

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

JAIME BARBOSA MILHEIRO

**ANÁLISE DA ATUAÇÃO DA ENGENHARIA DE
MANUTENÇÃO DURANTE AS ATIVIDADES DE
COMISSIONAMENTO: ESTUDO DE CASO**

SANTOS / SP

2012

JAIME BARBOSA MILHEIRO

**ANÁLISE DA ATUAÇÃO DA ENGENHARIA DE
MANUTENÇÃO DURANTE AS ATIVIDADES DE
COMISSIONAMENTO: ESTUDO DE CASO.**

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Pós-Graduação, da Universidade Santa Cecília:

ORIENTADOR: PROF. DR. ALDO RAMOS SANTOS

CO-ORIENTADORES: PROF. DR. DEOVALDO DE MORAES JUNIOR

PROF. DR. MARCOS TADEU TAVARES PACHECO, PhD

Dedico este trabalho ao meu amor, minha esposa Maria Magali Diniz Milheiro, não só neste trabalho mas em todos os momentos da minha vida, ela sempre acredita em mim e me incentiva. Onde quer que eu vá, ela está sempre no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

A UNISANTA quero manifestar o meu apreço e agradecimento sincero pelo ensino de qualidade.

Ao meu diretor, o Professor Doutor Marcos Tadeu Tavares Pacheco, que com muita sensibilidade conseguiu entender a essência deste trabalho somando conhecimento e técnica que contribuíram decisivamente e propiciaram a conclusão da minha proposta. Gostaria de ratificar a sua competência, participação com discussões, correções, revisões, sugestões, e busca de resultados, ensinamentos e muito empenho no intuito de chegar a excelência e que fizeram com este trabalho tenha chegado a bom termo.

Ao Professor Doutor Aldo Ramos Santos, orientador desta dissertação quero expressar minha gratidão pela disponibilidade e empenho neste trabalho.

Aos professores do curso pela oportunidade de crescimento, aprendizado e por sempre me incentivarem na busca do crescimento, sendo exemplos de competência, determinação e disciplina.

Não posso deixar de mencionar e agradecer os meus colegas do Mestrado em Engenharia 2011/2012, com quem vivi um ambiente de verdadeira aprendizagem colaborativa, por ofertar ao longo deste curso valiosas contribuições, todos sempre dispostos a compartilhar o seu conhecimento, desse conjunto de pessoas é preciso ressaltar um fator comum a todos eles o compromisso com a Engenharia.

Aos Funcionários da Universidade Santa Cecília pelo convívio, pela hospitalidade, agilidade e auxílio que permitiram a realização deste estudo.

Aos meus familiares que sempre me deram amor, apoio e força, valorizando meus potenciais, para continuar seguindo em frente na constante busca pelo conhecimento e mostraram uma disponibilidade incondicional e compreensão em todos os momentos.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa Dissertação de Mestrado.

Muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Item	Título	Página
Figura - 1	Curva de desempenho dos equipamentos	05
Figura - 2	Comissionamento com início tardio	07
Figura - 3	Comissionamento início adequado	08
Figura - 4	Gerenciamento sistêmico	09
Figura - 5	Divisões do Empreendimento	14
Figura - 6	Ausência de preservação	17
Figura - 7	Inertização	19
Figura - 8	Ausência de preservação em bombas	20
Figura - 9	Giro periódico	21
Figura - 10	Visor nível com óleo de preservação	22
Figura - 11	Motores energizados	23
Figura - 12	Proteção de instrumentos com caixas	24
Figura - 13	Proteção de instrumentos com plásticos bolhas	24
Figura - 14	Preservação de painéis elétricos	25
Figura - 15	Componentes sem preservação	25

Figura - 16	Aquecimento na preservação	26
Figura - 17	Sopragem	27
Figura - 18	Qualidade da Sopragem	28
Figura - 19	Chapa de alumínio para impacto de partículas	28
Figura - 20	Controle de energias - etiquetas	29
Figura - 21	Controle de energias - flanges	30

LISTA DE TABELAS

Item	Título	Pagina
Tabela - 1	Custos aproximados da relevância da aplicação do comissionamento	31

RESUMO

A engenharia de manutenção atuando no comissionamento dos empreendimentos minimizam a elevação de custo, a redução de produtividade, o atraso no início da operação e os retrabalhos. A engenharia de projetos esta obtendo um avanço com a aplicação a metodologia aplicada ao comissionamento, com o acompanhamento de engenharia bem planejado, documentado e gerenciado, visando a partida e transferência de sistemas do empreendimento para seu respectivo usuário final, em condições de operação e segurança adequadas atendendo ao projeto. Este trabalho teve como objetivo analisar a importância da atuação da engenharia de manutenção durante as atividades de comissionamento, através de um estudo de caso em duas diferentes empresas que realizaram empreendimentos. O retrabalho, a perda de produtividade inicial e o aumento do custo da obra ocorrido em um dos casos analisados foram minimizados no outro, onde, com a aplicação do conhecimento de engenharia de manutenção de maneira planejada ao longo do desenvolvimento de todo o empreendimento através das atividades desenvolvidas no comissionamento a transferência para a operação foi baseada em confiabilidade.

PALAVRAS CHAVES:

Comissionamento. Condicionamento. Preservação

ABSTRACT

The maintenance engineering working in commissioning of projects to minimize increased costs, reduced productivity, delay in start-up and rework. The engineering of this project getting a breakthrough in applying the methodology applied to commissioning, to the accompaniment of engineering well planned, documented and managed, aiming to match and transfer systems of the enterprise to its respective end user in operating conditions and safety appropriate given the project. This study aimed to analyze the importance of the performance of engineering support during the commissioning activities, through a case study in two different companies that have undertaken projects. The rework, lost productivity and increased initial cost of the work occurred in one of the cases analyzed were minimized in another, where, applying knowledge of engineering maintenance in a planned manner throughout the development of the entire enterprise through activities developed in commissioning the transfer to the operation was based on reliability.

KEYWORDS:

Commissioning. Conditioning. Preservation.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	.....	I
AGRADECIMENTOS	.....	II
LISTA DE FIGURAS	.....	III
LISTA DE TABELAS	.....	IV
RESUMO	.....	V
ABSTRACT	.....	VI
SUMÁRIO	.....	VII
1. INTRODUÇÃO	.....	1
1.1 Objetivo	.....	1
2. METODOLOGIA	.....	12
3. RESULTADO / DISCUSSÃO	.....	13
3.1 Empresa “A” – Sem Comissionamento	.....	13
3.2 Empresa “B” – Com Comissionamento	.....	13
3.2.1 Durante a Fase de Projeto	.....	14
3.2.2 Durante o Planejamento	.....	15
3.2.3 Durante a Preservação	.....	16
3.2.3.1 Mecânica	.....	18
3.2.3.2 Elétrica, Instrumentação e automação	.....	22
3.2.3.3 Civil	.....	26
3.2.4 Durante o Condicionamento	.....	27
3.2.5 Durante a Pré-Operação	.....	29

3.2.6	Quantificação	.....	31
4.	CONCLUSÃO	.....	33
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	34

1. INTRODUÇÃO

Comissionamento é o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma edificação ou unidade industrial estejam projetados, instalados, testados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário. O comissionamento pode ser aplicado tanto a novos empreendimentos quanto a unidades e sistemas existentes em processo de expansão ou modernização (BENDIKSEN, 2005; HORSLEY, 1998).

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 do empreendimento, desde os individuais, instrumentos e equipamentos, até os mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas (FARES, 2010).

As atividades de comissionamento, no sentido mais amplo, são aplicáveis a todas as fases do empreendimento, desde o projeto básico e detalhado, o suprimento, a construção e a montagem, até a entrega da unidade ao cliente final, passando, muitas vezes, por uma fase de operação assistida (MONTENEGRO, 2009).

O objetivo central do comissionamento é assegurar a transferência da unidade civil ou industrial do construtor para o proprietário de forma ordenada e segura, garantindo sua operabilidade em termos de desempenho, confiabilidade e rastreabilidade de informações. Adicionalmente, quando executamos 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 do empreendimento (PRATES, 2006).

Quando a instalação começa a operar normalmente, os processos de verificação, lubrificação e limpeza destinados a prevenir deteriorações ou falhas que podem se tornar inadequados, inseguros ou difíceis de executar, o mesmo ocorrendo para a inicialização, os ajustes e os reparos. Se um equipamento não tiver sido projetado para fácil operação e manutenção, os operadores e os mantenedores, em breve tenderão a negligenciar as rotinas de conservação, inicialização e ajustes, fazendo com que os mais simples reparos ocasionem

paradas do equipamento por períodos excessivamente longos (MONTENEGRO, 2009).

Um dos principais avanços na área de engenharia de projetos é a metodologia aplicada ao comissionamento, com o acompanhamento de engenharia bem planejado, documentado e gerenciado visando à partida e transferência de sistemas do empreendimento para seu respectivo usuário final, em condições de operação e segurança adequadas atendendo ao projeto (BLACKBURN, 2012).

Na maioria das indústrias que utilizam processo em batelada, contínuo ou misto ocorrem falhas em equipamentos que interrompem o processo de produção (TAVARES, CALIXTO e POYDO, 1973). Estes problemas de processo ocorrem devido à combinações de fenômenos (YAMADA, 1999) e um exemplo comum é o acúmulo de resíduos nos equipamentos, tubulações, vasos, permutadores etc., principalmente nas partes internas. Com a utilização dos equipamentos, isso ocasiona vazamentos, entupimentos em capilares, filtros, levando a perda gradual de produção, ocasionando queda do ritmo e podendo parar a unidade.

A melhor maneira de a manutenção contribuir com o processo produtivo é garantir máxima disponibilidade dos equipamentos (TAVARES, 1973).

O objetivo da manutenção é assegurar que a performance dos equipamentos continuem para que eles possam ser usados para o que foram projetados (MOUBRAY, 1991).

As atividades, desenvolvidas pela manutenção em um empreendimento, têm como objetivo evitar as paradas por quebras, minimizar os futuros custos e as perdas por deterioração do novo equipamento, ao levar em consideração (durante o planejamento e a construção) tanto os atuais dados de manutenção do equipamento quanto novas tecnologias e ao desenvolver projetos que visem altos níveis de confiabilidade, facilidade de manutenção, economia, capacidade operacional e segurança (YAMADA, 1999).

A corrosão causada por falhas de montagem é um exemplo dos problemas de processo que se repete na maioria dos projetos, são decorrentes da preservação inadequada dos equipamentos e tubulações gerando, também, condições inseguras.

Idealmente, um equipamento bem projetado e bem instalado, não sofrerá paradas por falhas nem produzirá produtos fora da conformidade. Será fácil e seguro de manter e operar. A participação da manutenção aprimora a confiabilidade do equipamento, investigando as deficiências dos equipamentos existentes e passando tais informações para seus projetistas.

