



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE – FANESSE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FABIOLA DOS SANTOS FERREIRA

**MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E
CONTROLE DO SISTEMA DE COMPRESSÃO DE GÁS**

**Aracaju – SE
2010.2**

FABIOLA DOS SANTOS FERREIRA

**MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E
CONTROLE DO SISTEMA DE COMPRESSÃO DE GÁS**

Monografia apresentada à coordenação do curso de Engenharia de Produção da FANESE, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza

Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arley Freitas

**Aracaju – SE
2010.2**

FABIOLA DOS SANTOS FERREIRA

**MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO E
CONTROLE DO SISTEMA DE COMPRESSÃO DE GÁS**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para cumprimento do estágio curricular e elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2010.2.

Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza
1º Examinador - Orientador

Prof. Esp. Kleber Andrade Souza
2º Examinador

Prof. MSc. Bento Francisco dos Santos Junior
3º Examinador

Aprovada com Média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2010

Ao meu amor: Antônio Carlos Junior e
aos meus melhores presentes de Deus:
Yan e Giovanna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos componentes da equipe da operação e da manutenção do ATP-SM pelo companheirismo e acesso dado às informações, especialmente a Rogério pela boa vontade em dividir tantos conhecimentos comigo.

Aos meus colegas de sala que fizeram esta caminhada menos cansativa e muito mais divertida!

Agradeço aos meus pais que mesmo estando distante fisicamente sempre confiaram no meu talento e na minha persistência. Em especial à minha mãe que durante muitas conversas ao telefone insistiu para que eu não desistisse e nem deixasse para depois.

Aos meus irmãos e irmãs que são meus exemplos de vida e que sempre me inspiram ser um pouco melhor a cada dia. Sempre quis ser mais inteligente e ter um coração tão bom como Nem, ser mais trabalhadora e esforçada como Guinho, dedicada e amorosa como Bebê, decidida e determinada como a Nêga e esperta e alegre como Binho.

Aos meus pais (Tony e Mary) e irmãos (Alan e Alex) adotivos, pelo amor, carinho, confiança e apoio incondicional nos momentos em que precisei muito e até nos momentos que precisei pouco. Muito obrigada!

Ao meu esposo e amor da minha vida Antônio Carlos. Certamente sem seu apoio e insistência eu não teria nem começado.... imagine ter chegado até aqui. Obrigado por está ao meu lado e encher minha vida de alegria.

Aos meus sobrinhos que enchem meus olhos e coração de alegria: Thiago, Laise, Fernanda, Joaquim e Clarinha. E aos meus filhos que chegaram pra dar um novo sentido à minha vida: Yan e Giovanna. Amo vocês demais!!!

Enfim, agradeço à Deus, por me amar imensa e incondicionalmente. Esse amor me faz ser forte para superar os obstáculos da vida e me faz lembrar que devo amar sempre mais.

“A terra que não é lavrada trará abrolhos e espinhos, ainda que seja fértil. Assim sucede com o entendimento do homem.”

Santa Tereza de Ávila

RESUMO

A necessidade de modernizar os equipamentos da planta para garantir melhoria no processo de monitoramento e controle do compressor de gás aliada à necessidade de atender às exigências da ANP quanto à regulamentação da queima de gás, gerou a decisão para a realização da modernização do sistema de monitoramento e controle do sistema de compressão de gás. Levando em consideração os altos custos envolvidos em projetos desta natureza foi necessário um período de estudo e análise da instrumentação utilizada no compressor. Foi discutida a possibilidade de permanência, manutenção ou substituição de alguns desses instrumentos. Após a realização desses estudos, foi dado início ao processo de aquisição de material para a realização da modernização, além de providenciadas compras e manutenções para que o projeto pudesse ser implementado com sucesso e segurança. Desta forma, o presente trabalho trata da modernização do sistema de monitoramento e controle do sistema de compressão de gás da plataforma de produção de petróleo número 1 do campo de Dourado.

Palavras chave: Compressor. Modernização. Instrumentação e Automação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Controle.....	17
Figura 2: Volume de Controle.....	17
Figura 3: Compressor Alternativo.....	21
Figura 4: Fluxograma de Engenharia - Compressor de PDO-1	35
Figura 5: Sucção e Descarga do Primeiro Estágio do Compressor C-100.....	37
Figura 6: Sucção e Descarga do Segundo Estágio do Compressor C-100	38
Figura 7: Instrumentos instalados no corpo do Compressor C-100.....	39
Figura 8: Chave de Temperatura do circuito de água	40
Figura 9: Visores e chaves de Fluxo.....	41
Figura 10: Chave de Temperatura do circuito de óleo	41

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Instalação do painel de CLP - Próximo ao compressor de ar.....	48
Foto 2: Instalação do painel de CLP - Próximo à escada no lugar do painel de alimentação	49
Foto 3: Instalação do painel de CLP - Próximo ao painel do Inversor de Frequência.....	49
Foto 4: Lançador de gás, classificando a área	50
Foto 5: Demarcação da Rota de Fuga da Plataforma	51

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FOTOS

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2 Justificativa	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Processo de Compressão	15
2.2 Aplicações de Compressores.....	17
2.3 Tipos de Compressores	18
2.3.1 Compressores dinâmicos	19
2.3.2 Compressores volumétricos.....	20
2.4 Instrumentação e Automação.....	21
2.4.1 Histórico da Instrumentação e Automação Industrial	22
2.4.2 Classe de Instrumentos.....	24
2.4.3 Sinais em instrumentação.....	25
2.4.4 Evolução da instrumentação e automação industrial	26
3 METODOLOGIA	29
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	30
4.1 Descrição das Instalações e Cenário Encontrado	30
4.2 Necessidade do Recondicionamento.....	31
4.3 Revamp do compressor C-100.....	32
4.4 Funcionamento Atual do Compressor de Gás C-100	34
4.4.1 Identificação e Descrição da Instrumentação utilizada no Compressor... ..	36
4.5 Definindo a nova Instrumentação do Compressor C-100.	42
4.6 Etapa de Execução da Modernização do Sistema de Compressão.....	46
4.6.1 Aquisição de material	47
4.6.2 Escolha da localização e instalação do painel de CLP.....	48
4.6.3 Manutenção dos instrumentos antigos	52
4.6.4 Instalação e testes dos instrumentos do Sistema de Compressão	52
5 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	56
ANEXOS	58
ANEXO A – Certificado de Validação de teste de malha - Digitais 1	59

ANEXO B – Certificado de Validação de teste de malha - Digitais 2..... 60

ANEXO C – Certificado de Validação de teste de malha - Analógicas 1..... 61

ANEXO D – Certificado de Validação de teste de malha - Analógicas 2..... 62

1 INTRODUÇÃO

Os processos automáticos já fazem parte do dia-a-dia das indústrias em todo o mundo, inseridos com o objetivo de aumentar a produtividade, reduzir os custos e eliminar erros humanos. A automação facilita o acesso à visualização dos dados de processo que, por sua vez, são coletados através de instrumentos que, a cada dia, ficam mais “inteligentes”, modernos e rápidos.

Os processos industriais são muito variados, abrangendo produtos diversos. Para que o controle automático seja eficaz, é necessário saber as condições em que o processo está operando, medindo as diversas variáveis de processo, para poder decidir (processar os dados medidos) como corrigí-las, ou seja, controlá-las, para que o produto final atinja às especificações desejadas.

A instrumentação e automação, que são utilizadas para a leitura de variáveis nos equipamentos, precisam ser estudadas e especificadas de acordo com as condições de processo. Somente assim será possível escolher o material, princípio de medição e de transmissão adequados para cada variável. Também é importante definir como será o controle e o monitoramento das máquinas.

Atualmente, o uso de compressores de gás na indústria está bastante difundido, com aplicações nos mais diversos tipos de processos industriais. O uso de compressores na indústria pode garantir ganhos econômicos e aumento de confiabilidade, caso a máquina opere dentro dos critérios estabelecidos e dentro do seu ponto ótimo.

O compressor é usado em várias fases de um processo e em diferentes funções, apresentando uma grande variação de tipos, formas e dimensões. Para o sistema de compressão obter um bom desempenho é necessário que seu projeto seja executado com o máximo de detalhes e especificações, tanto em termos de processo quanto de equipamento.

Para que o projeto do compressor seja adequado ao seu uso, é necessária uma avaliação do processo no qual este estará inserido, considerando variáveis de processo como, por exemplo, a pressão.

Na indústria petrolífera, o uso de compressores também é frequente e o aumento da extração do petróleo tendo como consequência o aumento da produção de gás é o grande propulsor no uso dessas máquinas.

Atualmente, existe uma forte preocupação com os aspectos ambientais em todo o setor industrial. O gás proveniente da extração de petróleo, por exemplo, que antes era queimado ou descartado na atmosfera indistintamente, agora deve obedecer a percentuais estabelecidos em normas e sua destinação deve ser adequada. Esta preocupação aumenta a necessidade do uso de compressores. Esse gás agora é usado em outro tipo de processo dentro da própria indústria ou, até mesmo, vendido para aplicações em outras indústrias.

Existe também uma preocupação com os equipamentos e acessórios que compõem um sistema de compressão de gás. Esses equipamentos, assim como seus acessórios devem ser constantemente monitorados e avaliados pela equipe de operação e manutenção, tendo como objetivo antecipar futuras intervenções, já que o mau funcionamento ou a parada de um deles pode também ocasionar parada do compressor (RODRIGUES, 1991; SILVA, 2009).

Tendo em vista a importância e o alto custo desse tipo de máquina na indústria, e analisando seus sistemas principais e subsistemas, é de grande relevância mantê-los em perfeito funcionamento utilizando ferramentas que garantam sua total disponibilidade e que auxiliem em sua manutenção e outras intervenções que se façam necessárias.

O presente trabalho relaciona aspectos do sistema de Automação e Instrumentação de um compressor de gás para que o monitoramento e controle do sistema de compressão sejam mais modernos e que possibilitem uma maior facilidade na detecção e solução de problemas operacionais.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Modernizar o sistema de monitoramento e controle do sistema de compressão de gás.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a instrumentação a ser instalada em um compressor de gás;
- Avaliar a necessidade de substituição dos instrumentos instalados atualmente no compressor de gás;
- Testar os instrumentos do sistema de compressão modernizado;

1.2 Justificativa

A diversidade dos instrumentos de coleta, transmissão e processamento de dados que estão sendo instalados nas plantas de produção industrial torna as instalações mais modernas a cada dia. A modernidade das instalações faz também com que alguns equipamentos de grande porte, como um compressor de gás, por exemplo, apesar de ainda operarem bem, fiquem ultrapassados tecnologicamente em relação à planta.

Ainda assim, algumas vezes, a compra de equipamentos novos e mais modernos, já adaptados às novas tecnologias, para substituir os equipamentos de grande porte já em uso na indústria é economicamente inviável, pois seu projeto e fabricação demandam muito tempo e dinheiro. Sendo assim, torna-se imprescindível

que haja uma modernização na forma de coleta, aquisição e transferência de dados dos equipamentos mais antigos.

Por este motivo, a modernização deste sistema é tão importante para o processo produtivo, já que além de contribuir com a prevenção ao meio ambiente, este trabalho permitirá um melhor monitoramento e controle da operação do compressor. Além disso, a realização deste trabalho garante o acesso remoto aos dados, a facilidade na detecção e na resolução de defeitos e falhas, aumentando, automaticamente, a disponibilidade do equipamento e a segurança do processo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este item apresenta conceitos e características necessárias ao entendimento global do sistema de compressão de gás e dos sistemas de instrumentação e automação envolvidos no processo de compressão de gás.

2.1 Processo de Compressão

Um conceito fundamental e que deve estar bem estabelecido é o conceito de Termodinâmica, já que esta é a ferramenta básica no estudo dos compressores que permitirá a análise e o entendimento dos efeitos sofridos pelo gás durante a compressão (RODRIGUES, 1991).

A termodinâmica é uma ciência que tem sua origem na antiguidade e seus estudos eram direcionados para a capacidade que um corpo quente tem de produzir trabalho. Atualmente, a termodinâmica trata da energia e das relações entre as propriedades da matéria. (MORAN e SHAPIRO, 2002).

A partir das observações experimentais realizadas e descobertas através do estudo da termodinâmica, foram formalizados três princípios básicos, conhecidos por primeira, segunda e terceira lei da termodinâmica. Hoje, essas leis e as propriedades termodinâmicas relacionadas a elas são aplicadas em vários processos industriais, inclusive no processo de compressão (WYLLEN, SONNTAG e BORGNAKKE, 1995).

