, ou facilidade operacional em condição segura”. (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).
- **Rede de Precedência:** “Seqüência lógica de partida dos SOP e SSOP de uma instalação. É o documento mestre de planejamento do comissionamento, especialmente durante o processo de pré-operação e partida”. (Fonte: Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento da Petrobras).

1.3 O Processo de Comissionamento:

O Processo de Comissionamento tem como foco a operabilidade da instalação, para atingir tal objetivo, o comissionamento deve iniciar-se logo após o início do projeto executivo, devendo estender-se até a transferência da instalação para a operação, sendo esta feita de maneira gradual do construtor para o operador, com a participação deste desde fase de planejamento até a entrada em operação do ativo. Portanto o processo de comissionamento deve ser entendido como um dos grandes macro-processos

de implantação de um projeto, tais como são o projeto, o suprimento e a construção e montagem.

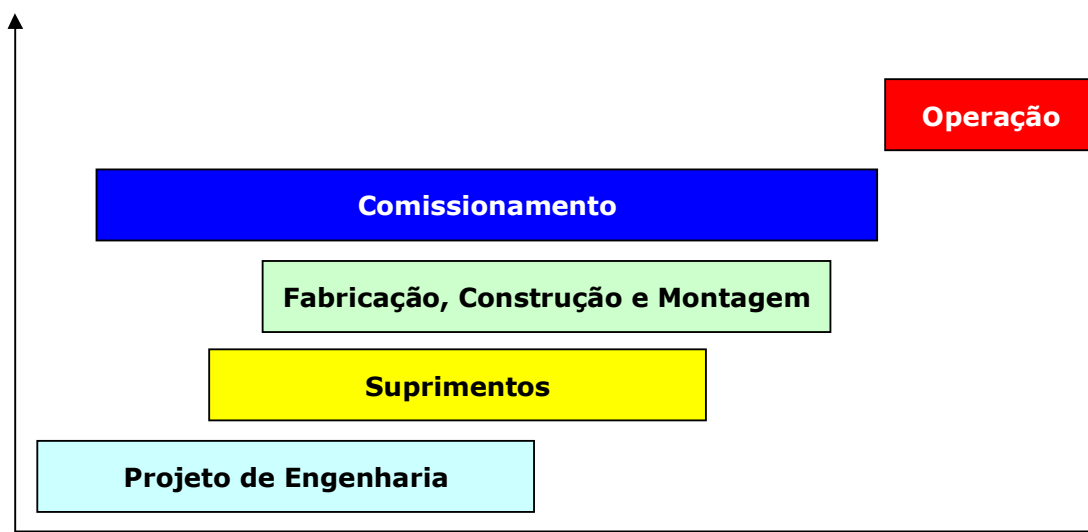


Figura 03 – Macro Processos de implantação de um projeto (Fonte: Petrobras, Manual de Gestão da Engenharia, Volume 2: Implementação de Empreendimento, Capítulo 15: Comissionamento).

O Processo de Comissionamento é composto por diversas atividades tais como planejamento e gestão do comissionamento, preservação, condicionamento, pré-operação e partida, documentação do processo dentre outras, conforme pode ser observado na figura 04:

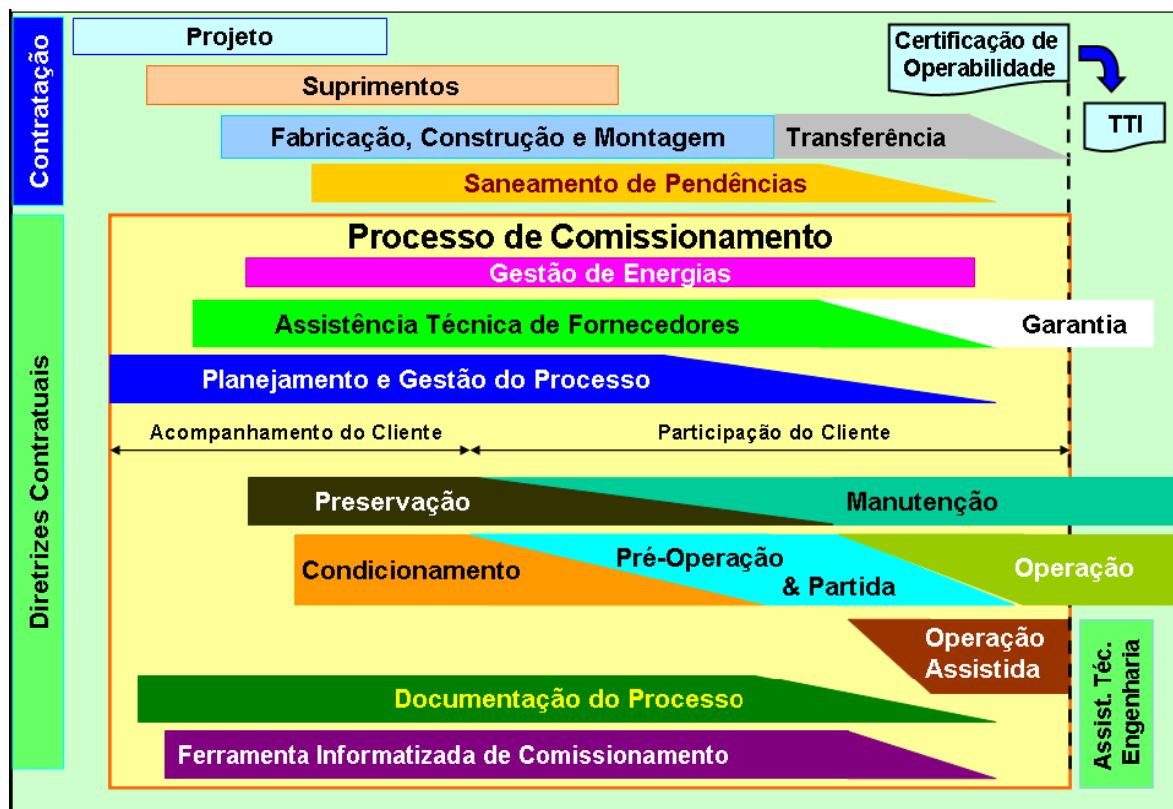


Figura 04- O processo de comissionamento na implantação de uma instalação industrial (Fonte: Petrobras, Manual de Gestão da Engenharia, Volume 2: Implementação de Empreendimento, Capítulo 15: Comissionamento).

O comissionamento registra e certifica o funcionamento de itens, equipamentos e sistemas, identificando e solucionando as pendências, não conformidades, defeitos e falhas, quando existirem, desde a fase de projeto até a transferência das instalações ao operador. A transferência das instalações do construtor para o operador deve ser ordenada e segura, assegurando a confiabilidade operacional e a rastreabilidade das informações. O Processo de Comissionamento deve prever e providenciar os recursos necessários para o treinamento e fornecer os subsídios para o

desenvolvimento das funções das equipes de Operação e Manutenção da instalação.

Os certificados principais emitidos pelo comissionamento são os de completação mecânica (CCM) e os de transferência e aceitação de sistemas (TTAS). Os primeiros correspondem ao término dos testes de certificação (fase de condicionamento) e indicam, em síntese, que um dado subsistema operacional teve sua construção e montagem concluída e seus testes de certificação efetuados, sem pendências que impeçam o início dos testes de funcionamento. Os TTASs marcam o final da fase de pré-operação e partida (PO&P) e indicam que todos os testes de funcionamento, de desempenho e confiabilidade (apenas para alguns equipamentos) foram executados com sucesso, permitindo a transferência do sistema em questão para o seu operador. Ou seja, pode-se dizer que um subsistema está pronto para pré-operação quando todas as ações de montagem e condicionamento estiverem concluídas com sucesso. Um sistema está mecanicamente completo quando todos os seus subsistemas estiverem prontos para pré-operação. Um sistema está pronto para a transferência quando todas as ações de pré-operação e partida estiverem concluídas com sucesso. Uma instalação está pronta para operar quando todos os seus sistemas estiverem prontos para a transferência.

Os certificados gerados pelo comissionamento, tais como o CCM, TTAS, dentre outros podem ter diversos títulos, dependendo da metodologia

de comissionamento e mesmo da área de atuação da empresa proprietária do ativo, porém cabe ressaltar que o seu conceito permanece o mesmo em qualquer metodologia de comissionamento.

A gestão do comissionamento deve ser feita segundo o princípio da garantia da qualidade que estabelece a relação procedimento aprovado/ ação executada/ resultado certificado/ registro efetuado. Outro princípio a ser respeitado é o da rastreabilidade das informações.

O histórico das ações efetuadas sobre cada item comissionável, subsistema e sistema deve ser preservado e colocado à disposição do cliente/ operador em formatos que permitam a recuperação e uso das informações, especialmente pelas equipes de manutenção. Nesse particular, deve ser ressaltado que as informações produzidas pelas ações de comissionamento são entradas para os sistemas de gestão de manutenção dos ativos e devem ser organizadas/ formatadas com essa finalidade em vista. Ainda sob o ângulo da qualidade note-se que não se aplica ao comissionamento o critério da amostragem. Se um determinado tipo de item comissionável (família de itens) deve ser submetido a um dado teste, então todos os itens daquela família são testados. A aplicação destes conceitos com rigor é um dos elementos básicos para dar ao comissionamento a componente de confiança que é a sua essência.

1.4 Etapas do Processo de Comissionamento:

1.4.1 Planejamento e Gestão do Comissionamento:

A gestão do processo de Comissionamento consiste no conjunto de atividades desenvolvidas desde o projeto executivo até a transferência ao cliente, visando agilizar a partida de forma segura, com o pleno funcionamento do empreendimento no menor prazo possível.

O planejamento é a essência do comissionamento. Muitas das atividades de campo típicas do comissionamento podem ser executadas por equipes de construção e montagem ou mesmo de operação e manutenção, mas o planejamento da entrada em serviço de um ativo é algo que deve ser feito por profissionais especializados. Para que a fase de pré-operação e partida de um ativo seja bem sucedida é necessário iniciar sua preparação muito antes, ainda na fase de projeto executivo. É aí que as informações de engenharia começam a ser estruturadas de modo a atender não apenas às necessidades de suprimentos e construção em montagem, mas também às de comissionamento, ou seja, o planejamento do comissionamento deve estar integrado e não subordinado ao planejamento da construção e montagem.

O planejamento do comissionamento deve ser consolidado em um plano manual, elaborado o mais cedo possível, e que defina como o

comissionamento será organizado, coordenado, executado e controlado no empreendimento. A partir daí o planejamento evolui junto com o empreendimento, chegando ao nível de programação (folha tarefa) quando da execução das atividades de campo. O planejamento do comissionamento pode ser dividido em duas grandes etapas:

- **Planejamento Executivo:** Processo inicial cujo objetivo é estabelecer as condições de realização dos serviços de comissionamento, em termos de organização, responsabilidades e procedimentos gerenciais. O produto deste processo é o Manual de Comissionamento.
- **Planejamento Operacional:** Engloba o planejamento, a programação, o controle e o registro das atividades de comissionamento, sendo seus produtos principais a Rede de Precedência e a Ferramenta Informatizada de Comissionamento, permanentemente atualizados.

Cabe a Gestão e Planejamento do Comissionamento: Estruturar as atividades de gestão do processo de comissionamento, visando à transferência da instalação para o cliente, desde o projeto; Definir atribuições e responsabilidades dos participantes do planejamento e gestão do comissionamento; Atuar como processo integrador, colaborando com a consistência entre os planejamentos dos demais processos; Implantar os recursos necessários à documentação do processo, bem como sua

transferência para o cliente; Elaborar os documentos de planejamento necessários ao processo de Comissionamento; Elaborar os procedimentos das atividades de campo do comissionamento; Configurar, instalar e operar a Ferramenta Informatizada de Comissionamento; Mobilizar e qualificar as equipes de comissionamento; Coordenar o provisionamento de consumíveis de operação (1ª carga), sobressalentes e ferramentas especiais; Coordenar o Controle de Energias Perigosas em conjunto com o Cliente; Participar da elaboração das Análises de Risco (AR) necessárias às atividades; Atuar na gestão de pendências; Analisar Solicitações de Modificação de Projeto.

Em paralelo com o planejamento ocorre o desenvolvimento da documentação de apoio ao comissionamento, chamada por alguns de "Engenharia de Comissionamento". Trata-se da elaboração de um conjunto de documentos de identificação do universo físico do comissionamento, da definição das lógicas de processo e de partida do ativo, dos procedimentos de execução das atividades de campo, dos registros dessas atividades e de certificação dos resultados.

Dentre os documentos mestre de comissionamento podem ser citados: lista de itens comissionáveis, lista de Sistemas operacionais, rede de precedência de partida, plano de treinamento e assistência técnica, lista de sobressalentes, procedimentos para testes de certificação, procedimentos para teste de funcionamento, procedimentos para testes de performance,

Pastas de sistemas operacionais. Dentre os documentos citados, pode-se destacar:

- **Manual de Comissionamento:** Documento cujo objetivo é estabelecer as condições de realização dos serviços de comissionamento, em termos de organização, responsabilidades, procedimentos gerenciais, gestão do tempo e dos recursos, entre outros.
- **Cronogramas do Comissionamento:** Documentos de planejamento e controle das atividades de comissionamento que contém informações físicas e/ou financeiras relativas ao projeto, usado para elaboração de projeções e análises que possam subsidiar a tomada de decisões.
- **Rede de Precedência de SOP/SSOP:** Diagrama que apresenta a seqüência de entrada em operação dos sistemas / subsistemas operacionais do ativo, levando-se em conta sua dependência funcional e a seqüência lógica de partida.
- **EAP do Comissionamento:** A Estrutura Analítica de Projeto (EAP) é o agrupamento de elementos do projeto orientados ao resultado principal que organiza e define o escopo total do trabalho do projeto. Cada nível descendente representa uma definição cada vez mais detalhada do trabalho do projeto. Este

documento é acompanhamento do avanço das atividades e de controle de valores.

1.4.2 Preservação e Manutenção:

Preservação é o conjunto de atividades a serem executadas em itens e/ou conjuntos de itens comissionáveis de um Sistema Operacional com o objetivo de mantê-los nas condições em que foram liberados pelo fabricante, até a o início dos testes de funcionamento. A preservação, dos itens e equipamentos, inicia-se após conclusão dos testes em fábrica e se estende até o início dos testes de funcionamento do item, quando o mesmo deverá ser preparado para operação. A partir daí as rotinas de preservação devem ser substituídas pelas rotinas de manutenção.

Os objetivos da atividade de preservação são: Assegurar a manutenção das condições de conservação dos itens comissionáveis de uma instalação, assegurar as condições requeridas pelos fornecedores para manutenção da garantia dos itens comissionáveis, executar e registrar as atividades de campo de comissionamento. A atividade de preservação deve ser planejada, executada e controlada, devendo ser executada baseada em procedimentos de execução específicos, dentre as atividades de preservação, pode-se destacar:

- **Procedimento de preservação:** Documento de caráter orientador voltado para o processo de comissionamento, que apresenta a sistemática de execução das atividades de preservação. Os Procedimentos de preservação devem ser detalhados de forma a permitir a execução da atividade de preservação de itens detalhando as ações de curto, médio e longo prazo, e orientando o executante quanto ao acesso à documentação dos fabricantes.
- **Atividades de preservação:** Conjunto de atividades efetuadas sobre os itens comissionáveis visando mantê-los em boas condições de conservação desde o momento de sua aceitação no canteiro até o momento de sua preparação para partida (quando é substituída pela manutenção). As atividades de preservação deverão ser exercidas de acordo com as recomendações dos fabricantes sempre que estas existirem, ou conforme as melhores práticas reconhecidas dessa atividade, sendo pré-requisito para que a garantia do fabricante seja assegurada. Havendo necessidade as atividades de preservação podem iniciar durante a preparação para o transporte entre o fornecedor e o canteiro de obras.

- **Critérios de medição da preservação definidos:** Definição da sistemática para medição das atividades de preservação no campo.
- **Orientações de preservação dos fornecedores/fabricantes definidos:** Orientações passadas pelos fabricantes dos itens/equipamentos com as recomendações básicas para preservação de equipamentos/itens. O atendimento a essas atividades é pré-requisito para que a garantia do fabricante seja assegurada.
- **Itens e Equipamentos Preservados:** Qualquer componente classificado como instrumento, equipamento, acessório, tubulação, área ou "loop" de controle na função automação "taqueados", que possa alterar qualquer processo ou que esteja sujeito a inspeção por entidade governamental ou certificadora.
- **Preserções executadas e evidenciadas através de registros:** Grupo de atividades de preservação executadas nos itens comissionáveis e evidenciadas através de registros.

1.4.3 Condicionamento:

Condicionamento é o conjunto de atividades realizadas em todos os itens comissionáveis e malhas da instalação, com o objetivo de levá-los até a fase de Pré-operação e Partida, visando a Certificação de Completação Mecânica (CCM). Esta fase engloba tipicamente as atividades de teste de aceitação de fábrica (TAF), inspeção de recebimento, preservação, calibrações de válvulas e instrumentos, inspeção física, "blank test", testes de pressão de tubulações, limpeza, recomposição, testes de estanqueidade, atendimento as normas regulatórias tais como NR-10 e NR-13 e testes de certificação de malhas de potência, controle e comunicações.

Os objetivos da atividade de condicionamento são: Assegurar as condições de entrada em funcionamento dos itens comissionáveis, assegurar as condições de recebimento e montagem dos itens comissionáveis, executar e registrar as atividades de campo de comissionamento. Os testes realizados durante o condicionamento devem ser realizados baseados em procedimentos de execução específicos, ao final desses testes devem ser emitidos certificados para comprovar a sua execução. Ao final do condicionamento é emitido o certificado de completção mecânica, conforme detalhado a seguir:

- **Procedimento de Execução de Testes:** Documento de caráter orientador voltado para execução de testes, que apresenta a sistemática de execução e registro dos resultados dos testes nos itens, malhas, subsistemas e sistemas.
- **Certificado de Testes e Calibrações:** Documento que comprova a execução de um teste ou calibração dentro de parâmetros previamente definidos.
- **Certificado de Completação Mecânica assinados:** Certificado, emitido pelo construtor para o proprietário da instalação, que atesta a implantação de um item, equipamento ou malha no quais todas as atividades de construção e montagens estão concluídas conforme o referencial técnico aplicável. É a documentação necessária para o início da Pré-operação e Partida.

1.4.4 Pré-Operação e Partida:

As atividades de Pré-Operação e Partida são executadas sobre itens, malhas, subsistemas e sistemas operacionais. A Pré-Operação é composta pelo conjunto de atividades executadas com o objetivo de realizar verificações e testes nas condições de funcionamento do SOP. Esta etapa começa com a emissão e assinatura da Autorização para Teste de Funcionamento (ATF), que tem como pré-requisito a assinatura do

Certificado de Completação Mecânica (CCM), na etapa de Condicionamento. A Partida é caracterizada pela realização dos testes finais de performance, estendendo-se até a comprovação do atendimento às especificações de projeto. Em função das relações de dependência entre sistemas, as atividades desta fase devem seguir a seqüência definida no cronograma de comissionamento, que tem como referência básica a rede de precedência de subsistemas e sistemas operacionais.

As principais atividades de pré-operação e partida são: Preparação para partida de equipamentos e sistemas, testes funcionais de componentes e equipamentos, teste de malhas, testes de intertravamento lógico, testes de desempenho (Aceitação da performance de um equipamento), testes de longa duração (Requerido por alguns equipamentos), saneamento de pendências, pré-operação de sistemas e subsistemas.

Os objetivos da atividade de pré-operação e partida são: Garantir a segurança das atividades de Pré-Operação e Partida da instalação, assegurar a participação do cliente nas atividades de Pré-Operação e Partida da instalação, garantir treinamentos de operação e manutenção da instalação, assegurar o atendimento às condições de operabilidade da instalação, assegurar a entrega da documentação de operação e manutenção.

A seguir são detalhados os principais documentos e as principais atividades realizadas durante a fase de pré-operação e partida:

- **Autorização para Testes de Funcionamento:** Documento, emitido pelo proprietário da instalação, que autoriza o início dos testes de Pré-Operação e Partida. A responsabilidade pela execução dos testes deve ser definida por uma matriz de responsabilidades, entre o construtor, operador e a equipe de comissionamento.
- **Manual de Operação e Manutenção:** Documento básico que define parâmetros de operação e manutenção de equipamentos e sistemas operacionais da instalação.
- **PT assinadas pelo cliente:** Permissões de Trabalho, emitidas pelo proprietário, autorizando a execução determinadas manobras nos Sistemas já entregues.
- **Procedimentos de Controle de Energias:** Documentos de caráter orientador voltado para o controle de atividades que envolvam energias perigosas, visando à segurança dos executantes dos testes, da instalação testada e do meio ambiente.
- **Participação do Cliente:** Participação do Cliente/ operador na durante a execução dos testes com objetivo de treinar operadores.
- **Operadores Treinados:** Qualificação dos profissionais das equipes de operação e manutenção para executar atividades de operação e manutenção nos Sistemas Operacionais testados.

- **Treinamentos Registrados:** Treinamentos devidamente registrados para qualificação dos profissionais das equipes de operação e manutenção.
- **Comprovação do Atendimento as Especificações de Projeto:** Evidências obtidas através de testes que comprovam que os Sistemas Operacionais operam de acordo com as especificações de projeto.
- **Teste de Aceitação de Performance (TAP) executados e registrados:** Testes que visam garantir que o desempenho de cada subsistema operacional seja compatível com as especificações e requisitos de projeto. Estes testes devem ser executados em condições de operação as mais próximas possíveis das condições reais, utilizando fluido de processo especificado, quando possível. Seus resultados devem ser registrados e comparados aos parâmetros de projeto.
- **TTASs Assinados:** O Termo de Transferência e Aceitação de Sistemas é o documento que oficializa a transferência de um Sistema Operacional. A partir da assinatura deste termo toda responsabilidade pela operação e manutenção do Sistema Operacional passa a ser do operador.
- **Sistemas Operacionais em Plena Operação:** Conjunto integrado de itens, equipamentos, malhas, instrumentos e demais

instalações adequadamente associados, efetuando uma função produtiva ou de apoio ao processo, produzindo ou mantendo uma determinada situação, processo, utilidade, ou facilidade operacional em condição segura.

- **Pendências Sanadas e Aceitas:** Pendências verificadas em conjunto com o proprietário/ operador devidamente resolvidas por parte do construtor.

1.4.5 Operação Assistida:

A Operação Assistida tem início a partir da transferência para o operador do primeiro sistema operacional, e encerra-se depois de transcorrido um período pré-estabelecido após o término da transferência do último sistema operacional.

Cabe ao comissionamento, apoiar a operação, visando à estabilidade e a segurança da subida em produção da instalação.

Os Resultados da atividade de operação assistida devem ser: Sistemas operacionais em plena operação e Pendências sanadas e aceitas.

1.4.6 Ferramenta informatizada de Comissionamento:

Conforme pôde ser observado nesse capítulo o comissionamento, aborda uma grande variedade e quantidade de itens comissionáveis: milhares de equipamentos, instrumentos, circuitos, malhas, trechos de tubulação, skids, módulos, sistemas e subsistemas. Para tal o comissionamento exige o planejamento, execução e controle de milhares de atividades de inspeção e testes exercidas sobre os itens comissionáveis, períodos extensos e grandes mobilizações de mão de obra, chegando a atingir centenas de milhares de homens-hora. Para possibilitar um planejamento e controle adequado de um conjunto tão grande e complexo se faz necessário o uso de uma ferramenta informatizada customizada para atender o processo de comissionamento.

Uma ferramenta informatizada de comissionamento, deve consistir em um software que gerencia as informações dos itens comissionáveis, contendo informações de identificação do item e histórico das atividades de comissionamento a que foi submetido, inclusive a preservação. Cada item comissionável é identificado por um TAG e vinculado a um subsistema e sistema aos quais pertence e é caracterizado por um conjunto padronizado de dados técnicos, de acordo com sua natureza. À medida que o comissionamento evolui, todas as atividades efetuadas sobre aquele item (ou subsistema ou sistema) são registradas, juntamente com os respectivos

resultados. Este software é o elemento central de gestão do comissionamento.