Mesmo quando o projeto, fabricação e montagem de uma nova instalação ou equipamento parece decorrer com facilidade, geralmente se encontram problemas nas fases de testes de funcionamento e adequação para uso. Os engenheiros de manutenção e produção lutam para manter a instalação funcionando adequadamente e só conseguem um ritmo de operação normal depois de repetidas modificações.

Ao se projetar um novo empreendimento, as instalações do processo devem ter um detalhado planejamento de blocos (*layout* de instalação) e planejamento de lotes (*layout* de equipamentos auxiliares e tubulações), para facilitar a identificação de inconvenientes como locais de difícil acesso.

Negligenciar as considerações do pessoal de manutenção nos estágios de projeto, fabricação, montagem e condicionamento fará inflacionar os custos operacionais e dificultará a capacidade operacional e de manutenção durante testes de funcionamento e paradas programadas.

Os engenheiros no projeto devem incorporar as novas condições de processamento e operação às condições de projeto do equipamento. Para assegurar que os equipamentos sejam tenham confiabilidade operacional, de fácil manutenção e seguros. A utilização da tecnologia interna que foi acumulada por seus engenheiros de manutenção, a partir de problemas já solucionados no passado. A eficácia do emprego das melhorias criadas ao longo dos anos no estágio de projeto determina em grande parte, o total de manutenção que uma instalação irá necessitar após a implantação.

Com o advento do acidente da plataforma P-36 e seu afundamento, foram necessários estabelecer um maior controle nos riscos ainda na fase de projeto. Durante a operação das Unidades Marítimas de Produção é necessário a

continuidade do gerenciamento dos riscos advindos das alterações e adaptações do projeto original, com o intuito de prevenir acidentes (OLIVEIRA, 2009).

O desempenho dos equipamentos normalmente segue um gráfico taxa de falhas ao longo do tempo em que apresenta uma primeira fase que inicialmente é alta e vai decaindo até se estabilizar (SHARMA, 2003).

Na curva da banheira (Figura 1), a primeira fase seria o período de adaptação, onde ocorrem os ajustes. A segunda fase é o período de operação normal, economicamente útil e a terceira fase será o período de cansaço, onde a taxa de falha sobe até atingir o mesmo índice inicial que é o ponto em que deve ser efetuada a reforma ou substituição (TAVARES, 1973).

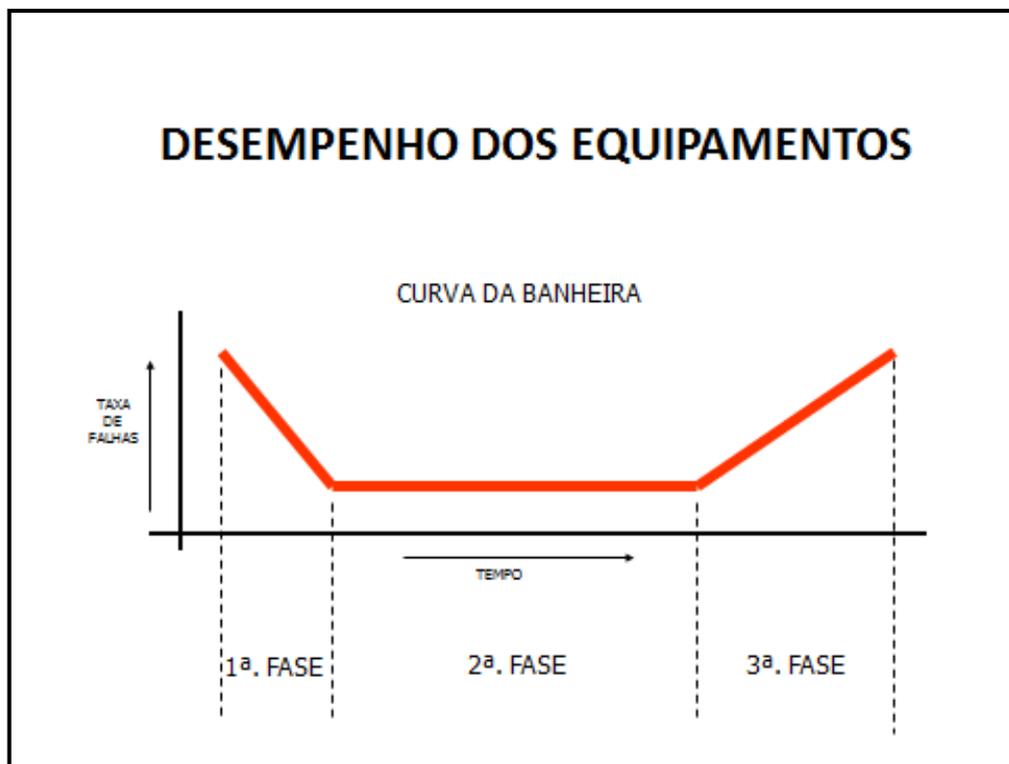


Figura 1 – Curva de desempenho dos equipamentos.

Fonte: Adaptado de SHARMA (2003), TAVARES (1973) e YAMADA (1999).

Com um acompanhamento durante as fases do empreendimento, o comissionamento visa a reduzir estas taxas de falhas ao mínimo nesta primeira fase, deixando os equipamentos confiáveis desde o seu primeiro momento de vida.

A capacidade do comissionamento, deve ter como base a competência, experiência e confiança (RICHARDSON, 2000). Os profissionais de comissionamento devem atuar com:

- a) Conhecimento, habilidades e atitude de alto nível em suas áreas de atividade;
- b) Visão abrangente das necessidades e do funcionamento do empreendimento;
- c) Credibilidade advinda da competência, da experiência e do comportamento.

O comissionamento foi criado para assegurar que os equipamentos estejam testados operacionalmente prontos e seguros para produzir sob as condições de projeto.

O comissionamento são todos os conhecimentos pertinentes aos equipamentos, as metodologias empregadas na fabricação, procedimentos criados com os objetivos de garantir que a operação e manutenção sejam transferidos das equipes de construção e montagem para as equipes de operação que passaram a cuidar e manter estes equipamentos. A metodologia atual que foi originada com a soma das velhas práticas de implantação de ativos físicos, somando a novos conceitos que buscam a operação comercial bem sucedida, e não apenas a obra encerrada, como o verdadeiro fator crítico de sucesso de um empreendimento. O valor agregado pelo comissionamento a um empreendimento resulta em ganhos econômicos proporcionados por sua aplicação correta.

As atividades de comissionamento, no seu sentido mais amplo, são aplicáveis a todas as fases do empreendimento, desde o projeto básico e detalhado, o suprimento, a construção e a montagem, até a entrega da unidade ao cliente final, ate a fase de operação assistida.

O comissionamento de grandes empreendimentos civis e industriais (tais como plataformas de óleo e gás, plantas químicas e petroquímicas, oleodutos, gasodutos, centrais e subestações elétricas, usinas siderúrgicas, plantas de papel e celulose, usinas termelétricas e hidrelétricas, grandes edifícios, pontes, rodovias e

ferrovias) é uma especialidade técnica complexa e sofisticada, que tende modernamente a ser encarada como uma disciplina específica e independente, tão importante quanto as especialidades tradicionais de engenharia (civil, mecânica, elétrica, instrumentação e naval).

Antigamente davam-se as novas unidades como prontas mas sem condições de operação, acarretando uma transferência de responsabilidades e custos para a manutenção do cliente, mascarando com isso os verdadeiros custos e prazos do empreendimento (FRANCIS, 2006). A observação mostra que em projetos conduzidos dessa maneira, o comissionamento é efetuado segundo um roteiro relativamente padrão:

a) Início tardio e pouco planejado é entendido apenas como um conjunto de testes pré-operacionais, o comissionamento se torna um processo isolado do restante do empreendimento;

b) Uso frequente de conhecimento não estruturado;

c) Falta de integração com a operação subsequente;

d) Falta de segurança do pessoal, porque o custo de um acidente muito vai além do valor meramente monetário.

O comissionamento com frequência ainda é visto como um conjunto de atividades executadas após a construção da planta industrial, baseado em testes dos equipamentos principais pelos respectivos fabricantes, e em testes dos sistemas operacionais realizados pelo cliente. A Figura 2 exemplifica o comissionamento em um projeto tendo início tardio e a Figura 3 como esta sendo encarado atualmente iniciando junto com o projeto do empreendimento.

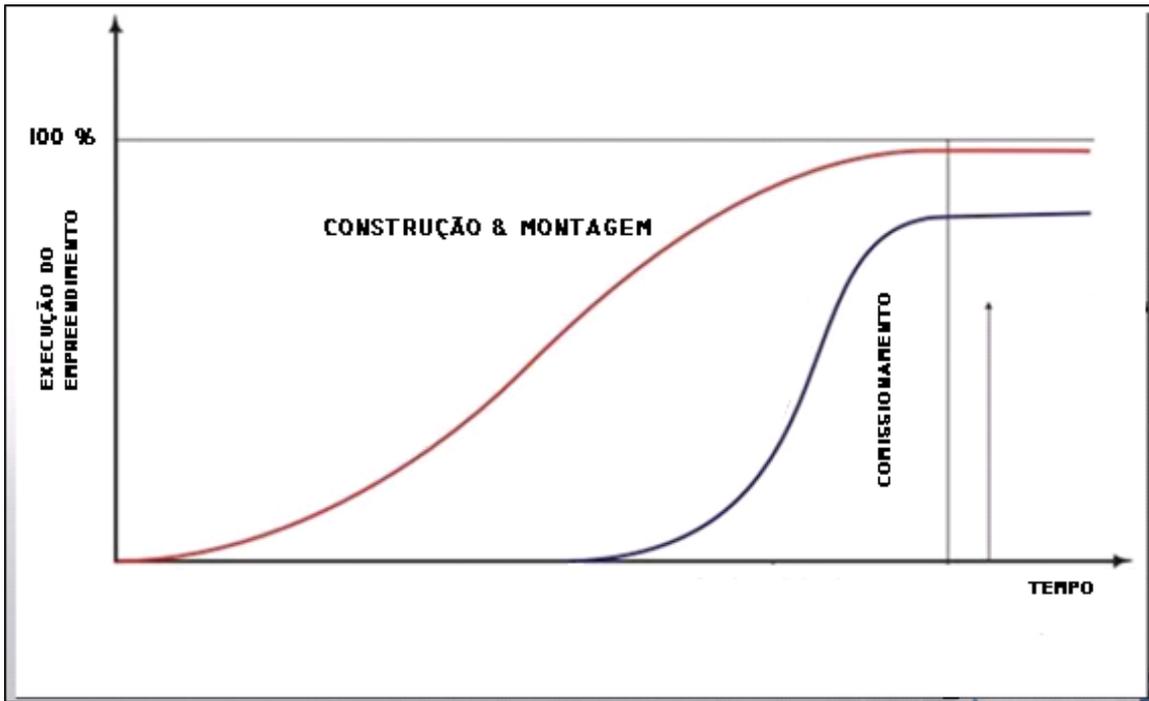


Figura 2 – Comissionamento com início tardio.