As substâncias gasosas podem ser compostas por um único gás ou por uma mistura de gases diferentes.

“Uma substância pura é aquela cuja composição química é uniforme e invariável. Uma substância pode existir em mais de uma fase, mas sua composição química deve ser a mesma em cada fase” (MORAN e SHAPIRO, 2002).

Para uma melhor compreensão dos processos de compressão, é necessário que o conceito de sistema termodinâmico esteja bem entendido. De acordo com Wyllen et al (1995), “Um sistema termodinâmico é definido como uma quantidade de matéria de massas e identidade fixas, sobre a qual dirigimos toda nossa atenção”. Além disso, é possível definir como vizinhança tudo o que é externo ao sistema e definir como fronteiras do sistema tudo o que separa o sistema de sua vizinhança.

De acordo com Silva (2009), “Um processo termodinâmico pode ser definido como uma evolução no sistema, quando este passa de um estado inicial para um estado final”. Silva (2009) também explica que os processos termodinâmicos são diferenciados de outros processos devido ao seu caráter energético, de acordo com parâmetros como temperatura, pressão e volume, que são mantidos fixos.

Assim, é possível perceber facilmente porque os compressores industriais de gás possuem projetos diferenciados, tendo em vista que cada processo possui características peculiares de volume de gás, pressão e temperatura (RODRIGUES, 1991).

Se o sistema for definido como o objeto de estudo, a complexidade desse sistema também é definida pelo objeto de estudo. As interações entre o sistema estudado e sua vizinhança é uma fase importante no estudo da Termodinâmica.

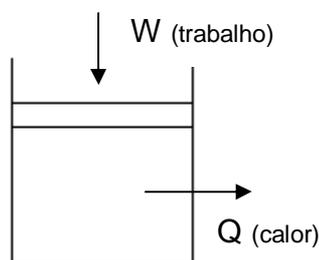
É importante diferenciar dois tipos de sistema: O sistema fechado ou massa de controle que se refere a uma quantidade fixa de matéria e o volume de controle que é uma região no espaço através da qual a massa pode escoar (MORAN e SHAPIRO, 2002).

O processo de compressão de gás, em função do dispositivo empregado, pode ocorrer em duas situações distintas. A primeira quando se tem um sistema de controle e a segunda quando se tem um volume de controle, como mostrado nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Observando a Figura 1, é possível notar que o gás comporta-se como um sistema fechado, ou seja, seu volume dentro do cilindro é reduzido pela ação do êmbolo móvel, porém a quantidade de massa permanece inalterável. Neste sistema,

também há variação na sua energia interna em função do calor e do trabalho trocados durante o processo.

Na Figura 2 existe uma situação diferente: é necessário o uso de uma máquina para provocar o escoamento do gás de um nível para outro de pressão, ou seja, a massa desse sistema varia. Dessa forma, é possível classificar essa máquina como um volume de controle, considerando que as propriedades do fluido não variam ao longo do tempo e que a vazão mássica é constante.



FONTE: Rodrigues, 1991

Figura 1: Sistema de Controle

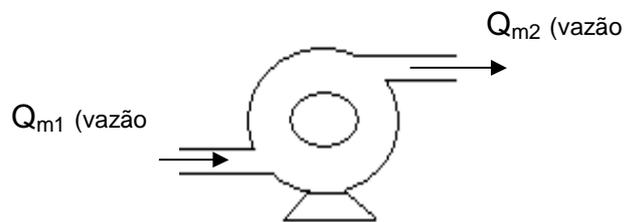


Figura 2: Volume de Controle

“A compressão em um sistema envolve apenas transferência de energia para a estrutura molecular do gás e sua natureza é puramente termodinâmica, diferentemente da ideia de volume de controle, que pressupõe a movimentação de um fluxo de gás simultaneamente à compressão.” (RODRIGUES, 1991, P.18)

2.2 Aplicações de Compressores

Compressores são máquinas que transferem a energia recebida do meio externo para o fluido utilizado, visando aumentar seu estado de energia interna. O processo de compressão pode ter como objetivos o escoamento de um gás com baixas variações de pressão ou que proporcionem a elevação da pressão de um gás, podendo chegar a centenas ou até milhares de atmosferas (RODRIGUES, 1991).

Conforme comenta Moran e Shapiro (2002), compressores são dispositivos nos quais o trabalho é realizado sobre um gás que os atravessa com o objetivo de elevar a pressão deste gás.

Atualmente, são utilizados tipos variados de compressores e cada tipo é construído para atender desde necessidades domésticas até as grandes indústrias e apresentam variados tamanhos e velocidade, atendendo, assim, às diferentes necessidades de seus consumidores, com tipos de volume e pressão também variáveis.

Os compressores podem ser aplicados em áreas bastante distintas. É comum seu uso para encher pneus de motocicletas e bicicletas, fabricação de vidros jateados, e envernizamento de superfície de madeira, em serviços de limpeza, jateamento ou acionamento de pequenas máquinas pneumáticas, por exemplo. Existem, também, os compressores destinados à refrigeração. Nesse caso, o fluido de operação é específico e as condições de sucção e descarga variam muito pouco (NEVES, 2009).

Na indústria, os compressores podem ser utilizados desde o suprimento de ar para alguns serviços na planta industrial até as condições de operação mais diversas, em que seu projeto, operação e manutenção dependem exclusivamente de seu uso na atividade industrial. O transporte de gases em pressões muito elevadas, conversão de energia mecânica em energia de escoamento e o controle de ponto de vaporização podem ser citados como exemplos (SILVA, 2009 e NEVES, 2009).

2.3 Tipos de Compressores

Os princípios de concepção em que se fundamentam todas as classes de compressores, de uso industrial, são dois: volumétricos e dinâmicos.

Os compressores dinâmicos classificam-se em centrífugos e axiais; enquanto os compressores volumétricos podem ser classificados como alternativos ou rotativos (Parafuso, palhetas e outros).

Segundo Rodrigues (1991), existem ainda outros tipos de compressores empregados na indústria, porém serão apresentados neste trabalho os principais tipos de cada classe e algumas vantagens no seu uso.

2.3.1 Compressores dinâmicos

O processo de compressão em um compressor dinâmico ocorre da seguinte forma: Há uma transferência de energia mecânica recebida do acionador através do impelidor do compressor para o gás por transferência de quantidade de movimento e de força centrífuga, que aceleram as partículas do gás, aumentando sua velocidade. Após cada impelidor, existe um difusor que direciona e freia a passagem do gás, transformando a energia cinética em energia de pressão (RODRIGUES, 1991).

De forma mais concisa, nos compressores dinâmicos há uma transformação de energia cinética em pressão, ou seja, inicialmente há um gasto de energia para movimentar o gás através de uma máquina e quando o gás perde velocidade, a pressão aumenta. O acionamento nos compressores dinâmicos pode ser feito por uma turbina a vapor ou a gás ou por meio de motores elétricos.

“Os compressores dinâmicos efetuam o processo de compressão de maneira contínua e, portanto correspondem exatamente ao que se denomina, em termodinâmica, um volume de controle” (RODRIGUES, 1991, p. 53).

Os compressores dinâmicos podem se subdividir em: Centrífugos e axiais, conforme comenta Rodrigues (1991) e Silva (2009).

Os compressores centrífugos foram usados amplamente nos anos 30, na compressão de ar da indústria siderúrgica. Somente a partir desta data passaram a ter outros usos com outros gases, incluindo o vapor d'água. Atualmente, os compressores dinâmicos são tão utilizados quanto os alternativos ou até mais. Em relação aos compressores axiais, os compressores centrífugos podem atingir altas taxas de compressão, em compensação, nos compressores axiais a vazão veiculada é bem maior, além de serem bem mais leves e compactos (JULIANI, 2003 apud MECABÔ, 2007).

2.3.2 Compressores volumétricos

Nos compressores volumétricos, também chamados de compressores de deslocamento positivo, o processo de compressão de gás acontece quando o gás é admitido em um cilindro ou uma câmara de pressão, cujo volume é reduzido por ação de um êmbolo (máquinas alternativas), engrenagens, paletas, lóbulos e etc., a cada ciclo. Neste tipo de compressor, quando o ar atinge a pressão de saída, abandona a câmara através de uma válvula de descarga. (SILVA, 2009).

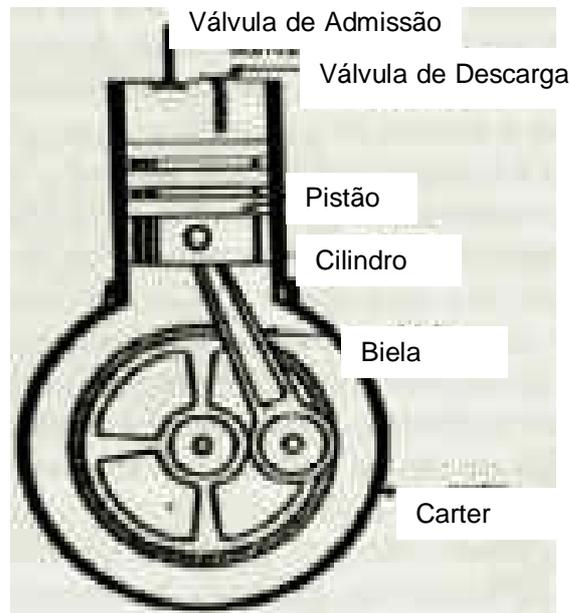
Na operação dos compressores volumétricos, podem ser identificadas várias fases que juntas e sequenciadas definem o ciclo de funcionamento deste compressor: primeiro uma determinada quantidade de gás é admitida em uma câmara de compressão, onde sofre redução de volume com a câmara já fechada. Após a redução de volume do gás, a câmara é aberta e o gás liberado para seu destino (NEVES, 2009).

Este é um processo intermitente, pois a compressão do gás ocorre em um sistema fechado, ou seja, não há contato com a sucção nem com a descarga do processo (RODRIGUES, 1991).

Esse tipo de compressor, geralmente, apresenta uma melhor eficiência para pequenas capacidades de volume, já que para maiores capacidades os vazamentos existentes em válvulas e selos, além do atrito mecânico dos componentes e o efeito pulsante do fluxo aumentam e limitam a capacidade do equipamento.

Os compressores alternativos diferenciam-se dos dinâmicos (centrífugos e axiais) por atingir altas taxas de compressão, porém em contrapartida, apresentam uma vazão mais limitada e um fluxo pulsante. Embora exijam maior espaço para instalação, esses compressores apresentam algumas vantagens em relação aos dinâmicos (JULIANI, 2003 apud MECABÔ, 2007):

- Menores custos de aquisição e manutenção:
- Maior simplicidade operacional
- Maior flexibilidade em termos de capacidade e razão de compressão.



Fonte: Rodrigues, 1991

Figura 3: Compressor Alternativo.

2.4 Instrumentação e Automação

A instrumentação é o ramo da engenharia que aplica e desenvolve técnicas para adequação, projeto, fabricação, especificação, montagem, operação e manutenção de instrumentos de medição, transmissão, indicação, registro e controle de variáveis físicas em equipamentos industriais (RIBEIRO, 2005).

“Automação é um sistema de equipamentos eletrônicos e mecânicos que controlam seu próprio funcionamento, quase ou totalmente sem a intervenção do homem. Automação difere da mecanização pelo fato de que a mecanização consiste simplesmente no uso de máquinas para realizar um trabalho, substituindo assim o esforço físico do homem. Já a automação possibilita a realização do trabalho com máquinas controladas automaticamente, ou seja, as máquinas são capazes de se regularem sozinhas” (OLIVEIRA, 2009).

Toda e qualquer indústria necessita que seus processos sejam medidos e controlados, de forma que seu produto final atenda as especificações requeridas. Para atender às necessidades da indústria, é necessário conhecer, medir, acompanhar e controlar as variáveis de processo. As principais vantagens da instrumentação estão relacionadas com a qualidade e com a quantidade dos

produtos, fabricados com um maior nível de segurança, como comentam Ribeiro (2005) e Bega et al (2006).

As variáveis de processos são condições que afetam o desempenho do processo e que podem alterar a característica do produto final. As mais conhecidas são: nível, pressão, vazão e temperatura. Porém, as variáveis que devem ser medidas e controladas dependem somente do tipo de processo a ser analisado e controlado (BEGA *et al*, 2006).

Para um sistema de controle automático, a variável de processo é medida de forma contínua e é automaticamente comparada com um valor de referência. O erro obtido da diferença da comparação entre o valor medido e o valor de referência é utilizado para controlar o processo (alterando os valores de outras variáveis ou de um elemento final de controle, como uma válvula ou motor) sem a interferência do homem.