Os objetivos de uma ferramenta de Tecnologia da Informação (TI) para o comissionamento são: Gerenciar o grande volume de dados e sua complexidade, gerar os registros de execução e aprovação e armazenar as evidências, garantir a rastreabilidade, disponibilizar as informações a todos os envolvidos, otimizar o planejamento e acompanhamento do trabalho, registrar todo o histórico do comissionamento do empreendimento, Garantir o alinhamento com a metodologia (aderência aos procedimentos).

As Principais funcionalidades e recursos que uma ferramenta de TI para o comissionamento deve possuir são:

- Permitir o cadastro e o planejamento de todas as atividades de comissionamento, organizadas item, subsistema e sistema;
- Permitir o registro e a certificação dos resultados de todas as atividades;
- Emitir relatórios de acompanhamento organizados por item, subsistema e sistema;
- Programação e controle das atividades diárias;
- Controle de pendências e preservação;
- Controle de produtividade;
- Acompanhamento do progresso físico;
- Recursos e facilidades de consulta e geração de relatórios;

- Capacidade de configuração (Sem programação de TI);
- Ser compatível com sistemas de gestão da manutenção, de modo a permitir a transferência simples de dados;
- Operar na WEB e ser multiusuário;
- Permitir a operação remota no campo, através de equipamentos tipo PDA e similares.

2. Comissionamento em Sistemas de tubulações de utilidades:

2.1 Sistemas de tubulações de Utilidades:

Uma tubulação industrial é um conjunto de tubos e acessórios (válvulas, flanges, curvas, conexões, etc.) destinados ao transporte de fluidos. Em uma unidade industrial, as tubulações podem destinar-se ao transporte de fluidos de processo ou de utilidades, podendo ser classificadas como tubulações de processo, transferência e de utilidades.

- **Tubulações de Processo (Linha "On Site"):** Tubulação que interliga sistemas de tubulação ou equipamentos no espaço físico definidos pelas unidades de processo, normalmente delimitadas pelo limite da bateria.
- **Tubulações de Transferência (Linhas "Off-Site"):** Tubulações que interligam sistemas de tubulação ou equipamentos no espaço físico fora das unidades de processo.
- **Tubulações de Utilidades:** Tubulações que transportam fluidos auxiliares, necessários ao processo e armazenamento, tais como vapor, água de resfriamento, ar comprimido, gases combustíveis, dentre outros;

Dentre os diversos sistemas de utilidades de uma unidade industrial, que fazem uso das tubulações de utilidades, pode-se destacar:

- Sistemas de vapor;
- Sistemas de ar comprimido;
- Sistemas de tratamento de efluentes;
- Sistemas de captação e adução de água bruta;
- Sistemas de tratamento de água;
- Sistemas de água de resfriamento;
- Sistemas de água para combate a incêndio;
- Sistemas óleo e gases combustíveis;

O Comissionamento dos sistemas de utilidades é uma etapa chave, embora muitas vezes negligenciada, dentro do processo de comissionamento. Os sistemas de processo, que são, em geral, considerados os sistemas mais importantes de um ativo, pois se destinam a atividade fim dessa unidade industrial, necessitam, para entrar em operação que todos os sistemas auxiliares de energia, segurança e utilidades necessárias aquele processo já estejam em operação, ou seja, não é possível a partida de um determinado sistema de processo sem que todos os sistemas de utilidades necessárias aquele processo estejam em operação. Na figura 05 é apresentado como os sistemas de utilidades normalmente se posicionam dentro de uma rede de precedência de uma unidade industrial.

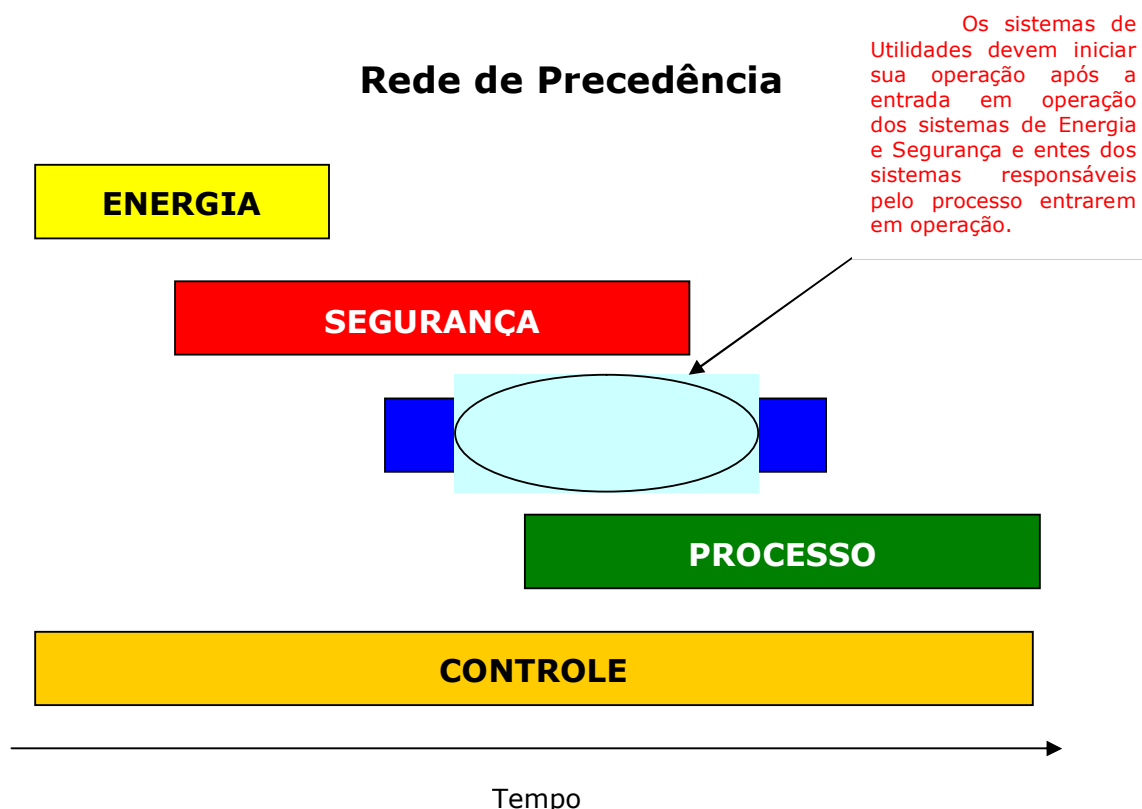


Figura 05: Sistema de Utilidades dentro de uma rede de precedência.

Na indústria do Petróleo, principal foco desse trabalho, os sistemas de utilidades se constituem em grande parte de um grande conjunto de tubulações destinadas ao transporte de fluidos de utilidade, tais como ar comprimido, vapor, fluidos combustíveis, dentre outros. No presente capítulo são apresentadas as boas práticas de comissionamento em diversos componentes típicos de sistemas de tubulações de utilidades, como as tubulações propriamente ditas, válvulas, bombas, turbinas e compressores.

2.2 Comissionamento em Sistemas/ subsistemas de tubulação:

2.2.1 Recebimento, armazenagem e preservação:

A preservação é uma das etapas do processo de comissionamento, devendo ser iniciada desde recebimento dos primeiros materiais na obra e concluída somente quando da partida dos sistemas, quando as atividades de preservação são substituídas pelas de manutenção.

Todos os materiais de tubulação recebidos devem ser inspecionados antes de sua aplicação na fabricação ou montagem.

Todos os materiais aprovados ou não pela inspeção de recebimento devem ser identificados e armazenados corretamente de acordo com o procedimento. A identificação deve permitir rastreabilidade com o certificado.

Os materiais de todos os componentes (exceto os de aço-carbono) devem ser submetidos aos testes de reconhecimento de aços e ligas metálicas confrontando seus resultados com a identificação do material da peça.

A seguir são descritas as atividades de recebimento, armazenagem e preservação de diversos materiais de tubulação, incluindo

itens comissionáveis, como as válvulas ou itens de malha de tubulação, como tubos, flanges e conexões.

2.2.1.1 Tubos:

Devem ser verificados se todos os tubos estão identificados, por pintura, nas extremidades, com as seguintes características: especificação completa do material, diâmetro e espessura. Se o lote possuir apenas um tubo identificado, esta identificação deve ser transferida para os demais.

Também devem ser verificados certificados de qualidade do material de todos os tubos, inclusive o laudo radiográfico de tubos com costura e o certificado do tratamento térmico, quando exigido, em confronto com a especificação aplicável.

Deve ser verificado se as seguintes características dos tubos estão de acordo com as especificações, normas e procedimentos aplicáveis: espessura, diâmetro, circularidade em ambas as extremidades, chanfro ou extremidades roscadas, reforço das soldas, estado das superfícies internas e externas (mossa e corrosão), empenamento, estado do revestimento, perpendicularidade do plano de boca.

Os biséis dos tubos devem ser protegidos, no recebimento, contra corrosão, com aplicação de verniz removível à base de resina vinílica.

As extremidades rosqueadas devem ser protegidas, no recebimento, com graxa anticorrosiva e com luva plástica, luva de aço ou tiras de borracha.

2.2.1.2 Flanges:

Devem ser verificados se todos os flanges têm identificação estampada de acordo com a especificação dos códigos ASME B16.5, ASME B16.47 e normas MSS SP-25 ou MSS SP-44 e com as seguintes características: tipos de face, especificação do material, diâmetro nominal, classe de pressão, espessura, placa (TAG) do instrumento (para flanges de orifício) e marca do fabricante.

Também devem ser verificados os certificados de qualidade de material de todos os flanges, em confronto com a especificação aplicável.

Deve ser verificado se as seguintes características dos flanges estão de acordo com as especificações, normas e procedimentos aplicáveis: diâmetro interno e externo, espessura do pescoço, altura e diâmetro externo do ressalto, profundidade, tipo e passo de ranhura e rugosidade, estado da face dos flanges, espessura da aba, chanfro ou encaixe para solda ou rosca (tipo e passo), rebaixo para junta de anel, estado das roscas quanto a amassamentos, corrosão e rebarbas, e se estão devidamente protegidas,

estado dos revestimentos quanto a falhas ou falta de aderência, furação, dureza das faces dos flanges para juntas tipo anel (FJA).

Deve ser verificado em todos os flanges se existem trincas, dobras ou amassamentos bem como o estado geral da face quanto ao ranhuramento, se está em bom estado, sem mossas ou corrosão.

Os biséis dos flanges devem ser protegidos no recebimento contra corrosão, utilizando verniz removível à base de resina vinílica.

As faces e roscas dos flanges devem ser protegidas contra corrosão e avarias mecânicas, utilizando graxa anticorrosiva ou verniz removível à base de resina vinílica e discos de madeira prensada impregnada com resina, fixados aos flanges por meio de parafusos comuns ou arame galvanizado. A proteção anticorrosiva das faces e roscas deve ser feita no recebimento e a cada 90 dias, quando expostas às intempéries, ou a cada 180 dias, quando armazenados em local abrigado. Em caso de chuvas intensas esta periodicidade deve ser alterada.

2.2.1.3 Conexões:

Deve ser verificado se todas as conexões estão identificadas com os seguintes dados: especificação completa do material, diâmetro, classe de pressão ou espessura, tipo e marca do fabricante.

Também devem ser verificados os certificados de qualidade do material, inclusive o laudo radiográfico e o certificado de tratamento térmico de todas as conexões, quando exigido, em confronto com as especificações aplicáveis.

Deve ser verificado se as seguintes características das conexões estão de acordo com as especificações, normas e procedimentos aplicáveis: diâmetro nas extremidades, circularidade, distância centro-face, chanfro, encaixe para solda, ou rosca (tipo e passo), espessura, angularidade das curvas, estado da superfície quanto a amassamentos, corrosão, trincas e soldas, provisórias, estado geral da galvanização ou revestimento quanto a falhas, falta de adesão e espessura.

Os biséis das conexões devem ser protegidos, no recebimento, contra corrosão, com aplicação de verniz removível à base de resina vinílica.

As roscas das conexões devem ser protegidas, no recebimento, utilizando graxa anticorrosiva ou verniz removível à base de resina vinílica.

A superfície externa das conexões deve ser protegida, no recebimento.

O armazenamento deve ser feito de modo a evitar acúmulo de água dentro das conexões e contato direto entre elas ou com o solo.

2.2.1.4 Válvulas:

Deve ser verificado se todas as válvulas estão com a identificação estampada de acordo com a codificação de projeto.

Devem ser verificados os certificados de qualidade do material e de identificação de liga (teste por ponto), em confronto com a especificação aplicável. Também devem ser verificados os certificados de teste hidrostático e vedação.

Deve ser verificado se as seguintes características das válvulas estão de acordo com as especificações, normas e procedimentos aplicáveis: diâmetro das extremidades, flanges, classe de pressão, distância face a face, área mínima de passagem, chanfro ou encaixe para solda, roscas (tipo e passo), estado da superfície do corpo da válvula quanto à corrosão, amassamento e falhas de fundição, existência de empenamento da haste e o aspecto geral do volante, indicação do sentido de fluxo no corpo da válvula, estado do engaxetamento das válvulas e sua conformidade com a especificação, conformidade dos reforços do corpo ("bosses") e das aberturas para soldas de encaixe ou roscas com a especificação; revestimento interno.

O teste por pontos para reconhecimento de ligas deve ser executado em todos os componentes das válvulas que não sejam de aço-carbono.

Teste em 100 % dos materiais das válvulas (corpo e internos) que são acessíveis para a execução do teste sem necessidade de desmontagem da válvula.

Para válvulas de diâmetros menores, onde o teste por ponto dos internos implica a desmontagem das válvulas, os testes dos materiais prontamente acessíveis (como corpo, castelo e parafusos, conforme aplicável) devem ser executados em 100 % das válvulas.

Os internos, hastes, pinos, caixas de redução, engrenagens externas e outras superfícies não pintadas, tais como roscas, parafusos, porcas, biséis, devem estar permanentemente protegidas com graxa antioxidante, sendo esta preservação efetuada no ato do recebimento e a cada 180 dias.

As válvulas gaveta e globo, de diâmetro maior que 2in, devem ser armazenadas na posição vertical.

2.2.1.5 Purgadores:

Deve ser verificado se todos os purgadores estão identificados por plaqueta, contendo as seguintes características: tipo do purgador, classe de pressão, material e existência de filtro.

Deve ser verificado se consta no corpo de todos os purgadores a indicação do sentido do fluxo. No caso de falta, esta indicação deve ser providenciada.

Devem ser verificadas as seguintes características do purgador: dimensões do purgador, principalmente a distância entre as extremidades, devendo estar de acordo com o catálogo do fabricante, estado geral e limpeza do purgador.

O armazenamento de purgadores deve ser feito em local abrigado em sua embalagem original ou em prateleiras, protegidos contra avarias mecânicas e oxidação.

2.2.1.6 Juntas de vedação:

Deve ser verificado se todas as juntas estão identificadas, contendo as seguintes características: material, tipo de junta, material do enchimento, diâmetros, classe de pressão, o padrão dimensional de fabricação e marca do fabricante.

Também deve ser verificado em todas as juntas tipo anel (JA) o estado da superfície, quanto à corrosão, amassamento, avarias mecânicas e trincas.

Deve ser verificado se as seguintes características da junta estão de acordo com as especificações, normas e procedimentos aplicáveis:

espessura, diâmetro interno e externo, passo (juntas espiraladas ou corrugadas), espaçadores das juntas metálicas (diâmetro externo e espessura), todas as dimensões da junta, dureza da junta tipo anel (JA).

Deve ser verificada a compatibilidade do certificado de qualidade do material de todas as juntas de vedação com a especificação aplicada.

O armazenamento das juntas deve ser feito em local abrigado de modo a evitar amassamentos, avarias mecânicas e trincas. As juntas metálicas devem, também, ser protegidas contra corrosão.

2.2.1.7 Juntas de expansão:

Deve ser verificado se todas as juntas de expansão estão identificadas por plaqueta de acordo com a codificação do projeto.

Também deve ser verificado em todas as juntas de expansão se as seguintes características estão de acordo com as especificações, normas e procedimentos aplicáveis: distância entre extremidades, extremidades (flanges e solda de topo), diâmetro de extremidades, tirantes, travamento, anéis de equalização, pantógrafo, soldas, estado geral das peças da junta quanto a trincas, amassamentos e corrosão, principalmente na região do fole, onde não são admitidos quaisquer defeitos; estado das gaxetas das juntas tipo 1) DRESSER; alinhamento, marcação do sentido de fluxo, verificação de pré-deformação, conforme valores de projeto, memória de

cálculo, compatibilidade com as condições de projeto (pressão, temperatura e deslocamento), refração interna, isolamento externo.

Deve ser verificada a compatibilidade dos certificados de qualidade do material de todas as juntas de expansão com a especificação aplicada. As faces usinadas dos flanges das juntas de expansão devem ser protegidas contra corrosão.

Os biséis das extremidades das juntas de expansão devem ser protegidos contra corrosão no recebimento, utilizando verniz removível à base de resina vinílica.

O armazenamento das juntas de expansão deve ser feito em área abrigada de modo a evitar danos, com especial atenção à proteção do fole, mantendo-se tirantes ou outros dispositivos provisórios de travamento fornecidos pelo próprio fabricante, a fim de protegê-lo.

As roscas dos tirantes de travamento, as ligações aparafusadas dos anéis de equalização (quando existirem) e as articulações das juntas de expansão devem ser protegidas contra corrosão da mesma forma.

2.2.1.8 Filtros:

Deve ser verificado se todos os filtros estão identificados de acordo com a codificação do projeto. Também deve ser verificado se as seguintes características do filtro estão de acordo com as normas adotadas

pelo projeto: distância entre as extremidades, dimensões dos suportes, extremidades, concordância do elemento filtrante com as normas de projeto e o seu estado, estado geral do filtro, certificação de teste.

Deve ser verificada a compatibilidade dos certificados de qualidade do material de todos os filtros com a especificação aplicada.

As faces usinadas dos filtros devem ser protegidas contra corrosão.

Os biséis das extremidades dos filtros devem ser protegidos contra corrosão no recebimento, utilizando, verniz removível à base de resina vinílica.

O armazenamento dos filtros deve ser feito em suas embalagens originais, em local abrigado, de modo a evitar danos.

2.2.1.9 Suportes de Mola:

Deve ser verificado se todos os suportes de mola estão identificados por plaqueta de acordo com a codificação do projeto.

Deve ser verificado em todos os suportes de mola e seus componentes o estado geral quanto à corrosão, existência de amassamento e trincas.

Devem ser verificados se as cargas e o curso especificado na plaqueta dos suportes correspondem às especificações de projeto.

Deve ser verificado se as posições a quente e a frio estão devidamente indicadas.

As articulações dos suportes de mola do tipo carga constante devem ser lubrificadas no recebimento, de acordo com as recomendações do fabricante.

Os suportes de mola devem ser armazenados em local abrigado e seguro sem que sejam retirados seus limitadores temporários.

2.2.2 Testes de Pressão e Estanqueidade em tubulações industriais:

Depois de Montado o sistema de tubulações, deve ser feito obrigatoriamente um teste de pressão e de estanqueidade para a verificação de possíveis vazamentos, sendo essa uma exigência comum a todas as normas de projeto de tubulações. O teste de pressão é um teste de certificação, sendo este o teste mais importante realizado durante a etapa de condicionamento de uma malha de tubulação.

Na grande maioria dos casos o teste é feito por pressão de água (teste hidrostático), em alguns casos especiais, em que não se possa permitir a presença de água ou umidade nos tubos, faz-se o teste com ar comprimido, ou mais raramente com outros fluidos. O teste com ar comprimido também pode ser necessário para algumas tubulações de grande

diâmetro para gases, cujos suportes não permitam a carga adicional do peso da água no teste.

Devido aos grandes riscos associados a esses testes, antes desses serem iniciados, devem ser executadas Análises Preliminares de Risco (APR) detalhando as necessárias medidas de segurança, principalmente onde, em caso de falha, haja perigo para o pessoal ou para as instalações adjacentes. O teste pneumático é aceitável para as linhas de ar de instrumentos e de serviço, porém, nos demais casos, só devem ser realizados com autorização do proprietário ou empresa operadora da instalação.

O teste de pressão deve ser executado preferencialmente por malhas de tubulações, ao invés de tubulações individuais. A quebra de continuidade, através da instalação de raquetes para o teste de pressão, deve ser reduzida ao mínimo, mantendo interligadas as tubulações e equipamentos passíveis de se submeterem à mesma pressão de teste.

No caso da malha estender-se além dos limites da construção e nesses limites não houver flanges, ligação roscada, ligação soldada ou válvula de bloqueio, o teste deve ser aplicado até o acessório de bloqueio mais próximo.

As seções de teste podem incluir vasos e outros equipamentos ligados à rede de tubulações, desde que possam, com segurança, ser submetidos à mesma pressão de teste. Atenção especial deve ser dada a possibilidade de este teste vir a propagar não-conformidades subcríticas nos

equipamentos. A pressão de teste não deve exceder, em nenhum ponto, a pressão de teste permitida para os equipamentos e deve atender à norma de projeto da tubulação específica.

Antes do teste, devem ser removidos os seguintes equipamentos e acessórios: purgadores, separadores de linha, instrumentos (inclusive válvulas de controle), controladores pneumáticos, as placas de orifício, bem como todos os outros dispositivos que causem restrições ao fluxo também devem ser removidos. Os discos de ruptura, válvulas de segurança e de alívio devem ser isolados do sistema ou removidos. Todas as partes retiradas devem ser substituídas por peças provisórias onde necessárias.

Deve ser prevista a instalação de filtros provisórios, para a proteção de máquinas, equipamentos e instrumentos.

Em tubulações que possuam linhas de aquecimento, estas devem ser testadas preferencialmente com vapor, a fim de se verificar a estanqueidade e a garantia de fluxo em todos os pontos do sistema e sua flexibilidade.

Nos limites do sistema de teste, o fluido de teste deve ser bloqueado através de flange cego, raquete, tampão, chapa de bloqueio ou bujão.

As ligações existentes nos limites da malha, bem como aquelas situadas na entrada de equipamentos, devem ser verificadas durante a pré-operação.

Com exceção das válvulas reguladoras, controladoras e de segurança, todas as válvulas devem estar sujeitas ao teste de pressão, inclusive as de bloqueio situadas nos limites do sistema, que devem ser raqueteadas no flange à jusante da malha. No teste de pressão são verificadas as ligações das válvulas com a linha, o corpo e o engaxetamento.

Todas as válvulas devem ser completamente abertas, e as válvulas de retenção e outras que se fechem por ação de mola ou da gravidade, ou que não possam por si permanecer em posição aberta, devem ser travadas abertas. Toma-se essa providência para que as válvulas não perturbem o enchimento e o posterior esvaziamento completo das tubulações.

As válvulas de bloqueio dos ramais para os instrumentos devem ser fechadas. Os instrumentos e outros equipamentos que não possam ser submetidos à pressão de teste devem ser retirados ou substituídos por carretéis de tubo.

As juntas de expansão, quando se constituem no elemento mais fraco do sistema, do ponto de vista de resistência à pressão de teste devem ser isoladas ou substituídas por carretel temporário. Quando submetidas ao teste, devem ser travadas e suportadas temporariamente, para evitar excessiva distensão e abaulamento do fole.

Todas as partes estruturais (tais como suportes, pendurais, guias, batentes e âncoras) devem ser ligadas a malha de tubulações antes dos testes de pressão e estanqueidade.

Deve-se fazer uma inspeção de todo o sistema de suportes das tubulações para se avaliar previamente o seu comportamento quando da aplicação do fluido de teste que, por esse ser freqüentemente mais pesado que o fluido circulante, constitui a maior carga estática que age sobre os suportes.

Tubulações projetadas para vapor ou gás, que sejam testadas com água, em geral necessitam que se usem suportes provisórios adicionais.

Todos os suportes de molas devem ser mecanicamente travados, na sua calibragem de projeto, sendo que as travas só devem ser retiradas após a conclusão do teste hidrostático e o esvaziamento completo do sistema.

Devem ser instalados, no mínimo, 2 manômetros, sendo um no ponto de maior elevação e outro no ponto de menor elevação do sistema. Devem ser usados manômetros adequados à pressão de teste de tal forma que a leitura da pressão esteja entre $1/3$ e $2/3$ da escala, que as divisões sejam no máximo de 5% da pressão do teste, com mostrador de diâmetro mínimo igual a 75mm. Os manômetros devem estar em perfeitas condições, testados e aferidos a cada 3 meses.