Fonte: FORSHIP (2010).

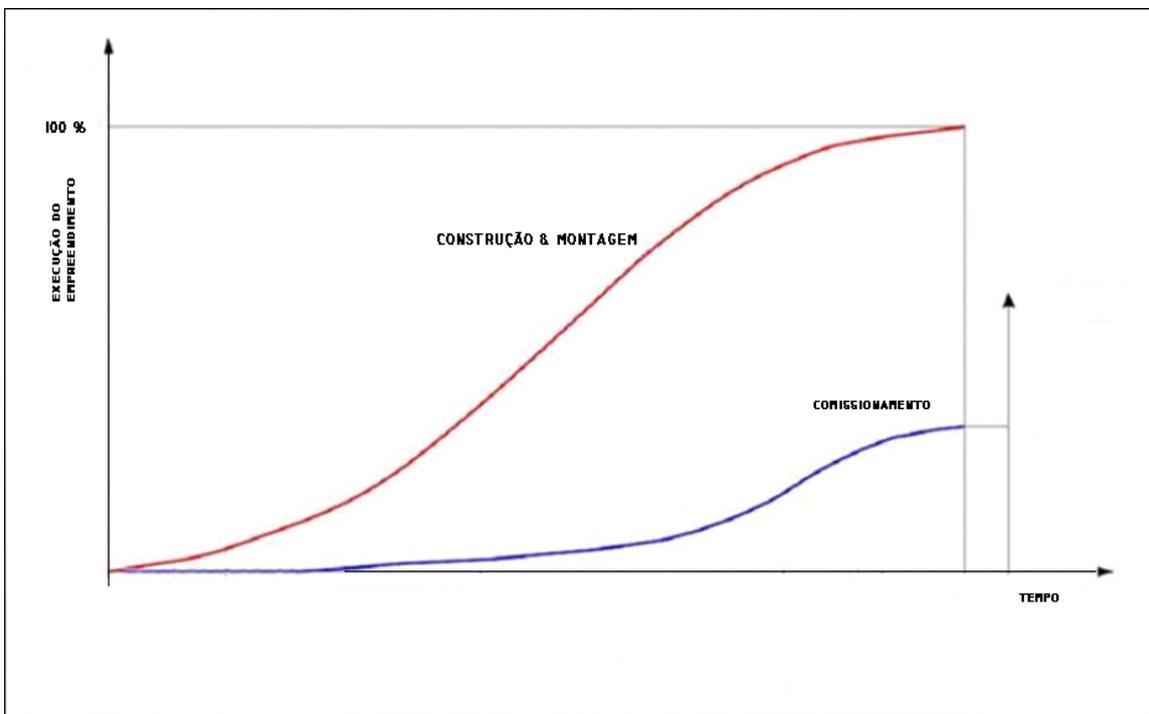


Figura 3 – Comissionamento início adequado.

Fonte: FORSHIP (2010).

Em projetos de grande porte, o grande volume e complexidade dos dados de comissionamento, aliado à necessidade de garantir a eficiente rastreabilidade e disponibilidade de todas as informações envolvidas, demandam a utilização de sistemas de gestão do comissionamento (*softwares*) cada vez mais poderosos e sofisticados, capazes de otimizar o planejamento e acompanhamento de todas as atividades.

O método de realizar o comissionamento pode ser definido por três elementos, a saber:

- a) Visão Operacional – o foco da atividade é a operação estável e segura do ativo;
- b) Hierarquia de Sistemas – o ativo é entendido como um conjunto de sistemas operacionais que realiza um determinado processo segundo uma lógica definida (Figura 4);
- c) Avanço Progressivo Ascendente – o comissionamento é realizado de acordo com uma sequência que se inicia ao nível de componentes e se consolida em subsistemas, sistemas e finalmente o empreendimento completo.

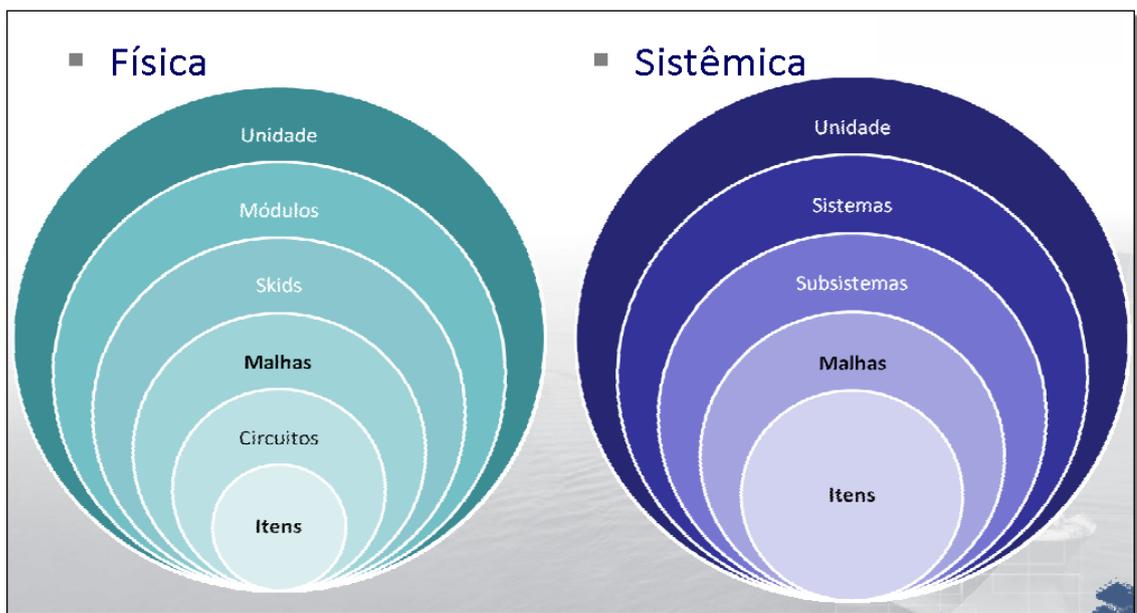


Figura 4 – Gerenciamento sistêmico.

Fonte: FORSHIP (2010).

Este método pode ser desdobrado em metodologias diversas, ajustadas à natureza variada dos empreendimentos. Todas, no entanto, devem partilhar algumas características comuns, tais como:

- a) Ter como objetivo assegurar a operabilidade do ativo
- b) Ênfase em planeamento;
- c) Emprego de técnicas de garantia da qualidade
- d) Integração com os outros setores;
- e) Estímulo à participação do operador;
- f) Transferência gradual do ativo do construtor para o operador.

Para entender o valor do comissionamento em um empreendimento, considerando uma grande plataforma de petróleo que pode ser dividida em 10 módulos, 100 sistemas, 300 subsistemas, 20.000 malhas, 50.000 itens com 150.000 atividades em um total de 400.000 H/h (horas / homem), o prazo para realização do comissionamento seria de dois a três anos com uma equipe chegando a 250 homens no pico da atividade e teria um custo de 3 a 5% do valor total do empreendimento (FORSHIP, 2010).

Apresenta-se a seguir algumas definições que fundamentam o tema em foco:

Empreendimento; ação de empreender; empresa; cometimento; realização. Empreender; tomar a resolução de fazer uma coisa (de certo vulto) (LAROUSSE, 1995).

Atualmente o termo empreendimento em obras é usado para identificar que esta tem dimensões expressivas.

Comissionamento; é definido como um conjunto estruturado de conhecimentos, práticas, procedimentos e habilidades, aplicável a produtos complexos de engenharia com o objetivo de assegurar a sua operabilidade e garantir sua transferência ordenada e segura da fase de construção e montagem para a fase de operação estável.

O comissionamento vem sofrendo uma atualização de conceitos, com estas modificações, esta se transformando em um processo cada vez mais vital para realização dos empreendimentos.

Manutenabilidade; é a característica de um equipamento ou conjunto de equipamentos que permite, em maior ou menor grau de facilidade, a execução dos serviços de manutenção (PINTO e XAVIER, 2001).

O maior ou menor grau de facilidade em executar a manutenção de um equipamento é medido pelo *MTTR - Mean Time To Repair* (Tempo Médio Para Reparo) (STRAUSS, 2003).

Preservação; é o conjunto de atividades a serem executadas nos e equipamentos, instrumentos dos Sistemas Operacionais com o objetivo de mantê-los em bom estado de conservação até a entrada, o início da operação.

A preservação inicia-se após conclusão dos testes de fabricação e abrange também o transporte, recebimento, armazenamento e montagem no canteiro de obras, sendo concluída com o início das rotinas de manutenção.

A execução dos procedimentos de preservação visa evitar a deterioração ou perda das características do item, mantendo assim, a garantia do fornecedor.

Inertização: é a aplicação interna em equipamentos estáticos de gás inerte (Nitrogênio) com uma pressão baixa, mas positiva impedindo a entrada de ar com oxigênio. A presença de ar com oxigênio internamente aos vasos, que estão aguardando o início da operação, cria uma oxidação superficial nas paredes internas destes, que se não for evitada resultará em uma perda de espessura das chapas dos vasos e uma necessidade de limpeza antes da utilização.

1.1. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo mostrar a importância da atuação da engenharia de manutenção durante as atividades de comissionamento, em um empreendimento, para que este obtivesse o resultado predeterminado e a transferência dos equipamentos para a operação seja baseada em confiabilidade. Além disso, o trabalho realizou uma comparação do desempenho de um

empreendimento de uma empresa sem comissionamento e de outra com comissionamento.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi baseado em um estudo de caso onde o autor atuou durante a execução das atividades de construção e montagem em dois empreendimentos em empresas diferentes. O acompanhamento no campo durante a execução das atividades possibilitou o levantamento das informações com a identificação de boas práticas e oportunidades de melhorias, tal como ocorreram.

As duas empresas são de grande porte de ramos diferentes, os empreendimentos foram destinados à construção de novas unidades produtivas dentro de empresas existentes.

A empresa “A” não possuía uma metodologia direcionada para comissionamento, apenas construiu as novas unidades baseada em um projeto detalhado por um terceiro.

A empresa “B” desenvolveu uma metodologia detalhada com procedimentos e padrões onde o objetivo foi desde o início do projeto, passando pelas fases de fabricação, montagem e condicionamento, entregar a nova unidade para o cliente corretamente, com segurança, com operabilidade garantida, desempenho no padrão definido pelo projeto e com todas as informações necessárias para a manutenção.

3. RESULTADO / DISCUSSÃO

3.1. EMPRESA “A” - SEM COMISSIONAMENTO

O Empreendimento foi iniciado com o projeto sendo detalhado por uma empresa de engenharia sem um comitê de recebimento oficializado, apenas os desenhos foram aprovados por engenheiros de processo e as atividades de comissionamento não foram consideradas durante o projeto.