2.4.1 Histórico da Instrumentação e Automação Industrial

“Historicamente, a Automação Industrial percorreu um longo caminho até chegar ao estágio atual. O controle manual é considerado como o início da Automação Industrial, quando o homem, através de seu esforço muscular controlava os processos, fechando e abrindo válvulas, ao verificar o aquecimento de uma tubulação de água, por exemplo. Após esse período, a automação passou pelo uso da máquina para substituir o esforço muscular do homem, pelo controle automático através da malha fechada, evoluiu com o controle PID, passando ainda por outros, até chegar ao controle “expert”, que se utiliza de conceitos de inteligência artificial”. (RIBEIRO, 2005)

No início, o homem ainda não conhecia os meios para se obter a energia a partir da matéria. Foi ainda na pré-história que o homem teve as primeiras iniciativas para mecanizar atividades manuais. Invenções como a roda, o moinho movido por vento ou força animal e as rodas d'água demonstram a criatividade do homem para poupar esforço. Desse modo, a energia era fornecida pelo próprio trabalho humano ou pelos trabalhos de animais domésticos (VIANA, 1999).

No século XVIII, com a criação das máquinas a vapor, conseguiu-se transformar a energia da matéria em trabalho. Porém, o homem passou apenas do trabalho puramente braçal ao esforço mental, ou seja, ainda cabia ao homem o

esforço de tentar controlar o trabalho, para isto ele utilizava-se de toda a sua intuição e experiência. Somente na segunda metade do século XVIII, a automação ganhou destaque na sociedade quando o sistema de produção agrário e artesanal transformou-se em industrial. Os sistemas inteiramente automáticos surgiram no início do século XX, quando a tecnologia da automação passou a contar com computadores, servomecanismos e controladores programáveis (VIANA, 1999).

A necessidade de aumentar a produção, aumentar a produtividade e também porque o homem não conseguia manter o controle a contento devido à complexidade dos processos, precisão e aumento do nível de perigo, provocaram uma série de inovações tecnológicas que deram origem ao chamado “controle automático”.

De acordo com Oliveira (2009), o primeiro controlador automático industrial foi desenvolvido por James Watts em 1788: o regulador centrífugo para o controle de velocidade das máquinas a vapor, que poder ser considerado um dos primeiros sistemas de controle com realimentação.

No campo do controle não houve mudanças até 1868, quando Clerk Maxwell, utilizando o cálculo diferencial, estabeleceu a primeira análise matemática do comportamento de um sistema máquina-regulador. Outros reguladores e servomecanismos só apareceram por volta de 1900. Durante a primeira guerra mundial, N. Minorsky escreve um artigo intitulado “Directional Stability of Automatically Steered Bodies”, quando cria o servocontrole baseado na realimentação para a manutenção automática das rotas dos navios (VIANA, 1999).

Os computadores são o alicerce de toda a tecnologia da automação contemporânea. Com o desenvolvimento tecnológico, foi possível colocar milhares de transistores em uma pastilha de silício muito pequena, o que resultou no circuito integrado (CI). Os CIs abreviaram o caminho para o desenvolvimento de sistemas complexos de automação. Desde então, o progresso do controle automático foi muito rápido, conforme argumentado por Bega et al (2006).

Houve também uma grande evolução nos instrumentos propriamente ditos. Inicialmente eles eram analógicos e as decisões relativas ao processo eram tomadas pelo operador que estava sempre acompanhando as variáveis medidas.

Atualmente, os instrumentos são microprocessados e capazes de medir e avaliar os processos tomando, eles próprios, as decisões.

2.4.2 Classe de Instrumentos

Nas plantas industriais, é comum encontrar combinações diversificadas de instrumentos desempenhando funções diferentes para um controle adequado dos processos industriais. Esses arranjos podem ser simples ou até mesmo muito complexos, dependendo basicamente do tipo de instrumento encontrado. Para uma compreensão total dos arranjos utilizados, faz-se necessário analisar os instrumentos de acordo com sua função. Segundo Bega et al (2006), os instrumentos podem ser classificados em:

A Instrumentos Indicadores

São instrumentos que possuem indicador local onde podem ser lidos os valores de uma determinada variável de processo. Como exemplo, é possível citar os termômetros e manômetros em escala graduada e também transmissores de pressão, temperatura e outros que disponibilizam indicação local.

B Instrumentos Cegos

São aqueles que não têm um dispositivo indicando o valor da variável de processo. Como exemplo, podem ser citados os transmissores de pressão, temperatura e outros que não possuam indicação local, além dos instrumentos de alarme como os pressostatos e termostatos.

C Instrumentos Registradores

Estes instrumentos registram os valores da variável medida armazenando seus valores. O armazenamento pode ser feito de forma digital ou através de traço contínuo ou pontos.

D Elementos Primários

Esses elementos estão em contato direto com a variável de processo e sentem primeiro o valor desta variável. “Eles utilizam ou absorvem energia do próprio meio para fornecer ao sistema de medição uma resposta em função da variação da medida/controlada” (BEGA et al, 2006).

E Transmissores

Esse tipo de instrumento tem a função de transmitir o valor da variável de processo, sentida através do elemento primário. Geralmente, produz uma saída proporcional ao valor medido. Neste tipo de instrumento o elemento primário pode ou não fazer parte do transmissor.

F Conversores

São dispositivos que recebem um sinal de outro instrumento (o sinal pode ser pneumático ou eletrônico, por exemplo) e convertem-no em um sinal de saída padrão diferente do sinal de entrada.

G Controladores

Esses instrumentos comparam o valor da variável a ser controlada com um valor pré-determinado, chamado de *set-point* (ponto de ajuste), para exercer uma ação corretiva na variável de processo, mantendo-a no valor desejado.

H Elementos Finais de Controle

São equipamentos que atuarão de forma a modificar a variável manipulada de acordo com o sinal que recebem dos controladores.

2.4.3 Sinais em instrumentação

Oliveira (2009) comenta que os principais sinais utilizados na instrumentação são:

A Sinais Contínuos

São sinais analógicos que podem ser pneumáticos (pressão 3 a 15 psi) ou eletrônicos (corrente, 4 a 20 mA e tensão 1 a 5 Vcc). Outro tipo de sinal analógico bastante usado é o sinal em mV, obtido em termopares.

B Sinais discretos

São sinais que só assumem dois estados: verdadeiro ou falso, aberto ou fechado. Esses sinais são provenientes de chaves de campo (chave de nível, de pressão, de temperatura, fim de curso), alarmes e sistemas de segurança.

2.4.4 Evolução da instrumentação e automação industrial

Na evolução da instrumentação é possível observar pontos nítidos em seu desenvolvimento e “ondas” distintas em sua evolução. O conceito de onda fica claramente percebido com uma breve observação do desenvolvimento da instrumentação no tempo, já que ao longo do caminho há repetição periódica e retorno de filosofias passadas (RIBEIRO, 2005).

Ribeiro (2003) também comenta que as ondas podem ser definidas em onda analógica (pneumática ou eletrônica), digital (centralizada compartilhada e distribuída compartilhada).

2.4.4.1 Onda Analógica

Pneumática

A instrumentação analógica pneumática surgiu como uma evolução natural da instrumentação mecânica e pode ser definida como “primeira onda da instrumentação”. Os primeiros instrumentos mecânicos eram de uso local e serviam apenas para fornecer indicações e registros locais para a monitorização do processo pelos operadores espalhados por toda a área da planta.

A criação do sinal pneumático padrão (20 a 100KPa – 0,2 a 1Kgf/cm² ou 3 a 15Psi) disponibilizou funções de indicação, registro, transmissão, alarme e controle, tornando possível a centralização do controle em salas específicas.

Eletrônica

A onda Analógica Eletrônica aconteceu devido ao aparecimento do sinal padrão eletrônico de 4 a 20 mA e ao aparecimento dos instrumentos eletrônicos analógicos miniaturizados, que efetivamente possibilitaram o uso definitivo da sala de controle centralizada, aumentando o número de instrumentos.

Todas as funções disponibilizadas pelo sinal pneumático também eram possíveis aqui, porém, com um melhor tempo de resposta, uma maior flexibilidade e um aumento na distância de transmissão.

2.4.4.2 Digital

Centralizada Compartilhada

A terceira onda se situa entre 1960 e 1980: eletrônica digital compartilhada, ligada à grande esperança do desenvolvimento dos computadores digitais.

Neste período, as informações relacionadas com o processo convergiam para o computador. Esta terceira onda é caracterizada pelo uso do computador digital, não somente como ferramenta de controle, mas como ferramenta de análise, o que levou ao uso das equações de fase do estado. Este enfoque permite uma exorbitância da função de controle, possibilitando a implementação da otimização do controle, da programação linear e dinâmica.

Distribuída Compartilhada

A quarta onda refere-se à onda Digital Distribuída Compartilhada. Ela é caracterizada pelo uso intensivo e extensivo de microprocessadores em todos os equipamentos de um sistema de instrumentação devido a grande redução de custo da memória e do equipamento de processamento de dados. A redução destes custos abriu o caminho para a distribuição da "inteligência" entre as diferentes fases do processo e para a seleção de cada tarefa do processador mais apropriado.

3 METODOLOGIA

O método científico consiste em um conjunto detalhado de etapas sequenciadas que pesquisam técnicas científicas de modo que possam se executadas com o objetivo de investigar fenômenos para obter conhecimentos de forma mais confiável (GIL, 1999)

Segundo GIL (1999), a pesquisa pode ser classificada quanto à abordagem, quanto aos objetivos e quanto aos meios.

Conforme a abordagem trata-se de uma pesquisa qualitativa, observando que o objetivo do estudo é a análise de compreensão e interpretação do problema.

Quanto aos objetivos podemos classificar este estudo como descritivo, já que o mesmo descreve as características do objeto em análise sem a interferência do observador, através da observação e de técnicas padronizadas para a coleta de dados.

Para o entendimento consubstancial do tema proposto foi necessário muito tempo de estudo de documentos da empresa e do fabricante. Desta forma, analisado os meios, esta pesquisa é documental, apropriando-se a um estudo de caso, constatado pelo amplo estudo aprofundado e detalhado de um determinado objeto.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Descrição das Instalações e Cenário Encontrado

A plataforma de produção de petróleo localizada no campo de Dourado (PDO-1) é uma plataforma de produção de óleo e gás e atualmente possui 4 poços produtores e 2 injetores de água. Além destes poços, a plataforma PDO-1 recebe também as produções provenientes de plataformas PDO-2 e PDO-3 (via PDO-2), e do poço SES-121.

Toda a produção de PDO-1 é encaminhada para a plataforma PGA-3, onde é misturada com a produção do Campo de Guaricema e enviada para tratamento na Estação de Produção de Atalaia (EPA).

A produção de cada poço de PDO-1 é encaminhada para o *header* (conjunto de válvulas) de produção na própria plataforma, quando junta-se com as demais produções e segue para a malha de oleodutos, escoando até a EPA. Na EPA ocorre a separação e o tratamento dos fluidos. Esta produção pode ainda ser desviada para o *header* de testes, seguindo para o sistema de testes e em seguida retornando (novamente misturados o óleo e o gás) para a corrente de produção. A seleção entre os *headers* de produção e de testes é realizada manualmente.

A produção multifásica (gás + óleo + água) quando trazida à superfície é encaminhada para dois vasos separadores de óleo (SO-038 e SO-095). Estes vasos são utilizados para separação da fase líquida e da fase gasosa para testes de poço, ou seja, medição da produção de óleo e de gás de cada poço, exigência da ANP (Agência Nacional de Petróleo). Após os SOs, as linhas da fase líquida e da fase gasosa unem-se novamente para a transferência da produção total para terra.

A plataforma de produção PDO-1 possui ainda um sistema de repressurização, devido à existência de poços com produções em baixas pressões, composto por um tanque de “surge” (TQ-100), duas bombas de emulsão (BP-12251

e BP-12252) e um compressor de gás (C-100). O gás proveniente dos separadores de testes é pressurizado no C-100, enquanto a emulsão é recebida no TQ-100, do qual é bombeada pelas BP-12251 e BP-12252 – ambas as correntes juntam-se ao restante da produção e seguem para o oleoduto que as transporta até a Plataforma 3 do campo de Guaricema (PGA-3).