Em tubulações novas, todas as junções (por exemplo: juntas soldadas, flangeadas e roscadas) devem ser deixadas expostas, sem isolamento ou revestimento, para exame durante o teste. O mesmo critério se aplica às juntas reparadas ou modificadas de tubulações em serviço. As tubulações enterradas devem ficar com as ligações expostas, exceto as ligações enclausuradas em concreto que já tiverem sido testadas.

Ao se encher a tubulação com água se deve fazer à completa purga de ar do sistema, abrindo-se todas as válvulas de respiro. Deve-se fazer também uma inspeção de seu comportamento com o peso da água, que por ser freqüentemente mais pesada do que o fluido circulante, constitui a maior carga estática a atuar sobre os suportes. No caso das linhas de grande diâmetro para gases é comum haver necessidade de construção de suportes provisórios adicionais para esse fim.

A pressão de teste é conseguida geralmente com uma pequena bomba alternativa manual, cuja tubulação de recalque é adaptada a um flange cego da tubulação, ou a uma tomada de respiro ou de dreno. A subida da pressão deve ser lenta, para que possa haver um bom controle do valor da pressão. O manômetro deve ficar em posição bem visível do operador que controla o teste, e deve ter uma faixa de graduação aproximadamente o dobro da pressão de teste. A pressão de teste deve ser mantida no seu valor máximo pelo menos por uma hora, durante a qual a tubulação toda é cuidadosamente examinada para a procura de vazamentos.

Durante o teste hidrostático deve-se evitar que a água penetre em compressores, turbinas, instrumentos e outros equipamentos onde possa causar danos ou de onde não possa ser completamente drenada. A água deve ser completamente drenada imediatamente após o teste, porque a permanência da tubulação cheia de água por longo tempo pode resultar em sérios problemas de corrosão, inclusive corrosão biológica, mesmo em tubos de aços inoxidáveis.

Onde não houver possibilidade de execução de teste hidrostático, devem ser executados os ensaios alternativos previstos na norma de projeto aplicável. Toda dispensa de teste de pressão deve ser fundamentada pelo executante e aprovada pelo proprietário ou operador da instalação.

Qualquer que seja o tipo de teste de pressão o mesmo deve ser realizado:

- Pelo menos 48 horas depois de completada a última soldagem;
- Depois de todos os tratamentos térmicos;
- Antes de qualquer serviço de pintura ou de aplicação de qualquer revestimento, interno ou externo.

2.2.2.1 Temperatura de teste:

A temperatura de teste mínima para o teste de pressão é de 10°C, com exceção de tubulações de materiais fabricados para operar à baixa

temperatura, e a máxima para o teste hidrostático é de 40°C e para o teste pneumático é 50°C. Quando o equipamento for testado em conjunto com as tubulações deve ser respeitada a temperatura mínima especificada para o fluido de teste do equipamento.

Quando a temperatura de teste for inferior a 10°C deve ser seguida uma das alternativas descritas nos itens a seguir:

- O fluido de teste deve ser aquecido a uma temperatura entre 0 e 40°C;
- Verificar, através do teste de impacto "Charpy V", se os materiais da tubulação e suas soldas possuem comportamento dúctil na temperatura de teste.

2.2.2.2 Fluido de teste:

A água para o teste hidrostático deve ser doce, limpa, com reação neutra (pH entre 5 e 9). O uso de água salgada, salobra, ácida, ou qualquer outra água agressiva pode causar sérios problemas de corrosão, mesmo com materiais resistentes, devido à impossibilidade que muitas vezes existe de drenar e secar completamente a tubulação depois do teste. No caso de tubulações de qualquer tipo de aço inoxidável, deve ser exigido que a água de teste não contenha mais de 30ppm de cloretos, para evitar a possível ocorrência de corrosão por pites ou sob-tensão

Fluidos de teste alternativos, como água salgada, hidrocarbonetos, gás inerte ou ar podem ser utilizados quando não for possível o uso da água doce. Estas ou alternativas, porém, só são admitidas mediante elaboração de APR e aprovação do cliente ou operador da instalação.

Caso seja usado o teste com hidrocarbonetos, devem ser observadas as condições descritas nos a seguir.

- Antes de iniciar o teste, deve ser feito um teste preliminar com ar ou gás inerte, a uma pressão não superior a 0,15MPa (1,5kgf/cm²), com o objetivo de localizar os defeitos maiores;
- O fluido deve ter ponto de fulgor maior ou igual ao maior dos seguintes valores: 0°C; temperatura do teste acrescida de 10°C; temperatura ambiente acrescida de 10°C;
- O fluido deve ter ponto de congelamento igual ou menor que a temperatura de teste subtraída de 25°C;
- Caso seja necessário fazer reparos evidenciados pelo teste, deve ser dada especial atenção à desgaseificação e inertização da linha antes do início do reparo.

2.2.2.3 Pressão de teste:

No teste hidrostático a pressão de teste deve ser sempre superior à pressão de operação da tubulação. Pela norma ASME B.31.3, a pressão de

teste hidrostático para tubulações cujas temperaturas de projeto forem superiores a 340⁰C deverá ser:

$$P_t = 1,5xPxS_c/S_h$$

Em que:

P_t = Pressão mínima do teste hidrostático;

P = Pressão de projeto da tubulação;

S = Tensão admissível do material na temperatura de projeto;

S_h = Tensão admissível do material na temperatura de projeto;

Para tubulações cuja temperatura de projeto for inferior a 340⁰C, adota-se $S=S_h$; A pressão de teste, nesses casos, portanto será:

$$P_t = 1,5xP$$

O menor valor para pressão de teste em tubulações industriais deve ser 0,1MPa (aproximadamente 1kgf/cm²), aplicável inclusive para as tubulações que trabalham sem pressão ou com vácuo.

Quando, devido à coluna hidrostática, a pressão atuante durante o teste for ultrapassar a pressão máxima admissível para algum componente, este não deve ser incluído no sistema ou a pressão de teste deve ser reduzida convenientemente.

Sistemas não pressurizados ou trabalhando com pressão interna de no máximo 0,02MPa (Aproximadamente 0,2kgf/cm²), em drenagem e serviços de pouca responsabilidade, podem ser testados permanecendo cheios de água durante 24 h para verificar vazamentos, sem aplicar pressão.

O teste com ar comprimido é bastante perigoso devido ao risco de explosão que pode ocorrer em consequência da força elástica do ar, se houver um ponto fraco no sistema, risco esse que é tanto mais grave quanto maior for o volume de ar contido na tubulação. Por essa razão, esse tipo de teste é formalmente desaconselhado, podendo ser permitido apenas nos raros casos em que o teste hidrostático normal for inteiramente inviável. A pressão de teste com ar deverá ser 10% acima da pressão de projeto, não devendo, entretanto, em nenhum caso, exceder de 0,2MPa (aproximadamente 2kgf/cm²).

2.2.2.4 Aplicação da pressão, constatação de vazamentos e final do teste:

A execução do teste hidrostático deve obedecer às seguintes etapas:

- a) Elevar a pressão até 50 % da pressão de teste;
- b) Proceder à inspeção preliminar da tubulação;
- c) Elevar a pressão até atingir a pressão de teste hidrostático e, após a estabilização, desconectar a bomba da malha em teste;
- d) Permanecer nesse patamar, no mínimo, durante 30 minutos e, por motivo de segurança, não executar inspeção nesta pressão, mantendo pessoal e equipamentos em local seguro;

- e) Reduzir a pressão até a pressão de projeto e executar nova inspeção;
- f) Reduzir gradativamente até a pressão atmosférica e abrir os suspiros nos pontos altos da tubulação para evitar vácuo no esvaziamento.

Em qualquer etapa do teste, caso seja detectado algum vazamento a tubulação deve ser despressurizada, corrigido o vazamento e em seguida reiniciado o teste.

Em todas as etapas de pressurização ou despressurização, a taxa máxima de variação de pressão deve ser de 20% da pressão de teste por minuto.

Durante a pressurização, e enquanto a malha de tubulação estiver a 100% da pressão de teste, todas as pessoas devem manter-se afastadas, em local seguro.

Quando a malha de tubulações e os equipamentos forem preenchidos com líquido de teste, suas válvulas de suspiro devem estar completamente abertas. Na falta de válvulas de suspiro nos pontos altos, devem ser colocadas válvulas provisórias para garantir a completa remoção do ar.

Quando é necessária a manutenção da pressão por um período de tempo durante o qual o fluido empregado possa sofrer expansão térmica devido à insolação, devem ser tomadas precauções para o alívio da pressão.

No caso de detecção de defeitos no teste de pressão, o sistema deve ser despressurizado, drenado, e o local do defeito secado, antes do

início do reparo. Em tubulações verticais é aceitável reduzir o nível do líquido de teste abaixo do local do reparo, desde que aprovado pelo cliente. Toda a tubulação reparada deve ser retestada.

Antes do enchimento ou do esvaziamento do sistema, os suspiros devem ser abertos para evitar respectivamente a formação de bolsões de ar ou de vácuo no interior da tubulação.

O teste pneumático deve atender aos requisitos já citados, bem como deve obedecer às seguintes etapas:

- a) Deve ser aplicada inicialmente a pressão de 0,1MPa (1kgf/cm²) e examinado toda a malha de tubulação com solução formadora de bolhas;
- b) A elevação da pressão até a pressão de teste deve ser feita em degraus de, no máximo, 0,1MPa (1kgf/cm²), com intervalos de 10 minutos;
- c) Depois de atingida a pressão de teste, esta deve ser mantida durante 15 minutos sem que haja queda de pressão no manômetro;
- d) O exame com solução formadora de bolhas deve ser feito com a pressão reduzida para 91% da pressão de teste (pressão de projeto);
- e) Reduzir gradativamente até a pressão atmosférica.

Após o teste e remoção dos bloqueios, a tubulação deve ser identificada como "testada", em local de fácil visualização.

Após o teste, deve ser complementada a proteção (pintura/isolamento/revestimento) das ligações expostas.

Devem ser remontados os elementos e acessórios que foram retirados para execução do teste de pressão e removidos os travamentos das juntas de expansão, das válvulas de retenção, dos suportes de mola e demais dispositivos auxiliares de teste.

O reaterro de ruas e diques, abertos para passagem de tubulações, somente pode ser iniciado após o teste de pressão e o revestimento da tubulação.

A norma ASME B.31.3 exige que seja feito um registro formal do teste hidrostático, onde deve constar, pelo menos, para cada tubulação, a sua identificação completa, a pressão de teste, o fluido de teste empregado, a data do teste e a aprovação do inspetor.

2.2.2.5 Testes de válvulas:

Alem do teste de pressão em tubulações, devem também ser feitos testes nas válvulas, sendo este teste feito em duas etapas; o teste de eventuais vazamentos da carcaça da válvula para o exterior, e o teste de estanqueidade do sistema interno de vedação da válvula, efetuado com a válvula completamente fechada.

O teste de estanqueidade interna é feito aplicando-se ao mecanismo interno da válvula, com esta completamente fechada, uma pressão igual a 1,1 vezes a pressão máxima de trabalho da válvula. A válvula deverá estar com todas as extremidades fechadas com flanges cegos, ou devidamente tamponadas. Nesse teste permite-se, para as válvulas de diâmetro nominal acima de 2in um pequeno gotejamento, dependendo do tipo de válvula e do diâmetro nominal, até um limite fixado por uma norma ou por acordo com o fabricante. Para esse teste pode ser empregada água, querosene, ou outro líquido cuja viscosidade não seja maior que a da água.

2.2.3 Condicionamento de sistemas/ sub-sistemas de tubulação:

Alem dos testes de pressão, outras atividades fundamentais de condicionamento de um sistema/ subsistema operacional de tubulações industriais são a limpeza, a secagem e a inertização, sendo a ultima atividade mais aplicável a tubulações que transportam fluidos inflamáveis, que não podem entrar em contato com o ar, o que não é o caso da grande maioria das tubulações que transportam fluidos de utilidades.

2.2.3.1 Limpeza de malhas de tubulação:

Depois de terminado o teste de pressão, deve-se fazer a limpeza interna completa das tubulações, para remover depósitos de ferrugem, pontas de elétrodos, salpicos de solda, poeiras, rebarbas e outros detritos, antes da entrada em operação do sistema. Essa limpeza é geralmente feita pelo bombeamento contínuo de água até que a água saia completamente limpa. Por precaução adicional, colocam-se filtros provisórios de tela na entrada das bombas, compressores, medidores e outros equipamentos, para evitar a entrada de detritos, durante os primeiros períodos de operação do sistema/ subsistema. A água empregada na limpeza deve ser doce, limpa e não poluída. Para tubulações de aços inoxidáveis deve ser exigido que a água não tenha concentração de cloretos acima de 30ppm.

Antes da limpeza, devem ser retiradas da tubulação as válvulas de retenção e de controle, placas de orifício, separadores de linha, e também as válvulas de segurança e de alívio. Essas peças devem ser limpas em separado e substituídas provisoriamente na tubulação, onde possível e necessário, por pedaços curtos de tubo com extremos flangeados.

No caso de tubulações para gases, principalmente quando de grande diâmetro, deve ser verificado no projeto se os suportes podem resistir ao peso da tubulação cheia de água, ou se é necessária a construção de escoramentos provisórios.

Nas tubulações ligadas a compressores, depois da limpeza usual com água, deve-se fazer uma segunda limpeza com ar comprimido seco, para remover os restos de água ou de umidade. Em casos especiais de tubulações em que, devido ao material ou ao serviço, a presença ou vestígios de água não possam ser permitidos, a limpeza deverá ser feita apenas com ar comprimido.

Em lugar da limpeza convencional acima descrita, a limpeza das tubulações também pode ser feita simplesmente por meio de um "PIG" especial que desliza dentro da tubulação acionado pela pressão da água, e em cuja passagem vai carregando detritos e corpos estranhos existentes. Normalmente são utilizados "PIGs" espuma para essa finalidade.

Quando devido à natureza do serviço houver necessidade de uma limpeza mais perfeita, pode-se recorrer à limpeza mecânica ou química. A limpeza mecânica é feita por meio de escovas rotativas, elétricas ou de ar comprimido. Pode também ser feita manualmente, em tubos de grande diâmetro, nos quais seja possível a entrada de pessoas. A limpeza química consiste na circulação de soluções especiais de detergentes, ácidos ou soda cáustica, conforme o material do tubo e o grau de limpeza desejado. A solução química deve ser depois completamente removida por meio de água, vapor ou ar comprimido.

As tubulações destinadas à água potável devem sofrer uma desinfecção feita com uma solução contendo no mínimo 50mg/litro de cloro,

durante pelo menos 3 horas. A desinfecção deve ser repetida até que a análise bacteriológica não acuse mais qualquer contaminação.

Antes da limpeza da tubulação, deve ser elaborada uma APR, considerando a captação do fluido, o descarte para o ambiente e o plano de contingência para o caso de falha ou acidentes. A limpeza das tubulações deve ser executada de acordo com procedimento de limpeza que atenda, pelo menos, as seguintes recomendações gerais:

- A limpeza das linhas deve ser executada, de preferência, por conjunto ou sistema de tubulações, visando à remoção de depósitos de ferrugem, pontas de eletrodos, salpicos de solda, escórias, poeiras, rebarbas e outros corpos estranhos do interior das tubulações;
- O método de limpeza deve contemplar todos os pontos internos da tubulação, inclusive locais onde existam drenos e suspiros;
- A limpeza interna pode ser realizada com água, ar comprimido, vapor, nitrogênio, produtos químicos (tais como solução de detergentes, ácidos inibidos e soluções alcalinas), ou com óleo, incluindo ou não dispositivos tipo "PIG", conforme o procedimento da executante;
- Antes da limpeza, deve-se verificar se foram removidos os seguintes equipamentos e acessórios: purgadores, raquetes, válvulas de controle, instrumentos, discos de ruptura, válvulas de

segurança e de alívio, válvulas de sede resiliente; e todos os componentes que causem restrições ao fluxo como, por exemplo, placas de orifício, todos os acessórios que forem removidos devem ser limpos em separado e, quando necessário, substituídos por carretéis, os suspiros e drenos das tubulações devem ser abertos; As válvulas devem ficar totalmente abertas; As válvulas de retenção, quando o suprimento de fluido de limpeza for à jusante das mesmas, devem ser retiradas ou travadas na posição aberta; As tubulações de sucção de compressores e seu sistema de lubrificação e de alimentação de vapor ou gás de turbina devem ter toda sua superfície interna limpa por processo mecânico ou químico até o metal branco; Deve ser prevista instalação de linhas provisórias para atender ao abastecimento e drenagem do fluido para a execução da limpeza das tubulações; Antes de iniciar a limpeza deve-se verificar a compatibilidade dos materiais de revestimentos e internos de válvulas com o processo a ser utilizado; As válvulas só podem ser acionadas depois de realizada a limpeza da linha; Algumas válvulas, consideradas essenciais à operação, podem ser retiradas para verificação da possível existência de detritos depositados em suas sedes, decorrentes do arraste durante a lavagem das linhas; O primeiro acionamento deve ser realizado cuidadosamente objetivando detectar a

existência de possíveis detritos na sede; Todos os equipamentos e acessórios, removidos para a limpeza das tubulações, devem ser remontados em suas posições corretas; Incluir preservação quando necessário; O procedimento de limpeza deve mencionar os cuidados com relação ao descarte para o meio ambiente do fluido e produtos envolvidos e removidos na limpeza; O procedimento de limpeza deve estabelecer um critério eficaz para se decidir pela conclusão da limpeza na qualidade requerida; Prever a instalação de filtros provisórios; Prever, quando aplicável, procedimento de secagem e inertização.

a) Limpeza com Água:

Antes da limpeza com água deve ser verificado, no projeto, se as tubulações podem ser cheias com água e, caso permitido, se são necessários suportes provisórios;

Em tubulações de aço inoxidável é permitida limpeza com água, desde que o teor de halogenados seja controlado, com concentração máxima de 50ppm a 25°C;

Os suportes de mola devem estar travados durante a limpeza.

Deve ser verificado se os pontos de saída de água de lavagem não causam danos ao isolamento e/ou prejuízo a execução de outros trabalhos, como por exemplo o tratamento térmico.

b) Limpeza de Linhas de Ar de Instrumentos:

As linhas de ar para instrumentos devem ser limpas com ar de instrumentos ou gás inerte. A limpeza com ar de serviço deve ser usada apenas quando permitido pelo projeto.

c) Limpeza com Vapor:

Antes da limpeza com vapor deve ser verificado se este procedimento é permitido nos documentos de projeto.

Os dispositivos provisórios de limpeza com vapor devem ter flexibilidade e classe de pressão compatíveis com as condições de serviço e atender ao código de projeto aplicável.

Para linha nova, antes da limpeza com vapor, o sistema deve ser lavado com água.

As válvulas e acessórios que contêm elementos de vedação resilientes devem ser removidos dos sistemas exceto quando a temperatura do vapor for inferior a 180°C.

Retirar as travas dos suportes de mola, verificar e registrar a sua posição a frio.

Retirar o travamento das juntas de expansão.

Deve ser verificado se foram instalados silenciadores;

Deve ser verificado se foram instalados corpos-de-prova de acordo com a norma API RP 686;

A sopragem deve ser executada no sentido do fluxo, com vazão mínima igual à de operação, iniciando pelo tronco e depois pelos ramais;

Verificar nos pontos de dilatação máxima da linha se não estão ocorrendo interferências com outras linhas e perda de suportaçãõ;

Após a remontagem dos equipamentos e acessórios removidos antes da lavagem, a tubulação deve ser pressurizada com vapor e verificado o funcionamento individual de cada purgador;

Quando requerido, a tubulação deve ser mantida com nitrogênio ou água desmineralizada; neste último caso, travar os suportes de mola.

d) Limpeza Química:

Antes da limpeza química a tubulação deve estar totalmente liberada dos ENDS e deve ser lavada;

Deve ser efetuado estudo preliminar das características do processo, visando à elaboração do procedimento de limpeza abrangendo o

seguinte: Identificação das tubulações a serem limpas, assinaladas nos fluxogramas; Identificação dos tipos de depósitos a serem removidos; Definição da finalidade da limpeza em função das características operacionais; Identificação da especificação de material da tubulação; Definição do método de limpeza (imersão, circulação térmica ou mecânica e fase vapor); Definição dos pontos de injeção, drenagem e suspiro; Definição dos dispositivos auxiliares de limpeza a serem fabricados (tais como conexões e carretéis); Definição da compatibilidade entre as soluções de limpeza e do material do sistema de tubulação; Definição dos pontos de inspeção final; Definição dos locais de despejo, prevendo neutralização e destino; Definição dos acessórios a serem removidos, devido à incompatibilidade metalúrgica com as soluções de limpeza; Definição dos locais de armazenamento dos produtos químicos a serem utilizados; Estudo da compatibilidade entre as velocidades de circulação nos vários pontos da tubulação e a eficiência do inibidor de corrosão; Cuidados necessários para o manuseio, transporte e descarte dos produtos químicos, visando à preservação da saúde, da segurança e do meio ambiente; Verificar se existem pontos baixos, não drenáveis, no sistema; Efetuar APR; Definir, sempre que possível, pontos de corte para retirada de amostra da tubulação para verificação da eficácia da limpeza; Nas soluções ácidas é obrigatória a substituição da solução quando o teor de íons de ferro for superior a 0,4%; Deve ser efetuado acompanhamento da concentração da solução ácida, de

modo a verificar se é o momento de concluir a fase ácida ou de renovar a solução.

e) Limpeza com Óleo (“*Flushing*”):

Em tubulações onde é exigida a limpeza com óleo deve ser instalado um filtro, antes do início dos serviços, visando recolher os detritos do interior da linha e permitir análise do grau de remoção destes ao longo do processo;

A graduação da tela deve ser selecionada em função das características dos equipamentos ligados às tubulações;

Para este caso específico o procedimento de limpeza deve considerar a tubulação limpa quando o óleo estiver dentro dos parâmetros de impureza aceitáveis pelo fabricante do equipamento ou, se estes parâmetros não estiverem disponíveis, quando não for detectada presença de impurezas depositadas no filtro, após circulação do óleo, por um período mínimo de 6h, a uma velocidade mínima de 3m/s.

2.2.3.2 Secagem:

Quando necessário as linhas devem ser secas, conforme o procedimento de secagem e requisito de projeto, de forma a não

comprometer a qualidade dos produtos ou a integridade dos equipamentos, quando da entrada em operação. Especial atenção deve ser dada às válvulas e suas cavidades.

A operação de secagem de malhas de tubulações, normalmente é executada por meio de um compressor e uma unidade secadora de ar, que retira a umidade do ar comprimido. O ar comprimido seco é injetado na malha de tubulação e são feitas medições periódicas do ponto de orvalho em determinados pontos da malha, atingido o ponto de orvalho especificado, a atividade é dada como concluída. Em tubulações "*pigáveis*", essa operação é executada com o auxílio de "*PIGs*" espuma.

2.2.3.3 Inspeções Mecânicas:

A seguir são descritas uma série de verificações que devem ser feitas em um sistema/ subsistema operacional de tubulações industriais, no término do condicionamento, antes do início da etapa de pré-operação e partida do sistema, ao final dessas verificações pode ser emitido o certificado de completção mecânica (CCM) do sistema de tubulações. Essas inspeções deverão ser feitas através da elaboração Folhas de Verificação de Malhas (FVMs), específicas para as malhas de tubulação.

As válvulas devem ser reengaxetadas nos seguintes casos:

- Quando especificado pela projetista a utilização de gaxetas especiais diferentes das existentes na válvula;
- Após uma estocagem ou preservação deficiente, com longa duração ou com algum condicionante operacional.

A malha de tubulações deve ser inspecionada para verificar se a execução da limpeza está de acordo com as especificações.

As ligações entre tubo previstas para serem eletricamente isoladas devem ter seus elementos isolantes (juntas, buchas e arruelas) verificados quanto à correta identificação e localização nas instalações.

Deve ser verificado se todas as juntas de vedação provisórias foram substituídas pelas definitivas especificadas pelo projeto.