O planejamento da obra restringiu-se a cronograma de construção e montagem, com fornecimento de equipamentos e tubulações e datas de montagem.

Não houve nenhuma preocupação com preservação dos equipamentos parados durante a montagem, apenas foram mantidos empilhados em um galpão.

O condicionamento foi executado por empresas subcontratadas, com a preocupação somente nos equipamentos rotativos.

A pré-operação não aconteceu, a equipe de operação do cliente assumiu junto com a manutenção o acompanhamento do condicionamento e os testes finais dos equipamentos rotativos, a eliminação das pendências e os demais problemas que restringiram o desempenho da nova unidade.

Os problemas decorrentes da falta de comissionamento foram atraso no início da operação, redução de produtividade, elevação de custo e retrabalhos.

O atraso no início da operação decorrente dos serviços executados sem a devida preparação, que demandaram tempo demasiado por acontecerem em série a medida que eram identificado as necessidades.

A redução de produtividade inicial aconteceu devido a partida ter ocorrido sem a unidade ter sido testada, com os problemas de partida a dificuldade de identificar onde exatamente estavam e a necessidade de manter a unidade em produção, assim a produção foi mantida em volume reduzido e com a qualidade inferior até os problemas serem resolvidos.

Os retrabalhos ocorreram durante toda a fase de pré-operação como o comissionamento não estava documentado não se sabia exatamente o que havia

sido aprovado e o que ainda precisava ser preparado, assim a necessidade de reabrir para inspeção e testar novamente ocorreu.

A elevação de custo devido ao atraso no início da operação, redução de produtividade e retrabalhos foi o resultado negativo, que poderia ter sido evitado realizando o comissionamento.

3.2. EMPRESA “B” - COM COMISSIONAMENTO

O Empreendimento foi iniciado com as atividades de comissionamento detalhadas em um anexo contratual, onde estava previsto e apresentado uma EAP (Estrutura Analítica de Projeto) detalhada com todas as atividades que seriam desenvolvidas no comissionamento durante o desenvolvimento do empreendimento.

A seguir um relato das principais atividades desenvolvidas no comissionamento, subdivididas pelas fases do empreendimento, conforme está exemplificado na Figura 5.

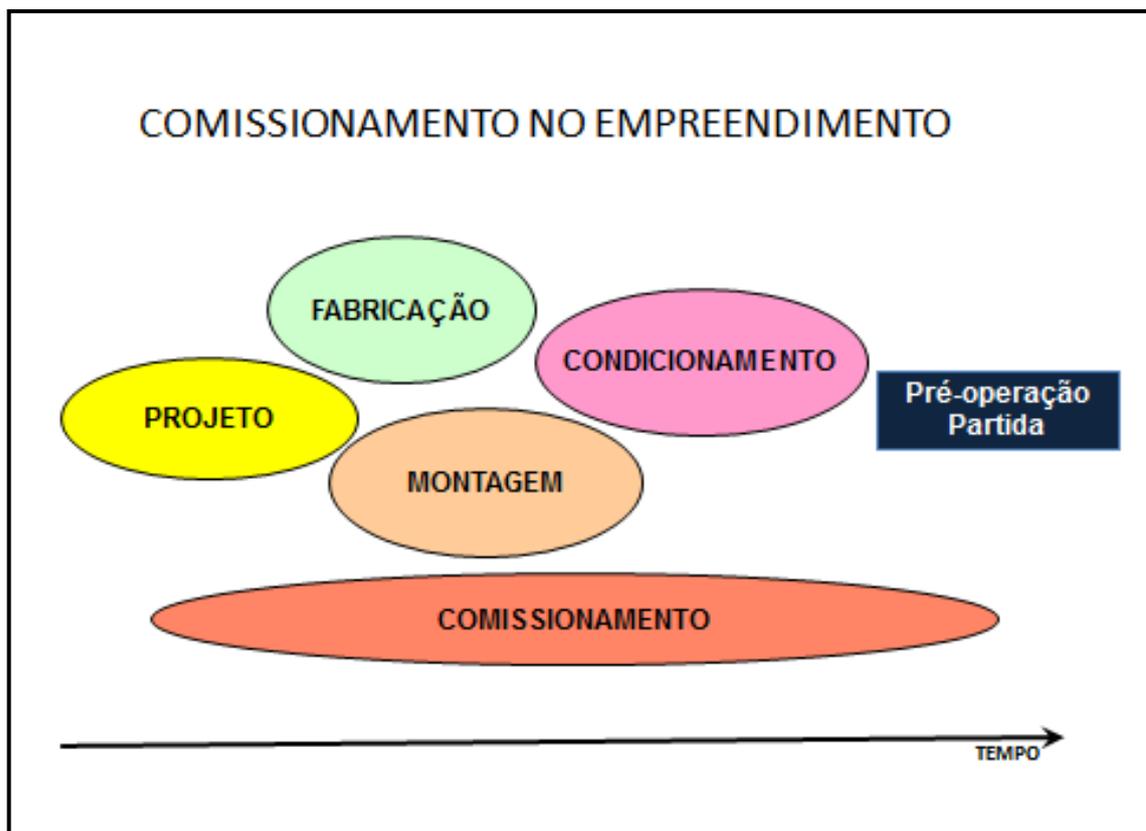


Figura 5 – Divisões do Empreendimento.

3.2.1. DURANTE A FASE DE PROJETO;

O manual de comissionamento foi elaborado e aprovado pelo cliente no início da construção do empreendimento.

Foi elaborada a divisão do empreendimento em SOPs (sistema operacionais), que foram subdivididos em SSOPs (subsistemas operacionais) e todos os equipamentos, instrumentos e tubulações receberam um número de identificação e foram locados nos SSOPs.

Os instrumentos e tubulações foram agrupados em malhas que receberam números de identificação, e também foram locadas nos SSOPs.

Para cada item com número de identificação foi criado uma FVI (folha de verificação inicial) no momento do recebimento na obra.

As malhas quando prontas foram verificadas e receberam FVM (folha de verificação de malhas).

Estas informações foram cadastradas em um sistema informatizado em um banco de dados.

Foi definida a rede de precedência com o detalhamento da necessidade de partida de cada SOP e SSOP.

A engenharia emitiu a lista de documentos necessária para o desenvolvimento de todas as fases do comissionamento (preservação, condicionamento, pré-operação, partida e operação assistida).

Foram identificadas as interfases físicas externas do empreendimento em isométricos para a tubulação e nos fluxogramas para as alimentações elétricas.

Os manuais de operação foram elaborados nesta fase, mas só foram disponibilizados para o cliente no início da pré-operação.

Foram listados todos os sobressalentes, consumíveis e ferramentas especiais para o comissionamento.

3.2.2. DURANTE O PLANEJAMENTO;

Foi elaborado o cronograma com as atividades detalhadas de comissionamento (preservação, condicionamento, pré-operação, partida e operação assistida) por disciplina em cada SSOP, com a integração do cronograma geral do empreendimento e as atividades de C&M (construção e montagem).

O andamento do comissionamento foi acompanhado com o gráfico da curva de avanço físico com atualização semanal.

A matriz de responsabilidade e atribuições de cada cargo e funções foi criada, implantada e acompanhada durante todo empreendimento.

A análise dos riscos ambientais foi identificada em um plano de contingências para cada atividade do comissionamento, com a lista de itens a serem descartados e o direcionamento adequado dos insumos.

O treinamento foi necessário em diversas atividades, o plano de execução deste treinamento aconteceu em todas as fases do empreendimento, e o foco principal foi os itens de segurança.

Com relação os equipamentos estáticos, atendimento a norma NR 13, foram elaborados prontuários para cada equipamento com uma lista padronizada de documentos, tais com: RISI (relatório de inspeção de segurança inicial), certificado TH (teste hidrostático), certificado de calibração de instrumentos e folha de dados.

3.2.3. DURANTE A PRESERVAÇÃO;

A preservação foi planejada e programada com o detalhamento das ações para curto, médio e longo prazo.

A preservação iniciou com a criação de procedimentos para a inspeção de recebimento, tanto para equipamentos como para materiais, com as atividades de preservação que deveriam ser executadas logo após a chegada destes na obra.

O primeiro registro do equipamento na obra foi o relatório de recebimento inicial (RIR), que foi elaborado o mais detalhado possível com registro fotográfico de todos os itens do equipamento.

A verificação dos certificados de autenticidade, com a origem dos materiais, foram confirmadas e armazenadas em uma ferramenta informatizada de comissionamento (FIC).

Os procedimentos de preservação que foram empregados, foram especificados para cada tipo de item com técnicas de preservação em campo específicas, que foram definidas conforme as melhores práticas já reconhecidas.

Os materiais, peças e equipamentos recebidos foram devidamente identificados e listados com a codificação previamente definida com base nos procedimentos específicos.

À medida que uma atividade identificava uma pendência, esta era evidenciada em um controle sistematizado que identificava a fase, a origem, com a definição do responsável em solucioná-la e o prazo para a sua conclusão.

As atividades de preservação que foram executadas no depósito e no local definitivo da instalação do equipamento tiveram a definição do executante em conjunto com os fabricantes dos equipamentos, foram controladas pelo sistema informatizado, identificadas com etiquetas visíveis de fácil acesso em cada equipamento e instrumento, executadas por uma equipe de campo multidisciplinar e inspecionada por fiscais do cliente.

As atividades especiais, tais como giro periódico, tiveram um controle visual específico na área e em cada equipamento que apresentou esta necessidade.

Os materiais a serem utilizados em cada tipo de rotina de preservação foram detalhados baseando nas especificações dos fabricantes de cada equipamento.

As condições de preservação foram mantidas durante a montagem para cada equipamento, nos casos que houveram avarias nos equipamentos (Figura 6), foram corrigidas e foi criado um relatório detalhado da ocorrência para registro da informação no histórico do equipamento a ser considerado na manutenção do mesmo.