Como alguns dos poços produtores de petróleo desta plataforma produzem a pressões diferentes, existe uma grande dificuldade em transferir a produção dessas plataformas para a estação de terra, já que o oleoduto que leva a produção para a estação de terra trabalha à alta pressão. Dessa forma, o gás produzido tem dois caminhos a percorrer: é comprimido para a pressão do oleoduto e enviado à estação de terra junto com a produção dos demais poços ou pode ser queimado através do *flare* (sistema de queima de gás) em caso de indisponibilidade do compressor C-100.

O compressor de gás C-100 de PDO-1 (compressor SULZER K140 2C) é um compressor alternativo que foi fabricado para operar em ambientes de temperaturas baixas como nos países europeus, de modelo muito antigo, não mais produzido pelo fabricante.

4.2 Necessidade do Recondicionamento

Mesmo já tendo sofrido várias alterações há alguns anos atrás, o compressor C-100 de PDO-1 estava operando abaixo de sua capacidade e com algumas limitações fazendo com que apenas uma parte do gás produzido fosse comprimido e enviado para o oleoduto de produção e a outra parte fosse enviada pra a queima através do *flare*.

Porém, para atendimento da legislação a partir da exigência da ANP, que limita a quantidade de gás que deve ser queimada, e após estudos de viabilidade técnica e econômica, verificou-se que ao invés de adquirir um compressor novo e mais moderno, o compressor de gás C-100 de PDO-1 deveria passar por um processo de *revamp* (modernização, renovação, tornar mais eficaz) para que volte a

operar com sua capacidade total, atendendo assim aos requisitos legais que se façam necessários.

A plataforma de PDO-1 é uma plataforma muito antiga e apenas a injeção de água foi automatizada há alguns anos atrás, ficando os demais processos (produção, teste de poço e etc.) todos manuais. Já existe um projeto de automação total desta plataforma, porém, a previsão de implantação deste projeto é para daqui há 2 anos. Aguardar este prazo para dar continuidade a *revamp* do compressor torna-se inviável devido a sua importância para atendimento da legislação.

Apesar do prazo para implantação da automação total da plataforma realizar-se juntamente com o projeto de as-built tornar-se inviável, é possível, pelo menos, instalar o painel de CLP (Controlador Lógico Programável) que já está comprado e montado no laboratório do setor de implantação de Automação Industrial.

O painel de CLP está montado e pronto para atender toda a automação da plataforma de PDO-1. Porém, para a implantação completa da obra, ainda faltam materiais como: instrumentos, cabos e eletrocalhas, por exemplo. Sendo assim, a opção foi instalar o painel de CLP e interligar a ele apenas os instrumentos da automação do compressor C-100.

O CLP que foi escolhido já está programado com os dados da plataforma e pronto para ser instalado. Este CLP é de fabricação da Rockwell Automation e pertence à família SLC 500. Este CLP recebe sinais elétricos digitais e analógicos, realizando todo tipo de intertravamentos e controle utilizando a linguagem de programação ladder.

4.3 Revamp do compressor C-100

O *revamp* do compressor de gás de PDO-1 consiste no estudo adequado da instrumentação utilizada desde o projeto inicial do compressor. Essa instrumentação deve agora atender aos requisitos necessários para o

monitoramento remoto do compressor, assim como, uma avaliação custo-tempo-benefício das sugestões propostas.

Necessariamente, este *revamp* contemplará a substituição de alguns instrumentos pneumáticos por instrumentos eletrônicos mais modernos que possibilitem o monitoramento remoto através de sinal elétrico, além da implantação de um CLP, no qual serão concentrados estes sinais elétricos e o acompanhamento destas variáveis através de um sistema de controle e aquisição de dados (SCADA).

O CLP terá a função de controlar o processo de compressão avaliando os dados de processo através da instrumentação utilizada e controlando os elementos finais como válvulas solenóides, contactores e válvulas de controle. Este também disponibilizará esses dados ao operador através de uma IHM (Interface Homem Máquina) instalada na própria plataforma, que representa o processo graficamente e de maneira mais amigável, e do supervisório que concentrará os dados em uma sala de controle disponibilizando-o para supervisores e gestores através de uma rede de automação.

Para conhecer melhor o equipamento e seu funcionamento foi preciso executar o levantamento de dados do compressor, parte imprescindível na execução das atividades de recondição e modernização deste equipamento. Uma fase de suma importância deste levantamento foi avaliar e analisar a documentação existente do compressor C-100. Por ser um equipamento muito antigo, houve uma grande dificuldade no entendimento da documentação estudada já que havia apenas *book* impresso e antigo.

Essa documentação consta com data do ano de 1985, por isso grande parte dos desenhos do compressor estava ilegível e outras estavam amareladas e apagadas, além da dificuldade de entender parte da antiga simbologia. Ainda assim, foi de grande valia analisar estes documentos, pois nestes estão contidas as concepções do projeto inicial.

Outro fator relevante para um melhor entendimento do compressor C-100 e para identificação das peculiaridades desta máquina foi o contato com profissionais que trabalharam na instalação deste compressor e com alguns profissionais que trabalham ainda hoje com este equipamento. Este encontro de

informações enriquece os estudos e fundamenta as decisões futuras sobre possíveis trocas e substituições.

4.4 Funcionamento Atual do Compressor de Gás C-100

Atualmente, o compressor de gás de PDO-1 funciona com algumas restrições. O *cooler* (refrigerador) não consegue mais resfriar todo o gás comprimido. Por este motivo, foi instalado um bloqueio na linha de descarga do segundo estágio quando o gás passaria a ser resfriado, dessa forma, esse gás ao invés de entrar no cooler, segue para a linha de recirculação/saída.

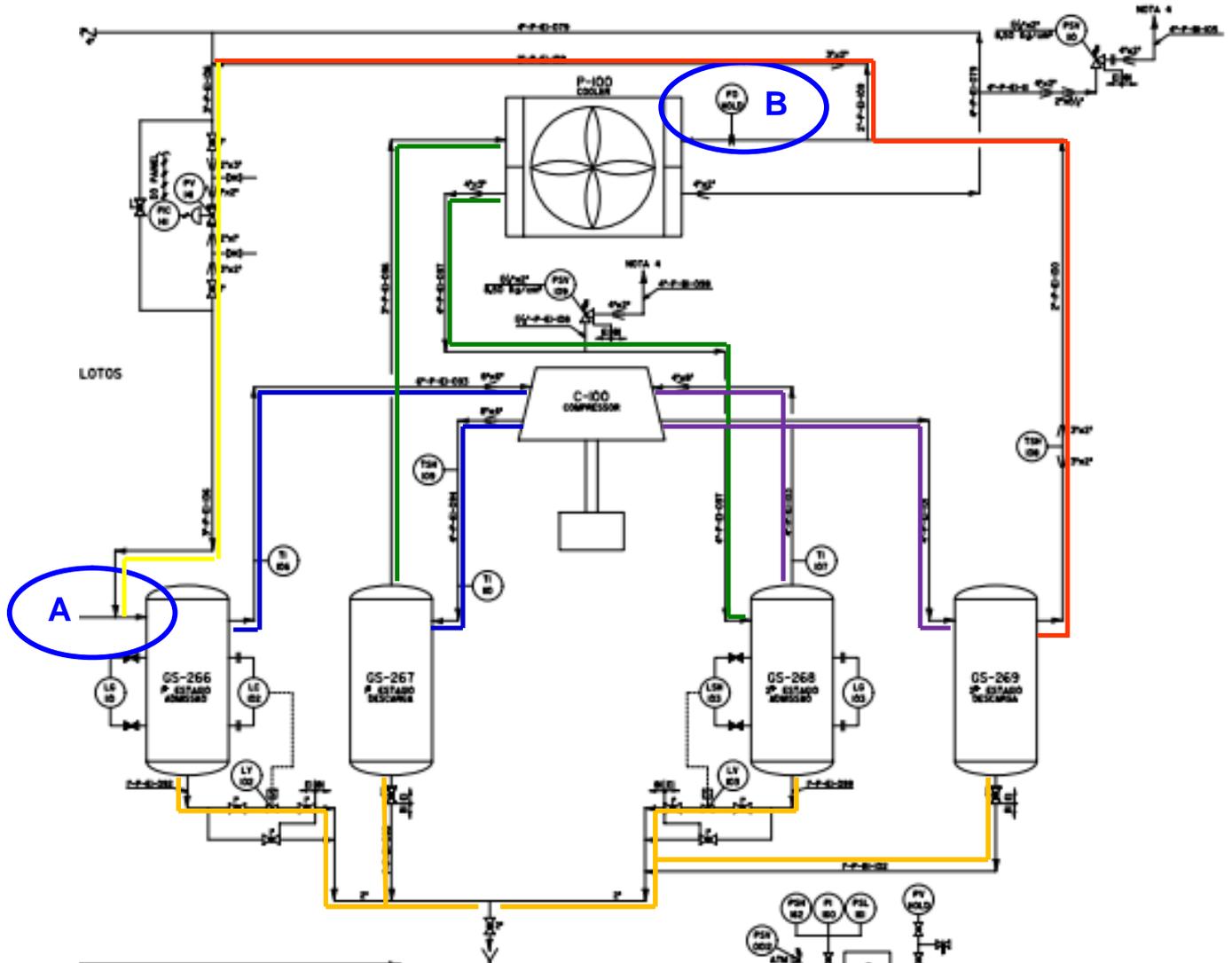
Após passar pelos vasos separadores de óleo – SO-038 e SO-095 – o gás já separado da emulsão passa também por um Gás Scrubber (GS-065) para que sejam drenados possíveis acúmulos de líquido.

A Figura 4 é uma representação esquemática do funcionamento desse compressor apresentando uma breve descrição do seu funcionamento.

Quando sai dos separadores de óleo (SO-038 e SO-095) o gás passa por um Gás Scrubber (GS-065) e entra no vaso responsável pela admissão do gás no primeiro estágio do compressor C-100, o GS-266. Saindo do GS-266, o gás entra no compressor e após ser comprimido vai para o GS-267 – Descarga do Primeiro Estágio. Este caminho pode ser observado na Figura 4 destacado em linha azul.

Através da linha verde é possível identificar o caminho que o gás realiza quando sai do vaso GS-267 e vai até o *cooler* P-100 para ser resfriado, assim como, a saída do gás do *cooler* para o vaso GS-268 (Admissão do Segundo Estágio). Do GS-268, o gás entra no compressor C-100 e após ser comprimido, vai para a descarga do segundo estágio (GS-269). Na figura 4, este caminho é visto pela linha lilás.

Na saída do GS-269, quando retornaria ao cooler para ser novamente resfriado, o gás é bloqueado por um flange cego e segue para a linha de saída/recirculação. Na Figura 4, essas linhas são representadas pela cor vermelha.



FONTE: PETROBRAS, 2009

Figura 4: Fluxograma de Engenharia - Compressor de PDO-1

Caso a pressão da linha de saída/recirculação esteja muito alta, a válvula de recirculação é aberta e o excesso de gás volta para a sucção do primeiro estágio. Esta recirculação está destacada em linha amarela. Uma outra linha, representada na Figura 4 pela linha laranja, liga a linha de dreno dos vasos, sendo que os drenos dos vasos GS-266 e GS-268, sucção do primeiro e segundo estágio, respectivamente, são automáticos, enquanto os drenos dos vasos GS-267 e GS-269, descarga do primeiro e segundo estágio, respectivamente, são manuais.