2.3 Comissionamento de Bombas industriais:

2.3.1 Transporte, recebimento e preservação de bombas:

- **Preparo para embarque:** As seguintes medidas devem ser normalmente tomadas pelo fabricante no preparo para o embarque de uma bomba industrial:
 - Proteção das partes internas com óleo viscoso;
 - Limpeza e proteção das partes metálicas expostas com produto anti-corrosivo;

- Cobertura dos bocais de sucção e descarga com tampo de madeira ou metálico;
- Instalação de guardas protetoras para as tubulações auxiliares.
 - **Inspeção de recebimento:** Imediatamente após receber uma bomba deve-se inspecioná-la totalmente. Deve-se verificar se o equipamento e a sua descrição no documento que o acompanha conferem. Qualquer diferença ou dano deve ser imediatamente comunicado à entidade transportadora. Um agente da transportadora deve estar presente para evitar futuras controvérsias. Deve-se seguir cuidadosamente as instruções de deslocar a bomba. Adicionalmente, deve-se verificar se as peças sobressalentes e acessórios correspondem com o previamente acordado com o fabricante.
 - **Preservação:** Deve-se armazenar a bomba preferencialmente em local coberto. Todas as bombas devem ser envolvidas por uma proteção de material impermeável. Caso a bomba estiver prevista para ficar armazenada durante um longo período, deve-se abrir a carcaça e a caixa de selagem, revestindo todas as superfícies sujeitas a corrosão com uma substância protetora aprovada pelo fabricante, fechando-se novamente a bomba. Se a desmontagem não for possível, deve-se circular ar quente (35 a 70 °C) em seu interior e fechando-se os flanges imediatamente após. Enquanto

durar a armazenagem deve-se girar o rotor em intervalos regulares para manter as partes móveis livres, os mancais também devem ser inspecionados regularmente.

2.3.2 Testes de bombas industriais:

A seguir são descritos os principais testes que são realizados em bombas industriais durante os testes de aceitação de fábrica (TAFs). Para execução das inspeções mecânicas das bombas, durante a fase de completação mecânica, deverão ser elaboradas folhas de verificação de item (FVIs) específicas para inspeção desses equipamentos.

2.3.2.1 Teste Hidrostático:

Objetiva, fundamentalmente, a verificação da resistência da carcaça. Os critérios para sua execução são fixados pela norma API 610, resumidos a seguir:

- Cada carcaça deve ser testada com água à temperatura ambiente (mínimo de 15,6⁰C para carcaças de aço carbono);
- A pressão de teste para bombas partidas radialmente ou axialmente e de qualquer material deve ser no mínimo uma vez e meia a máxima pressão de operação permissível na carcaça;

- Bombas de carcaça tipo dupla voluta, multi-estágio ou de projetos especiais podem, com aprovação do cliente, ser testadas a parte;
- Equipamentos auxiliares expostos ao fluido bombeado devem ser testadas a uma vez e meia a máxima pressão de operação (mínimo de 10,3bar);
- Passagens de resfriamento, jaquetas de mancais, caixa de selagem, resfriadores de óleo e outros auxiliares devem ser testados a 7,9bar;
- O teste hidrostático deve ter duração mínima de trinta minutos e é considerado satisfatório se não houver vazamento.

2.3.2.2 Teste de desempenho:

Tem por objetivo a determinação das curvas características reais da bomba, o que permitirá, mediante comparação com as curvas previstas no projeto, comprovar a qualidade do equipamento. Para garantir a adequação do teste, uma série de procedimentos deve ser observada antes, durante e após o teste. Um inspetor designado pelo proprietário da instalação deverá acompanhar toda a rotina.

a) Procedimentos antes do teste:

- **Estabelecimento de critérios:** Nas tabelas 01 e 02 são apresentados os critérios recomendados pelo Hydraulic Institute para flutuações aceitáveis e para tolerâncias aceitáveis em relação às curvas especificadas e na vazão de "shutoff".

Variável	Flutuações aceitáveis
Diferencial de pressão através da Bomba (ΔP)	$\pm 2\%$
Pressão de descarga (P_d)	$\pm 2\%$
Pressão de Sucção (P_s)	$\pm 3\%$
Vazão (Q)	$\pm 2\%$
Rotação (N)	$\pm 0,3\%$
Potência (BHP)	$\pm 1\%$

Tabela 01- Teste de desempenho de bombas - Flutuações aceitáveis (Fonte: Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição).

Variável	Ponto Garantido	Vazão Nula ("Shutoff")
Carga de 0 a 500ft	-2%	+10%
	+5%	-10%
Carga de 500 a 1.000ft	-2%	+8%
	+5%	-8%
Carga acima de 1.000ft	+2%	+5%
	-2%	-5%
Potência	+4%	-
NPSH _{req}	+0%	-

Tabela 02- Teste de desempenho de bombas - Tolerâncias aceitáveis (Fonte: Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição).

- **Inspeção:** Cuidadosa inspeção deve ser feita antes do teste no que concerne aos seguintes itens: Alinhamento da bomba do acionador, sentido de rotação, ligações elétricas, tubulação de sucção e descarga, folga nos anéis de desgaste, canais de passagem do líquido, posicionamento e adequabilidade dos instrumentos de medição.
- **Testes preliminares:** Quando possível é desejável a realização de um ou mais testes preliminares com o propósito de adequação dos instrumentos e treinamento do pessoal.
- **Calibragem dos instrumentos:** Todos os instrumentos devem estar aferidos por apropriada calibragem antes do início do teste.

b) Execução do Teste de desempenho:

O teste é executado em seis diferentes pontos de operação. Normalmente, um destes pontos é o de "shutoff" (Vazão Nula), outro, é o ponto de operação de projeto e os demais são arbitrados. Para cada um dos seis pontos, são feitas leituras de vazão (Q), pressão de sucção (P_s), pressão de descarga (P_d), rotação (N), voltagem (V), amperagem (I) e fator de potência ($\cos\theta$). Essas medidas permite calcular para cada ponto a altura manométrica total (H), a potência (Pot) e a eficiência (η).

Portanto, de posse de seis valores de vazão (Medidos) e os correspondentes valores de H , Pot e η (Calculados) pode-se traçar as curvas características da bomba. Cabe ressaltar, que caso a rotação de teste for diferente da de operação, as curvas precisam ser corrigidas.

c) Procedimentos durante o teste:

- Observar as leituras efetuadas e registrá-las;
- Observar a instalação particularmente no que concerne a comportamentos anormais tais como: Vibração excessiva, ruído excessivo, operação inadequada da caixa de vedação ou sistema de tubulação.

d) Procedimento após o teste:

- Efetuar o cálculo para levantamento das curvas características a partir dos valores medidos durante o teste;
- Comparar as curvas obtidas no teste com as curvas prometidas e decidir sobre a aceitação do equipamento.

2.3.2.3 Teste de cavitação:

Objetiva a determinação do NPSH requerido para uma vazão pré-fixada, normalmente a vazão garantida ou de operação normal. Naturalmente, caso desejável, o teste pode ser repetido para outras vazões, podendo mesmo ser levantada a curva de NPSH requerido x vazão. A determinação do NPSH requerido é usualmente realizada de forma indireta, induzindo a bomba à cavitação e computando o NPSH disponível que, no início da cavitação, coincide com o valor do NPSH requerido. O Hydraulic Institute propõe 3 arranjos para execução do teste de cavitação apresentados nas figuras 06, 07 e 08.

No primeiro arranjo (figura 06), a cavitação é induzida mediante a diminuição do nível de líquido e a conseqüente diminuição do NPSH disponível.

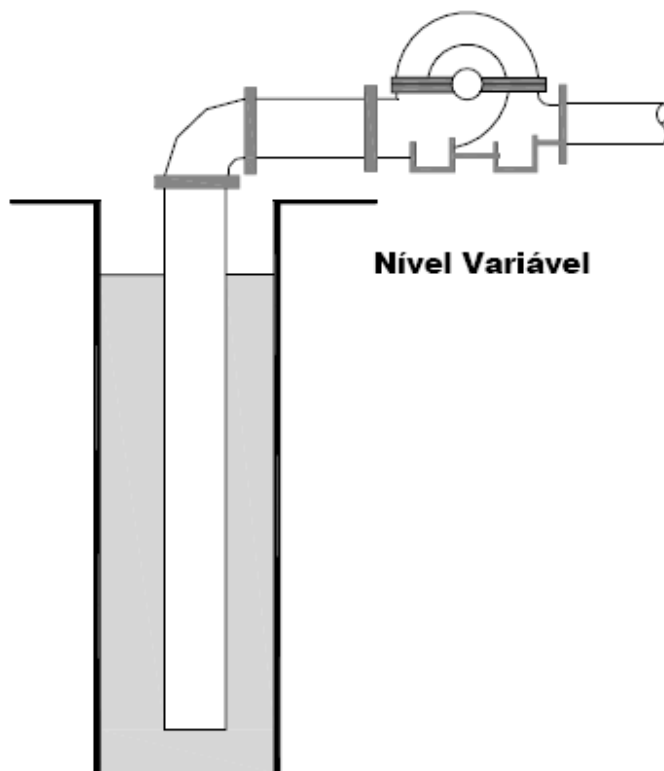


Figura 06: Teste de Cavitação de Bombas - Variação do NPSH disponível através da modificação do nível de líquido (Fonte: Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição).

No segundo arranjo (figura 07) a cavitação é induzida mediante o estrangulamento da sucção, provocando aumento das perdas na sucção e conseqüente diminuição do NPSH disponível. Neste caso, as pás ou chicanas colocadas após o filtro objetivam atenuar a turbulência gerada pelo estrangulamento. Considerando que a turbulência acelera a liberação de ar ou gases dissolvidos, este arranjo é conservador, sendo recomendado pelo Hydraulic Institute para moderadas alturas de sucção e pequenas bombas.

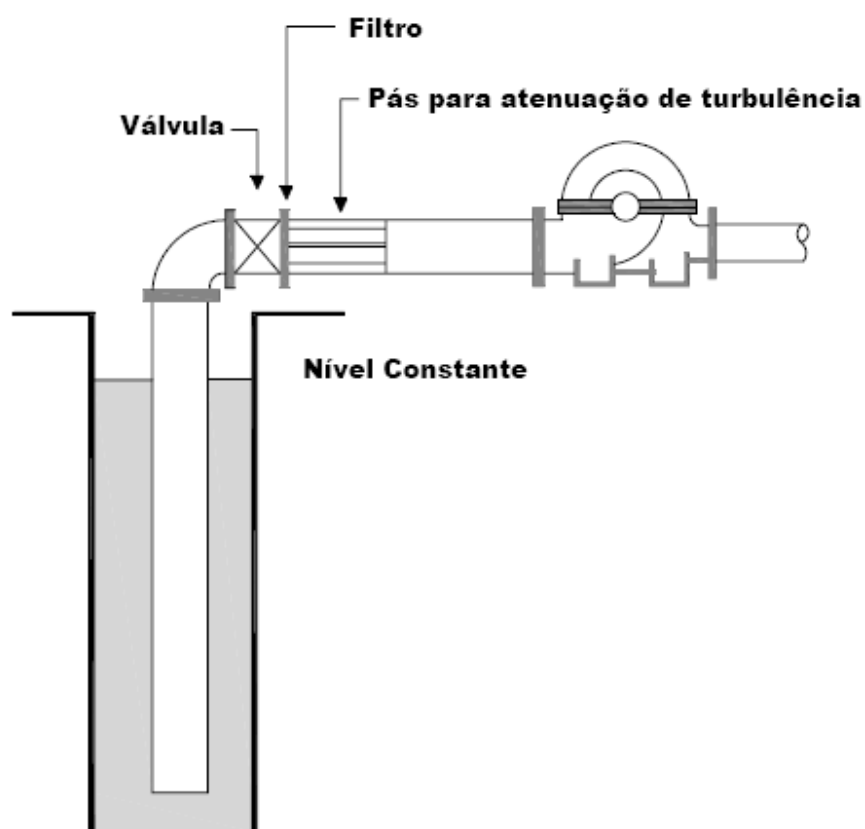


Figura 07: Teste de Cavitação de Bombas - Variação do NPSH disponível através do estrangulamento da sucção (Fonte: Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição).

No terceiro arranjo (figura 08) a bomba é alimentada por um vaso fechado e o nível é mantido constante. Nesse caso, o NPSH disponível é modificado mediante a variação da pressão do ar ou gás sobre o líquido, pela variação da temperatura de bombeamento ou por uma combinação destes fatores. O hydraulic Institute recomenda particularmente este arranjo quando a temperatura de teste é a mesma da de operação ou quando a bomba succiona líquido de um vaso sujeito à pressão igual ou próxima da pressão de vapor.

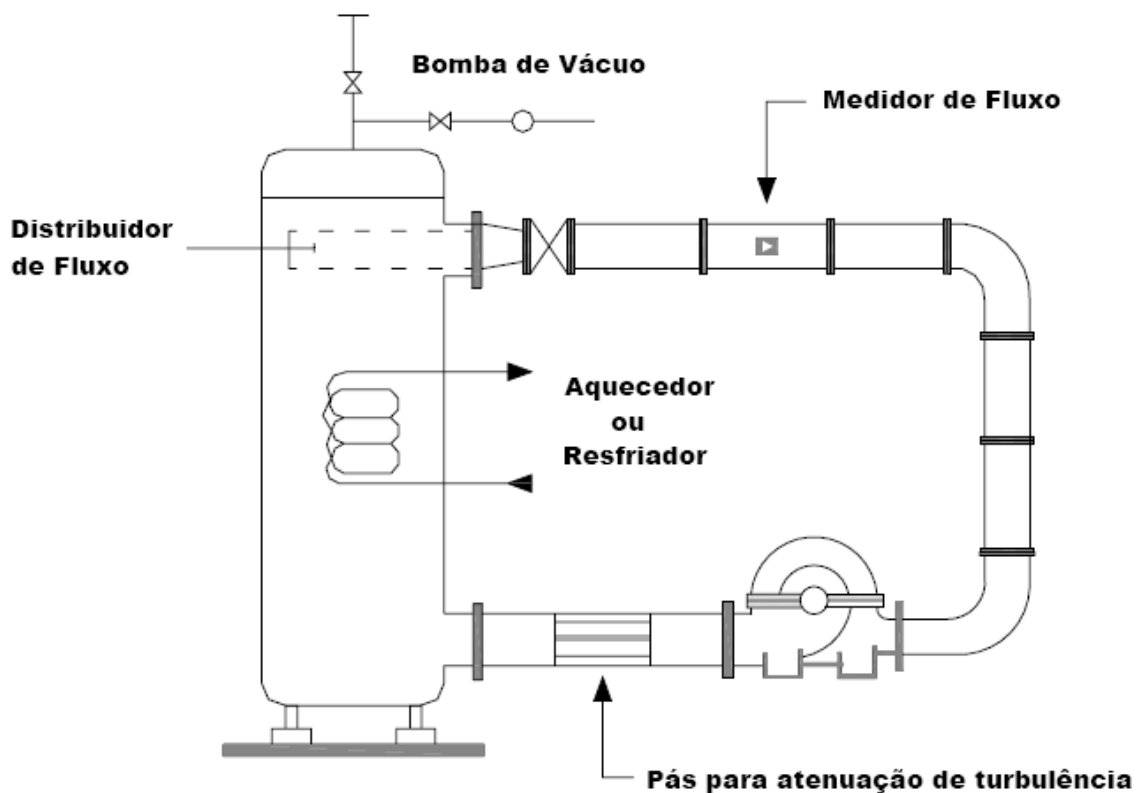


Figura 08: Teste de Cavitação de Bombas - Variação do NPSH disponível por modificação de pressão e/ou temperatura (Fonte: Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição).

A bomba deve ser operada com velocidade e vazão constantes, com o NPSH disponível sendo variado através da utilização de um dos arranjos descritos, até ser detectada a cavitação. Não é muito fácil detectar no teste o início da cavitação. Entretanto, o hydraulic Institute recomenda, considerar que 3% de queda no valor da carga 9H é indicativo de cavitação. Usualmente este é o percentual adotado na prática, entretanto, em bombas de grande porte ou sujeitas a transientes, o próprio Hydraulic Institute menciona que a instrumentação deve ser mais refinada de forma a indicar quedas no desempenho da ordem de 1%.

2.3.2.4 Teste de escorva:

Em adição ao teste de desempenho é recomendável que bombas auto-escorvantes sejam testadas quando ao tempo de escorva. O tempo de escorva será o tempo decorrido entre a partida da bomba e a condição de descarga permanente.

2.3.2.5 Limites aceitáveis de vibração e ruído:

a) Limite de Vibração:

Os limites aceitáveis de vibração para uma bomba nova, padrão API-670, durante os testes, devem obedecer aos seguintes critérios:

- A vibração não filtrada para bombas de mancais de rolamento ou bombas com ampliadores de velocidade por engrenagem girando acima de 6.000RPM, medida na caixa de mancal durante o teste na vazão e rotação nominal ($\pm 10\%$), não deverá exceder uma velocidade de 7,6 mm/s nem uma amplitude pico a pico de 63,5 milésimos de mm incluindo efeitos elétricos e/ou mecânicos.
- A vibração não filtrada para bombas de mancais de deslizamento, medida no eixo durante o teste na vazão e rotação nominais (\pm

10%) não deverá exceder a velocidade de 10,2 mm/s nem uma amplitude pico a pico de 65,3 milésimos de mm incluindo os efeitos elétricos e/ou mecânicos.

A vibração filtrada de rotação, freqüência de passagem das pás ou outras freqüências especificadas pelo cliente, não deverá exceder uma velocidade de 7,6 mm/s.

b) Limite de Ruído:

No caso de limites aceitáveis de ruído, o API 615, de acordo com o Occupational Safety and Health Act, especifica os seguintes valores apresentados na tabela 03.

Limites aceitáveis de ruído	
Duração (h/dia)	Nível de Ruído em dBA (medidos na escala A com medidor de resposta lenta)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
1/2	110
¼ ou menos	115

Tabela 03- Limites aceitáveis de ruído em bombas API (Fonte: Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição).

2.4 Comissionamento de Sistemas Turbo:

Os sistemas Turbo, compreendem principalmente as turbinas à gás e os compressores centrífugos. Embora esses equipamentos sejam mais comuns em sistemas de processo, eles também são encontrados em diversos sistemas de utilidades, principalmente para geração de energia elétrica auxiliar, no caso das turbinas a gás e na compressão de gases combustíveis e de refrigeração, no caso dos compressores centrífugos. De uma maneira geral, com exceção dos testes executados durante as etapas de TAF desses

equipamentos, o seu comissionamento pouco difere das atividades de comissionamento apresentadas no presente capítulo, devendo, como no caso das bombas industriais, ser elaboradas FVIs específicas para inspeção mecânica das turbinas e dos compressores para a execução das inspeções de completação mecânica. Por essa razão nos limitaremos a apresentar os principais testes de certificação, desempenho e performance que são executados nesses equipamentos.

O papel do comissionamento nos teste realizados em turbinas a gás e compressores centrífugos, consiste em realizar o acompanhamento com testemunho dos "*hold points*" de cada teste, negociação dos procedimentos dos testes, registros dos parâmetros e comparação com os limites de aceitação.

Um relatório com todos os detalhes das etapas vivenciadas deve ser emitido, com registro por fotografia dos "*hold points*" e número de série do componente sempre que possível. A seguir são apresentados os principais testes realizados em turbinas a gás e compressores centrífugos.

2.4.1 Testes em Turbinas a Gás:

2.4.1.1 Turbinas a Gás – “Performance Test”:

Este teste é normatizado pela “ASME Power Test Code 1 e 22”. O seu objetivo é determinar a potência de saída e a eficiência térmica da turbina a gás operando em condição de teste, e corrigindo estes valores encontrados para condições padrão, de operação ou de controle. Existem procedimentos para condução do teste, cálculo dos resultados e formas de correção a serem aplicadas.

2.4.1.2 Turbinas a Gás – “Mechanical Running Test”:

Este teste é realizado com o equipamento em rotação nominal com varredura permanente dos espectros de vibrações síncronas e não síncronas, e com freqüências e amplitudes variadas, com base nos limites especificados dentro da API.

Com o equipamento em velocidade ideal até que as temperaturas de óleo lubrificante alcance os parâmetros especificados, e a vibração do eixo se estabilize, incrementa-se a rotação de 10 % em 10 %, até que a máquina atinja a velocidade máxima contínua.

São monitorados e registrados os parâmetros principais de operação. A máquina deverá se estabilizar diante cada um dos incrementos aplicados.

Para máquinas com eixos flexíveis o teste deverá determinar a primeira velocidade crítica lateral.

2.4.1.3 Turbinas a Gás – “*Complete Unit Test- String Test*”:

Este teste consiste no teste em conjunto de todos os componentes de um pacote tais como: Compressores, caixas de engrenagens, acionadores e auxiliares. Neste tipo de teste pode ser realizado o “*Mechanical Running Test*”. O objetivo principal deste teste é a verificação de interação física e operacional de todos os componentes, evitando surpresas na instalação final.

2.4.2 Testes em Compressores Centrífugos:

2.4.2.1 Compressor Centrífugo – “*Performance Test*”:

O “*Performance Test*” tem a finalidade de verificar que para a capacidade nominal de projeto e construção do compressor , em rotação

constante, o "Head" do compressor atinja a margem de 100 a 105 % do especificado, e ainda, a potência exigida não ultrapasse 107 % do valor especificado para o ponto normal de operação para este "Head" medido.

Este teste é realizado com base nas determinações da norma ASME PTC 10. O mínimo de cinco pontos operacionais em rotação normal devem ser verificados, sendo obrigatórios os pontos de "surge" e "overload".

2.4.2.2 Compressor Centrífugo – "Mechanical Running Test":

Este teste é realizado no compressor sempre que adquirido um novo conjunto e tem por finalidade:

- Verificação das velocidades críticas laterais conforme parâmetros da API;
- Comportamento de análise de desbalanceamento em velocidades críticas e níveis de vibração conforme critérios da API;
- Aquisição de dados de vibração e verificação das amplitudes em frequência diferentes das síncronas em rotações máximas e contínuas, além de outros níveis de rotação variados;

Estes testes também são obrigatórios com os rotores sobressalentes adquiridos junto com os compressores.

2.4.2.3 "Full Load Compressor Testing - ASME PTC 10 Class-I":

Neste teste o compressor é testado segundo as normas da ASME, em plena potência nominal de operação, e com gás dentro das características a serem utilizadas em operação normal.

Devido a abrangência deste teste pode-se avaliar o comportamento final que o compressor apresentará em operação no campo, sem surpresas quanto a performance e efeitos rotodinâmicos.

2.5 Pré-Operação e Partida de Sistemas de tubulações de Utilidades e transferência dos sistemas:

Ao final da etapa de condicionamento de um sistema, são levantadas todas as pendências ainda existentes no sistema. Essas pendências são classificadas como impeditivas e não impeditivas a operação. Caso inexistam pendências impeditivas, o atestado de completção mecânica

do sistema é emitido e o início das atividades de pré-operação e partida é autorizado.

Durante a fase de pré-operação e partida de uma tubulação de um sistema de utilidades, duas grandes atividades ocorrem simultaneamente:

- Eliminação das pendências classificadas como não impeditivas à operação do sistema;
- Pré-Operação e Partida do sistema de tubulações e execução do teste de aceitação de desempenho do sistema.

Basicamente a partida de um sistema de tubulações de utilidades se constitui no enchimento do sistema de tubulações com o seu respectivo fluido de trabalho, preparação e adequação das instalações, até que sejam atingidas as condições normais e estáveis para operação.

A seguir são descritas as atividades típicas de planejamento e execução das atividades de pré-operação e partida de sistemas de tubulações de utilidades.

a) Coordenação:

Deve ser exercida pela equipe de comissionamento, com a participação das futuras equipes de operação da unidade e da construção e montagem.

b) Planejamento:

O planejamento das atividades de pré-operação e partida deve ser precedido da conclusão, entre outros, dos seguintes itens:

- Manual de operação;
- Procedimento de pré-operação;
- Licenças e autorizações necessárias;
- "Data book" da instalação;
- Protocolo de responsabilidades ou procedimentos específicos;
- Cálculos e simulações hidráulicas;
- Matriz de responsabilidade para cada atividade;
- Plano de Resposta à Emergência (PRE);
- Análise preliminar de riscos (APR);
- Definição de todos os recursos necessários, tais como: equipe habilitada e equipamentos disponíveis para atender à necessidade de execução de qualquer serviço de instalação e, ou reparo durante a pré-operação;
- Treinamento específico e distribuição da documentação necessária aos envolvidos.

c) Execução:

Pode ser executada tanto pela unidade operacional que será responsável pelo sistema, como pela empresa (ou unidade) responsável pela C&M ou pela empresa (ou unidade) responsável pelo comissionamento. É fundamental porém que tenha a participação de todas as figuras citadas acima.