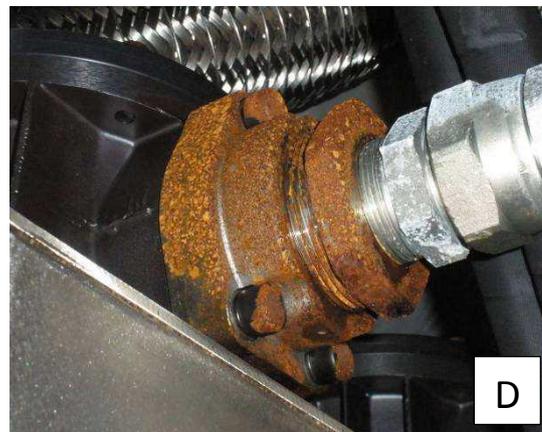
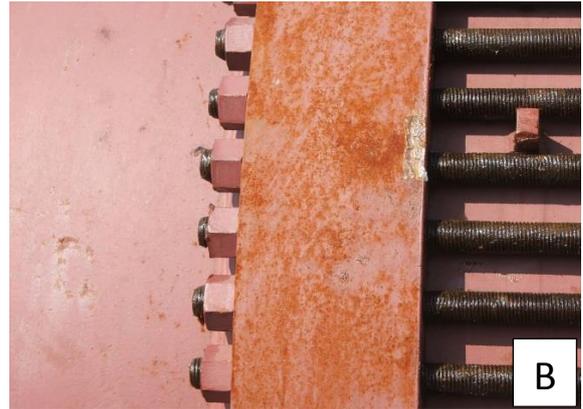


Figura 6 – Ausência de preservação / corrosão

**A) Acoplamento de motor elétrico de um compressor; B) Permutador;
C) Acoplamento de uma bomba; D) Conexão hidráulica.**

Para os equipamentos especiais, os fabricantes solicitaram outras medidas adicionais de proteção com novas rotinas de preservação, diferentes das especificadas no planejamento, à serem executadas durante a montagem e quando estiver em repouso, aguardando o início da operação

O registro das ações ocorridas com o equipamento, desde o início da fabricação, durante a montagem e todas as ocorrências de preservação, são a base do histórico inicial de manutenção e foram registrados para serem utilizados na definição das atividades necessárias de permitir o planejamento e a programação das atividades de manutenção. Falhas na aplicação da preservação poderiam implicar na redução da vida útil dos equipamentos. Estas informações servirão de base para as rotinas de manutenção à serem aplicadas nos equipamentos após a partida da nova unidade.

Visando a análise dos equipamentos a serem preservados, divide-se a seguir o tema em três modalidades; a) Mecânica, b) Elétrica, instrumentação e automação e c) civil.

3.2.3.1. MECÂNICA

Equipamentos estáticos: vasos, torres, permutadores, reatores, fornos, tanques, filtros, esferas entre outros.

Nestes equipamentos a Inertização foi aplicada para evitar a presença de ar com oxigênio internamente aos vasos, que estavam aguardando o início da operação, para criar uma pressão positiva com gás inerte (Nitrogênio), impedindo a entrada de ar com oxigênio (Figura 7). Este procedimento é importante para evitar a oxidação no interior dos equipamentos estáticos, que pode contaminar o produto e reduzir a sua vida útil.

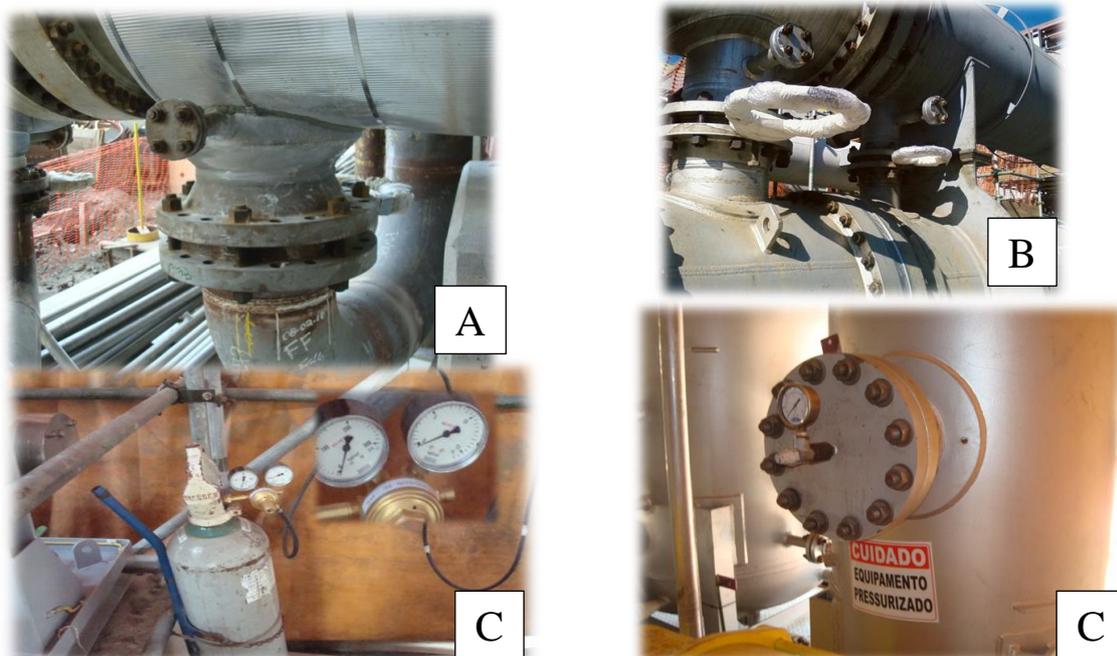


Figura 7 – Inertização

A) Figura 8 instalada na saída do Permutador; B) Isolamento entre Permutadores;
C) Cilindro de Nitrogênio; D) Indicador de pressão.

Equipamentos dinâmicos: máquinas, bombas, compressores, turbinas, ventiladores, exaustores, misturadores, agitadores, guindastes, pontes rolante, entre outros.

A Figura 8 apresenta uma bomba que não foi devidamente protegida e portanto sofreu a penetração de água durante o transporte, tendo a superfície oxidada danificando os rolamentos e o rotor.

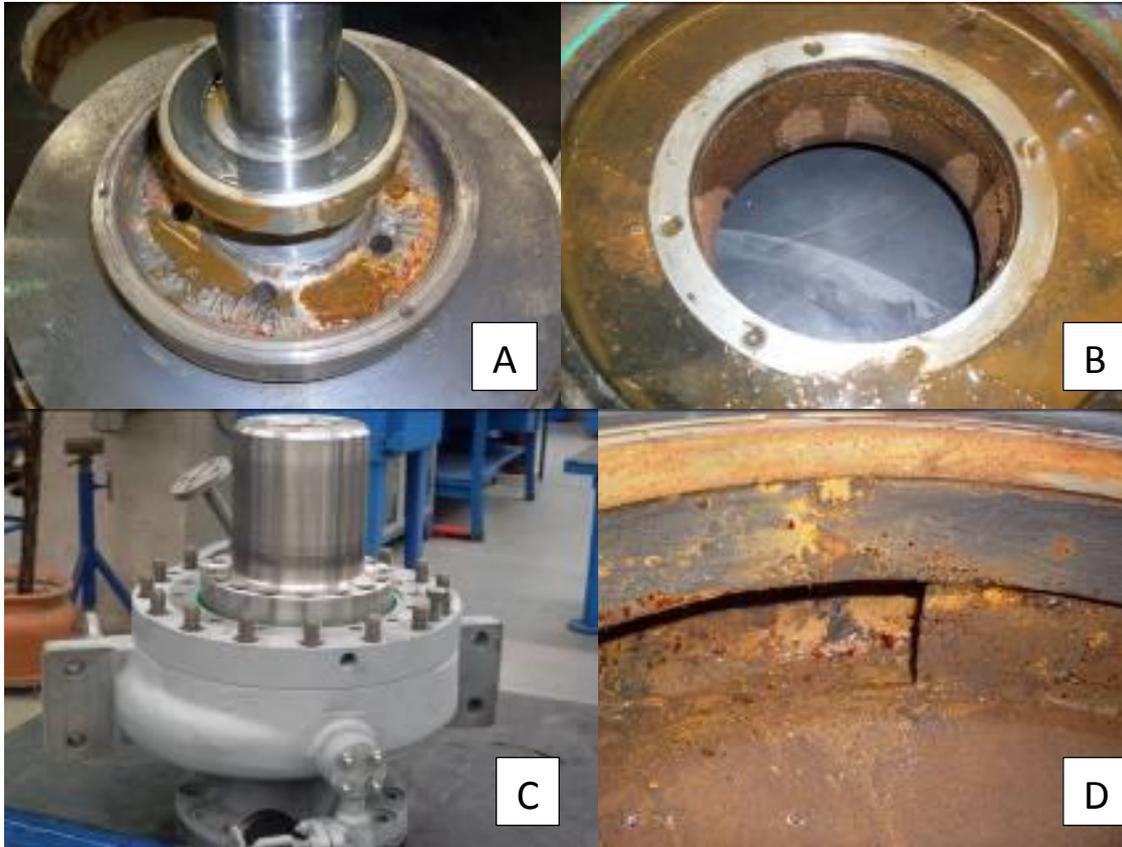


Figura 8 – Ausência de preservação em bombas.

**A) Rotor; B) Tampa;
C) Bomba centrífuga; D) Corrosão.**

As principais atividades de preservação empregadas nos equipamentos dinâmicos foram:

- Aplicação e conservação da proteção anticorrosiva dos mancais, sistema de selagem e superfícies usinadas e expostas da bomba,
- Giro periódico no conjunto rotativo de maneira que a posição de repouso não coincidia com a anterior (Figura 9).
- Retoques de pinturas nos locais onde necessários,

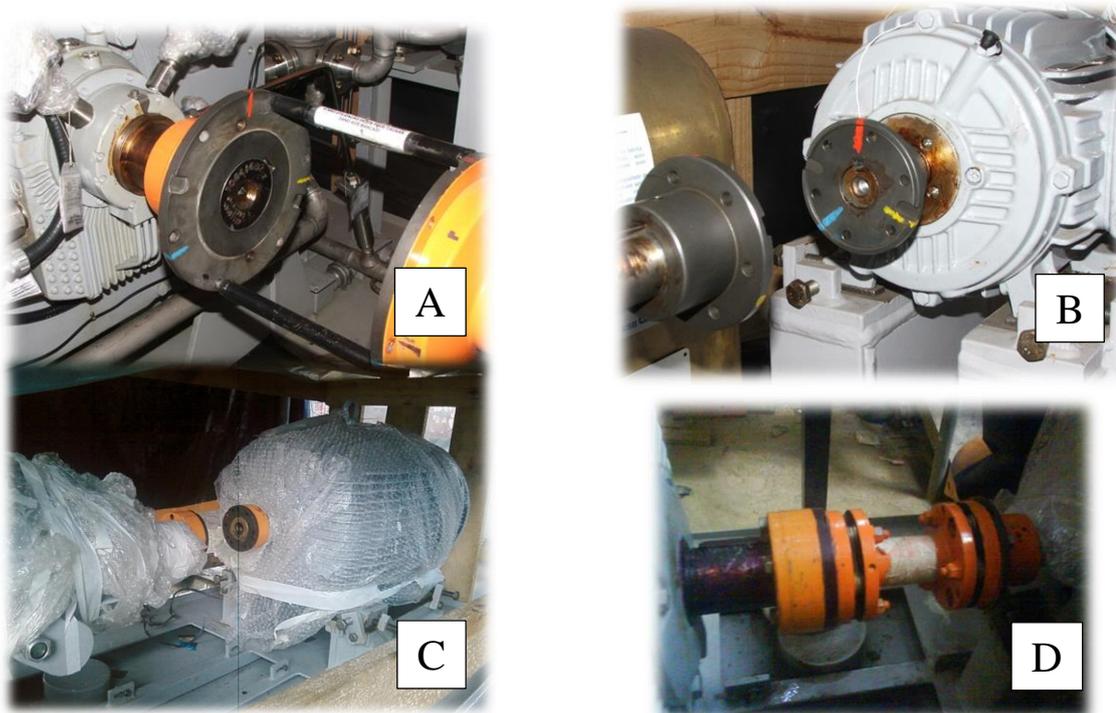


Figura 9 – Giro periódico.