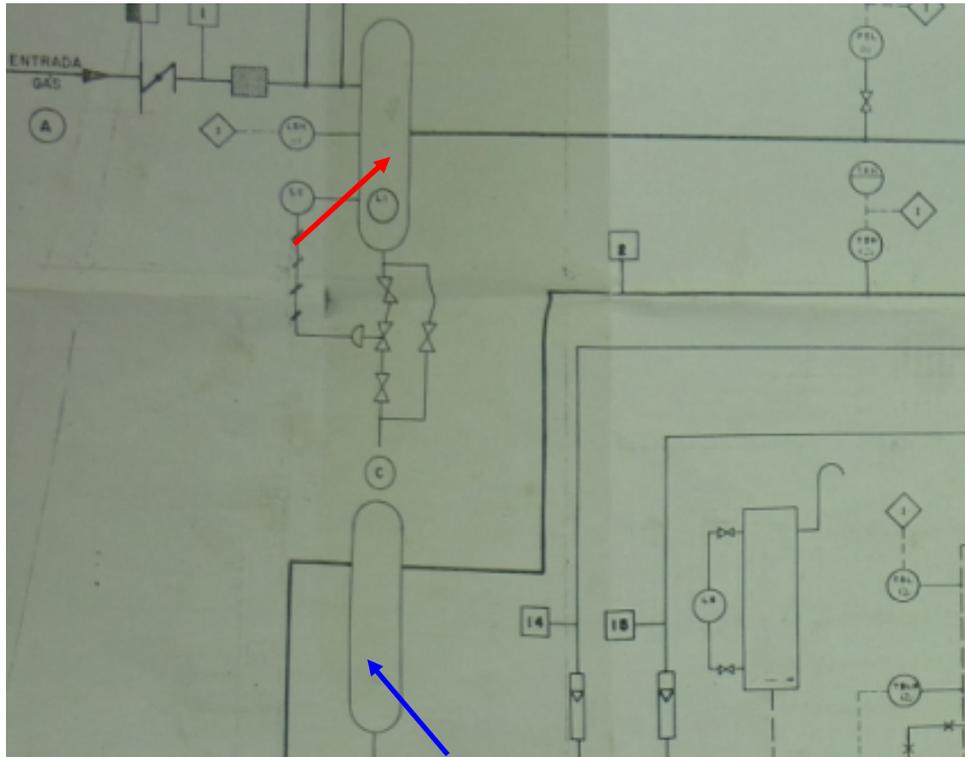
4.4.1 Identificação e Descrição da Instrumentação utilizada no Compressor

Para uma avaliação de como deverá ser tratada a instrumentação atualmente utilizada no compressor, faz-se necessária uma análise pormenorizada, verificando o tipo de instrumento utilizado e se este instrumento atenderá as novas definições que são sugeridas neste *as-built*. A tomada de decisão resultado dessa análise será quanto a manter, eliminar ou substituir o instrumento.

Para auxiliar esta tomada de decisão, deverá ser realizado um estudo completo sobre esses instrumentos. Neste estudo serão avaliados critérios como função, tecnologia e custos, por exemplo.

A identificação dos instrumentos utilizados no projeto inicial do compressor é de suma importância para o bom andamento deste *as-built*. Para projetar a nova instrumentação é preciso ter certeza de que os instrumentos atuais não atendem as novas necessidades da empresa e que é técnica e economicamente viável sua substituição. Para se obter um bom resultado nesta análise, é preciso iniciá-la pelo fluxograma original do compressor. Este fluxograma será apresentado por partes através de fotos na descrição do trabalho sempre que necessário.

A Figura 5 traz uma representação de parte do fluxograma de processo do compressor C-100. O vaso indicado pela seta vermelha representa o GS-266 – Sucção do Primeiro Estágio e o vaso indicado pela seta azul, representa o vaso GS-267 – Descarga do Primeiro Estágio.



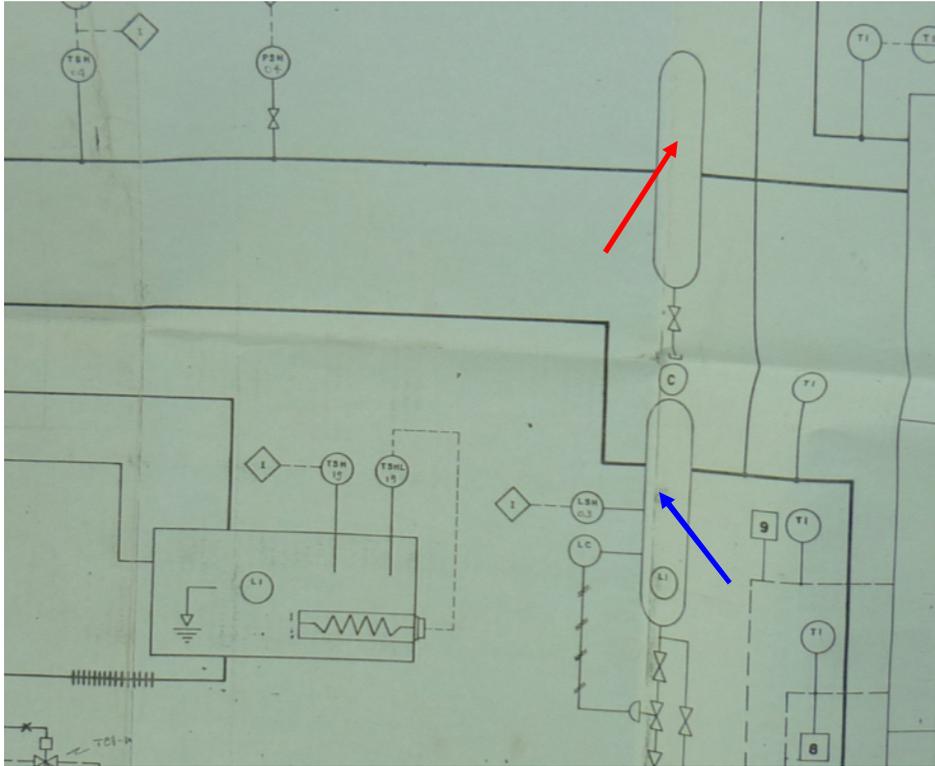
FONTE: Autor da Pesquisa

Figura 5: Sucção e Descarga do Primeiro Estágio do Compressor C-100

Os instrumentos instalados na Sucção e Descarga do Primeiro Estágio do Compressor são:

- 1 chave de nível tipo bóia instalada no GS-266 (LSH-001)
- 1 chave de Pressão tipo bourdon na linha de sucção (PSL-01)
- 1 válvula solenoide 1" para dreno do GS-266 (EV-01)
- 1 Visor de nível do GS-266 (LG-01)
- 1 Controlador de nível pneumático ligado à EV-01 para dreno automático (LC-01)
- 1 chave de temperatura tipo bulbo cheio na linha de descarga do Primeiro Estágio (TSH-02)

Na Figura 6 é possível identificar os instrumentos instalados na sucção e na descarga do Segundo Estágio do compressor. A seta azul indica o vaso de Sucção do Segundo Estágio, o GS-268, e a seta vermelha indica o vaso de Descarga do Segundo Estágio, o GS-269.



FONTE: Autor da Pesquisa

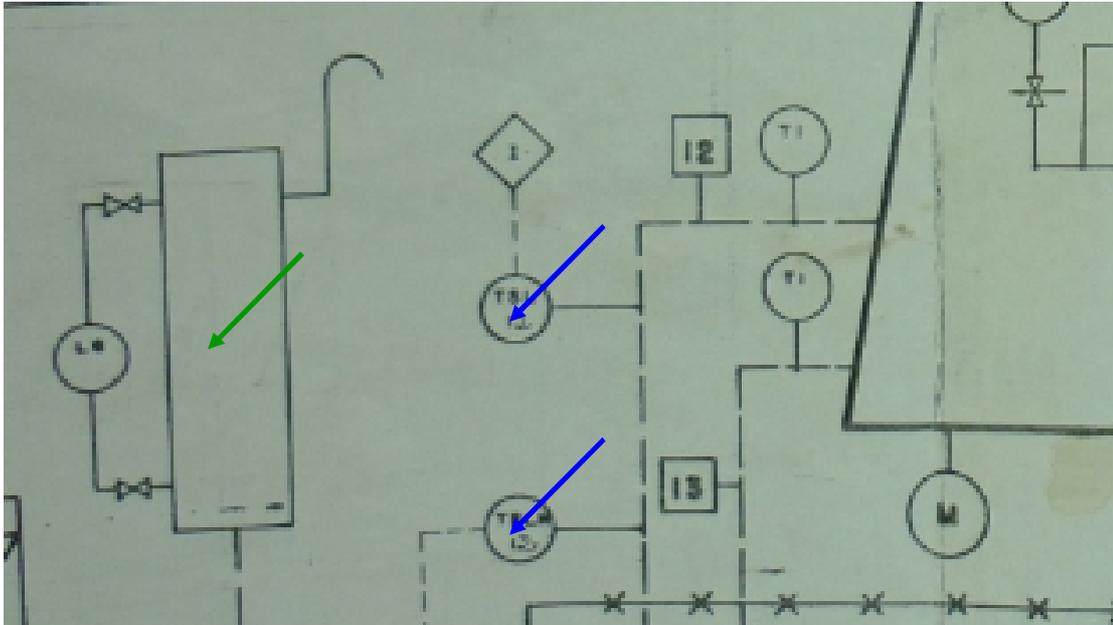
Figura 6: Sucção e Descarga do Segundo Estágio do Compressor C-100

Os instrumentos instalados na Sucção e Descarga do Segundo estágio são:

- 1 uma chave de nível tipo bóia instalada no GS-268 (LSH-03)
- 1 válvula solenoide 1" para dreno do vaso GS-268 (EV-03)
- 1 Visor de nível do GS-268 (LG-03)
- 1 Controlador de nível pneumático ligado à EV-01 para dreno automático (LC-03)
- 1 chave de temperatura tipo bulbo cheio na linha de Descarga do Segundo Estágio (TSH-04)
- 1 chave de pressão tipo bourdon na linha de Descarga do Segundo Estágio (PSH-04)

No corpo do Compressor também estão instalados alguns instrumentos. O símbolo indicado pela seta laranja na Figura 7 representa a bomba de óleo do sistema de compressão.

nível do reservatório de água. É possível identificar o reservatório de água na Figura 8 sinalizado pela seta verde. As setas azuis indicam a chave de temperatura com dois pontos de ajuste.

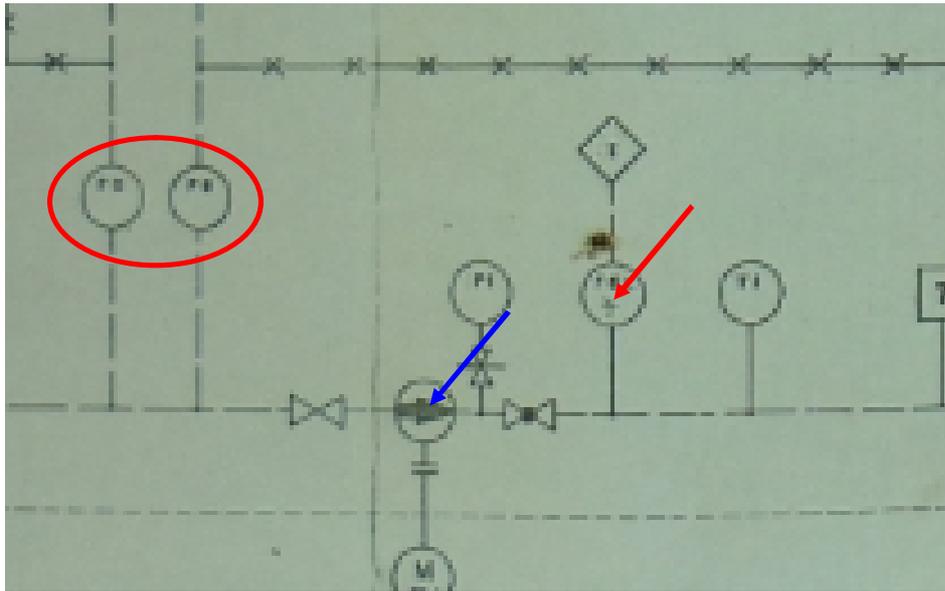


FONTE: Autor da Pesquisa

Figura 8: Chave de Temperatura do circuito de água

- 1 Chave de temperatura com dois pontos de atuação (TSL/TSLH-012)

Na Figura 9, sinalizado com um círculo vermelho estão os dois visores de fluxo do circuito de água e sinalizado com a seta vermelha fica a chave de fluxo do sistema de água. A bomba de água é mostrada na Figura 9 através da seta azul.

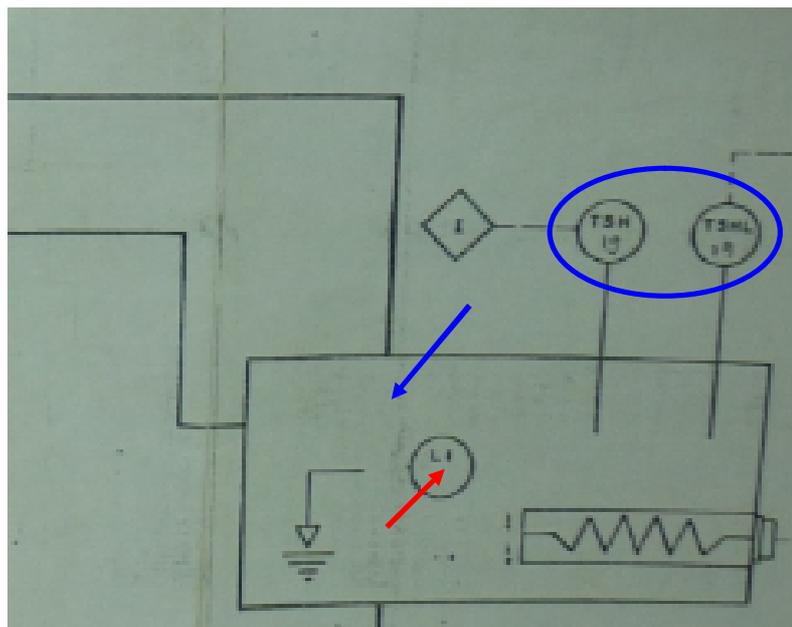


FONTE: Autor da Pesquisa

Figura 9: Visores e chaves de Fluxo

- 1 Chave de Fluxo do circuito de água (FSL-007)

Na Figura 10, a seta azul indica o reservatório de óleo e nele está instalada uma chave de temperatura com dois pontos de atuação e um indicador local de nível de óleo, identificados, respectivamente pelo círculo azul e seta vermelha.