Para a fase inicial de bombeamento de produto pode ser utilizado "PIG" separador para o deslocamento da água ou gás inerte contidos na tubulação (caso essa seja "*pigável*"), utilizando-se selos de outros produtos caso necessário. Nos casos em que a tubulação não seja "*pigável*", esta situação deve ser prevista em procedimento específico.

Na pré-operação e partida de tubulações destinadas ao transporte de fluidos aquecidos (tais como óleo combustível aquecido, por exemplo), recomenda-se inicialmente proceder ao enchimento da tubulação com um produto de baixa viscosidade e baixo ponto de fluidez à temperatura ambiente. Em uma fase posterior, iniciar o bombeamento do produto aquecido.

A pressurização das tubulações deve ser executada em etapas, com incrementos de pressão a aproximadamente 30% da Pressão Máxima de Operação (PMO) da linha (O incremento de pressão varia de acordo com o tipo de tubulação e com a norma que está sendo aplicada), a cada

incremento de pressão deve-se inspecionar a linha para verificação de eventuais vazamentos. Para execução das inspeções funcionais das malhas de tubulação, bem como das bombas e válvulas, devera ser aplicadas FVIs e FVMs específicas para cada um desses equipamentos e subsistemas.

Ao final da pressurização das tubulações é iniciado o teste de aceitação de performance – TAPs do sistema de tubulações, onde deverá ser verificado se o atendimento do sistema de utilidades as condições de vazão, pressão e temperatura previstas pelo projeto para o sistema.

d) Registro:

Após a conclusão das atividades de pré-operação e partida, deve ser elaborado um relatório detalhado descrevendo procedimentos adotados, seqüência de operações e anormalidades verificadas e ainda prescrevendo recomendações. Este relatório deve ser numerado e arquivado no sistema de documentação técnica.

Após a conclusão de todos os testes de aceitação de performance (TAPs) no sistema de tubulações, tem início a fase de operação assistida do sistema, que tem duração normalmente pré-determinada por contrato, especificação técnica ou norma de operação, normalmente se estendendo por 30 dias corridos. Após a fase de operação assistida, com todas as pendências não impeditivas devidamente sanadas e toda a documentação de

projeto, suprimento, C&M e comissionamento entregues ao operador, o termo de transferência e aceitação do sistema (TTAS) pode ser assinado entre as partes.

3. Descrição do Sistema de Resfriamento:

Para não estendemos este trabalho, tornando-o repetitivo, escolhemos o sistema de resfriamento, dentre os vários sistemas de utilidades da Unidade de Destilação Atmosférica da Refinaria Abreu e Lima, para ser comissionado.

O Sistema de Resfriamento que está ligado à Torre de Resfriamento da Refinaria, localizada em uma área próxima à Unidade de Destilação Atmosférica. Sua função é trocar calor da água do Sistema de Refrigeração de determinadas unidades. O sistema de resfriamento deverá ser composto por 03 torres de resfriamento, operando de forma independente, nesse trabalho trataremos especificamente da torre TR-53001. Para compreendermos melhor a função da Torre de Resfriamento TR-53001, daremos maiores detalhes a seguir.

3.1 Torre de Resfriamento:

A Torre de Resfriamento TR-53001 destinar-se-á a resfriar um total de 12.000 m³/h, referente ao consumo simultâneo da água proveniente das seguintes unidades de processo:

- Unidade de Destilação Atmosférica;
- Unidade de Coqueamento Retardado;
- Unidade de Tratamento de Águas Ácidas;
- Unidade de Tratamento com DEA;

- Unidade de Hidrotratamento de Nafta de Coque.

Este sistema será do tipo fechado, com uma torre dividida em seis células dispostas em linha de 2.000 m³/h de água cada uma, sendo uma reserva, de tiragem induzida e contracorrente.

A Torre de Resfriamento deverá considerar do total de seis células, cinco em operação e uma reserva, que no caso de funcionamento de cinco células, esta deve atender a 100% da demanda total de água de resfriamento e a no mínimo 90% da carga térmica global. Considerando, nesta situação, geração de água de resfriamento na temperatura máxima de 33,5°C.

A água quente proveniente das Unidades de Processo chegará à unidade por uma linha de 48", sendo a sua temperatura registrada no Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) da Refinaria. As águas serão então distribuídas nas células por duas tubulações em paralelo de 36".

Nas derivações do coletor geral para cada célula haverá válvulas borboletas para regulagem e bloqueio (diâmetro de 18").

A água fria verterá das células por gravidade para a bacia e daí para o canal coletor e deste para os poços de sucção das bombas, passando através de telas duplas para retenção de sólidos grosseiros. As bacias de água fria terão seu nível mantido pela adição de água de reposição, havendo no SDCD alarme para nível alto e baixo.

A variação entre nível máximo e mínimo da bacia não deve ser superior a 1,0 metro. Quatro bombas A/B/C/D de 4.000 m³/h cada, terão

sucção afogada no poço e com a descarga alimentando o header de 48", o qual terá um registrador de fluxo, um registrador de temperatura e alarme de baixa pressão, com indicação no SDCD. Esta linha conduzirá água às Unidades de Processo pela tubovia.

Na descarga de cada uma das bombas haverá uma válvula de bloqueio tipo borboleta motorizada, do tipo inteligente com comando pelo STVM (Sistema de Válvulas Motorizadas), e uma válvula de retenção de fechamento rápido e deslocamento axial do obturador. A válvula motorizada deverá estar intertravada com o sistema de partida do acionador.

A água de reposição chegará no limite da unidade por intermédio de uma linha de 8", alimentando, sob controle de nível, o canal coletor de água fria. Haverá um registrador deste fluxo no SDCD, bem como alarme de baixa pressão do suprimento desta água.

Água de Resfriamento	Condição	Temp. (°C)	Pressão (kgf/cm².man)
Suprimento	Vazão Normal	32	5,1
	Projeto	62	7,6
Retorno	Normal	45	1,3
	Máxima	50	5,1
	Projeto	75	7,6

Tabela 04: Condições da água de resfriamento no limite da unidade

3.2 Água de Resfriamento:

3.2.1 Condições de Operação:

As condições de operação e projeto do sistema de resfriamento são indicadas na Tabela 05.

Condições de Operação	Suprimento		Retorno	
	Pressão (kgf/cm ² .man)	Temperatura (°C)	Pressão (kgf/cm ² .man)	Temperatura (°C)
Mínima	4,0	-	2,0	-
Normal	4,5	31	2,5	43
Máxima	5,5	-	3,5	-
Projeto	7,0	61	7,0	73

Tabela 05: Condições de Operação e Projeto do Sistema de Água de Resfriamento

3.2.2 Consumidores:

Os equipamentos que consomem água de resfriamento, assim como suas vazões e dimensionamento das respectivas linhas estão representados no esquemático que segue.

Além de ser utilizada como fluido refrigerante dos trocadores de calor do processo, a água de resfriamento também será utilizada com as seguintes finalidades:

- Resfriamento dos mancais das turbinas;

- Resfriamento das bombas que possuem trocadores de calor com fluidos nos planos de selagem 23 e 52;
- Resfriamento dos trocadores de calor dos sistemas de "gland water" e "gland oil", cuja vazão será fornecida pelos fabricantes dos sistemas.

Equipamento	Vazão (kg/h)
TB-11001 B	6,91
TB-11002 C	1,58
TB-11005 C	0,14
TB-11009 B	0,55
TB-11016 C	0,78
B-11005 A/B	0,26
B-11008 A/B	0,26
B-11029 A/C	0,26

Tabela 06: Consumidores de Água de Resfriamento

Com a vazão total de água de resfriamento de 1.719.662 kg/h utilizada da Unidade de Destilação Atmosférica da RNEST foram obtidos header's de suprimento e de retorno de 18" cada.

3.2.3 Diagrama Esquemático do Sistema de Resfriamento:

Será agora apresentado a configuração utilizada para as linhas de distribuição do sistema de resfriamento (Header's) da Unidade de Destilação Atmosférica da Refinaria do Nordeste - RNEST.

Este documento, juntamente com a memória de cálculo de Balanço de Utilidades, é primordial para um perfeito comissionamento do sistema.

Aplicação do Comissionamento a um Sistema de Resfriamento

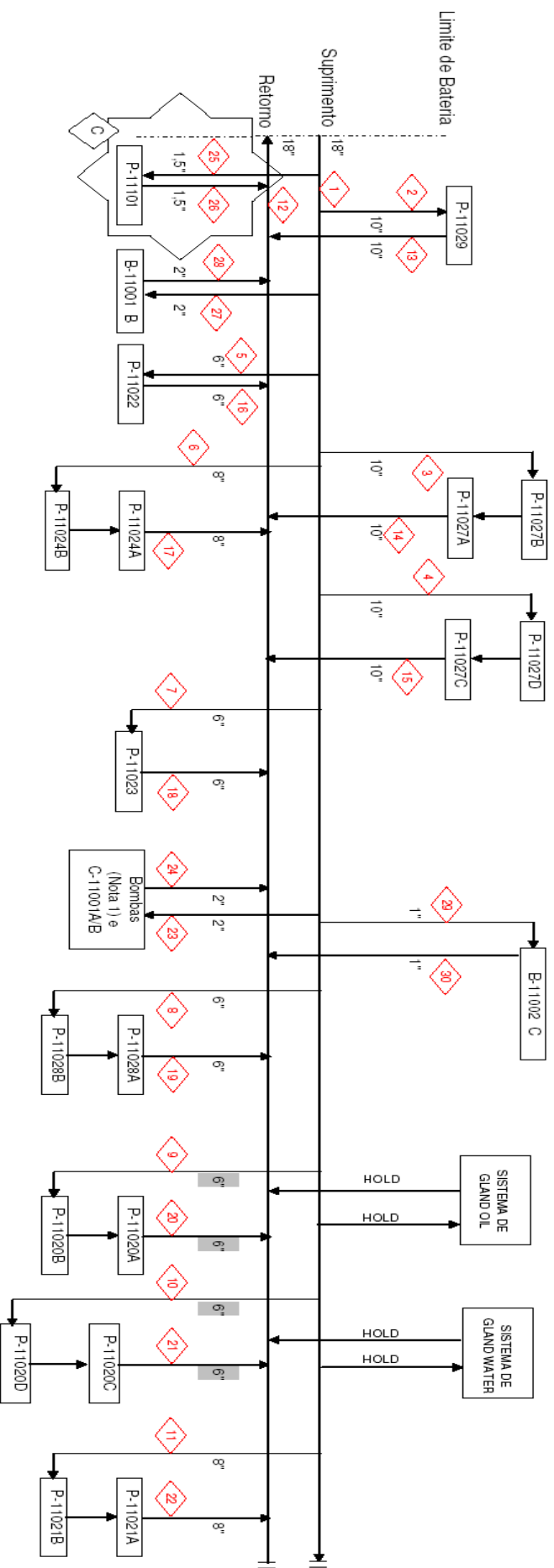


Figura 09: Diagrama de Distribuição de Água de Resfriamento da Unidade de Destilação Atmosférica

Aplicação do Comissionamento a um Sistema de Resfriamento

CORRENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Vazão mássica (kg/h)	1620928	375829	247000	247000	60832	138366	100480	116788	54377	54377	197411	1620630	375829	247000	247000	60832	138366	100480	116788	54377	54377	197411	10000	958	10000	10000	6978	6947	1572	1555	
Massa específica Fase Líquida	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	995,0	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	990,8	995,0	990,8	995,0	990,8	995,0	990,8	995,0	990,8	
Vazão volumétrica (m ³ /h)	1629,0	377,7	248,2	248,2	61,1	139,1	101,0	117,4	54,6	54,6	198,4	1635,8	379,3	249,3	249,3	61,4	139,7	101,4	117,9	54,9	54,9	199,2	10,1	10,1	10,1	10,1	6,9	6,9	1,6	1,6	
Temperatura (°C)	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	31	43	31	42	31	43	31	43	
Pressão (kgf/cm ² a)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	5,5	3,5	5,5	3,5	5,5	3,5	5,5	3,5	
Viscosidade (cP)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,62	0,71	0,73	0,73	0,69	0,69	0,67	0,73	0,73	0,73	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	
Pugosidade Absoluta (mm)	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	
Comp. Total do Trecho (raio) (m)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Diâmetro nominal (in)	18	10	10	10	6	8	6	6	6	6	8	18	10	10	10	6	8	6	6	6	6	8	2	2	112	112	2	2	1	1	
Schedule	0,250	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	0,250	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	80	80	40	40	40	40	
Diâmetro interno (mm)	445	255	255	255	154	203	154	154	154	154	203	445	255	255	255	154	203	154	154	154	154	203	53	53	38	38	53	53	27	27	
Velocidade (m/s)	2,9	2,1	1,4	1,4	0,9	1,2	1,5	1,7	0,8	0,8	1,7	2,9	2,1	1,4	1,4	0,9	1,2	1,5	1,8	0,8	0,8	1,7	1,3	1,3	2,4	2,5	0,9	0,9	0,8	0,8	
DP Total (kg/cm ²)	0,13	0,13	0,06	0,06	0,05	0,06	0,13	0,17	0,04	0,04	0,12	0,13	0,13	0,06	0,06	0,05	0,06	0,13	0,17	0,04	0,04	0,11	0,36	0,35	1,81	1,79	0,18	0,17	0,34	0,32	

Tabela 07: Características das tubulações do Sistema de Água de Resfriamento

C

3.3 Filosofia de operação das bombas de circulação:

Cada bomba deverá ter chave seletora de comando remoto, permitindo operação como "principal", "reserva" ou "manutenção". Em operação normal, a partida ou a parada dos acionadores deverá ser feita automaticamente a partir do sistema de supervisão e controle. Deverá também haver no campo botoeira para comando local dos acionadores.

Os atuadores das válvulas borboleta deverão ser do tipo inteligente, com chave de comando remoto pelo SDCD intertravada com o sistema de partida dos acionadores das bombas (em operação normal) e com indicação de posição. Deverão também ser previstas botoeiras para comando manual remoto das válvulas. Para o caso de falha do sistema de acionamento elétrico (atuador), essas válvulas deverão ter acionamento manual local.

a) Partida das Bombas de Circulação:

Na partida da bomba, a válvula de bloqueio do ramal de descarga da bomba está inicialmente fechada, e começa a abrir temporizadamente após o comando de partida do acionador (motor elétrico). O desligamento automático das bombas por pressão alta ou baixa, através de chaves de pressão alta (PSH) e chaves de pressão baixa (PSL) - bomba em "shut-off" ou falha do motor - deste ramal deve ser inibido temporariamente até que a abertura da válvula de bloqueio do

ramal de descarga da bomba atinja a posição desejada. A válvula fecha quando o motor é desligado.

Antes do comando de partida do acionador das bombas, o operador deverá ajustar o "set" de abertura da válvula borboleta no ramal de descarga da bomba, para que a válvula ao abrir atinja a posição programada, que deverá ser equalizada para os ramais em operação, estabilizando o sistema, de acordo com o consumo necessário.

b) Parada das Bombas de Circulação:

Sempre que houver a parada do motor elétrico ou quando a turbina entrar em "marcha lenta", a válvula borboleta no ramal de descarga da bomba deverá fechar em seguida. A parada de um acionador só ocorrerá após a entrada em operação da bomba reserva, ou intencionalmente pelo operador.

Deverão existir 2 "sets" de alarmes de nível baixo para o canal coletor da torre: o primeiro deles a 60 cm acima da sub-emergência mínima das bombas não provocará ação de intertravamentos (apenas alerta sonoro/visual). O segundo nível de alarme baixo a 40 cm acima da sub-emergência mínima da bomba deverá enviar um sinal para fechar a válvula da linha de purga da torre e abrir totalmente a válvula da linha de reposição ("Make up"). O sinal do segundo nível de alarme baixo poderá ser proveniente de qualquer um dos 3 (três) transmissores instalados para esse fim no canal da torre.

Deverá existir um nível de alarme muito baixo, 10 cm acima da sub-emergência mínima das bombas, que deverá desligar o motor elétrico de uma das bombas em operação, e/ou colocar a turbina a vapor em "marcha lenta". Esse sinal do nível de alarme muito baixo só deverá provocar este "trip" caso seja proveniente de pelo menos 2 dos 3 transmissores instalados para esse fim no canal da torre (dupla redundância).

O desligamento das bombas remanescentes, caso o nível de água no canal coletor continue baixando e atinja a sub-emergência mínima, deverá ser feito manualmente, por ação do operador.

c) Partida / Parada da Bomba de Circulação Reserva:

O "set point" de pressão baixa no header de suprimento de água fria poderá ser programado previamente pelo operador, em função das necessidades da operação, por exemplo, em operação abaixo da vazão nominal estabelecida (ex: parada de unidades) ou operação intencional de apenas uma das bombas (ou duas, dependendo do sistema em questão) com vazões maiores do que a nominal. Nesses casos, o percentual de abertura da válvula deverá ser modificado.

Com o sistema já em regime, caso ocorra queda da pressão de suprimento de água fria, medida no header de descarga das bombas, o sistema de controle envia sinal para a partida do acionador da bomba selecionada como reserva (não deverá haver duas bombas selecionadas

como reserva simultaneamente). Deverá haver um alarme luminoso para este evento. A partida da bomba selecionada como reserva, será feita através da chave de pressão baixa (PSL) do header.

Ao ocorrer pressão baixa em qualquer dos ramais de descarga das bombas, a chave de pressão baixa (PSL) deste ramal deverá desligar o motor elétrico e/ou colocar a turbina a vapor em "marcha lenta".

Caso a bomba entre em "*shut-off*", a chave de pressão alta (PSH) do ramal de descarga atuará sobre o acionador da bomba, desligando o motor elétrico, ou sinalizando para o governador da turbina passar para "marcha lenta".

A chave de pressão alta (PSH) do header só tem ação a partir da bomba selecionada como reserva. A ação de parar o acionador de qualquer das bombas, caso a queda de pressão no header tenha sido motivada por falha da bomba, de seu acionador, ou da válvula, é feita pelo PSL /PSH do ramal de descarga respectivo.

3.4 Subsistema de Purga das Torres:

O controle de sólidos dissolvidos na água de resfriamento será realizado através de purga contínua no coletor de retorno de água quente de cada uma das torres, através de válvula de controle manual, acionada no campo ou remotamente pelo SDCCD, e medição de vazão com indicação local e na tela de controle.

As purgas das torres de resfriamento deverão ser enviadas para um "sump" enterrado, sem cobertura, localizados nas imediações da área das torres, de onde serão bombeadas para a Estação de Tratamento – ETA.

A vazão de purga estimada para a torre TR-53001 é de 48 m³/h cada.

O volume do "sump" deverá ser dimensionado para pelo menos 1 hora de vazão de purga. Deverão ser previstas pelo menos 02 (duas) bombas (1 + 1 reserva) para transferência da vazão de purga do "sump" para a Estação de Tratamento.

O "sump", a pressão de descarga das bombas e a linha de transferência de purga para a ETA, deverão prever folga de volume e de bombeio de 30% por conta de ampliação futura da refinaria. Deverão ser previsto espaço e esperas para instalação de bomba adicional futura.

A purga intermitente (transbordo das bacias) deverá ser encaminhada para o Sistema de Água Oleosa.

3.5 Subsistema de Água de Reposição:

A água de reposição para a torre TR-53001 terá uma vazão de projeto de 327 m³/h (para 14.500 m³/h de água circulante, 12 °C de variação de temperatura e 06 ciclos de concentração).

A pressão da água de reposição na chegada ao canal coletor de cada torre deverá ser 0,5 kgf/cm².man à temperatura ambiente.

A água de reposição chegará ao LB de cada torre através de uma única linha principal proveniente da Estação de Tratamento.

O controle de vazão (demanda) será feito por válvula de controle de nível junto ao canal da torre. Deverão ser instalados transmissores de nível no canal da torre, com indicação de nível, alarmes de nível alto, baixo (dois níveis) e muito baixo, e indicação de temperatura do canal do sistema de controle - SDCD.

O controle do número de bombas principais ligadas deverá ser feito via SDCD (automático e pelo operador) por pressão medida na linha de transferência para as torres de resfriamento. A pressão da linha deverá ser mantida em uma faixa delimitada pela vazão mínima e a vazão "rated" das bombas. Esta faixa deverá ser suficientemente larga de forma a evitar que bombas entrem/saiam de operação freqüentemente, por pequenas variações de demanda (histerese de controle).

Deverão ser previstas 04 (quatro) bombas de reposição, sendo 03 (três) principais e 01 (uma) reserva na área da estação de tratamento, succionando do tanque de água filtrada da estação.

4. Comissionamento do Sistema de Resfriamento:

O comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento deverá se iniciar durante a fase de detalhamento do projeto, passando através da compra de equipamentos, construção e montagem, condicionamento, pré- operação e partida até a entrega final do sistema a operação. De uma maneira geral, pode-se dizer que o comissionamento, na implantação do Sistema de Água de Resfriamento, deverá ter as seguintes atribuições:

- Coordenar as atividades de Comissionamento que serão executadas a fim verificar, controlar, ajustar, executar e testar todos os componentes e equipamentos do sistema a fim de assegurar a sua operação segura e confiável;
- Garantir que toda a atividade relacionada ao Comissionamento ocorrerá num sincronismo perfeito com a rede da precedência, para evitar falhas ou perda do tempo durante o período da Partida do Sistema de Água de Resfriamento;
- Desenvolver o planejamento do Comissionamento;
- Preparar a documentação da engenharia do Comissionamento;
- Controlar e monitorar a execução das atividades de Comissionamento, utilizando para isso um "software" dedicado à

gerência das atividades de Comissionamento (Sistema de Gerenciamento do Comissionamento).

Existem diversas outras tarefas a serem coordenadas, como segue: Apoio técnico à compra de materiais; Gerência de Sobressalentes de Ferramentas Especiais; Gerência de Consumíveis & Produtos Químicos; Segurança; Testes de Aceitação de Performance (TAP); Treinamento de Equipes de Operação e Manutenção (O&M) e Transferência do Sistema para o Cliente.

Com relação ao projeto, o Comissionamento deverá agir em conjunto com a equipe responsável por essa atividade, primeiramente definindo os subsistemas nos fluxogramas de processo e instrumentação, que devem ser considerados quando da identificação e especificação de todos os itens "tagados" do projeto. Posteriormente deverá interagir na análise da documentação a fim de detectar possíveis problemas nas atividades futuras da pré-operação e antecipar sua solução. Esse serviço deve ser realizado diretamente nos fluxogramas e outros desenhos para verificação geral dos itens que tem uma relação com sistemas de teste e pré-operação dos mesmos.

Durante a fase de projeto, uma equipe de Suprimentos estará trabalhando diretamente com os fabricantes, negociando propostas e definindo os fornecedores. Nas requisições de materiais, o Comissionamento atuará a fim adicionar itens importantes, desde testes específicos, até

sobressalentes, passando pela preservação e o Condicionamento, de modo que façam parte integrante da ordem de compra própria.

Durante a fabricação e montagem dos equipamentos nas fábricas, o Comissionamento deverá acompanhar os fabricantes verificando o atendimento aos itens de Condicionamento como preservação, identificação, limpeza, calibração, testes e assim por diante, realizados nas próprias instalações do fornecedor.

Durante a fase Construção e Montagem, ocorrerá o recebimento dos itens comissionáveis iniciando duas atividades muito importantes: o recebimento e a preservação. Neste estágio, o comissionamento assistirá no processo de recebimento e irá dar início as atividades preservação.

Caberá ao comissionamento preparar os procedimentos de teste, além do planejamento de todas as atividades de partida e pré-operação. Os testes dos equipamentos devem ser realizados pelo comissionamento em conjunto com as equipes C&M e de O&M.