A) Acoplamento com a indicação de giro a 90°; B) Acoplamento com a indicação a 120°; C) Motor elétrico desacoplado; D) Motor e redutor acoplado.

- Após a montagem e a cada mês foi executado a drenagem da umidade condensada do interior do tanque de óleo, caixa de mancais, filtros e carcaça da bomba,
- Foram aplicados óleos de preservação nas unidades apontadas pelos fabricantes (Figura 10).



Figura 10 – Visor nível com óleo de preservação.

3.2.3.2. ELÉTRICA, INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO.

Equipamentos e dispositivos elétricos: painéis elétricos, motores, transformadores (de corrente, de potência ou de iluminação), barramentos e dutos de barras, cabos, caixa de junção, reatores, disjuntores, baterias, carregadores de bateria, instrumentos (indicadores, medidores, registradores), relés, retificadores, demarradores, sistemas de iluminação incluindo o de emergência, botoeiras, banco de capacitores e eletro dutos, dentre outros.

Os motores elétricos após ser instalados foram mantidos energizados, como mostra a Figura 11, um exemplo de equipamentos energizados.

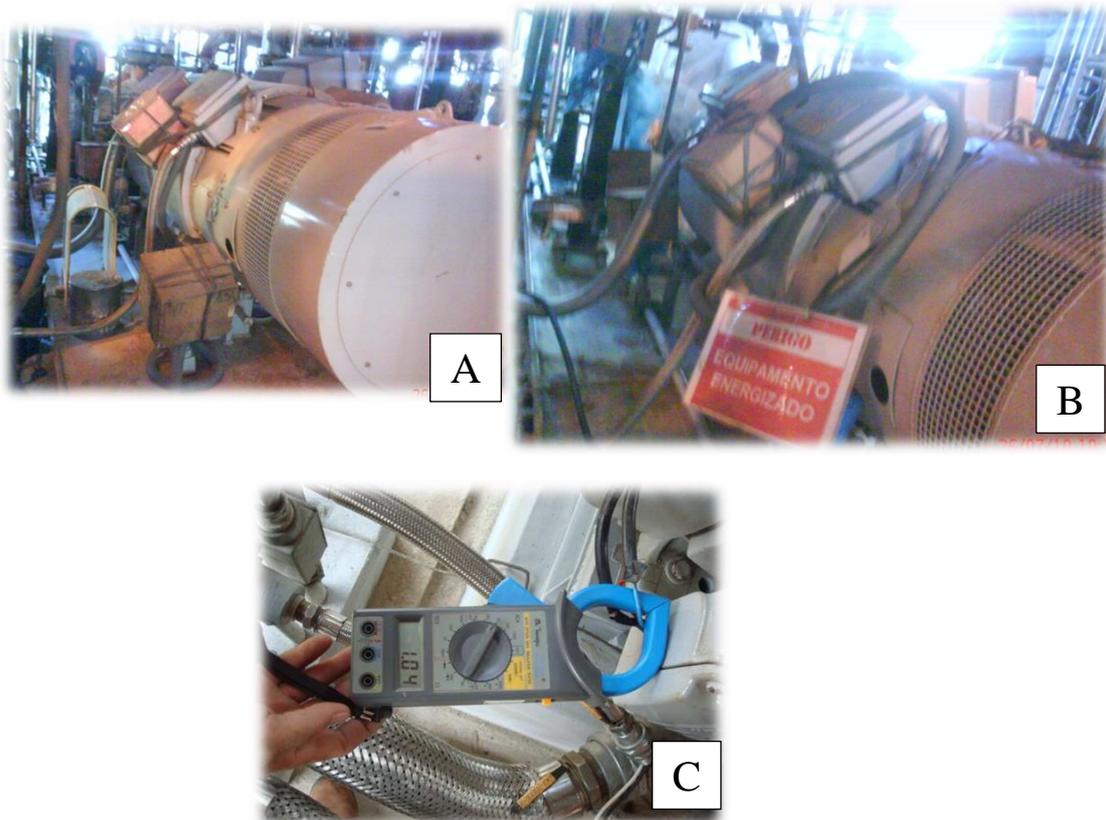


Figura 11 – Motores energizados.

A) Motor elétrico; B) Sinalização de segurança;
C) Medição da corrente.

Instrumentos e componentes: válvulas (*On/ Off* e de controle, solenóides e de segurança PSV), chaves de nível, vazão, temperatura, pressão, seletoras, fim de curso; transmissores de nível, vazão, temperatura, pressão, disco de ruptura, chave

seletora; rotômetros, termômetros, manômetros, termopares, analisadores, sensores, sistemas de controle e de inter-travamento, cartões lógicos, *Shelter*, entre outros.

Como o custo dos instrumentos é expressivo a aplicação de proteções foi uma atividade de preservação importante (Figura 12 e 13).

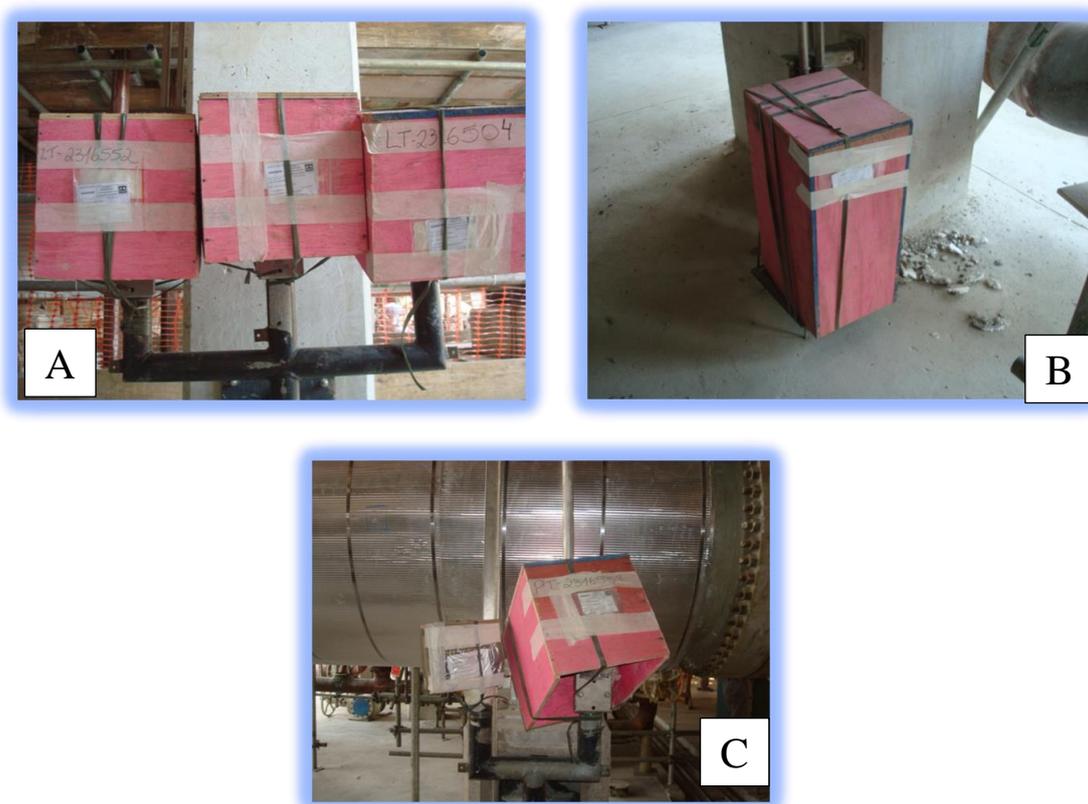


Figura 12 – Proteção de instrumentos com caixas.

**A) instrumentos protegidos; B) caixa de proteção no piso;
C) Instrumentos protegidos próximo ao equipamento estático.**

Nos painéis elétricos e de comando além da proteção física foi necessário a utilização sílicageo como eliminador de umidade no interior (Figura 14).

Centrais *intercon* e telefonia, bastidores, antenas, cornetas, câmeras, dentre outros.

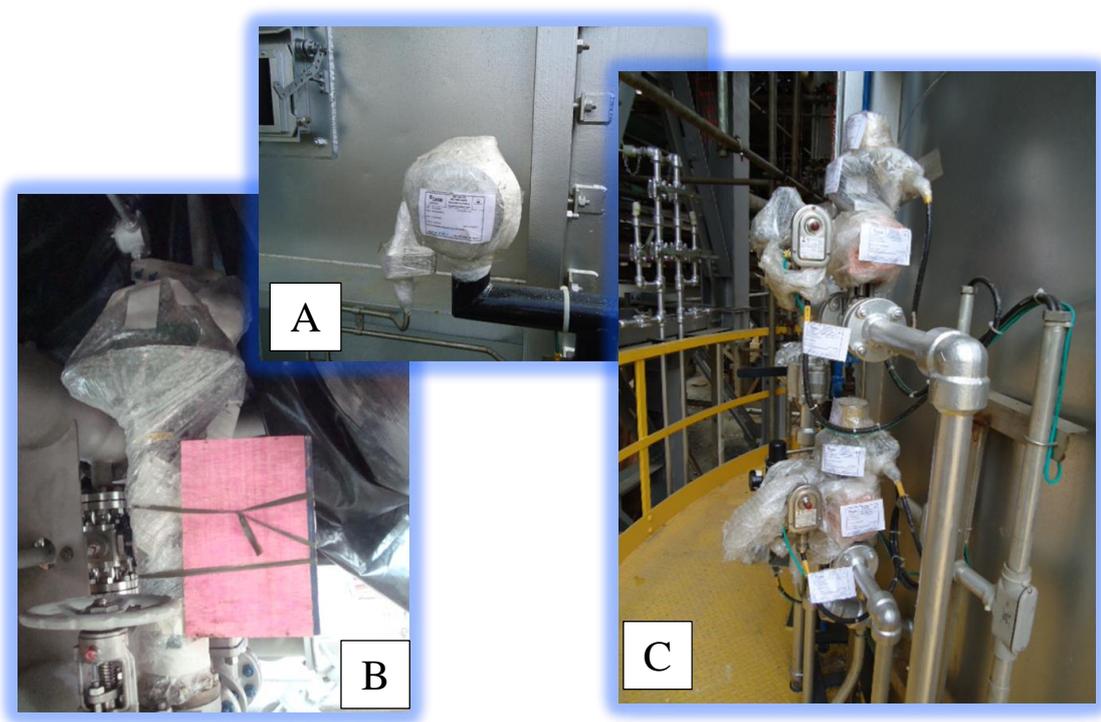


Figura 13 – Proteção de instrumentos com plásticos bolhas.