FONTE: Autor da Pesquisa

Figura 10: Chave de Temperatura do circuito de óleo

- 1 Chave de Temperatura com dois pontos de atuação (TSL/TSH-019)

Um instrumento muito importante para o processo e que não pôde ser identificado pelo fluxograma de processo é a solenóide EV-024 que faz o controle de capacidade do compressor em 0, 50 e 100%. Apesar de não constar no fluxograma, este instrumento também será analisado em nossos estudos.

4.5 Definindo a nova Instrumentação do Compressor C-100.

Para a escolha dos novos instrumentos que substituirão os mais antigos foi necessário um período de análise dos instrumentos existentes no mercado, quando foi preciso observar a tecnologia utilizada, facilidade de instalação e manutenção e o custo da nova instrumentação. Depois dessas definições iniciou-se a especificação dos novos instrumentos de acordo com as necessidades do processo e com as delimitações de cada fabricante.

Uma observação importante é que sempre que for possível as chaves devem ser substituídas por transmissores ou estes devem ser colocados em redundância, dando uma maior confiabilidade ao processo devido ao maior número de recursos disponíveis neste tipo de instrumento.

Dessa forma, é importante conhecer alguns dados que devem ser considerados na aquisição de um novo instrumento. Como exemplos serão apresentados os principais dados de duas variáveis importantes: Pressão e Temperatura.

- **Os dados concernentes à variável pressão são:** Tensão de alimentação, Pressão de processo, Pressão de trabalho, Range do instrumento – Alcance, Faixa calibrada – Faixa de trabalho (máxima e mínima), Tipo de material a ser utilizado, Tipo de fluido de processo,

Conexões ao processo, Classificação de área e de invólucro, tipo de comunicação com o CLP e outros.

- **Os dados concernentes à variável pressão são:** Tensão de alimentação, Temperatura de processo, Temperatura de trabalho, Range do instrumento – Alcance, Faixa calibrada – Faixa de trabalho (máxima e mínima), Tipo de material a ser utilizado, Tipo de fluido de processo, Conexões ao processo, Classificação de área e de invólucro, qual o tipo de sensor utilizado, qual o tamanho do sensor, tipo de comunicação com o CLP.

Dentre os dados citados, é possível enfatizar a importância dos dados referentes ao processo, como pressão do processo, temperatura do processo, vazão do processo e tipo de fluido utilizado como sendo as mais importantes, pois de acordo com essas características serão definidos outros dados como tipo de material, alcance e outros.

A avaliação para a substituição dos instrumentos será feita de acordo com os questionamentos seguintes:

- ü O instrumento opera como esperado?
- ü Possui sinal elétrico que pode ser enviado ao CLP?
- ü Em que aspectos seu funcionamento poderia ser melhorado?
- ü Caso necessite substituição, essa troca é técnica e economicamente viável?

De posse desses questionamentos, foi possível constatar:

Chaves de Nível: As chaves de Nível LSH-01 e LSH-03, dos vasos de sucção do primeiro e segundo estágio, respectivamente, atendem perfeitamente ao processo e aos critérios de comunicação com CLP. Porém, essas chaves apresentaram fortes sinais de corrosão, podendo, futuramente, travar e comprometer o monitoramento e intertravamento do processo. A solução foi comprar novas chaves e recondicionar as chaves antigas para funcionar como

sobressalentes. Para facilitar a aquisição, foram especificadas as características técnicas para a compra:

- 2 chaves de nível duplo estágio (50 e 150 mm do flange superior), distância entre flanges de 550 mm, modelo CN-502-E-10-10, do fabricante Alpha;

Visores de Nível: Os visores de nível LG-01 e LG-03, dos vasos de sucção do primeiro e segundo estágio, respectivamente, atendem ao processo. A solução foi manter esses instrumentos instalados na planta e realizar manutenção nos mesmos.

Chaves de Pressão: As chaves de pressão PSL-01 e PSH-04, das linhas de sucção do primeiro e segundo estágio, respectivamente, estão muito deterioradas e não atendem aos critérios de comunicação com CLP. Existe também a possibilidade de melhorar o monitoramento e controle do processo substituindo as chaves por transmissores de pressão. A solução foi trocar as antigas chaves de pressão por transmissores de pressão, já que neste caso, a troca é economicamente viável devido à importância desses instrumentos para o processo. As características técnicas dos novos instrumentos são:

- 1 Transmissores de pressão manométrico – 0 -20 kgf/cm² (Rosemount 3051CG4A22B2AB4E8M5Q4Q8);
- 1 Transmissores de pressão manométrico – 0 -140 kgf/cm² (Rosemount 3051CG5A22B2AB4E8M5Q4Q8);

Chave de Pressão Diferencial: A chave de pressão PDSL-020, do circuito de óleo, está muito danificada e não funciona a contento. Neste caso também existe a possibilidade de melhorar o monitoramento e controle substituindo a chave por um transmissor de pressão. A solução foi substituir a chave de pressão diferencial por transmissor de pressão diferencial, já que neste caso, a troca é economicamente viável devido a importância desses instrumentos para o processo. As características técnicas do novo transmissor são:

- 1 Transmissor de Pressão Diferencial à -20 – 20 kgf/cm² (Rosemount 3051CD4A22B2AB4E8M5Q4Q8)

Indicadores de Pressão: Os PIs instalados no compressor estão, de forma geral, operando bem. Ainda assim, a sugestão é retirá-los para simples manutenção e reinstalá-los na planta.

Chaves de Temperatura: As chaves de Temperatura TSH-02 e TSH-04, da linha de descarga do primeiro e segundo estágio, respectivamente, a TSL/H-019, do circuito de óleo e a TSL/H-012, do circuito de água, ainda atendem ao processo e aos critérios de comunicação com CLP. Porém, com o objetivo de melhorar o monitoramento e intertravamento da temperatura, variável crítica neste processo, verificou-se a possibilidade de substituir esses instrumentos. A solução definida foi substituir as chaves de temperatura por transmissores de temperatura, facilitando o monitoramento local e remoto. Para facilitar a aquisição, foram especificadas as características técnicas para os novos transmissores que substituirão os termostatos, TSH-02, TSH-04, TSL/H-019 e TSL/H-012, respectivamente:

- 3 Transmissores de Temperatura – 0 -160 °C, ½" NPT (M), poço ¾" NPT x 6" (Rosemount 248HAI1A2ZRN050G40U160Q4);
- 1 Transmissor de Temperatura – 0 -100 °C, ½" NPT (M), poço ¾" NPT x 8" (Rosemount 248HAI1A2ZRN050G40U200Q4);

Chave de Fluxo: A chave de fluxo FSL-007, do circuito de água, está parcialmente danificada e seu funcionamento não é o esperado. A solução foi substituir a chave de fluxo por uma equivalente. As características técnicas do novo transmissor são:

- 1 Chave de Fluxo à Para tubulação 1" e conexão 1" NPT (F), com acionamento com 2 m³/h, contato seco, modelo CFD-G-10, do fabricante Alpha;

Solenóides: As solenóides EV-01 e EV-02, de dreno dos vasos de sucção do primeiro e segundo estágio (GS-266 e GS-268), respectivamente, assim como a solenóide de controle de capacidade EV-024 estão totalmente danificadas, sem condições de reparo. A solução escolhida foi substituir as solenóides de dreno dos vasos por solenóides novas que sejam drenadas automaticamente através de comando do CLP e a solenóide de controle de capacidade por uma de mesmo fabricante e modelo, já que sua fabricação é especial para esta função. Suas especificações técnicas são:

- 3 Válvulas solenóides à Material: Latão Forjado, 2 vias, diâmetro do orifício 25 mm, normalmente fechada, fluido gás natural, modelo X 8211B 78, do fabricante Ascoval, tensão de bobina 24 VDC;
- 1 Válvula solenóide à Ação direta, SST 316, 3 vias, diâmetro do orifício 5 mm, escape normalmente fechado, fluido óleo, bobina classe F, CV 0,4, modelo 2401127-A-0800, do fabricante Herion, tensão de bobina 24 VDC;

Controladores de Nível pneumático: Os controladores de nível pneumáticos LC-01 e LC-03 serão substituídos pelo CLP, que fará todos os controles e intertravamentos necessários para o processo.

4.6 Etapa de Execução da Modernização do Sistema de Compressão

Para a conclusão da modernização do Sistema de monitoração e Controle do compressor de gás da Plataforma de petróleo PDO-1, é preciso executar e consolidar tudo o que foi amplamente estudado, analisado e definido, de modo que os testes deste sistema possam acontecer de forma harmônica e organizada.

Para isto as etapas foram definidas e planejadas de acordo com a disponibilidade, a cooperação e a integração das equipes (pessoas e empresas envolvidas) que atuarão neste processo e de acordo com a capacidade de salvatagem da plataforma.

Dessa forma, as atividades foram assim definidas:

- Providenciar a aquisição dos novos instrumentos;
- Definir localização do painel;
- Providenciar a compra de cabos, eletrocalhas e demais materiais;
- Providenciar a retirada dos instrumentos a serem reconicionados;
- Reconicionar os instrumentos;
- Instalar painel de CLP e suportes para instrumentos;
- Instalar instrumentos;

- Testar instrumentos;

4.6.1 Aquisição de material

De posse da análise dos instrumentos foi possível definir uma estratégia de aquisição para estes equipamentos a partir das opções que a empresa dispõe, Já que uma das grandes preocupações da equipe responsável pela realização da modernização deste sistema de monitoramento e controle é a aquisição do material. O processo de compra de material pela Petrobras é longo e pode durar meses, exigindo muito tempo.

Outro fator observado é que no quadro de funcionários da manutenção não é possível deslocar pessoal próprio para a realização desta etapa (instalação e testes de malha dos novos instrumentos), pois a execução deste trabalho prejudicaria o andamento normal da equipe de manutenção de instrumentação do ATP-SM ao atendimento às Ordens de Manutenção do pólo marítimo.

Tendo em vista que este projeto precisa ser executado com a máxima urgência possível, foi decidido que os instrumentos seriam adquiridos no contrato de instalação dos mesmos.

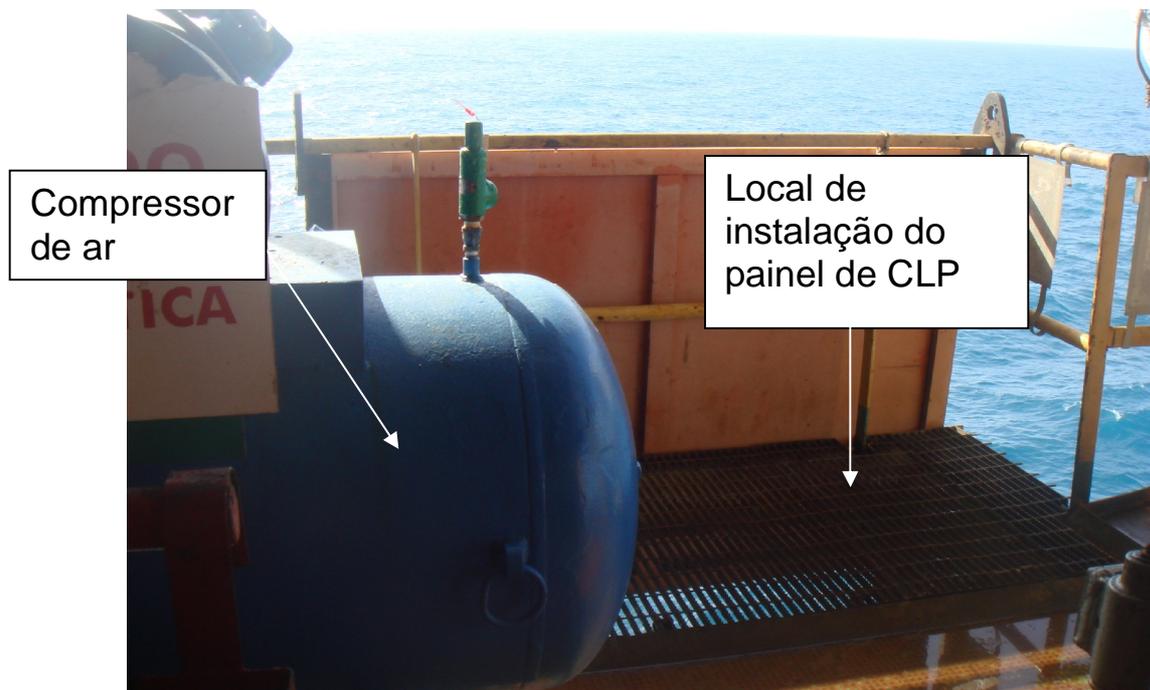
A dificuldade de encaminhar a execução deste trabalho à equipe da manutenção de Instrumentação da área marítima reforça em mais um ponto a opção escolhida de contratar os serviços de compra, testes de malha e instalação elétrica destes equipamentos, envolvendo todo o ferramental e material (cabos, eletrocalhas, terminais e etc.) necessário para a realização desta atividade com uma empresa especializada, que foi definida por meio de licitação.