A calibração dos instrumentos deverá ser realizada por uma empresa especializada, que será testemunhada e controlada pelos técnicos de Comissionamento.

Os testes hidrostáticos de tubulação serão realizados pelas equipes de C&M, com os procedimentos aprovados pela Equipe de Comissionamento, devendo ser acompanhados por essa última.

Os manuais de pré-operação, partida e teste de desempenho do sistema devem ser preparados pelo Comissionamento, usando as informações dos fabricantes dos equipamentos, das especificações técnicas de projeto e dos dados de processo.

A pré-operação e partida dos sistemas, bem como a execução dos testes de aceitação de performance (TAP) serão executados pelo comissionamento, devendo porem serem acompanhados pelas equipes de O&M.

A entrega do sistema será feita imediatamente após a entrada em operação. Todos os documentos de verificação dos itens ou das malhas gerados pelo Comissionamento serão arquivados em pastas específicas, com o Termo de Transferência e Aceitação de Sistema (TTAS).

Nos próximos itens desse capítulo será apresentado o comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento, objeto de estudo desse trabalho.

4.1 Planejamento e Documentação de Comissionamento do Sistema de Resfriamento:

A primeira etapa de comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento consistirá no planejamento e no preparo da documentação de

comissionamento, que deverá ter início já na fase de detalhamento do projeto do Sistema. Caberá ao comissionamento nessa etapa:

- Participar do desenvolvimento do Projeto Executivo;
- Elaborar Matriz de atribuições para as atividades;
- Elaborar Histograma dos recursos para as várias fases do comissionamento do sistema;
- Implantação de sistema de gerenciamento e controle do comissionamento (Ferramenta de TI para gestão do comissionamento);
- Elaboração da divisão em subsistemas do Sistema de Água de Resfriamento;
- Elaboração da Rede de Precedência dos Subsistemas do Sistema de Água de Resfriamento;
- Elaborar Manual de Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento;
- Elaborar Estrutura Analítica de Projeto (EAP) das atividades de comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento;
- Elaborar Cronograma de comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento;
- Elaboração dos procedimentos de inspeção nos fornecedores e/ou fabricantes e testes de aceitação de fábrica (TAFs);

- Elaboração e cadastramento das Folhas de Verificação de Itens (FVIs) e Folhas de Verificação de Malhas (FVMs);
- Elaborar procedimentos para aceitação mecânica do sistema de Água de Resfriamento e seus subsistemas;
- Elaboração do manual de pré-operação e do manual de operação do Sistema de Água de Resfriamento;
- Elaboração dos procedimentos de Teste de Aceitação de Performance (TAP), para o Sistema de Água de Resfriamento e seus subsistemas;
- Procedimentos para entrega do sistema de Água de Resfriamento e seus subsistemas.

4.1.1 Sistema de Resfriamento dentro da Rede de Precedência da Unidade:

Para partida do Sistema de Água de Resfriamento, será necessário que os seguintes sistemas da unidade de refino considerada, estejam operacionais:

- Sistema de Energia Elétrica;
- Sistema de Tratamento de Afluentes (ETA);
- Sistema de Condicionamento de produtos Químicos;
- Sistema de Ar comprimido;

- Sistema de Vapor;
- Sistema de Combate a incêndio;
- Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) da refinaria (Apenas funções para controle do sistema de água de resfriamento).

Segue relação dos sistemas/ unidades que necessitam do Sistema de Água de Resfriamento operacional para iniciarem a sua operação, ou seja, sistemas que necessitam de água de resfriamento (Unidades Consumidoras) para executarem seus processos:

- Unidade de Destilação Atmosférica;
- Unidade de Coqueamento Retardado;
- Unidade de Tratamento de Águas Ácidas;
- Unidade de Tratamento com DEA;
- Unidade de Hidrotratamento de Nafta de Coque.
- Bombas, trocadores de calor e turbinas consumidoras de água de resfriamento.

4.1.2 Lista dos Subsistemas Operacionais do Sistema de Resfriamento:

No presente trabalho, subsistema operacional será considerado como uma parte de um sistema que pode ser operada de forma independente.

Segue relação dos subsistemas Operacionais considerados para o sistema de Água de Resfriamento:

- Subsistema de Circulação de Água de Resfriamento;
- Subsistema de Purga da Torre de Resfriamento;
- Subsistema de Água de Reposição ("*Make Up*").

4.1.3 Lista de Itens Comissionáveis do Sistema de Resfriamento:

Segue lista de itens comissionáveis considerada para o sistema de água de resfriamento:

a) Subsistema de Circulação de água de resfriamento:

- 01 Torre de Resfriamento;
- 04 Bombas de Circulação de água de resfriamento;

- 04 Válvulas Borboleta com atuadores remotos (Válvulas de Bloqueio das bombas de circulação da água de resfriamento);
- 04 Válvulas de Retenção, Tipo portinhola, instaladas em conjunto com as válvulas borboleta;
- 04 Pressostatos de acionamento das bombas de circulação;
- 01 Medidor de vazão, tipo placa de orifício, para medição de vazão da água de suprimento;
- 01 Medidor de vazão, tipo placa de orifício, para medição de vazão da água de retorno;
- 03 Sensores de nível do coletor da Torre de Resfriamento;
- 01 Sensor e transmissor de temperatura da malha de suprimento;
- 01 Sensor e transmissor de temperatura da malha de retorno;
- 01 Malha de tubulação de suprimento do subsistema circulação de água de resfriamento;
- 01 Malha de tubulação de retorno do subsistema circulação de água de resfriamento.

b) Subsistema de água de purga da torre de resfriamento:

- 01 Válvula de Controle do sistema de purga da torre de Resfriamento;

- 01 Medidor de vazão, tipo placa de Orifício, para medição da vazão do sistema de purga da torre de resfriamento;
- 02 Bombas de transferência de vazão de purga para a ETA;
- 01 Malha de tubulação do subsistema de purga das torres.

c) Subsistema de água de reposição:

- 01 Válvula de controle de Nível da Torre;
- 04 Bombas de água de reposição;
- 01 Sensor e transmissor do nível de água da torre;
- 01 Malha de tubulação do subsistema de água de reposição (*"Make up"*).

4.1.4 Lista de Sobressalentes para o Sistema de Resfriamento:

Segue relação de sobressalentes a serem disponibilizados para a futura equipe responsável pela manutenção do sistema de resfriamento considerado:

- **Sobressalentes para a torre de resfriamento:** Conjuntos rolamentos e retentores para cada um dos ventiladores, um motor

elétrico e uma hélice de ventilador sobressalente, elementos de vedação para cada uma das células da torre de resfriamento;

- **Sobressalentes para as bombas:** Um conjunto com rotor, eixo da bomba, luva do eixo, anéis de desgaste, selo mecânico, acoplamento, rolamentos e retentores para cada modelo de bomba utilizado no sistema;
- **Sobressalentes para as válvulas:** Um kit para reparo de cada atuador ou sistema de controle das válvulas automatizadas do sistema; Anéis de sede para as válvulas borboleta; Conjunto pino e tampão para as válvulas de retenção tipo portinhola, Anéis retentores, esfera e engaxetamento para cada tipo de válvula esfera empregado;
- **Sobressalentes para as malhas de tubulação:** Raquetes para isolamento das malhas de tubulação; Juntas, estojos e porcas para cada tipo e diâmetro de ligação flangeada empregado; Um purgador de vapor sobressalente para cada tipo de purgador empregado no sistema, Um elemento filtrante sobressalente para cada modelo e tipo de filtro empregado.

4.1.5 Manual do Comissionamento do Sistema de Resfriamento:

O manual de comissionamento é um documento cujo objetivo é estabelecer as condições de realização dos serviços de comissionamento, em termos de organização, responsabilidades, procedimentos gerenciais, gestão do tempo e dos recursos.

No caso do comissionamento do sistema de água de resfriamento, as tarefas a serem executadas serão divididas entre a C&M e o comissionamento por meio de uma matriz de responsabilidades, apresentada no anexo I desse trabalho. Os recursos para execução das tarefas definidas na EAP de comissionamento deverão ser distribuídos de forma a atender ao cronograma de comissionamento do sistema. Deverá ser empregada uma ferramenta de TI para gerenciamento do comissionamento do sistema de água de resfriamento, a mesma deverá possuir os recursos descritos no item "1.4.6 – Ferramenta Informatizada de Comissionamento" do capítulo 1 do presente trabalho.

a) Matriz de Responsabilidades entre Comissionamento e C&M:

Para ver a matriz de responsabilidades entre a Construção e Montagem (C&M) e o Comissionamento na implantação do Sistema de Água de Resfriamento ver Anexo I do presente trabalho.

b) Equipes de Preservação e Comissionamento:

Para ver as equipes padrão para execução das atividades de preservação e comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento ver Anexo II do presente trabalho.

4.1.6 Cronograma e EAP de Comissionamento do Sistema de Resfriamento:

a) EAP do Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento:

Para ver a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) do comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento ver anexo III do presente trabalho.

b) Cronograma de Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento:

Para ver o Cronograma de Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento considerado ver Anexo IV do presente trabalho.

4.1.7 Manual de Operação e Manutenção do Sistema de Resfriamento:

O Manual de Operação e Manutenção do Sistema de Água de Resfriamento deve ser emitido antes do início das atividades de Pré-Operação e Partida, devendo conter toda a operação e manutenção do Sistema, apresentando uma descrição completa de cada subsistema, seu funcionamento, a descrição do funcionamento dos equipamentos associados, os dados de projeto dos equipamentos e do subsistema em consideração, todas as rotinas de manutenção preventiva e preditiva a serem executadas, todos os procedimentos de execução de manutenções corretivas que se façam necessárias, assim como toda e qualquer outra informação relevante à operação e manutenção.

Basicamente, o manual de operação e Manutenção do Sistema de Água de Resfriamento, ira conter a descrição da operação e manutenção, dos seguintes equipamentos e subsistemas:

- **Operação do subsistema de circulação da água de resfriamento:** O manual de operação e manutenção deverá detalhar os procedimentos e o funcionamento do subsistema de circulação da água de resfriamento. A descrição do funcionamento do subsistema de circulação de água de resfriamento foi tratada no item “3.3 – Filosofia de Operação das Bombas de Circulação”, do capítulo 3 desse trabalho, devendo as informações de operação do manual seguirem o apresentado nesse item do capítulo 3;
- **Operação do subsistema de purga da torre de resfriamento:** O manual de operação e manutenção deverá descrever o funcionamento e os parâmetros de operação do subsistema de purga da torre de resfriamento. A descrição do funcionamento do subsistema de purga da torre de resfriamento foi tratada no item “3.4 – Subsistema de Purga das Torres”, do capítulo 3 desse trabalho, devendo as informações de operação do manual seguirem o apresentado nesse item do capítulo 3;
- **Operação do subsistema de água de reposição:** O manual de operação e manutenção deverá descrever o funcionamento e os parâmetros de operação do subsistema de água de reposição. A descrição do funcionamento do subsistema de Água de Reposição foi tratada no item “3.5 – Subsistema de água de reposição”, do

capítulo 3 desse trabalho, devendo as informações de operação do manual seguirem o apresentado nesse item do capítulo 3;

- **Operação e Manutenção da Torre de Resfriamento:** O manual de operação e manutenção do sistema deverá conter as seguintes informações a respeito da torre de resfriamento:

- Descrição do funcionamento da Torre de Resfriamento;
- Procedimentos de operação da Torre de Resfriamento;
- Curva de desempenho da torre de resfriamento, contendo informações de capacidade de resfriamento, vazões, pressões e temperatura de operação, perda de carga, rendimento e potência;
- Dados técnicos dos ventiladores, como curvas de desempenho, rotação, vazão de ar e diferencial de pressão, bem como informações de ruído e vibração dos mesmos;
- Qualidade mínima exigida para água de resfriamento;
- Procedimentos de desmontagem e montagem das células da torre e dos ventiladores;
- Periodicidade de realização de inspeções e manutenções preventivas das células e dos ventiladores, bem como a vida útil dos rolamentos dos ventiladores, e períodos de limpeza dos feixes de tubulação das células da torre.

- **Operação e Manutenção das Bombas:** O manual de operação e manutenção do sistema deverá conter as seguintes informações a

respeito das bombas utilizadas no sistema de água de resfriamento:

- Descrição do funcionamento de cada uma das bombas utilizadas no sistema de água de resfriamento;
- Procedimentos de operação das bombas de circulação, bombas de transferência da água de purga para ETA e bombas de água de reposição;
- Curvas de desempenho de cada uma das bombas, contendo informações de vazão, diferencial de pressão, temperatura de operação, potência requerida e NPSH requerido das bombas de circulação;
- Procedimentos de desmontagem e montagem de cada uma das bombas empregadas;
- Periodicidade de realização de inspeções e manutenções preventivas, bem como a vida útil/ intervalo de substituição das luvas do eixo, anéis de desgaste, rolamentos, retentores, selo mecânico e acoplamento de cada uma das bombas;
- Parâmetros de aceitação, com relação ao desgaste do eixo, rotor, carcaça e motor elétrico de cada uma das bombas.

- **Operação e Manutenção das Válvulas:** O manual de operação e manutenção do sistema deverá conter as seguintes informações a respeito das válvulas utilizadas no sistema de água de resfriamento:

- Descrição do funcionamento de cada uma das válvulas empregadas no sistema, bem como dos sistemas automáticos das válvulas de controle e das válvulas atuadas;
- Procedimento de abertura e fechamento de cada uma das válvulas empregadas (Especialmente as atuadas e as de grande diâmetro);
- Curvas das válvulas de controle, contendo gráficos de vazão e perda de carga x % de abertura;
- Tempo de fechamento das válvulas (Especialmente das válvulas automáticas/ remotas);
- Procedimentos de desmontagem e montagem de cada uma das válvulas empregadas;
- Periodicidade de realização de inspeções e manutenções preventivas, bem como a vida útil dos internos de cada uma das válvulas;
- Parâmetros de aceitação, com relação ao desgaste, do corpo e do castelo de cada uma das válvulas.
 - **Manutenção das malhas de tubulação:** O manual de operação e manutenção do sistema deverá conter as seguintes informações de manutenção das malhas de tubulação:
 - Intervalos de limpeza dos filtros e limites de perda de carga dos mesmos que indiquem necessidade de limpeza;
 - Periodicidade e Procedimentos de inspeção dos purgadores de vapor;

- Periodicidade e procedimentos de medição de espessura de parede das tubulações e demais conexões e inspeção geral nas malhas de tubulação;
- Periodicidade e procedimentos de inspeções de pintura das tubulações e conexões e intervalos de re-pintura;
- Procedimentos de instalação de raquetes nas malhas de tubulação e depressurização das mesmas;
- Procedimentos de pintura, desmontagem, montagem e reparo das tubulações e demais conexões, informando o torque de aperto de cada um dos estojos dos flanges e informações sobre o reaproveitamento dos mesmos.

- **Manutenção dos instrumentos:** O manual de operação e manutenção do Sistema de Água de Resfriamento deverá conter as seguintes informações de manutenções dos instrumentos (Pressostato e sensores de nível e temperatura):

- Descrição do funcionamento dos instrumentos, bem como suas curvas de operação;
- Procedimentos de inspeção dos instrumentos e parâmetros de aceitação.

4.2 Preservação dos componentes do sistema de Resfriamento:

As atividades de preservação serão iniciadas quando do recebimento dos primeiros materiais na obra. Para executá-la deverá haver um grupo do local de preservação. Para verificar a equipe padrão de execução das atividades de preservação, ver anexo II do presente trabalho. Deverão ser emitidas etiquetas de preservação e relatórios das atividades de preservação.

Deverão ser realizadas inspeções de recebimento em todos os materiais, equipamentos, e sistemas quando na sua chegada na obra. As pendências encontradas nessa fase devem ser registradas no Sistema de Gerenciamento de Condicionamento.

A atividade de recebimento deverá ser executada durante as fases de Construção e Montagem (C&M) e condicionamento. Caberá ao comissionamento gerir as atividades de preservação, o suprimento de equipamentos, ferramentas e materiais de consumo usados nas atividades de preservação tais como: graxas, lubrificantes especiais, óleos lubrificantes, óleos de selagem, anticorrosivos, limpa contatos, sílica gel, cabos elétricos para alimentação de resistências de aquecimento de painéis e motores elétricos, mangueiras de borracha de diversos tipos e diâmetros, sacos plásticos para proteção, proteções de madeira, proteções metálicas,

nitrogênio, máquina lava jato de alta pressão, PIGs espuma, produtos químicos de limpeza, máquina de plastificar e consumíveis para controle e identificação, bem como outros materiais recomendados pelos fornecedores e/ou fabricantes. As pendências encontradas nessa fase devem ser registradas no Sistema de Controle de Comissionamento.

4.2.1 Rotinas de Preservação:

Seguem rotinas de preservação dos diversos materiais e equipamentos componentes do sistema de água de resfriamento, objeto do presente trabalho:

- **Torre de Resfriamento:** A Torre de Resfriamento, quando de seu recebimento no "site" da obra deverá ser inspecionada e adequadamente armazenada. Deve-se armazenar a torre de resfriamento preferencialmente em local coberto. A Torre de Resfriamento deverá ser envolvida por uma proteção de material impermeável. As rotinas de preservação da torre de resfriamento terão periodicidade semanal e serão as seguintes:
 - Proteção das partes internas com óleo viscoso;
 - Limpeza e proteção das partes metálicas expostas com produto anti-corrosivo;

- Cobertura dos bocais de sucção e descarga com tampo de madeira ou metálico;

- Instalação de guardas protetoras para as tubulações auxiliares.

- **Bombas:** Todas as bombas recebidas na obra deverão ser inspecionadas e adequadamente armazenadas. As rotinas de preservação das bombas terão periodicidade semanal e serão executadas conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.3.1 – Transporte, recebimento e preservação de bombas" do capítulo 2 desse trabalho;

- **Válvulas:** Todas as válvulas entregues na obra deverão ser inspecionadas e adequadamente armazenadas. As rotinas de preservação das válvulas terão periodicidade semanal e serão executadas conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.2.1.4 – Válvulas" do capítulo 2 desse trabalho. As válvulas entregues na obra também deverão ser re-testadas, devido à possibilidade de ter ocorrido algum dano no transporte das mesmas, o re-teste das válvulas é abordado no item "4.3.1.2 – Inspeções e Testes no "Site" da Obra" do presente capítulo;

- **Instrumentos:** Todos os instrumentos, tais como manômetros, termômetros, pressostato, dentre outros, deverão ser inspecionados e adequadamente armazenados quando na sua chegada na obra. As rotinas de preservação dos instrumentos deverão ter uma

periodicidade semanal, quando os mesmos deverão ser limpos e terão suas partes roscadas engraxadas.

- **Tubos, instrumentos e componentes de tubulação:** Todos os tubos e demais conexões e componentes de tubulação, tais como flanges, juntas de expansão, vedação, purgadores, dentre outros, deverão ser inspecionados e adequadamente armazenados na sua entrega na obra. As rotinas de preservação dos tubos e dos demais componentes de tubulação, terão periodicidade semanal e serão executados conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.2.1 – Recebimento, Transporte e preservação" do capítulo 2 desse trabalho;

Com a partida dos subsistemas do Sistema de Água de Resfriamento, as rotinas de preservação dos componentes do sistema deverão ser substituídas pelas rotinas de manutenção do sistema de água de Resfriamento, bem como de seus subsistemas. Caberá ao comissionamento executar as primeiras rotinas de manutenção do sistema, durante a fase de pré-operação e partida e execução dos TAPs, além de implantar o sistema de gerenciamento e controle da manutenção do sistema de água de resfriamento.

Com a transferência do sistema para o cliente a execução das rotinas de manutenção passará a ser responsabilidade das equipes de manutenção da unidade, porem caberá ao comissionamento o treinamento

adequado dessas equipes além de prestar a assistência técnica necessária para que as atividades de manutenção possam ser adequadamente realizadas pelas mesmas.

4.3 Condicionamento do Sistema de Resfriamento:

Seguem principais atribuições do comissionamento durante a fase de condicionamento:

- Testes e inspeções requeridas pela NR-13;
- Execução de Testes de Certificação dos equipamentos, malhas e sistemas;
- Inspeção Mecânica;
- Emissão de relatório contendo as pendências de cada subsistema, antes da etapa de pré-operação e partida do sistema, classificando-as como impeditivas ou não-impeditivas;
- Retirada de todas as pendências impeditivas antes do início da etapa de pré-operação e partida e tomada de providências para correção de todas as pendências não impeditivas antes da assinatura do termo de transferência e aceitação do sistema;
- Emissão de Certificados de Condicionamento dos equipamentos, malhas e subsistemas;
- Emissão de Certificado de Completação Mecânica.

4.3.1 Testes de Certificação:

4.3.1.1 Inspeções e Testes nos fornecedores/ fabricantes:

O Comissionamento será responsável pela aprovação dos Testes Finais e de Desempenho nos fornecedores.

Seguem principais atribuições do comissionamento com relação ao fornecimento de materiais:

- Analisar os procedimentos de testes de aceitação de fábrica (TAF's) enviados pelo projeto e devolver com comentários;
- Participar dos TAF's de todos os equipamentos e sistemas;
- Auditar o fornecedor com relação à certificação pela empresa certificadora dos equipamentos/sistemas;
- Emitir o Relatório de Inspeção, apontando as não conformidades identificadas;
- Preencher as Folhas de Verificação de Item (FVIs) e Folhas de Verificação de Malhas (FVMs);

Além do acompanhamento dos Testes Finais e de Desempenho, o Comissionamento verificará a conformidade do fornecedor com relação à certificação dos equipamentos pela empresa certificadora.

Deverá ser emitido relatório de inspeção após cada visita de inspeção e testes realizados nos fabricantes. As não conformidades observadas serão registradas no relatório de inspeção.

Para a realização da Inspeção, o inspetor portará os documentos listados abaixo, quando aplicável:

- Requisição de Materiais (RM);
- Folha de Verificação de Item (FVI);
- Folhas de Dados (FD);
- Folha de Verificação de Malhas (FVM);
- Lista de itens sujeitos a certificação pela empresa certificadora;
- Procedimento de preservação do fornecedor;
- Procedimento de preservação do equipamento;
- Desenho de arranjo geral;
- Desenho da base;
- Plano de "rig's";
- Normas técnicas.

Documentação considerada necessária para o acompanhamento e avaliação dos testes, que deverá estar disponível aos inspetores:

- Procedimentos de calibração de instrumentos;
- Procedimentos de testes hidrostáticos;
- Procedimentos de testes de estanqueidade, para cada equipamento;

- Procedimentos para testes de equipamentos mecânicos.

Seque descrição dos principais testes de aceitação de fábrica (TAFs) que deverão ser executados nos fabricantes para execução do comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento. Cabe ressaltar que todas as malhas de tubulação do Sistema de Água de Resfriamento deverão ser montadas no campo, não estando previstos TAFs de skids de tubulações nos fabricantes para esse sistema.

- **TAFs das Bombas:** Deverão ser realizados testes de aceitação de fábrica em todas as bombas empregadas no sistema de água de resfriamento. Durante os TAFs das bombas deverão ser feitos as seguintes verificações e testes:

a) Durante os TAFs deverá ser feito uma inspeção mecânica geral em cada uma das bombas (Bombas de circulação, bombas transferência da água de purga das torres para a ETA, bombas de água de reposição) onde será verificado se as mesmas foram fabricadas de acordo com as especificações e normas técnicas acordadas com o fornecedor e se as mesmas atendem os requisitos de preservação e montagem requeridos pelo comissionamento para as bombas;

b) Durante os TAFs também deverá ser feita uma verificação geral da documentação das bombas a fim de verificar se documentos de garantia, projeto, montagem, operação e manutenção estão sendo disponibilizados e encaminhados pelo fabricante;

c) Durante os TAFs das bombas deverá ser realizado o teste de desempenho de cada uma das bombas. Os testes de desempenho das bombas terão por objetivo a determinação das curvas características reais da bomba, o que permitirá, mediante comparação com as curvas previstas no projeto, comprovar a qualidade do equipamento. Nos testes de desempenho das bombas também deverão ser verificados aspectos de ruído e vibração das bombas. Os testes de desempenho das bombas deverão ser executados conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.3.2.2 – Teste de Desempenho" do capítulo 2 do presente trabalho;

d) Para as bombas de água de circulação, que estão previstas para operarem em temperaturas elevadas, também será necessário executar um teste de cavitação em cada uma das bombas. O teste de cavitação tem por objetivo a determinação do NPSH requerido para a vazão de operação da bomba, o mesmo deverá ser executado conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.3.2.3 – Teste de Cavitação" do capítulo 2 do presente trabalho.

