



A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM COMPRESSORES ALTERNATIVOS

Sueid Pereira de Carvalho, sueidcarvalho@gmail.com
Danilo Gomes Vitoria, danielovitoria12@hotmail.com
Pedro Newton San'galo Rodrigues, peu_sangalo11@hotmail.com
José Leal de Oliveira Neto, lealneto2503@hotmail.com
Paulo Vitor Figueiredo Santos, pvftc@gmail.com

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, número 710 – Centro – Cruz das Almas/BA

²Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, número 710 – Centro – Cruz das Almas/BA

³Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, número 710 – Centro – Cruz das Almas/BA

⁴Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, número 710 – Centro – Cruz das Almas/BA

⁵Ecolab Química, Av. Francisco Matarazzo – Barra Funda/SP

Resumo. Os compressores alternativos têm como função comprimir os gases nos processos industriais, e a aplicação de técnicas de manutenção preditiva pode trazer um elevado diferencial na busca por melhores índices de confiabilidade e desempenho das máquinas. Além de interferir diretamente nos custos de manutenção e nos índices de produtividade da empresa. A análise de falhas dos equipamentos consiste em detectar anomalias referentes as máquinas, nas quais é possível determinar as necessidades de manutenção e em qual momento deve ocorrer. Os métodos de investigação desenvolvidos para este trabalho foram avaliação de performance dos compressores e detecção ultrassônicos para identificar as falhas iminentes nas máquinas. O principal objetivo é demonstrar a real importância da manutenção preditiva nos compressores alternativos através de pesquisas bibliográficas embasadas que apresentam técnicas preditivas que foram cruciais nos processos. Além de todas as vantagens da implantação para a indústria, existe também o impacto significativo em investimento, a manutenção tende a trazer um retorno considerável para a empresa e faz também que toda sua equipe de engenheiros e técnicos melhorem seus conhecimentos técnicos.

Palavras chave: Manutenção. Preditiva. Compressores. Confiabilidade. Falhas.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção preditiva tem como objetivo aumentar a vida útil dos elementos de máquinas e adiar manutenções preventivas, consequentemente evita-se paradas inesperadas e ocasionalmente o uso inesperado da manutenção corretiva, sendo assim por meio da coleta de dados e técnicas de diagnósticos é possível a detecção de eventuais problemas ainda em seu estado inicial e assim pode-se otimizar o controle das máquinas.

Durante o funcionamento de um compressor alternativo, cuja função é comprimir um gás por meio de um mecanismo simplificada constituído por um virabrequim que conduz o pistão através de um cilindro, no qual vem a ser preenchido pelo gás e realiza movimentos constantes. Deste pistão acontece a compressão e a evacuação do gás, para isso são utilizadas válvulas acionadas pela pressão interna no cilindro. Se tornando assim uma das fontes de defeitos já que o desempenho do motor está diretamente ligado as perdas ocasionadas pelo mal funcionamento das mesmas.

Tal situação pode ser prevista por meio da coleta de dados e análises feitas a partir da comparação entre resultados teóricos e reais, emitidos pelo diagrama PV (Pressão x Volume) onde é interpretado o ciclo de compressão. Outras formas para detecção de falhas são aplicadas como a coleta e análise de ondas vibracionais e ultrassônicas provenientes dos vazamentos em válvulas e de impactos mecânicos, assim também como a análise de óleo, onde é detectado o desgaste nos elementos da máquina por meio de alterações na composição química do óleo (SANTOS *et al.*, 2014).

Uma das maiores dificuldades para a implantação desse tipo de manutenção está no alto custo financeiro e da necessidade de mão de obra especializada. Quando bem gerida, pode trazer o retorno do investimento rapidamente, além de oferecer um maior suporte nas tomadas de decisão da equipe. A implantação de sistemas preditivos não apenas

reduz os custos da manutenção, mas também definem quais melhorias devem ser introduzidas para que a aumente a confiabilidade, robustez ao desgaste e desempenho das máquinas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado através de pesquisas bibliográficas, constituído por livros, artigos técnicos, consulta profissionais e materiais disponibilizado na internet.

3. A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA EM COMPRESSORES ALTERNATIVOS

A manutenção preditiva é responsável por analisar as reais condições do funcionamento das máquinas com base em dados obtidos através de técnicas as quais fornecem a equipe de manutenção informações mais precisas as quais contribuem para tomada de decisão. Problemas como: Desgastes, processos de degradação, falhas e outros, podem ser identificados de forma prematura a partir do monitoramento regular das condições mecânicas, pneumáticas, hidráulicas e elétricas, avaliando o rendimento dos equipamentos e instalações dos processos (SANTOS *et al.*, 2014).