**A) Instrumento de pressão; B) Conjunto de instrumentos protegidos;
C) Caixa de proteção.**

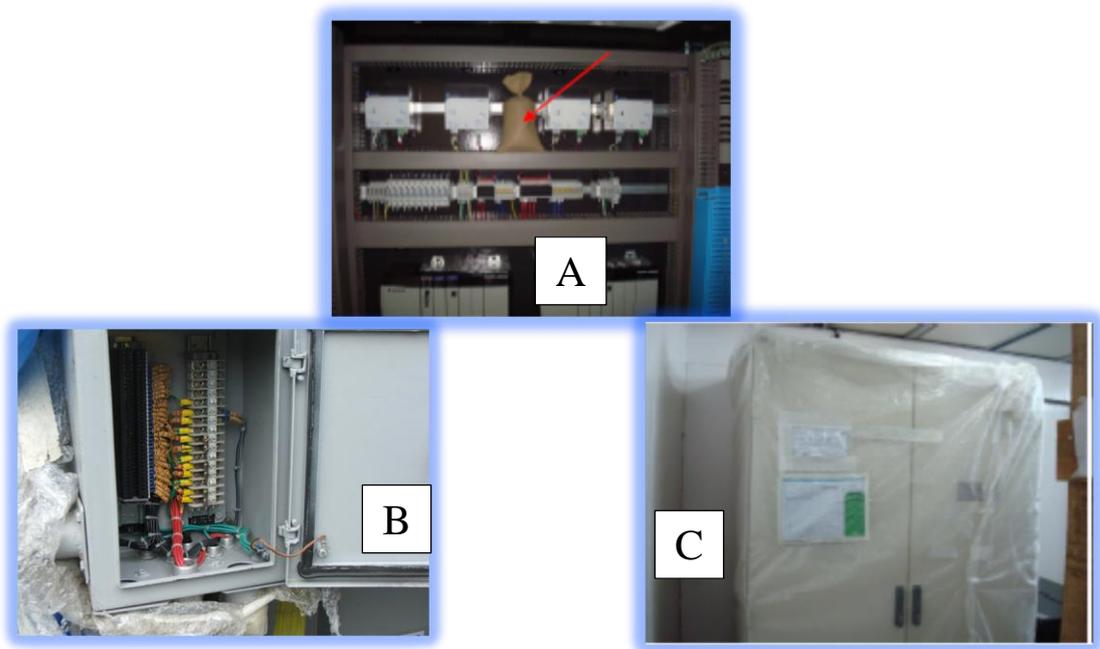


Figura 14 – Preservação de painéis elétricos.

**A) Cilicagel; B) Painel aberto;
C) Painel isolado.**

A Figura 15 exemplifica componentes sem a devida preservação, caixa de ligação oxidada, instrumentos encharcados e berços danificados.

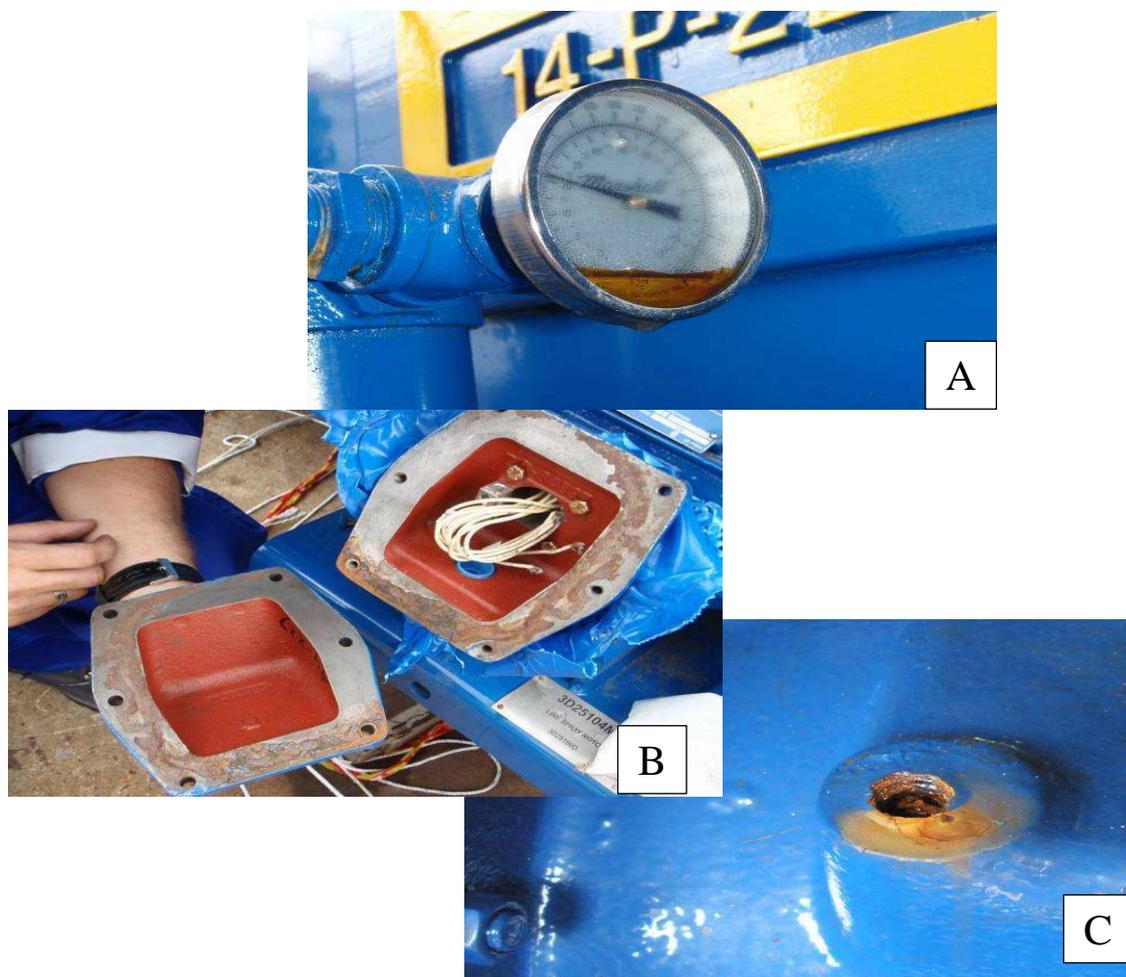


Figura 15 – Componentes sem preservação

**A) Instrumento danificado; B) Caixa de ligação;
C) Rosca de fixação.**

Equipamentos com necessidade específica como o exemplo da Figura 16, (aquecimento) foram solicitadas pelo fornecedor.



Figura 16 – Aquecimento na preservação

3.2.3.3. CIVIL

Rede de água de controle de emergência, Canhões monitores, Câmaras de monitoramento (CFTV), Detectores de gases, Salvatagem (armários com mascaras e roupas), Extintores e carretas de Pó químico, CO2 e Água Pressurizada, Sinalização aeronáutica e biruta, dentre outros.

Mobiliário, Equipamentos de cozinha, Esquadrias, Escadas, Estruturas metálicas, Telhados e coberturas, Pintura, Paredes e fechamentos, Paisagismo, dentre outros.

A preservação deve ser um item da medição e ter o valor considerado no orçamento do Empreendimento.

Quanto ao fim do processo de preservação e início da atividade de manutenção foi necessário observar os itens de segurança como prioridade, pois é nesse momento que o índice de acidentes é alto. O controle de energia aplicada, a sinalização identificando dos riscos, o treinamento prévio da equipe com o esclarecimento detalhado dos pontos críticos envolvidos foram determinados e executados.

3.2.4. DURANTE O CONDICIONAMENTO;

Foram elaborados e aprovados os procedimentos técnicos para os testes hidrostáticos, lavagem, sopragem, testes de malhas de instrumentação e capacitadas as equipes de cada disciplina para executar os teste e certificar.

Todos os equipamentos estáticos foram testados no campo após a instalação, inspecionados pela fiscalização e certificados, estes certificados deram origem aos prontuários de NR 13.

As tubulações sofreram o TH (teste hidrostático), foram lavadas, sopradas e remontadas com as juntas finais, com o controle de reapertos definidos pela engenharia.

A atividade de sopragem, foi executada com vapor utilizando um silenciador conforme a Figura 17.



Figura 17 – Sopragem

Para medir a qualidade da limpeza foi utilizada uma placa alvo de impacto para os resíduos conforme Figura 18. Que é subdividida em;

(1) Tubulação

- (2) Flange
- (3) Chapa de alumínio
- (4) Suporte

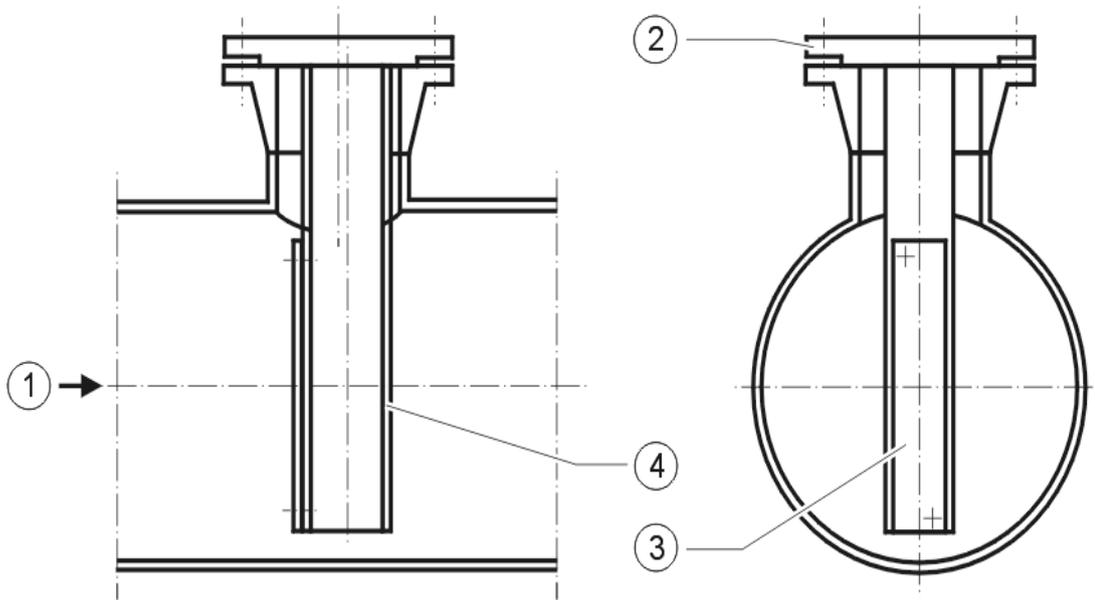


Figura 18 – Qualidade da Sopragem.

Nesta placa foi instalado uma chapa de alumínio (Figura 19) onde após a limpeza eram identificadas as partículas acumuladas na superfície e comparadas com o padrão necessário para aquele tipo de tubulação..