- **TAFs das Válvulas:** Deverão ser realizados testes de aceitação de fábrica em todas as válvulas empregadas no sistema de água de resfriamento. Durante os TAFs das válvulas deverão ser feitos as seguintes verificações e testes:

a) Durante os TAFs deverá ser feito uma inspeção geral em cada uma das válvulas onde será verificado se a mesma está de acordo com as

especificações e normas técnicas acordadas com o fornecedor e se a mesma atende os requisitos de preservação e montagem requeridos pelo comissionamento para as válvulas;

b) Durante os TAFs também deverá ser feita uma verificação geral da documentação das válvulas a fim de verificar se documentos de garantia, projeto, montagem, operação e manutenção estão sendo disponibilizados e encaminhados pelo fabricante;

c) Durante os TAFs das válvulas, todas as válvulas deverão ser submetidas a testes hidrostáticos, de estanqueidade e funcionamento. Os testes das válvulas nos fabricantes deverão ser executados conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.2.2.5 – Testes em Válvulas" do capítulo 2 do presente trabalho.

- **TAF da Torre Resfriamento:** Deverá ser realizado teste de aceitação de fábrica na Torre de Resfriamento do sistema de água de resfriamento. Durante o TAF da Torre de Resfriamento deverão ser feitos as seguintes verificações e testes:

a) Durante o TAF deverá ser feito uma inspeção geral na Torre de Resfriamento onde será verificado se a mesma está de acordo com as especificações e normas técnicas acordadas com o fornecedor e se a mesma atende os requisitos de preservação e montagem requeridos pelo comissionamento;

- b) Durante o TAF também deverá ser feita uma verificação geral da documentação da Torre de Resfriamento a fim de verificar se documentos de garantia, projeto, montagem, operação e manutenção estão sendo disponibilizados pelo fabricante;
- c) Durante o TAF da Torre de Resfriamento deverá ser realizado o teste de desempenho da torre. O teste de desempenho da Torre de Resfriamento terá por objetivo a determinação da capacidade de resfriamento de água da torre, devendo ser levantadas curvas de Capacidade Térmica X Vazão, Perda de Carga x Vazão além de potência e consumo de energia dos ventiladores e rendimento da torre de resfriamento. As curvas levantadas durante o teste deverão ser comparadas com as curvas previstas no projeto, para comprovar a qualidade do equipamento. Durante o teste de desempenho da torre também deverá ser verificado se a vibração e o ruído do equipamento estão de acordo com os limites acordados com o fornecedor ou definidos por norma e a inexistência de vazamentos nas células da torre de resfriamento.

4.3.1.2 Inspeções e Testes no "Site" da obra:

Todos os conjuntos de tubulações e equipamentos montados na obra deverão ser submetidos a testes de Certificação. Esses testes irão consistir na certificação de todos os equipamentos, tubulações e seus componentes, instrumentos, e malhas, conforme parâmetros de projeto,

como por exemplo, estanqueidade e pressão no caso de tubulações industriais. Antes da execução do teste de certificação, deverá ser feita uma inspeção da malha a ser testada a fim de verificar se a mesma poderá ser submetida ao teste.

Seguem testes de certificação a serem realizados no "Site" do sistema:

- **Teste de Válvulas:** Todas as válvulas deverão ser re-testadas após serem entregues no "Site" da obra, antes de serem montadas nas malhas de tubulação.

O teste das válvulas deverá ser executado em três etapas:

- a) Teste de eventuais vazamentos da carcaça da válvula para o exterior;
- b) Teste de estanqueidade do sistema interno de vedação da válvula, efetuado com a válvula completamente fechada;
- c) Teste de funcionamento dos mecanismos de abertura e fechamento das válvulas.

Os testes das válvulas no "site" obra, deverão ser executados conforme procedimentos e recomendações expostos no item "2.2.2.5 – Testes em Válvulas" do capítulo 2 do presente trabalho.

- **Teste Hidrostático das Malhas de Tubulação:** O sistema de água de resfriamento foi dividido em 4 malhas de tubulação distintas: Malhas de suprimento e retorno do subsistema de circulação de água de resfriamento, malha do subsistema de

purga das torres e malha do subsistema de água de reposição. Cada uma dessas malhas de tubulação deverá ser submetida a um teste de pressão, para qualificação da PMO da malha, e a um teste estanqueidade. O fluido de teste em todos esses casos devera ser a água. A seguir segue tabela com as pressões de teste de pressão e estanqueidade de cada uma das malhas de tubulação consideradas:

Malhas de Tubulação	Teste de Pressão	Teste de Estanqueidade
	(kgf/cm².man)	(kgf/cm².man)
Malha de Suprimento do subsistema de Circulação de Água de Resfriamento	13,5	12,2
Malha de Retorno do subsistema de Circulação de Água de Resfriamento	13,5	12,2
Malha do Subsistema de Purga das Torres	4,5	4,1
Malha do Subsistema de Água de Reposição	4,5	4,1

Tabela 08: Pressões de Teste Hidrostático das malhas de tubulação do Sistema de Água de Resfriamento

Os testes Hidrostáticos nas malhas de tubulação terão as seguintes etapas:

- a) Inspeção geral da malha de tubulação a ser testada e no seu sistema de suportação, visando verificar se a malha de tubulação está em condições de ser testada;

- b) Atividades preparatórias para execução do teste hidrostático, como por exemplo, remoção dos purgadores, válvulas de controle (Caso das malhas de tubulação dos subsistemas de purga da torre e água de reposição) e de placas de orifício (Caso da malha de tubulação do subsistema de purga da torre de resfriamento), instalação de filtros provisórios e raquetes, além da abertura total de todas as válvulas, “travamento” das válvulas de retenção na posição aberta e instalação de manômetros nas partes mais altas e mais baixas de cada malha de tubulação;
- c) Enchimento da malha de tubulação com água e purga do ar presente na tubulação;
- d) Pressurização da malha de tubulação por meio de uma bomba alternativa, realizando-se inspeções de possíveis vazamentos quando forem atingidos os patamares de 50 e 75% da pressão de teste e uma inspeção final a 100% da pressão de teste;
- e) Despressurização da malha de tubulação à pressão de estanqueidade e nova verificação visando à verificação da existência de eventuais vazamentos;
- f) Esvaziamento da linha.

Para execução dos testes hidrostáticos, devem ser seguidos os procedimentos e recomendações expostos no item “2.2.2 – Testes de Pressão em Tubulações industriais” do capítulo 2 do presente trabalho.

Cabe ressaltar que os testes de certificação executados deverão ser preferencialmente acompanhados pelo cliente. Toda a documentação gerada durante a execução dos testes deverá ser disponibilizada para futura consulta por parte das equipes de Operação e Manutenção.

4.3.2 Limpeza das Malhas de Tubulação:

Após a execução do teste hidrostático, todas as malhas de tubulação deverão ser limpas antes do enchimento das linhas do sistema com o fluido de trabalho, que no caso do sistema de água de resfriamento, será uma água tratada.

Antes do início das atividades de limpeza, deverão ser instalados filtros provisórios na sucção de todos os equipamentos rotativos envolvidos no sistema em questão para evitar danos aos equipamentos.

A limpeza das malhas de suprimento e retorno do subsistema de água de circulação, bem como as malhas de tubulação dos subsistemas de água de reposição e purga das torres, deverá ser executada em duas etapas:

- a) Execução de uma Lavagem (pré-limpeza) das tubulações com água limpa e tratada, visando eliminar os detritos mais "grosseiros", como pontas de solda, poeira, sujeira e detritos de obra;
- b) Execução de uma limpeza química das tubulações.

Para execução das atividades de limpeza, deverão ser seguidos os procedimentos de execução, bem como as recomendações descritas no "item 2.2.3.1 – Limpeza de Sistemas" do capítulo 2 do presente trabalho.

Concluída a limpeza de cada uma das malhas, deverá ser emitido, por firma especializada, um relatório de limpeza dos equipamentos e tubulações.

4.3.3 Completação Mecânica:

As inspeções mecânicas dos subsistemas e equipamentos deverão iniciar após a montagem e interligação final dos equipamentos ou instrumentos. Inspeção Mecânica é a verificação de conformidade da montagem com o especificado na documentação de projeto e de fornecedores e/ou fabricantes.

Deverão ser elaboradas FVIs e FVMs para os diversos componentes e malhas do Sistema de Água de Resfriamento para execução das inspeções mecânicas e funcionais dos mesmos.

- **Folha de Verificação de Itens (FVI):** Documento elaborado para cada item "tagueado" do projeto, contendo os seus principais dados (fabricante, modelo, número de série, RM, etc.) sua localização (Sistema/Subsistema, linha, equipamento etc., conforme projeto) e campos para registros de inspeção de

recebimento, inspeção mecânica, Condicionamento, e inspeção funcional (testes a frio e testes a quente);

- **Folha de Verificação de Malhas (FVM):** Documento elaborado para acompanhamento dos testes de malha, conforme documentos de projeto.

A aceitação Mecânica consistirá em um conjunto de verificações realizadas pelo comissionamento em conjunto com o construtor e o cliente, após o final da etapa de Condicionamento e antes da fase de pré-operação e partida, com objetivo de inspecionar e avaliar a situação do Sistema de Água de Resfriamento.

Durante a etapa de Aceitação Mecânica, deverá se verificar no "site" se o Sistema de Água de Resfriamento está em condições para a partida e apresentar para liberação do Cliente, antes da partida, os seguintes documentos:

- Listagem dos itens do Sistema de Água de Resfriamento;
- FVIs e FVMs de tubulação, mecânica, instrumentação, elétrica e segurança;
- Certificados do Condicionamento dos itens;
- Registros de inspeção das fases de compra e recebimento;
- Relatórios de não conformidades;
- Documentação e registros para atendimento a NR-13;
- Listagem de ferramentas especiais;

- Listagem das pendências.

Segue relação e descrição dos campos de inspeção mecânicas das principais FVIs e FVMs a serem aplicadas durante o comissionamento do sistema de água de resfriamento:

- **FVI da Torre de Resfriamento (Inspeção Mecânica):** Deverá ser elaborada FVI específica para a Torre de Resfriamento, durante a aplicação da FVI da torre de resfriamento, na etapa de completção mecânica do sistema, deverão ser verificados os seguintes itens;

- Limpeza, pintura e preservação;
- Fixação e orientação;
- Nivelamento;
- Paralelismo dos flanges de entrada e saída com as tubulações de interligação;
- Rotação Manual dos ventiladores;
- Interligações das células da torre de resfriamento;
- Placa de Identificação;
- Verificação da montagem mecânica;
- Finalização da montagem de instrumentação.

- **FVI das Bombas (Inspeção Mecânica):** Deverão ser elaboradas FVIs específicas para cada uma das bombas do

sistema, nas inspeções mecânicas das bombas, deverão ser verificados os seguintes aspectos:

- Limpeza, pintura e preservação;
 - Fixação e orientação;
 - Nivelamento;
 - Paralelismo de flanges bomba x tubulação;
 - Placa de identificação;
 - Rotação Manual do eixo;
 - Sistema de Óleo Lubrificante;
 - Verificação do selo mecânico;
 - Sistema de arrefecimento;
 - Verificação do acoplamento;
 - Pulsação do abafador;
 - Verificação da montagem mecânica;
 - Finalização da montagem de instrumentação;
 - Aterramento.
- **FVI das válvulas (Inspeção Mecânica):** Deverão ser elaboradas FVIs específicas para cada válvula "taguada" do sistema, durante a etapa de completação mecânica, na aplicação das FVIs, deverão ser verificados os seguintes itens;
- Montagem dos Atuadores;
 - Funcionamento dos Atuadores;

- Verificação da montagem mecânica;
- Finalização da montagem de instrumentação.

- **FVM das malhas de tubulação (Inspeção Mecânica):**

Deverão ser elaboradas FVMs específicas para cada uma das quatro malhas de tubulação consideradas (Malha de Suprimento do subsistema de Circulação de Água de Resfriamento, Malha de Retorno do subsistema de Circulação de Água de Resfriamento, Malha do Subsistema de Purga das Torres, Malha do Subsistema de Água de Reposição), na etapa de completção mecânica, durante a aplicação das FVMs, deverão ser verificados os seguintes itens nas malhas de tubulação:

- Identificação da Tubulação;
- Pintura das Tubulações;
- Execução dos ENDS;
- Instalação dos Suportes;
- Torqueamento dos estojos dos Flanges;
- Nivelamento das tubulações;
- Verificação da montagem mecânica;
- Finalização da montagem de instrumentação.

Aplicadas todas as FVIs e FVMs, concluídas todas as inspeções e avaliações no sistema, as pendências encontradas deverão ser classificadas como impeditivas e não impeditivas, após o saneamento de todas as

pendências impeditivas encontradas, deverá ser emitido pela empresa construtora um Certificado de Completação Mecânica para o Sistema de Água de Resfriamento.

4.3.3.1 Tratamento de Pendências:

As pendências encontradas nas inspeções de completação mecânica deverão ser registradas no Sistema de Gerenciamento de Condicionamento.

Pendências compreendem as não-conformidades observadas, para os equipamentos e Sistemas/Subsistemas, desde a fase de atividades nos fabricantes até a fase final do Comissionamento, as quais serão avaliadas e classificadas (por Sistema/Subsistema).

Devem ser considerados dois tipos de pendências:

- **Pendências Impeditivas:** São aquelas, oriundas das inspeções mecânicas, que representam risco para a entrada em operação do Sistema/Subsistema e/ou para a segurança de pessoas e/ou da Unidade, devendo ser corrigidas antes da partida do Sistema/Subsistema em consideração;
- **Pendências Não-Impeditivas:** São aquelas, oriundas das inspeções mecânicas que não representam risco para a entrada em operação do Sistema/Subsistema e/ou para a segurança de

peças e/ou da Unidade, devendo ser corrigidas antes da assinatura do Termo de Transferência e Aceitação do Sistema.

As pendências consideradas impeditivas encontradas durante as inspeções mecânicas devem ser corrigidas antes do início das atividades de pré-operação e partida do sistema de resfriamento. Após o saneamento de todas as pendências consideradas impeditivas, o atestado de conclusão mecânica do sistema de água de resfriamento poderá ser emitido pela empresa construtora.

As pendências consideradas não impeditivas deverão ser corrigidas durante as etapas de partida e testes de aceitação de performance. Após o saneamento de todas as pendências, estando as etapas de pré-operação e partida concluídas e o TAP do sistema executado, o termo de transferência e aceitação do sistema (TTAS) do Sistema Água de Resfriamento poderá ser assinado.

4.4 Pré-Operação e Partida do Sistema de Resfriamento:

A fase de pré-operação e partida, contará com a participação das equipes de comissionamento, construção e montagem e de operação e manutenção, estando obrigatoriamente sob a coordenação da primeira. Será

responsabilidade do comissionamento durante a fase de pré-operação e partida do sistema de Água de Resfriamento:

- Execução dos Testes de Aceitação de Performance (TAP);
- Emissão, ao final da realização dos TAPs, para o sistema de água de resfriamento, de relatório de execução dos testes;
- Emissão, ao final da realização dos TAPs, de relatório de vibração e ruído ao redor dos equipamentos envolvidos, emitido por firma especializada;
- Emissão de relatório contendo as pendências não impeditivas, do Sistema de Água de Resfriamento, após a realização dos TAPs;
- Tomada de providências para correção de todas as pendências não impeditivas antes da assinatura do termo de transferência e aceitação de sistema (TTAS) do Sistema de Água de Resfriamento;
- Emissão e assinatura do TTAS do Sistema de Água de Resfriamento.

4.4.1 Treinamento das Equipes de Operação e Manutenção:

Os treinamentos serão ministrados pelos fornecedores/construtores ou seus representantes diretos.

O comissionamento deverá preparar um programa contemplando os treinamentos dirigidos aos técnicos de operação e manutenção para qualificá-los para a operação e manutenção dos respectivos equipamentos e sistemas. Os fornecedores/ construtores, ao final de cada programa de treinamento, emitirão certificados de qualificação para os treinados, garantindo a competência destes para operar e manter os respectivos materiais, equipamentos e sistemas.

Os programas de Treinamento serão previamente submetidos ao cliente sendo considerados documentos de projeto.

a) Material Didático de Suporte ao Treinamento:

Os fornecedores/ construtores são responsáveis pela emissão e distribuição da documentação e materiais didáticos para apoio à execução dos programas de treinamento, sendo igualmente responsáveis pela adequação e atualização do citado material.

Os programas de treinamento deverão possuir obrigatoriamente os seguintes tópicos:

- Descrição do equipamento e/ou subsistema: Premissas de projeto, Características técnicas e operacionais do equipamento e/ou subsistema;
- Princípios de operação;

- Descrição dos dispositivos de segurança;
- Valores de projeto para todas as variáveis medidas e valores de ajuste de todos os dispositivos de segurança, valores limites para as variáveis medidas;
- Análise da matriz de causa x efeito;
- Descrição dos principais materiais utilizados;
- Descrição dos procedimentos de operação;
- Identificação de problemas, causas associadas e suas soluções;
- Recomendações para instalação do equipamento;
- Recomendações para o condicionamento e para o comissionamento do equipamento e/ou comissionamento;
- Rotinas de preservação;
- Rotinas de manutenção preventiva, preditiva e corretiva;
- Partes sobressalentes recomendadas e ferramentas especiais requeridas para a manutenção e operação do equipamento e/ou subsistema;
- Recomendações de Segurança na operação e na manutenção do equipamento e/ou sistema;
- Níveis de ruído e de vibração para o equipamento e/ou sistema e medidas de proteção à saúde dos operadores, durante a operação local dos mesmos;
- Desmontagem para verificação das partes internas.

b) Treinamento a serem executados:

Seguem os principais treinamentos a serem realizados pelas futuras equipes de operação e manutenção do sistema de Água de Resfriamento:

- Operação e Manutenção do Sistema de Água de resfriamento (Deverá contemplar atividades de operação e manutenção dos subsistemas de água de circulação, purga das torres e água de reposição);
- Operação e Manutenção da Torre de Resfriamento;
- Operação e Manutenção de Bombas;
- Operação e Manutenção de Válvulas;
- Básico de instrumentação;

4.4.2 Partida do Sistema de Resfriamento:

Para partida do sistema de água de resfriamento, os seguintes sistemas da unidade de refino considerada deverão estar operacionais: Sistema de Energia Elétrica, Sistema de Tratamento de Afluentes (ETA), Sistema de Condicionamento de produtos Químicos, Sistema de Ar comprimido, Sistema de Vapor, Sistema de Combate a incêndio, Sistema

Digital de Controle Distribuído (SDCD) da refinaria (Apenas funções para controle do sistema de água de resfriamento).

Estando os sistemas citados no parágrafo anterior operacionais, e após a aceitação mecânica do Sistema de Água de Resfriamento, incluindo todos os seus equipamentos e subsistemas e após serem emitidos e cadastrados no sistema de gerenciamento de condicionamento os respectivos relatórios de inspeção e emitido o atestado de completção mecânica do Sistema, o mesmo poderá ser energizado e colocado em operação. A supervisão e operação da partida do Sistema de Água de Resfriamento deverá ser conduzida pela equipe de comissionamento.

a) Partida do Sistema de Água de Resfriamento:

Para a partida do sistema de água de resfriamento, o subsistema de água de circulação deverá ser preenchido completamente com água tratada a partir do subsistema de água de reposição, executando-se a purga do ar contido nas malhas de tubulação pelos purgadores existentes no sistema. Concluída a etapa de enchimento das malhas de suprimento e retorno do subsistema de água de circulação, estando às bombas cheias de água, as bombas de circulação poderão ser acionadas. Realizada essa operação, devera ser realizada uma inspeção geral no sistema visando

verificar a existência de eventuais vazamentos, caso inexistam vazamentos, os ventiladores da torre de resfriamento também poderão ser acionados.

O Sistema de Água de Resfriamento deverá permanecer em operação durante 12 horas, esse período corresponderá a pré-operação do sistema. Durante esse período as bombas reservas do subsistema de água de circulação deverão ser acionadas remotamente para verificar seu funcionamento. Também deverão ser realizadas purgas periódicas no sistema para verificar o funcionamento do subsistema de purga das torres, bem como a reposição de água pelo subsistema de água de reposição.

Caso não sejam constatados vazamentos durante as 12 horas de pré-operação do sistema, a etapa de pré-operação e partida do sistema de água de resfriamento poderá ser considerada como concluída.

b) Recursos para a etapa de pré-operação e partida:

Antes do início da etapa de pré-operação e partida do sistema de Água de Resfriamento, deverá ser verificado se todos os consumíveis, sobressalentes de partida e demais recursos para execução da partida do sistema foram previamente provisionados.

Para partida do sistema de água de resfriamento, deverão estar previamente provisionados os seguintes recursos:

- Energia elétrica para acionamento das bombas e ventiladores;

- Água tratada para enchimento do subsistema de circulação de água de resfriamento;
- Raquetes para isolamento das malhas de tubulação, caso seja necessária a execução de alguma intervenção na linha durante a pré-operação;
- Juntas de vedação sobressalentes para cada um dos flanges do sistema de Água de Resfriamento;
- Sobressalentes dos purgadores empregados nas malhas de tubulação do sistema de água de resfriamento;
- Sobressalente do pressostato de acionamento das bombas de circulação;
- Ferramentas para montagem e desmontagem das tubulações e bombas do sistema de água de resfriamento;
- Ferramentas para execução de pequenos ajustes nos suportes de tubulação.

4.4.3 Teste de Aceitação de Performance - TAP:

O comissionamento deverá realizar o teste aceitação de performance (TAP) do sistema de Água de Resfriamento, verificando e avaliando o desempenho do mesmo. O teste deverá ser realizado com o acompanhamento das futuras equipes de Operação e Manutenção (O&M),

dos fornecedores e/ou dos fabricantes dos equipamentos envolvidos no teste e da empresa responsável pela Construção e Montagem (C&M). As pendências encontradas nessa fase devem ser registradas no Sistema de Gerenciamento de Comissionamento.

Para realização do Teste de Aceitação e Performance do sistema de água de resfriamento, será necessário que todas as unidades/ sistemas consumidores da água de resfriamento da torre TR-53001 estejam em plena operação.

Para execução do TAP do sistema de Água de Resfriamento será necessário o funcionamento simultâneo e em plena carga de todos os consumidores. Isso deve ocorrer porque durante o TAP do sistema de água de resfriamento será avaliada a capacidade do sistema de atender a demanda de resfriamento de água das unidades/ sistemas consumidores, o que só pode ser feito com todas as unidades/ sistemas consumidores operando em carga máxima.

Atingindo-se a condição de carga máxima de resfriamento de água do sistema, deverão ser verificados os seguintes parâmetros:

- **Vazão de água:** Para aceitação da performance do sistema a vazão de água, nas linhas de suprimento e retorno do subsistema de água de circulação, deverá ser superior a $8.000\text{m}^3/\text{h}$ e inferior a $10.000\text{m}^3/\text{h}$;

- **Pressão da água na malha de suprimento:** Para aceitação da performance do sistema a pressão da água na linha de suprimento deverá ser inferior a $5,5\text{kgf/cm}^2.\text{man}$;
- **Temperatura da água de suprimento:** Para aceitação da performance do sistema a temperatura da água na linha de suprimento deverá ser inferior a 32°C ;
- **Pressão da água na malha de retorno:** Para aceitação da performance do sistema a pressão da água na linha de retorno deverá ser inferior a $3,5\text{kgf/cm}^2.\text{man}$;
- **Temperatura da água na malha de retorno:** Para aceitação da performance do sistema a temperatura na linha de retorno deverá ser superior a 43°C e inferior a 73°C .

Atingidas as condições descritas nos citados parâmetros de vazão, temperatura e pressão do subsistema de água de circulação, a performance do sistema poderá ser considerada aceita e o TAP concluído.