Com o resultado do monitoramento, a equipe de manutenção pode reduzir paradas inesperadas através da manutenção corretiva, evitando custos desnecessários, aumentando a confiabilidade no desempenho do equipamento ou de determinada linha de produção, otimizando a vida útil dos componentes e/ou dos elementos de máquinas, adiando o plano de manutenção preventiva, entre outros.

Aplicar a manutenção preditiva nos compressores alternativos é de extrema importância pela busca por melhores índices de eficiência produtiva e avaliação do processo influenciando diretamente na redução de custos e no aumento da produtividade.

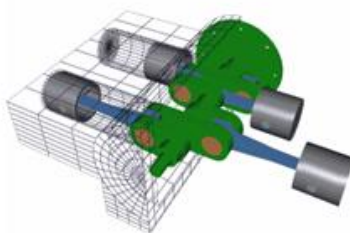
A execução da manutenção preditiva é utilizada com instrumentos adequados que são possíveis registrar os fenômenos como vibrações nas máquinas, variação de temperatura e pressão, desempenho e aceleração dos movimentos. Para realização da manutenção preditiva, admite-se dois procedimentos, o de diagnóstico e análise de tendência de falhas que podem ocorrer na máquina. Sendo os métodos de investigação utilizados: Estudo das vibrações, análise de óleos, análise do estado das superfícies e análises estruturais das peças.

Um compressor alternativo é uma máquina que utiliza de um mecanismo interno para comprimir um gás através de deslocamento. A máquina é constituída de um pistão virabrequim comandado em um cilindro fechado e equipado com válvulas de admissão e saída, como pode ser visualizado na Fig. 1. Sua função principal é a compressão de gases no processo industrial e possui lugar de destaque na produção, que interfere diretamente nos custos de manutenção e na produtividade.

Figura 1. Compressor alternativo em corte e seus principais elementos (BRAGA, 2017)



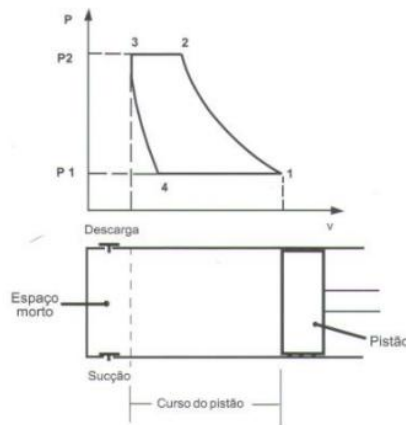
Compressor Alternativo em Corte



Principais elementos: volante de inércia, eixo virabrequim, mancais, êmbolos, válvulas, carcaça, tubulações e fundação.

A análise do ciclo de compressão é feita através de diagrama Pressão x Volume (PV). O ciclo possui quatro etapas: Compressão, descarga, expansão e admissão. Detalhados na Fig. 2.

Figura 2. Diagrama PV de um compressor alternativo ideal (TOUZA, 2015)



Compressão: O ciclo começa no ponto 1, conhecido como ponto morto. As válvulas encontram-se fechadas e o pistão inicia seu movimento, que reduz o espaço que o gás ocupa e aumenta a pressão do gás até a pressão de descarga.

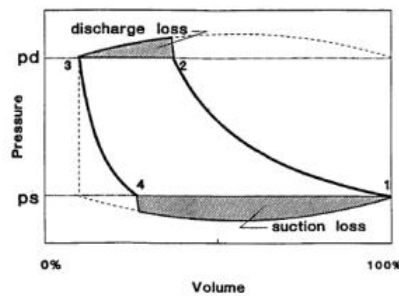
Descarga: No ponto 2, a pressão interna do cilindro é igual à pressão de descarga entretanto é imprescindível um aumento de pressão para vencer a inércia e abrir a válvula de descarga. Então o pistão avança e a pressão vai subindo até abrir a válvula e descarregar o gás para a linha.

Expansão: No ponto 3, é o ponto superior e onde a pressão iguala-se a pressão de descarga, fechando a válvula. O pistão inicia preparando o retorno para a posição inicial, fazendo o gás confinado no volume morto expandir-se, e assim, diminuindo sua pressão.

Admissão: No ponto 4, a pressão interna se iguala a pressão de sucção. O pistão ao movimentar-se diminui a pressão até que exista um diferencial que seja suficiente para que a válvula de admissão abra, e o gás seja aspirado para dentro do cilindro.

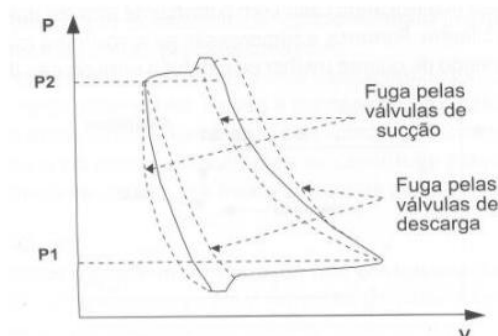
Entretanto, o ciclo real difere-se do ideal em alguns aspectos, principalmente devido ao aumento de pressão adicional para que ocorra a abertura e fechamento das válvulas (TOUZA, 2015). Como representado na Fig. 3.