Figura 19 – Chapa de alumínio para impacto de partículas.

Os equipamentos rotativos (bombas e compressores) foram testados a frio com fluido de teste antes da liberação para os testes funcionais. Todos os instrumentos foram testados, e confirmados a funcionalidade. Após a conclusão dos testes a frio foi emitido e aprovado o CCM (Certificado de Completação Mecânica).

3.2.5. DURANTE A PRÉ-OPERAÇÃO;

Foi aplicada pelo cliente uma LV (lista de verificação) onde foram verificados as condições de montagem de todos os equipamentos, tubulações e instrumentos. Com esta LV identificou-se várias pendências que foram classificadas com impeditivas e não impeditivas para os testes funcionais. Uma equipe multifuncional foi montada para eliminar estas pendências levantadas e após a encerrarem as pendências impeditivas a autorização para testes de funcionamento (ATF) foi liberada pelo cliente.

Após as pendências impeditivas serem solucionadas e antes de o cliente autorizar o construtor a iniciar os testes de funcionamento, foi estabelecido o Controle de Energias, que com controles visuais, como etiqueta de identificação (Figura 20), travas em parafusos de flanges (Figura 21) que foram importante para segurança, possibilitando que as atividades de partida fossem desenvolvidas sem acidentes.



Figura 20 – Controle de energias.



Figura 21 – Controle de energias.

Após esta autorização inicia-se preparação para a fase de Pré-Operação, as atividades principais a serem desenvolvidas são:

- a) Planejamento da sequência de subsistemas a iniciar os testes funcionais; Em função das relações de interdependência entre subsistemas as atividades da pré-operação devem seguir a sequência definida na rede de precedência no cronograma de comissionamento, que tem como referência básica de subsistemas e sistemas operacionais
- b) Retirada dos itens de preservação;
Como a preparação implica na interrupção das atividades de preservação, deverão ser iniciados as atividades e os registros de manutenção.
- c) Foi realizado o raqueteamento e inversão das figuras oito;

Com base nos procedimentos aprovados previamente foram realizados os testes funcionais sem a ocorrência de nenhum acidente.

Como os insumos foram previstos e estava disponível para a execução da remontagem, foi rápida e atendeu a previsão planejada no cronograma.

Para o acompanhamento da operação assistida foram definidos os funcionários que fariam parte da equipe denominada APOP (apoio a operação) para executar serviços de *start up*.

Assim foi transferida a nova unidade ao cliente e deu início a operação assistida e ao teste de curta duração.

3.2.6. QUANTIFICAÇÃO;

Um atraso na partida do início da operação de um novo empreendimento resulta em um lucro cessante que pode ser quantificado de uma maneira simplificada.

Como exemplo o lucro líquido de uma empresa for de R\$ 98 milhões / ano, o lucro cessante por dia parado (ano comercial com 365 dias) será de R\$ 268.493,15 que para um dólar aproximado de R\$ 2,00 tem-se US\$ 134 mil / dia.

Por falta de preservação e início de operação sem os devidos cuidados citados no presente texto, peças podem ser danificadas, em alguns casos a perda de equipamentos e até acidentes fatais.

A tabela 1 apresenta custos aproximados de alguns parâmetros indicativos da relevância da aplicação do comissionamento em empreendimentos.

Tabela 1 – Custos aproximados da relevância da aplicação do comissionamento

PARAMETRO	VALOR	FONTE
Lucro cessante da Carbochloro S.A. baseado no lucro líquido.	US\$ 134,000 / dia (2003)	(a)
Lucro cessante VCP Votorantim baseado no lucro líquido.	aprox. US\$ 700 mil / dia (2006)	(b)
Lucro cessante Nutriplant Baseado no lucro líquido.	aprox. US\$ 200 mil / dia (2011)	(c)

continua

Tabela 1 – Custos aproximados da relevância da aplicação do comissionamento (continuação).

PARAMETRO	VALOR	FONTE
Investimento da Dow Química na nova unidade de poliestireno no Guarujá	US\$ 50 milhões	(d)
Conjunto Compressor Centrifugo com motor elétrico, filtros e selenciadores	aprox. US\$ 1.000 mil	Fabricante HBR
Compressor de gás com motor elétrico e unidade de óleo	US\$ 340 mil	fabricante Nea
Analisador de Óleo em Agua	aprox. US\$ 120 mil	Fornecedor Aselco
Trocador de calor de 7,75 x 2 x 2,8 m peso aprox. 17 ton.	aprox. US\$ 430 mil	Fabricante GEA
Vaso 7,7 x 2,1 x 2 m.	aprox. US\$ 70 mil	Fabricante GEA
Torre de resfriamento de agua com 4 células.	aprox. US\$ 250 mil	Fabricante Alfaterm
Bomba 400 LMN com base, guarda e motor.	aprox. US\$ 102 mil	Fabricante Flowserve
Custo de compensação (ajuste de conduta) causado por acidente pago pela Petrobras na década de 80 em Cubatão / SP	Construção do *CEPEMA	

a) Gazeta Mercantil Indústria & Serviços pag. A 11 - 22.04.2004

b) Site da Votorantim – acesso em 23.nov.2012

c) Valor *on Line* (1) – acesso 22.nov.2012

d) Valor *on Line* (2) – acesso 22.nov.2012

*CEPEMA – Centro de Capacitação e Pesquisa em Meio Ambiente

4. CONCLUSÃO

O atraso no início da operação, redução de produtividade, elevação de custo e o retrabalhos, encontrados no empreendimento da primeira empresa sem comissionamento foram minimizados na segunda empresa com a aplicação do conhecimento de engenharia de manutenção de maneira planejada ao longo do desenvolvimento de todo o empreendimento através das atividades desenvolvidas no comissionamento.

No segundo caso, o resultado positivo, onde a transferência do empreendimento para o cliente final foi realizada com confiabilidade, só foi possível devido ao controle de documentação do sistema de qualidade de comprovação da execução correta dos serviços executados com segurança.

Este conhecimento deve ser aplicado repetidas vezes em todos os novos empreendimentos para que no futuro, venham a obter baixo custo de operação e manutenção, gerando maior competitividade da indústria nacional.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R.O.; **Condicionamento e comissionamento dos sistemas elétricos da sonda Petrobras II 10000** – Vitória, ES – 2010.

BAILY, P.; FARMER, D.; JESSOP, D.; JONES, D.; **Compras princípios e administração** – Editora Atlas S. A. – 2000 – publicado originalmente na Grã-Bretanha em 1968.

BENDIKSEN, T.; YOUNG, G.; **Commissioning of Offshore Oil and Gas Projects: The Manager's Handbook**, Author House Publishers, 2005.

BLACKBURN, D; TIMOTHY; **Commissioning Fundamentals and a Practical Approach** – http://www.forship.net/conteudo/view?ID_conteudo=286 – Acesso em 8.jul.2012.

CARVALHO, A.; **Comissionamento de empreendimentos industriais** – ISA – RS – Porto Alegre, 2011.

FARES, F., MONTENEGRO, B., PRATES, A.; **Commissioning of Oil & Gas Projects – Current Status, Evolution and Trends**. em: Rio Oil & Gas 2010, Rio de Janeiro, Brazil, set 2010.

FORSHIP, Engenharia; **Comissionamento experiência e visão Forship** – FURG – Rio de Janeiro – 2010.

FRANCIS, R; **The End of the Beginning**. – *World Congress on Engineering Asset Management held at Conrad Jupiters, Gold Coast - Australia - 2006*.

GAZETA MERCANTIL INDÚSTRIA & SERVIÇOS – pagina A 11 – 22.abril.2004.

HORSLEY, D.; Process **Plant Commissioning, a User Guide, Institution of Chemical Engineering**, 1998.

LAROUSSE; **Enciclopédia Grande Larousse Cultural Ilustrada** - 1995.

LAST, K.; **Smooth Comissioning: How to get right from the beginning** –Georgia, USA – 2007.

MONTENEGRO, B.; **O Comissionamento durante as fases de construção de um empreendimento complexo**, em: *EPC News*, abril 2009.

MOUBRAY, J.; **Reliability-Center Maintenance** – Editora: *Butterworth-Heinemann - London, England* – 1991.

OLIVEIRA, M. P.; QUALHARINI, E.; Gestão de riscos na operação de plataforma de petróleo - **Congresso Nacional de Excelência em Gestão – julho de 2009.**

PINTO, A. K.; XAVIER, N. J.; **Manutenção: função estratégica** - 2. Edição Qualitymark - Rio de Janeiro- 2001.

POSSEBON, J.; **Investigação e análise de grande acidente industrial envolvendo tanques de álcool** - WORKSHOP OIT-174: Experiências e Práticas na Prevenção de Grandes Acidentes Industriais - Auditório do Centro Técnico Nacional da FUNDACENTRO – agosto de 2009.

PRATES, A.; **Inovações tecnológicas no comissionamento de projetos de Óleo & Gas.** em: *Revista TN Petróleo*, ano IX, num 50, 2006.

RICHARDSON, F.W.; HUNTER, P.; DIOCEE, T.; FISHER, J.; **Passing the Baton Cleanly** – *GasTech* - 2000.

SGS PID.; **Plano de comissionamento em instalações industriais website da SGS PID.** Página visitada em 21 de abril de 2012.

SLACK, N.; **Vantagem competitiva em manufatura** – Editora Atlas S. A. – 2002.

SHARMA, A; MOODY, P E; **A máquina perfeita** – Editora Pearson Education do Brasil - 2003.

STRAUSS, S.S.; **Estudo da influencia dos resultados da manutenção centrada em confiabilidade no desempenho de um equipamento industrial** – Santa Barbara D'Oeste – 2003.

SZKLO, A.S.; **Fundamentos do refino de petróleo** – Editora Interciência – Rio de Janeiro - 2005

TAVARES, L; CALIXTO, M; POYDO, P.R.; **Manutenção centrada no negócio** – Rio de Janeiro – 1973.

VALOR ON LINE (1); <http://www.valor.com.br/empresas/2904886/nutriplant-registra-lucro-liquido-de-r-109-milhoes-ate-setembro>- Acessado em 22.nov.2012

VALOR ON LINE (2); <http://www.valor.com.br/arquivo/246277/dow-quimica-inaugura-nova-planta-de-poliestireno-no-guaruja> - Acessado em 22.nov.2012

VOTORANTIM; <http://www.votorantim.com.br/pt-br/Noticias/listaNoticias/Paginas/061016LucroLiquidoDaVCPreg.aspx> - Acessado em 23.nov.2012

YAMADA, T.; Como avançar em 2 pilares de TPM – **Seminário internacional de TPM – JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance** – 1999.

WARD, C.; ANISKO, S.; OBERLAG, J.; DAVIS, M.; **Effective Commissioning Strategy** – *Pharmaceutical Engineering* –USA – 2007.