Para auxiliar as definições básicas (instalação de instrumentos e material) foi necessária uma visita à plataforma PDO-1 em conjunto com empresa contratada pela manutenção e com o profissional do setor de projetos, responsável pelo painel de automação para algumas verificações (ferramental necessário, espaços, dimensões, quantidade de cabos e etc.) *in loco*.

4.6.2 Escolha da localização e instalação do painel de CLP

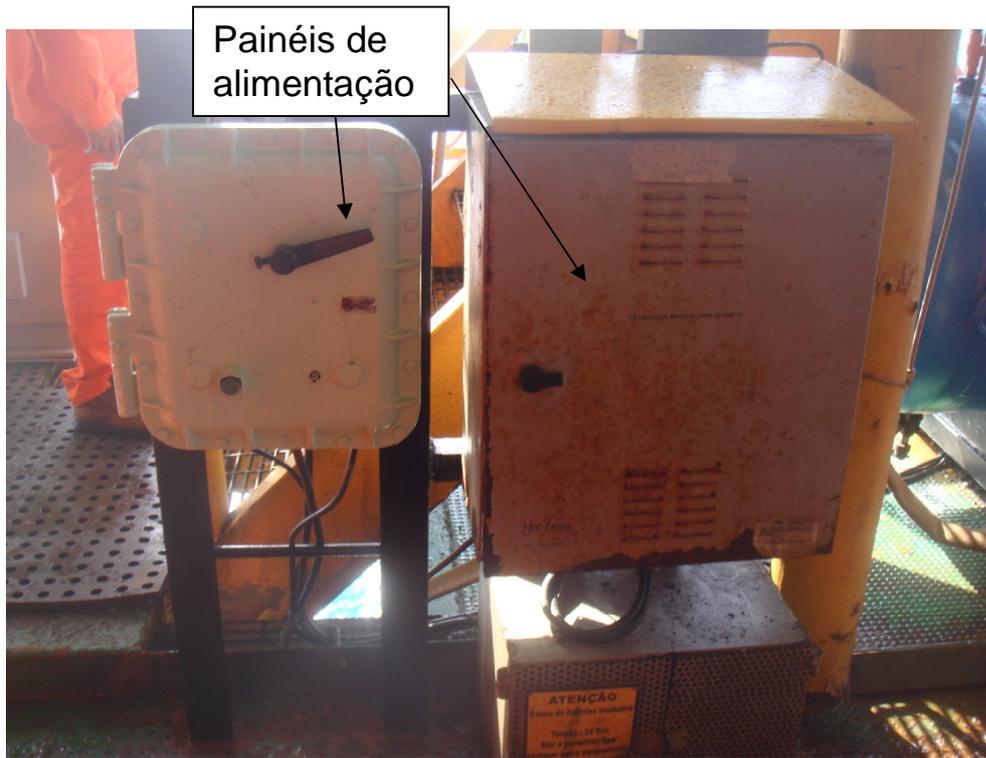
Na plataforma PDO-1 foi comprovado o primeiro problema a ser enfrentado: espaço. O painel de CLP que será instalado tem 84 centímetros de profundidade, 120 centímetros de largura, 200 centímetros de altura e porta dupla, requerendo um grande espaço para sua instalação e seu posterior acesso para intervenções e manutenção.

Para este primeiro desafio foi identificado 3 lugares onde o painel poderia ser instalado: Próximo ao compressor de ar – Foto 1; Próximo à escada, no lugar do painel de alimentação – Foto 2 ou Próximo ao painel do Inversor de Frequência – Foto 3.



FONTE: Autor da Pesquisa

Foto 1: Instalação do painel de CLP - Próximo ao compressor de ar



FONTE: Autor da Pesquisa

Foto 2: Instalação do painel de CLP - Próximo à escada no lugar do painel de alimentação



FONTE: Autor da Pesquisa

Foto 3: Instalação do painel de CLP - Próximo ao painel do Inversor de Freqüência

Das três opções disponíveis, a melhor solução visualizada pelo grupo seria a primeira, pois o espaço disponível era suficiente e não seria necessário retirar nada do local, além de facilitar a movimentação do painel para a instalação e posteriores intervenções de manutenção (Foto 1).

Porém, analisando a planta de classificação da área foi observado que logo a frente do local escolhido existem 2 lançadores de gás, o que classifica a área escolhida como atmosfera explosiva - zona zero. Isto significa dizer que na área escolhida existe permanentemente ou por longos períodos de tempo ou com frequência, uma mistura de ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis sob forma de gás, vapor ou névoa.

Esta classificação, portanto, impossibilita a instalação do painel, como pode ser visualizado na Foto 4.

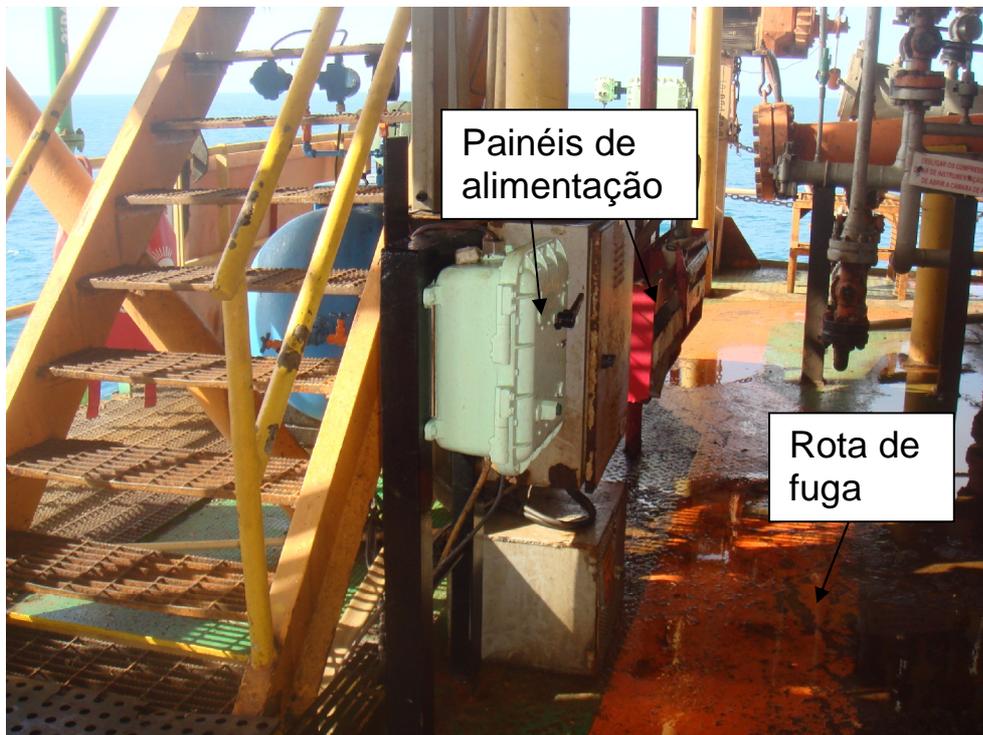


FONTE: Autor da Pesquisa

Foto 4: Lançador de gás, classificando a área

Avaliando a segunda opção (próximo à escada no lugar dos painéis de alimentação) foi observado que para a instalação seria necessária uma mudança na

rota de fuga da plataforma, já que as dimensões do painel de CLP são superiores à dos painéis existentes e o espaço reservado para a rota de fuga ficaria reduzido, como mostrado pela Foto 5.



FONTE: Autor da Pesquisa

Foto 5: Demarcação da Rota de Fuga da Plataforma

A terceira opção não apresenta risco para a segurança e nem altera procedimentos de segurança da plataforma. Porém, seriam necessárias mudanças no *layout* da plataforma.

A principal mudança de *layout* é a construção de uma estrutura além do limite da plataforma. Para a instalação neste local deverá ser construída uma estrutura além dos limites da plataforma, avançando cerca de 50 a 60 centímetros ao mar, inviabilizando esta instalação, pois se cria uma condição insegura para execução dos serviços de passagem de cabos, teste de malhas e pré-operação.

Desta forma, foi decidido pela segunda opção: próximo à escada, no local do painel de acionamento do compressor e painel de retificadores e banco de baterias.

Com a definição do local de instalação do painel de CLP, dá-se seqüência a instalação do mesmo. Entramos em contato com as equipes de caldeiraria e a equipe.

A equipe da elétrica ficou responsável pela relocação dos painéis de alimentação, tendo que realizar o desligamento do circuito no antigo local e religa-los em sua nova localização.

A equipe de caldeiraria retira o suporte dos painéis de alimentação do antigo local, instala-os no novo local e constrói um novo suporte para o painel de CLP. Também é função da caldeiraria instalar os suportes para os novos instrumentos.

4.6.3 Manutenção dos instrumentos antigos

Para a realização da manutenção dos instrumentos antigos foram abertas OMs para a equipe de manutenção com o objetivo de retirar e recondicionar os instrumentos.

De posse da lista dos instrumentos a serem mantidos, a manutenção retirou-os para levá-los ao laboratório da instrumentação na plataforma PCM-9. A manutenção foi realizada com sucesso.

4.6.4 Instalação e testes dos instrumentos do Sistema de Compressão

Paralelamente ao serviço de manutenção, a equipe da empresa contratada para aquisição e instalação dos novos instrumentos começava a executar estes serviços. Ao mesmo tempo em que a equipe de caldeiraria providenciava a fabricação de suporte para os novos instrumentos e retirava os antigos suportes.

Para instalar os instrumentos foi preciso lançar os cabos que interligariam os instrumentos ao painel de CLP. Desta forma, este foi o primeiro trabalho realizado

pela equipe contratada: identificar a localização dos instrumentos, lançar os cabos correspondentes até o painel de CLP.

Já no painel, os cabos entram pelo piso do painel através dos prensa-cabos, entram na eletrocalha do painel até chegarem à borneira onde serão conectados de acordo com o desenho elétrico do painel, que informa em quais bornes serão ligados, de acordo com a programação do CLP.

Ao conectar os cabos aos bornes correspondentes, os instrumentos em campo energizam-se e já enviam e recebem os sinais do campo e do CLP, cada um de acordo com sua função.

Após a instalação dos novos instrumentos, reinstalação dos instrumentos mantidos, cabos lançados e interligados aos instrumentos e ao CLP de acordo com a documentação vigente, vem o momento de realizar os testes de malha.

Para a realização dos testes de malha das variáveis analógicas, o pessoal da automação juntamente com os instrumentistas desconectam os cabos do instrumento em campo e interliga ao cabo um instrumento denominado gerador de sinal. Este instrumento tem a função de gerar sinais em mA para o CLP através do cabo, simulando os sinais enviados pelos instrumentos.

Gera-se sinais correspondentes à 0, 25, 50 e 100%, verificando se os valores recebidos pelo CLP correspondem ao esperado. Após esta fase energizam-se os instrumentos já calibrados dentro da faixa requerida pelo processo e visualizam se a indicação local do instrumento, quando existe, é correspondente ao indicado no programa aplicativo ladder e na IHM instalada na porta do painel, assim como, se os valores correspondiam aos valores do processo.

Todos os testes foram realizados com sucesso. Os resultados estão apresentados nos apêndices C, D e E.

Os resultados dos testes dos instrumentos digitais (chaves e solenóides) estão apresentados nos apêndices A e B.