Figura 3. Diagrama PV de um compressor alternativo real (TOUZA, 2015)



Outra observação importante, é em relação aos anéis do pistão onde ocorre perdas ou fugas, vazamentos pela selagem e alterações devido ao aquecimento do gás. Representado na Fig. 4.

Figura 4. Diagramas PV com representação de perdas (TOUZA, 2015)



Desta forma, os eventos podem ser relacionados de acordo com a posição do pistão dentro do cilindro. Com os diagramas PV é possível analisar a eficiência, perda de potência, capacidade e índice de recirculação de gás. Também são avaliados através da temperatura, vibração e ultrassom. Assim é possível constatar problemas como vazamentos em válvulas de sucção e descarga, vazamento pela selagem da haste e anéis do pistão e seus índices de recirculação de gás e custos relacionados a problemas mecânicos como folgas excessivas presentes na biela-manivela e nos pinos de cruzetas.

3.1 Performance

A avaliação de performance do compressor alternativo é feita a partir da comparação de dados reais coletados com os resultados de cálculos termodinâmicos teóricos. Os cálculos teóricos necessitam de dados como o diâmetro dos cilindros, curso, comprimento da biela e cromatografia (técnica analítica que tem a finalidade de separar e/ou purificar misturas) do gás comprimido para obter o diagrama PV teórico. Assim, é possível diagnosticar precisamente com análise da posição do diagrama real sobre o diagrama teórico e avaliar os eventos dinâmicos que podem ser corretamente relacionados (SANTOS *et al.*, 2014).

A referência zero sempre utilizada é a TDC (local onde o ponto máximo que o pistão chega) dos cilindros, inicialmente, feita com o compressor parado e despressurizado. A tomada de pressão dinâmica está sob condição de adaptação e instalação de válvulas indicadoras em cada efeito dos cilindros, e para serem instaladas é necessário comprovar que não há porta indicadora no cilindro ou possíveis alternativas seguras para instalar e adaptar as mesmas. Após todo este processo é necessária uma estratégia que tem como objetivo identificar os pontos específicos já determinados. Estes pontos precisam ser descritos e passados para o analisador através de um software para que toda a rota do compressor seja avaliada.

A coleta de dados consiste basicamente em recolher os dados de pressão dinâmica, ultrassom, temperatura, vibração e fase de ângulo de rotação do eixo de manivelas sendo utilizado um analisador digital ligado a um sistema de sensores, responsável por coletar os parâmetros sobrepondo os dados a fim de otimizar as análises.

Através da coleta de dados é possível detectar o vazamento nas válvulas de sucção ou descarga, engaxetamento, anéis do pistão, cargas na haste, reversão do pino de cruzeta e folgas entre eles, e a partir da dinâmica das válvulas e dos ângulos de abertura e fechamento pode-se detectar flutuação, eventos múltiplos, fechamento tardio, vibração e pulsação excessiva. Além disso, constata-se também perdas de potência nas válvulas dos compressores, mede-se a capacidade, a eficiência de compressão e a eficiência volumétrica (SANTOS *et al.*, 2014).

3.2 Ultrassom

Mediante um equipamento de detecção ultrassônico é possível determinar os vazamentos existentes nos compressores, sendo a maior vantagem desse sistema é poder detectar exatamente os pontos onde ocorrem os vazamentos. Na Figura 7, pode-se observar o equipamento para medição por ultrassom. Os sons e ruídos que são excessivamente graves ou agudos podem passar despercebidos pelo aparelho auditivo humano, por possuir vibrações com frequências muito baixas, até 20HZ (infrassom) ou frequências muito altas, acima de 20 KHZ (ultrassom), na qual ambas são imperceptíveis para os seres humanos. Através dos aparelhos de ultrassom, há a possibilidade de identificar os sons de alta ou baixa frequência que são inaudíveis em sons audíveis correspondentes que mantém a qualidade que o som original. Logo, nos compressores alternativos com o medidor ultrassônico identifica-se todos os sons de atrito e/ou impacto, descargas elétricas e vazamentos de fluídos pressurizados (OLESKO, 2013).