Cabe ressaltar que será indispensável para execução dos Testes de Aceitação de Performance – TAPs a participação das futuras equipes de Operação e Manutenção do Sistema de Água de Resfriamento, toda a documentação emitida durante essa fase deverá ser disponibilizada para o cliente para consulta futura.

4.4.4 Inspeções Funcionais:

A inspeção funcional dos diversos subsistemas e equipamentos do sistema de água de resfriamento será executada através de campos específicos para inspeção funcional nas FVIs e FVMs elaboradas para o comissionamento do sistema.

Segue descrição dos campos de inspeção funcional a serem inseridos nas FVIs e FVMs do Sistema de água de Resfriamento:

- **FVI da Torre de Resfriamento (Inspeção Funcional):** Na aplicação da FVI da torre de Resfriamento, durante a etapa de inspeções funcionais, deverão ser verificados os seguintes itens:
 - Vibração dos ventiladores;
 - Ruído dos ventiladores;
 - Temperatura dos mancais dos ventiladores;
 - Verificação da rotação dos ventiladores;
 - Operação remota dos ventiladores;
 - Pressão de Entrada da água na Torre de Resfriamento (Indicação local e remota);
 - Temperatura de Entrada da água na Torre de Resfriamento (Indicação local e remota);
 - Pressão de Saída da água na Torre de Resfriamento (Indicação local e remota);

- Temperatura de Saída da água na Torre de Resfriamento (Indicação local e remota);
- Vazão (Indicação local e remota);
- Inexistência de vazamentos;
 - **FVI das Bombas (Inspeção Funcional):** Durante as inspeções funcionais das bombas, deverão ser verificados os seguintes aspectos funcionais das bombas:
 - Vibração;
 - Ruído;
 - Pressão de descarga (Shut Off);
 - Pressão de descarga (Operação);
 - Pressão de sucção;
 - Vazão;
 - Pressão do Óleo Lubrificante;
 - Temperatura dos mancais;
 - Verificação da rotação;
 - Dispositivos de proteção;
 - Controle de vazão;
 - Operação Automática das Bombas;
 - Operação Remota das Bombas.

- **FVI das válvulas (Inspeção Funcional):** Na aplicação das FVIs das válvulas do sistema, durante a etapa de inspeções funcionais, deverão ser verificados os seguintes itens:
 - Atuadores (Abertura e fechamento remoto ou automático);
 - Percentual de abertura (Somente para válvulas de controle);
 - Dispositivos de vedação;
 - Inexistência de vazamentos.

- **FVM das malhas de tubulação (Inspeção Funcional):** Na aplicação das FVMs das malhas de tubulação, consideradas para o sistema (Malha de Suprimento do subsistema de Circulação de Água de Resfriamento, Malha de Retorno do subsistema de Circulação de Água de Resfriamento, Malha do Subsistema de Purga das Torres), durante a etapa de inspeções funcionais, deverão ser verificados os seguintes itens:
 - Pressão;
 - Vazão (Indicação local e remota);
 - Temperatura (Indicação local e remota);
 - Remoção dos filtros, raquetes e demais equipamentos provisórios;
 - Existência de vazamentos.

4.5 Operação Assistida do Sistema de Resfriamento:

Essa etapa será, para o caso do sistema de Água de Resfriamento, caracterizada pela emissão/ assinatura do seguinte documento:

- **Termo de Transferência e Aceitação de Sistema/Subsistema (TTAS):** A assinatura do TTAS do sistema caracteriza a conclusão do escopo dos serviços de comissionamento, o início da garantia contratual dos equipamentos envolvidos, e o recebimento definitivo do sistema pelo cliente. A condição para a assinatura do TTAS do sistema é que nessa ocasião não exista nenhuma pendência para o sistema e todas as atividades de pré-operação, partida e testes de aceitação de performance estejam concluídas;

4.5.1 Operação Assistida e Transferência do Sistema de Resfriamento:

Após a conclusão do TAP, retiradas todas as pendências não-impeditivas do sistema, se iniciará a etapa de operação assistida do sistema de água de resfriamento, essa etapa deverá ter uma duração de 30 dias corridos, durante esse período as atividades de operação e manutenção do sistema serão executadas pelas equipes de operação e manutenção do ativo. Caberá porem ao comissionamento prestar a assistência técnica necessária à

execução das atividades de operação e manutenção do sistema durante o período de operação assistida.

Transcorrido o prazo previsto para operação assistida do sistema de água de resfriamento, tendo sido emitidos os relatórios de acompanhamento dos respectivos fornecedores, fabricantes, e subcontratados e estando os mesmos registrados no Sistema de Gerenciamento de Comissionamento, será emitido o documento de transferência do sistema TTAS. A assinatura do TTAS do sistema de água de resfriamento caracterizará a conclusão pelo comissionamento do escopo dos serviços deste Sistema da Unidade, o início da garantia contratual dos equipamentos envolvidos, e o recebimento definitivo do sistema pelo cliente.

Conclusão

De uma maneira geral o comissionamento pode ser entendido como uma grande ação de garantia da qualidade (Qualidade aplicada na prática), verificando e documentando se todos os sistemas estão sendo transferidos para o proprietário da instalação plenamente operacionais e de acordo com as suas especificações e requisitos. Cabe ressaltar que embora a aplicação do comissionamento represente um custo adicional à implantação do empreendimento, ele garante grandes retornos, sejam eles de prazo, ou mesmo reduzindo os futuros custos de operação e manutenção (O&M) da instalação por meio da garantia da sua operabilidade e manutenibilidade no momento de sua transferência para o cliente.

Com relação ao comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento pode-se observar que o mesmo trará os seguintes resultados na fase de implantação do empreendimento e nas futuras atividades de operação e manutenção do sistema:

- **Projeto:** A atuação do comissionamento junto às equipes de projeto irá garantir um projeto executivo do sistema mais detalhado e consistente, garantido o atendimento das necessidades do comissionamento, das especificações do cliente e reduzindo o risco de eventuais mudanças no projeto do Sistema de Água de Resfriamento;

- **Suprimento:** A atuação do comissionamento junto ao suprimento irá garantir requisições de materiais de acordo as especificações do cliente, além de contratos de fornecimento atendendo aos requisitos de comissionamento, tais como preservação e condicionamento. As inspeções nos fabricantes juntamente com a participação nos testes de aceitação de fábrica (TAFs) também irão evitar que problemas de fabricação dos equipamentos sejam tardiamente identificados durante a fase de instalação ou mesmo durante a operação e manutenção do sistema;
- **Planejamento do Empreendimento:** O comissionamento deverá estar integrado ao planejamento da construção e montagem, definindo os subsistemas, equipamentos e demais instalações que deverão ser priorizados, conforme a rede de precedência, o que irá garantir ganhos no prazo de entrada em operação do Sistema de Água de Resfriamento;
- **Construção e Montagem (C&M) e Condicionamento:** As inspeções realizadas pelo comissionamento, por meio da aplicação de FVIs e FVMs, irão colaborar na identificação de pendências na instalação que deverão ser corrigidas antes da entrada em operação do sistema ou da entrega do sistema ao operador (Dependendo de como a pendência seja classificada), eliminando o risco do sistema ser transferido para o cliente com pendências. As

inspeções, juntamente com os testes de certificação realizados durante a etapa de condicionamento colaborarão para o aumento da confiabilidade que o sistema terá após o início da operação;

- **Pré-Operação e Partida:** O comissionamento irá garantir que a pré-operação irá ocorrer em conformidade com a rede de precedência, reduzindo-se o período de "*start up*" do sistema e antecipando sua entrada em operação. Paralelamente o teste de performance (TAP) executado, contribuirá para a certificação da capacidade do sistema de atender condições operacionais críticas previstas pelo projeto do sistema;
- **Operação Assistida:** O comissionamento irá garantir o treinamento adequado das equipes de operação e manutenção do sistema. Além disso o comissionamento irá prestar toda a assistência técnica necessária às equipes de operação e manutenção durante a fase de operação assistida, reduzindo assim o tempo de aprendizado das mesmas e também os riscos de paradas não programadas do sistema após a sua entrada em operação;
- **Transferências da instalação:** A atuação do comissionamento, inspecionando, testando e certificando todos os itens comissionáveis irá aumentar a confiança do cliente no recebimento do Sistema de Água de Resfriamento, garantindo que o ultimo

esteja na transferência para o cliente plenamente operacional, atendendo as suas especificações e sem nenhuma pendência de C&M;

- **Manutenção:** A documentação gerada pelo comissionamento (Histórico do processo), em conjunto com os treinamentos realizados, servirão de base para que as futuras rotinas de manutenção do sistema de água de Resfriamento sejam adequadamente realizadas. Além disso o comissionamento será responsável por implantar o sistema gerenciamento e controle da manutenção. O comissionamento executará as primeiras manutenções do sistema ainda na fase de pré-operação e partida, essa ação em conjunto com as rotinas de preservação executadas ainda durante as fases de construção e montagem e condicionamento colaborarão para garantir a mantabilidade do sistema após a sua entrada em operação;
- **Operação:** As ações realizadas pelo comissionamento deverão garantir a operabilidade do Sistema de Água de Resfriamento, garantindo que as condições normais de operação sejam atingidas em um curto espaço de tempo, reduzindo o risco de eventuais paradas não programadas do sistema após a sua transferência para o cliente.

Referências

Referências Bibliográficas:

- Falco, Reinaldo de; Mattos, Edson Ezequiel de; Bombas Industriais; Editora Interciência Ltda; 2ª edição; Rio de Janeiro – 1998;
- Teles, Pedro C. Silva; Tubulações Industriais: Materiais, Projeto, Montagem; Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A; 10ª edição; Rio de Janeiro – 2001;

Apostilas, Artigos técnicos e Apresentações:

- Brito, Maurini Elizardo, Apostilas da disciplina de Noções de Comissionamento, do curso de Pós-Graduação em Construção e Montagem de Tubulações Industriais – Ênfase em Petróleo e Gás, ministrado no ISES; Rio de Janeiro - Novembro de 2008;
- Gaete, Luciano e Prates, Antônio João; Apresentação “Ferramentas de TI para comissionamento de empreendimentos industriais”; XX COPINAVAL – Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval Transporte Marítimo e Engenharia Portuária; Rio de Janeiro – Outubro de 2007;

Normas Técnicas e Regulamentadoras:

- Norma Regulamentadora NR-13: Caldeiras e Vasos de pressão; Revisão pela portaria nº 57 da Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério do Trabalho, 19 de Junho de 2009;
- Norma Petrobras N-115: Fabricação e Montagem de Tubulações Metálicas; revisão E; Novembro de 2007;
- Norma Petrobras N-906: Bombas Centrifugas para serviços Médios; Revisão C; Dezembro de 2008;
- Norma Petrobras N-1499: Bombas Centrifugas – Folhas de Dados; Revisão C; Maio de 2003;
- Norma Petrobras N-1680: Documentação requerida para o fornecimento de bombas; Revisão B; Setembro 2007;
- Norma Petrobras N-1790: Bombas ou conjuntos bomba-acionador – Requisição de Material; Revisão B; Julho de 2003;
- Norma Petrobras N-1766: Torre de Resfriamento – Folhas de Dados; Revisão C; Setembro de 2005;
- Norma Petrobras N-1826: Recebimento e Armazenamento de Equipamentos Mecânicos; revisão B; Julho de 2003
- Norma Petrobras N-2246: Operação de Gasoduto Terrestre e submarino; Revisão C; Outubro de 2007;

- Norma Petrobras N-2668: Válvulas Industriais; Revisão A; Novembro de 2006;
- Norma Petrobras N-2689: Operação de Oleoduto Terrestre e Submarino; Revisão A; Outubro de 2008;

Páginas da Internet:

- Página da internet: "<http://pt.wikipedia.org/wiki/Comissionamento>";
- Página da internet: "<http://pt.wikipedia.org/wiki/Operabilidade>";
- Página da internet: "<http://www.tssturbo.com/>";

Outros Documentos e Manuais:

- CMB; Plano de Treinamento dos fornecedores, fabricantes e subcontratadas para construção da plataforma de Mexilhão; 9 de julho de 2008;
- CMB; Plano geral e procedimentos específicos para diligenciamento, inspeções, testes e liberações nos fabricantes para construção da plataforma de Mexilhão; 9 de junho de 2008;
- CMB; Matriz de responsabilidade do comissionamento para construção da plataforma de Mexilhão; 29 de maio de 2007;

- CMB; Matriz de interface entre Construção e Montagem para construção da plataforma de Mexilhão; 31 de março de 2008;
- CMB; Diretrizes para definição de sistemas/ subsistemas para construção da plataforma de Mexilhão; 19 de março de 2008;
- Estaleiro Mauá; Plano de Comissionamento, transferência e assistência às operações do projeto plataforma de Mexilhão; 20 de fevereiro de 2008;
- Estaleiro Mauá; Plano de Integração do Projeto plataforma de Mexilhão; 3 de fevereiro de 2009;
- Petrobras; Manual de Gestão da Engenharia, Volume 2: Implementação de Empreendimento, Capítulo 15: Comissionamento. MG-02-ENGENHARIA/AG-015; 23 de Março de 2009;
- Petrobras; Modelo de Anexo Contratual de Requisitos de Comissionamento, versão 1.1; 31 de Outubro de 2008;
- Petrobras; Memorial Descritivo do Sistema de Água de Resfriamento da Refinaria Abreu e Lima – RNEST; 22 de Abril de 2009;

ANEXOS

Lista de Anexos

Anexo I – Matriz de Responsabilidades entre a Construção e Montagem e o comissionamento.

Anexo II – Descrição das Equipes de Preservação e Comissionamento.

Anexo III – EAP de Comissionamento do Sistema de Resfriamento.

Anexo IV – Cronograma do Comissionamento do Sistema de Resfriamento.

ANEXO I
Matriz de Responsabilidades entre a Construção e Montagem e o Comissionamento

Anexo I - Matriz de Responsabilidades Construção e Montagem X Comissionamento			
1.	Tubulação	Construção e Montagem	Comissionamento
1.1	Instalação e Montagem	X	
1.2	Tratamento térmico de soldas	X	
1.3	Ensaio Não-Destrutivo	X	
1.4	Desmontagem e Re-montagens de itens permanentes e provisórios para testes Hidrostáticos.	X	
1.5	Fabricação de spools e acessórios necessários para Teste Hidrostático	X	
1.6	Testes hidrostáticos das malhas de tubulações	X	
1.7	Limpeza e Lavagem das malhas de tubulação		X
1.8	Re-montagem de todos equipamentos removidos para execução do TH e limpeza das tubulações (Instrumentos, mangotes, válvulas.)	X	
1.9	Preparação e liberação do Certificado de Completação Mecânica	X	
1.10	Instalação de Isolamento Térmico	X	
1.11	Pintura /Identificação de Pintura	X	
1.12	Teste de estanqueidade com todos os acessórios necessários		X
1.13	Preservação		X
1.14	Reparo de flanges durante teste hidrostático devido a desalinhamento	X	
1.15	Reparo de solda durante teste hidrostático	X	
1.16	Inspeção de Completação Mecânica		X
1.17	Inspeção boroscópica onde necessário		X
2	Instrumentos	Construção e Montagem	Comissionamento
2.1	Instalação e Montagem	X	
2.2	Calibração de PSV		X
2.3	Teste de estanqueidade de VET's, VET-1'S, SVET'S E SVET-P		X
2.4	Teste de Aceitação de Fábrica - TAFs		X
2.5	Montagem de VET'S, VET-1'S, SVET'S e SVET-P		X
3	Equipamentos Mecânicos	Construção e Montagem	Comissionamento
3.1	Instalação de Equipamentos	X	
3.2	Alinhamento/ nivelamento de Equipamentos	X	
3.3	Testes de Aceitação de fábrica, TAF		X
3.4	Inspeção de Recebimento de equipamentos	X	
3.5	Preservação de equipamentos		X
3.6	Lubrificação e ajustes de todos os itens de equipamentos		X

ANEXO I
Matriz de Responsabilidades entre a Construção e Montagem e o Comissionamento

3.7	Teste de todos os dispositivos de segurança e proteção de equipamentos		X
3.8	Certificado de teste de vibração e ruídos emitidos por firma credenciada		X
4	NR-13	Construção e Montagem	Comissionamento
4.1	Instalação de Equipamentos	X	
4.2	Inspeção Interna de equipamentos		X
4.3	Testes hidrostáticos de equipamentos		X
4.4	Inspeção externa de equipamentos		X
4.5	Preparação e emissão de relatórios e "Dossiês de NR-13		X
4.6	Reparos eventuais em soldas de equipamentos	X	
4.7	Previsão de eventuais inspeções boroscópicas em pequenos vasos de pressão		X
5	Segurança	Construção e Montagem	Comissionamento
5.1	Emissão de Certificado de Aviso de Energização		X
5.2	Emissão de Certificado de Bloqueios/desbloqueios Elétricos	X	X
5.3	Emissão de Certificado de Entrada em espaços confinados	X	X
5.4	Emissão de Certificados para Trabalhos de Pintura	X	
5.5	Treinamento de equipamentos de segurança, meio ambiente e Saúde	X	
5.6	Participação diária de equipes em Diálogos Diários de Segurança (briefing de saúde, meio ambiente e Segurança)	X	X

Anexo II – Descrição das Equipes de Preservação e Comissionamento

Equipe de Preservação

De acordo com os serviços a serem executados e o período de execução da obra, deverá ser dimensionada uma equipe de profissionais para a preservação dos equipamentos, instrumentos, tubulações e seus acessórios.

Integrarão a equipe de preservação os seguintes profissionais:

- Encarregado de Condicionamento;
- Eletricista de Força e Controle;
- Instrumentista Controle;
- Mecânico Ajustador;
- Montador;
- Encanador;
- Ajudante.

Equipe de Comissionamento

De acordo com os serviços a serem executados e o período de execução da obra, deverá ser dimensionada uma equipe de profissionais

para o comissionamento dos equipamentos, das tubulações e seus acessórios.

Integrarão a equipe de comissionamento os seguintes profissionais:

- Eletricista de Força e Controle;
- Instrumentista Controle;
- Mecânico Ajustador;
- Montador;
- Encanador;
- Ajudante.

ANEXO III
EAP de Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento

Anexo III - EAP de Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento	
1	Planejamento e Documentação de Comissionamento
1.1	Análise de documentação de Projeto
1.2	Elaboração da Rede de Precedência
1.3	Elaboração de Lista de subsistemas Operacionais
1.4	Elaboração e revisão de Lista de Itens Comissionáveis
1.5	Elaboração e revisão de Lista de Sobressalentes
1.6	Elaboração de Manual do Comissionamento
1.7	Elaboração de Manual de Operação e Manutenção
1.8	Suporte à aquisição de materiais
1.9	Elaboração de Procedimentos
1.9.1	Procedimentos de Preservação
1.9.2	Procedimentos de Inspeções nos fabricantes
1.9.3	Procedimentos de execução dos TAFs nos fabricantes
1.9.4	Procedimentos de Testes de Válvulas
1.9.5	Procedimentos de Teste Hidrostático
1.9.6	Procedimentos de Limpeza das malhas de tubulação
1.9.7	Elaboração e Cadastramento das FVIs e FVMs
1.9.8	Procedimento de Pré - Operação e Partida
1.9.9	Procedimento de Testes de Aceitação de Performance
2	Preservação e Manutenção
2.1	Recebimento dos Materiais na Obra
2.2	Execução das rotinas de preservação
2.3	Execução das primeiras manutenções no sistema
2.4	Implantação de Sistema de Gerenciamento da Manutenção
3	Condicionamento
3.1	Inspeções nos fabricantes
3.2	Execução de TAFs nos fabricantes
3.2.1	TAF nas Bombas
3.2.2	TAF nas válvulas
3.2.3	TAF da Torre de Resfriamento
3.3	Teste de Válvulas no site
3.4	Teste Hidrostático das malhas de tubulação
3.5	Limpeza das malhas de tubulação
3.6	Inspeções de Completação Mecânica
3.7	Elaboração de Lista de Pendências Impeditivas e não-impeditivas
3.8	Emissão de Atestado de Completação Mecânica
4	Pré-Operação e Partida do Sistema
4.1	Treinamento das Equipes de Operação e Manutenção do Sistema
4.2	Partida do Sistema de Água de Resfriamento
4.3	Execução dos Testes de Aceitação de Performance
4.4	Tratamento das pendências não-impeditivas
4.5	Inspeções Funcionais
5	Operação Assistida
5.1	Operação Assistida
5.2	Assinatura de Termo de Transferência e Aceitação do Sistema

ANEXO IV
Cronograma do Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento

Anexo IV - Cronograma do Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento

Cronograma do Empreendimento		Duração (Meses)	Meses																																					
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1	Projeto de Engenharia	20																																						
2	Suprimento de Materiais	22																																						
3	Construção e Montagem	22																																						
4	Comissionamento	32																																						
Cronograma do Comissionamento			Meses																																					
4.1	Planejamento e Documentação de Comissionamento	28																																						
4.1.1	Análise de documentação de Projeto	16																																						
4.1.2	Elaboração da Rede de Precedência	1																																						
4.1.3	Elaboração de Lista de Subistemas Operacionais	1																																						
4.1.4	Elaboração e revisão de Lista de Itens Comissionáveis	10																																						
4.1.5	Elaboração e revisão de Lista de Sobressalentes	12																																						
4.1.6	Elaboração de Manual de Comissionamento	3																																						
4.1.7	Elaboração de Manual de Operação e Manutenção	3																																						
4.1.8	Suporte à aquisição de materiais	6																																						
4.1.9	Elaboração de Procedimentos	24																																						
4.1.9.1	Procedimentos de Preservação	4																																						
4.1.9.2	Procedimentos de Inspeções nos fabricantes	3																																						
4.1.9.3	Procedimentos de execução dos TAFs nos fabricantes	3																																						
4.1.9.4	Procedimentos de Testes de Válvulas	2																																						
4.1.9.5	Procedimentos de Teste Hidrostático	4																																						
4.1.9.6	Procedimentos de Limpeza das malhas de tubulação	4																																						
4.1.9.7	Elaboração e Cadastro de FVIs e FVMs	6																																						
4.1.9.8	Procedimento de Pré - Operação e Partida	5																																						
4.1.9.9	Procedimento de Testes de Aceleração de Performance	6																																						
4.2	Preservação e Manutenção	18																																						
4.2.1	Recebimento dos Materiais na Obra	11																																						
4.2.2	Execução das rotinas de preservação	12																																						
4.2.3	Execução das primeiras manutenções no sistema	3																																						
4.2.4	Implantação de Sistema de Gerenciamento da Manutenção	3																																						
4.3	Condicionamento	21																																						
4.3.1	Inspeções nos fabricantes	13																																						
4.3.2	Execução de TAFs nos fabricantes	8																																						
4.3.2.1	TAF nas Bombas	7																																						
4.3.2.2	TAF nas válvulas	2																																						
4.3.2.3	TAF da Torre de Resfriamento	1																																						
4.3.3	Teste de Válvulas no site	3																																						
4.3.4	Teste Hidrostático das malhas de tubulação	3																																						
4.3.5	Limpeza das malhas de tubulação	2																																						
4.3.6	Inspeções de Completação Mecânica	4																																						
4.3.7	Elaboração de Lista de Pendências Impeditivas e não-impeditivas	1																																						
4.3.8	Resolução das Pendências Impeditivas	1																																						
4.3.9	Emissão de Atestado de Completação Mecânica	1																																						
4.4	Pré-Operação e Partida do Sistema	5																																						
4.4.1	Treinamento das Equipes de Operação e Manutenção do Sistema	3																																						
4.4.2	Partida do Sistema de Água de Resfriamento	1																																						
4.4.3	Execução dos Testes de Aceleração de Performance	1																																						

ANEXO IV
Cronograma do Comissionamento do Sistema de Água de Resfriamento

Cronograma do Comissionamento	Duração (Meses)	Meses																																						
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36			
4.4.4 Tratamento das Pendências Não Impeditivas	2																																							
4.4.5 Inspeções Funcionais	2																																							
4.5 Operação Assistida	1																																							
4.5.1 Operação Assistida	1																																							
4.5.2 Assinatura de Termo de Transferência e Aceitação do Sistema	1																																							