5 CONCLUSÃO

O compressor de gás da plataforma de produção de petróleo número um do campo de Dourado passou por um processo de modernização para atender as exigências da ANP e também para melhorar o processo de monitoramento e controle deste compressor.

A atividade de análise da instrumentação instalada no compressor foi essencial para o entendimento do funcionamento deste equipamento e com isso foi possível identificar onde o sistema de monitoramento e controle poderia ser melhorado, acompanhando assim a modernização da plataforma.

De posse do entendimento do funcionamento do compressor foi possível fazer uma avaliação aprofundada dos seus instrumentos, ou seja, descobrir se os instrumentos instalados ainda operam como esperado, se podem ser mantidos ou se precisam ser substituídos por outros mais modernos.

Após todas essas definições, foi providenciada a aquisição de novos instrumentos e a manutenção de outros, sendo possível testa-los e interliga-los ao CLP (Controlador Lógico Programável) instalado na plataforma, concluindo assim, o processo de modernização do compressor de gás da plataforma de produção de petróleo número 1 do campo de Dourado (PDO-1).

As melhorias advindas da modernização foram grandes e significativas. Como resultado importante dessa modernização é possível citar que o controle e o intertravamento das variáveis de processo do compressor de gás com o sistema de segurança da plataforma estão sendo controlados automaticamente pelo PLC, que disponibiliza esses dados para os sistemas de monitoramento para as equipes de operação e de manutenção das plataformas através do Sistema Supervisório instalado na plataforma.

O acesso remoto às variáveis de processo do sistema de compressão auxilia na detecção e na resolução de defeitos e falhas e isso aumenta automaticamente a disponibilidade do equipamento e a segurança do processo.

Outro resultado imediatamente identificado foi a redução na queima do gás produzido, que estava acima dos limites estabelecidos pela ANP, e a consequente adequação à norma.

Tudo isso reafirma a importância da modernização do sistema de monitoramento e controle do sistema de compressão de gás, já que este trabalho resultou em melhoria operacional e de produção, além de atender as exigências normativas da ANP.

REFERÊNCIAS

BEGA, Egídio Alberto. **Instrumentação Industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MECABÔ, Leonardo. **Desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para apoio à manutenção de turbocompressores centrífugos de gás natural**. Santa Catarina: UFSC, 2007. 167f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N., **Princípios de Termodinâmica para engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

NEVES, Luis Fernando. **Como funcionam os compressores**. Cabano Engenharia. Disponível em: <www.cabano.com.br> Acesso em: 31 de Dezembro de 2009.

OLIVEIRA, Mário Anderson de. **Sensores**. Cuiabá: Instituto Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso – Dept. de Eletro - Eletrônica, 2009

RIBEIRO, Marco Antônio. **Instrumentação Industrial**. Rio de Janeiro, 2005. 165 f. (texto digitado)

RODRIGUES, Paulo Sérgio Barbosa, **Compressores Industriais**. Rio de Janeiro: EDC, 1991.

SILVA, Napoleão Fernandes da, **Compressores Alternativos Industriais – Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

VIANA, Adalberto Luiz; FIGUEIREDO, Evandro de. **Fundamentos de Controle de Processos**. Espírito Santo: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 1999.

WYLLEN, VAN G.J.; SONNTAG, R.E.; BORGNAKKE, C. – **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**, Ed. Edgard Blücher. 1995.

ANEXOS

ANEXO B – Certificado de Validação de teste de malha - Digitais 2

		CERTIFICADO DE VALIDAÇÃO DO TESTE DE MALHA (DIGITAIS)										FOLHA:	
		UNIDADE/ SISTEMA: Compressor de gás C-100 de PDO-01					DOC. REFERÊNCIA: DE-3237.01-1223-943-PRA-002						
ENTRADA DE CAMPO													
TAG: LSH-001		Descrição: Sucção do primeiro estágio						Endereço Supervisório:			Endereço CLP:		
Valor Injetado	Indicação do Valor Injetado		Sinalização no Supervisório		Alarme			Inibição Automática - By Pass					
	Ladder	Supervisório	Cor	Estatus	Mensagem	Grupo	Prioridade	Contador	Um por sistema?	Mensagem	Grupo	Prioridade	Cor
0	0	0	cinza	Normal	Normal								
1	1	1	Vermelho	Alarme	Nível Alto								
TAG: LSH-003		Descrição: Sucção do primeiro estágio						Endereço Supervisório:			Endereço CLP:		
Valor Injetado	Indicação do Valor Injetado		Sinalização no Supervisório		Alarme			Inibição Automática - By Pass					
	Ladder	Supervisório	Cor	Estatus	Mensagem	Grupo	Prioridade	Contador	Um por sistema?	Mensagem	Grupo	Prioridade	Cor
0	0	0	cinza	Normal	Normal								
1	1	1	Vermelho	Alarme	Nível Alto								
TAG: FSL-007		Descrição: Chave de fluxo - circuito de água						Endereço Supervisório:			Endereço CLP:		
Valor Injetado	Indicação do Valor Injetado		Sinalização no Supervisório		Alarme			Inibição Automática - By Pass					
	Ladder	Supervisório	Cor	Estatus	Mensagem	Grupo	Prioridade	Contador	Um por sistema?	Mensagem	Grupo	Prioridade	Cor
0	1	1	Vermelho	Alarme	Fluxo baixo								
1	0	0	Cinza	Normal	Normal								
TAG: PDSL-020		Descrição: Chave de pressão diferencial - circuito de óleo						Endereço Supervisório:			Endereço CLP:		
Valor Injetado	Indicação do Valor Injetado		Sinalização no Supervisório		Alarme			Inibição Automática - By Pass					
	Ladder	Supervisório	Cor	Estatus	Mensagem	Grupo	Prioridade	Contador	Um por sistema?	Mensagem	Grupo	Prioridade	Cor
0	1	1	Vermelho	Alarme	Diferencial baixa								
1	0	0	Cinza	Normal	Normal								

ANEXO C – Certificado de Validação de teste de malha - Analógicas 1

	<h3 style="margin: 0;">CERTIFICADO DE VALIDAÇÃO TESTE DE MALHA (ANALÓGICAS)</h3>	FOLHA:
UNIDADE / SISTEMA: Compressor de gás C-100 de PDO-01	DOC. REFERÊNCIA: DE-3237.01-1223-943-PRA-002	CLP:

ANALÓGICA 1	TAG: PT-001	Descrição: Sucção do primeiro estágio						RANGE: 1 a 5	U.E.: Kgf/cm2	ENDEREÇO CLP:	TAG SUPERVISÓRIO: PT-001			
	TIPO DE SINAL (mA)	< 4	4	8	12	16	20	>20	ALARME	LL	L	H	HH	CONCLUSÃO <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO
	VALOR INJETADO	3,5	4	8	12	16	20	20,5	VALOR CONFIGURADO	1	1,5	3,8	4,5	
	VALOR NO LADDER	1	1	2	3	4	5	5	VALOR ATUADO	1	1,5	3,8	4,5	
	VALOR NO SUPERVISÓRIO	1	1	2	3	4	5	5	MENSAGEM	m. baixo	baixo	alto	m. alto	
	COR	vermelho	vermelho	preto	preto	preto	vermelho	vermelho	GRUPO					
	FALSO								PRIORIDADE					
REGISTRO DE TENDENCIA	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	COR												
								SOM						

ANALÓGICA 2	TAG: PT-004	Descrição: Descarga do primeiro estágio						RANGE: 0 a 40	U.E.: Kgf/cm2	ENDEREÇO CLP:	TAG SUPERVISÓRIO: PT-004			
	TIPO DE SINAL (mA)	< 4	4	8	12	16	20	>20	ALARME	LL	L	H	HH	CONCLUSÃO <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO
	VALOR INJETADO	3,5	4	8	12	16	20	20,5	VALOR CONFIGURADO	4	8	25	48	
	VALOR NO LADDER	0	0	10	20	30	40	40	VALOR ATUADO	4	8	25	48	
	VALOR NO SUPERVISÓRIO	0	0	10	20	30	40	40	MENSAGEM	m. baixo	baixo	alto	m. alto	
	COR	vermelho	vermelho	preto	preto	preto	vermelho	vermelho	GRUPO					
	STATUS								PRIORIDADE					
REGISTRO DE TENDENCIA	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	COR												
								SOM						

ANALÓGICA 7	TAG: TT-012	Descrição: Circuito de Água						RANGE: 0 a 100	U.E.: °C	ENDEREÇO CLP:	TAG SUPERVISÓRIO: TT-012			
	TIPO DE SINAL (mA)	< 4	4	8	12	16	20	>20	ALARME	LL	L	H	HH	CONCLUSÃO <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO
	VALOR INJETADO	3,5	4	8	12	16	20	20,5	VALOR CONFIGURADO	30	40	75	90	
	VALOR NO LADDER	0	0	25	50	75	100	100	VALOR ATUADO	30	40	75	90	
	VALOR NO SUPERVISÓRIO	0	0	25	50	75	100	100	MENSAGEM	m. baixo	baixo	alto	m. alto	
	COR	vermelho	vermelho	preto	preto	preto	vermelho	vermelho	GRUPO					
	FALSO								PRIORIDADE					
REGISTRO DE TENDENCIA	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	COR											
								SOM						

ANEXO D – Certificado de Validação de teste de malha - Analógicas 2

	<h3 style="margin: 0;">CERTIFICADO DE VALIDAÇÃO TESTE DE MALHA (ANALÓGICAS)</h3>	FOLHA:
UNIDADE / SISTEMA: Compressor de gás C-100 de PDO-01	DOC. REFERÊNCIA: DE-3237.01-1223-943-PRA-002	CLP:

ANALÓGICA 4	TAG: TT-002	Descrição: Descarga do primeiro estágio							RANGE: 0 a 160	U.E.: °C	ENDEREÇO CLP:				TAG SUPERVISÓRIO: TT-002
	TIPO DE SINAL (mA)	< 4	4	8	12	16	20	>20	ALARME	LL	L	H	HH	CONCLUSÃO <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO	
	VALOR INJETADO	3,5	4	8	12	16	20	20,5	VALOR CONFIGURADO	60	100	140	150		
	VALOR NO LADDER	0	0	40	80	120	160	160	VALOR ATUADO	90	100	140	150		
	VALOR NO SUPERVISÓRIO	0	0	40	80	120	160	160	MENSAGEM	m. baixo	baixo	alto	m. alto		
	COR	vermelho	vermelho	preto	preto	preto	vermelho	vermelho	GRUPO						
	FALSO								PRIORIDADE						
REGISTRO DE TENDENCIA	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	COR													
								SOM							

ANALÓGICA 5	TAG: TT-004	Descrição: Descarga do segundo estágio							RANGE: 0 a 160	U.E.: °C	ENDEREÇO CLP:				TAG SUPERVISÓRIO: TT-004
	TIPO DE SINAL (mA)	< 4	4	8	12	16	20	>20	ALARME	LL	L	H	HH	CONCLUSÃO <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO	
	VALOR INJETADO	3,5	4	8	12	16	20	20,5	VALOR CONFIGURADO	80	90	130	140		
	VALOR NO LADDER	0	0	40	80	120	160	160	VALOR ATUADO	80	90	130	140		
	VALOR NO SUPERVISÓRIO	0	0	40	80	120	160	160	MENSAGEM	m. baixo	baixo	alto	m. alto		
	COR	vermelho	vermelho	preto	preto	preto	vermelho	vermelho	GRUPO						
	STATUS								PRIORIDADE						
REGISTRO DE TENDENCIA	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	COR													
								SOM							

ANALÓGICA 6	TAG: TT-019	Descrição: Temperatura do circuito de óleo							RANGE: 0 a 160	U.E.: °C	ENDEREÇO CLP:				TAG SUPERVISÓRIO: TT-019
	TIPO DE SINAL (mA)	< 4	4	8	12	16	20	>20	ALARME	LL	L	H	HH	CONCLUSÃO <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO	
	VALOR INJETADO	3,5	4	8	12	16	20	20,5	VALOR CONFIGURADO	65	75	95	5		
	VALOR NO LADDER	0	0	40	80	120	160	160	VALOR ATUADO	65	75	95	105		
	VALOR NO SUPERVISÓRIO	0	0	40	80	120	160	160	MENSAGEM	m. baixo	baixo	alto	105		
	COR	vermelho	vermelho	preto	preto	preto	vermelho	vermelho	GRUPO						
	STATUS								PRIORIDADE						
REGISTRO DE TENDENCIA	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	COR													
								SOM							