Para a inspeção é necessário montar o detector ultrassônico, direcionando o seu sensor interno ou externo para os pontos necessários a ser inspecionado assegurando uma distância na qual seja próxima do ponto inspecionado e que acompanhe toda a circunferência do tubo. Ao identificar anormalidade, é preciso escutar o ruído (escoamento do fluído) do atrito do gás com as paredes da tubulação. Para saber se anormalidade é pontual, deve-se confirmar o ponto com deslocamento de 60 graus (sentido vertical e horizontal) com o ruído ultrassônico mantendo o aparelho em direção ao mesmo (OLESKO, 2013).

Figura 7- Equipamentos de ultrassom (OLESKO, 2013)



Os fatores responsáveis pelos vazamentos são os engates rápidos, mangueiras perfuradas, pequenas trincas, válvulas com vazamentos, vedações desgastadas, mal conexões, tubulações corroídas, juntas danificadas e outros. Estes fatores devem ser corrigidos de forma que evite a geração de custos elevados, riscos de acidentes às pessoas e ao meio ambiente e garanta a segurança operacional do sistema.

As ferramentas de monitoramento usadas são escolhidas pelo critério de função do equipamento e grau de criticidade dele. Como visto, pode-se aplicar diversas técnicas e este conjunto de informações coletadas que vai determinar as ações necessárias quando identificado uma falha.

4. CONCLUSÃO

No ramo industrial com a elevada demanda dos compressores alternativos, é exigido cada vez mais um maior desempenho com menor taxa de falhas, maior usabilidade, menor consumo de energia e menores preços. Como em todas as outras, a máquina está sujeita aos desgastes naturais de funcionamento, a grande questão é que para a realização de algum tipo de reparo numa máquina desse porte é necessário interromper toda uma linha de produção e sem o acompanhamento da manutenção preditiva a qualquer momento o compressor estará sujeito a uma catástrofe. Além disso, sabe-se que uma parada repentina interfere na lucratividade, logo torna-se de crucial importância o bom estado dos equipamentos. Por conta disso, nota-se que a manutenção preditiva ganha espaço na indústria e vem se aperfeiçoando a cada dia com técnicas cada vez mais sofisticadas de coleta de dados, análises e diagnóstico de defeitos ainda prematuros.

A manutenção preditiva tem por finalidade utilizar dos parâmetros disponíveis que devem ser escolhidos para acompanhamento de sistemas e operações de uma máquina, aumentando a confiabilidade e continuidade do processo produtivo. O investimento em manutenção preditiva em compressores pode trazer quando bem gerido retorno financeiro para as empresas e uma redução em manutenção corretivas e perda no processo, além da importância associada a redução dos custos de manutenção, tecnologia associada a empresa, aumento da confiabilidade nas máquinas, redução dos riscos de desastres ambientais e aumento do conhecimento para os técnicos e engenheiros envolvidos no processo.

Neste trabalho foi possível evidenciar a importância da manutenção preditiva nos compressores alternativos, de modo que se definiu dois métodos que poderiam ser implantados para análise de falhas nas máquinas. Através da avaliação de performance e detecção ultrassônica, consistiu-se em apontar os indicadores nos quais fornecerão dados necessários para as condições operacionais das máquinas e o seu nível de relevância quanto os parâmetros que podem ser analisados para monitoramento regular das condições mecânicas, eficiência operacional e outros indicadores que fazem parte do acompanhamento dos equipamentos.

5. REFERÊNCIAS

- BRASIL, Pedro Paredes Zambrano. **Análise da performance de um compressor alternativo em função de variações no espaço o morto dos cilindros**. 2018. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025680.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- BRAGA, Leonardo Marques. **Técnicas de manutenção preditiva aplicadas a compressor alternativo**. 2017. Disponível em: <<https://consultoriaengenharia.com.br/engenharia-de-manutencao/tecnicas-de-manutencao-preditiva-aplicadas-compressor-alternativo/>>. Acesso em: 28 maio 2019.
- NÓBREGA, Paulo Roberto Leite. **Manutenção de compressores alternativos e centrífugos**. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2011. 445 p. (Instituto Brasileiro de Petróleo, gás e biocombustíveis).
- OLESKO, Harding Ducci. **Uma proposta de eficiência energética para sistemas de ar comprimido industriais**. 2013. 108 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização, Departamento de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3671/1/CT_CEEE_I_2013_09.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2019.

SANTOS, Paulo Vitor Figueiredo; HUGHES, Rafael. **Manutenção preditiva em compressores alternativos estudo de caso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS, 29., 2014, Santos. **Anais...**. São Paulo: CBMGA, 2014. p. 1 - 14.

SILVA, Engº Alessandro da. **Análise de Irregularidades Compressores Alternativos**. São Paulo: Bitzer Compressores Ltda, 2004. 50 p. (Manual Técnico). Disponível em: <<http://www.friotech.com.br/pdf/dica.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

TOUZA, Vinícius Araujo. **Análise da performance de compressores pelo modelo de Redlich/Kwong**. 2015. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013430.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.