

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**MARLLON ANANIAS ALMEIDA GOMES**

**VEDAÇÕES PARA CILINDROS HIDRÁULICOS**

**Varginha - MG**

**2021**

**MARLLON ANANIAS ALMEIDA GOMES**

**VEDAÇÕES PARA CILINDROS HIDRÁULICOS**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS MG, sob a orientação do Prof. Me. Eduardo Vieira Guedes

**Varginha - MG**

**2021**

**MARLLON ANANIAS ALMEIDA GOMES**

**VEDAÇÕES PARA CILINDROS HIDRÁULICOS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS/MG com pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

**Varginha - MG**

**2021**

Dedico este trabalho primeiramente a minha família que me apoiou sempre que necessário, a minha namorada Joyce Neves, aos professores e mestres, pelo valioso aprendizado, aos profissionais que convivi, que contribuíram com um conhecimento indispensável para o meu desenvolvimento, que compartilharam minhas dificuldades e me incentivaram a seguir em frente.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos à Deus, minha família e a minha namorada Joyce Neves por todo apoio, aos colegas de trabalho e estudo, que compartilharam experiências e orientações, aos professores e mestres pelo aprendizado.

“Nossa maior fraqueza é a desistência. O caminho mais certo para o sucesso é sempre tentar apenas uma vez mais.”  
Thomas Edison

## RESUMO

Na pesquisa que será realizada, pretende-se fazer um estudo de caso, buscando a melhoria em um cilindro hidráulico por um processo de hiper dimensionamento para os problemas mais comuns envolvendo vedações para cilindros hidráulicos.

Serão estudadas as características do cilindro hidráulico, tais quais, como: pressão de trabalho, dimensionamento de montagem do cilindro, dimensionamento da haste, dimensionamento do cilindro e as vedações que normalmente compõe um cilindro.

Observaremos cada reparo para identificar as características das quais eles foram projetados, como: temperatura em que eles podem trabalhar, pressão específica, velocidade de trabalho e também as precauções a serem tomadas na utilização e na montagem dos reparos, pois em muitos dos casos possíveis falhas são comuns em função das vedações.

Alcançando as respostas citadas acima, será abordado um estudo de caso visando a adaptação de novos reparos em um cilindro hidráulico específico. Neste estudo o cilindro será colocado a uma pressão específica e uma qualidade do cilindro e do óleo específicas, mostrando que com a troca dos reparos antigos por reparos com materiais de diferentes qualidades, alcançaremos um hiper dimensionamento que por consequência tentará estender a vida útil do cilindro e também diminuirá seus problemas por vazamento “precoce”.

Em toda pesquisa será visado primeiramente as diferentes funções exercidas de cada reparo durante o seu momento de trabalho, para assim obtermos uma melhoria observando o modelo de comparação do reparo escolhido.

**Palavras-chave:** Cilindro. Reparos. Adaptação.

## **ABSTRACT**

In the research that will be carried out, it is intended to make a case study, seeking an improvement in a hydraulic cylinder through a process of hyper-dimensioning for the most common problems involving seals for hydraulic cylinders.

Hydraulic cylinder characteristics will be studied, such as: working pressure, cylinder assembly sizing, speed sizing, cylinder sizing and seals that normally make up a cylinder.

We will observe each repair to identify the characteristics of which they were repaired, such as: temperature at which they can work, pressure, work speed and also as precautions to isolate the use and assembly of repairs, as in many cases possible failures are common in function of the fences.

Reaching the answers mentioned above, a specific case study on the adaptation of new repairs to a specific hydraulic cylinder will be addressed. In this study, the cylinder will be placed at a specific pressure and a quality of the cylinder and specific oil, showing that with the exchange of old repairs for repairs with materials of different qualities, it will achieve a hyper-dimensioning that will consequently try to extend the useful life of the cylinder and also lessen your problems by “early” leakage.

Throughout the research, it will be seen first how different functions performed by each repair during its work time, in order to obtain an improvement by observing the comparison model of the added repair.

**Key words:** Cylinder. Repairs. Adaptation.





## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 O cilindro hidráulico.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Dimensão de montagem.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Pressão de trabalho.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Dimensionamento do cilindro.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1 Dimensionamento da haste.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 As vedações que compõem os cilindros.....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Possíveis falhas em vedações.....</b>	<b>18</b>
<b>2.7 Manutenção preventiva.....</b>	<b>20</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>6 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As vedações para cilindros hidráulicos são utilizadas em diferentes funções, cada qual montada em uma posição crucial para que o pistão execute seu trabalho de forma correta e para que nele não ocorram vazamentos. As vedações têm como função única vedar o movimento alternativo dinâmico entre a haste e o cabeçote, enquanto o sistema de vedação do pistão veda o movimento alternativo dinâmico entre o pistão e o furo do cilindro.

Um sistema de vedação de qualidade visa aumentar ou manter a vida útil do cilindro, fazendo com que as manutenções sejam reduzidas e a produtividade aumente, assim diminuindo custos.

Os principais problemas encontrados na área de vedação de cilindros hidráulicos estão relacionados à instalação incorreta por falta de mão de obra capacitada no meio da mecânica hidráulica. A contaminação do óleo utilizado também é um fator crucial, uma vez que, além de diminuir a vida útil dos reparos também causa fraturas na estrutura do pistão que podem estragar os reparos ou até fazer com que mesmo em bom estado eles fiquem incapacitados de exercer sua função. Os danos na estrutura do pistão em muitas das vezes são irreversíveis e fazem com que a única solução seja que o equipamento tenha de ser trocado.

Neste sentido, será realizado uma revisão bibliográfica com objetivo de descrever qual o melhor desempenho para cilindros hidráulicos, buscando um superdimensionamento e visando alcançar a melhoria contínua.

## **2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O cilindro Hidráulico**

Segundo a Limax sistemas hidráulicos (2016), os cilindros hidráulicos são atuadores que fazem com que a energia hidráulica seja transformada em energia mecânica. Os cilindros hidráulicos normalmente são compostos com um pistão interno que quando é acionado pelo óleo movimenta-se em dois sentidos, o sentido é direcionado de acordo com a entrada e a saída do óleo.

Existem quatro tipos de cilindros hidráulicos: O Cilindro de simples ação, que faz o avanço por óleo e o retorno é feito por mola ou por gravidade; Dupla ação, que faz o avanço por óleo e retorno por óleo; Telescópicos ou Cilindro de estágio, que é composto por duas ou mais hastes no seu interior, uma haste dentro da outra; Amortecedor, que é usado para absorção de impactos. No cilindro existem diferentes partes que atuam para o funcionamento adequado, normalmente o cilindro é composto por: Haste; Êmbolo; Conexões de saída e entrada de óleo; Cilindro e Cabeçote (Tampa).

A resistência, dimensão e localização de um reparo é essencial para um funcionamento adequado do equipamento, visto que uma utilização inadequada pode causar perda de rendimento, diminuição de vida útil ou até uma perda por completo do equipamento. O ideal buscado neste trabalho é alcançar um dimensionamento superior ao já existente no equipamento, buscando um “superdimensionamento” sem que se tenha custos elevados e inviabilidade no processo.

Como solução serão feitos cálculos de dimensionamento, estudo de caso em buscas de valores estimados no processo de troca de reparo, mão de obra em serviço prestado para execução de novos dimensionamentos em peças. O intuito será buscar sempre a realização de serviços que não demandam a obtenção de equipamentos diferenciados ou mão de obra.

### **2.2 Dimensão de montagem**

Segundo a Parker (Cilindros hidráulicos séries 2H, HMI e HMD) e o livro “Automação Hidráulica” de Arivelto Bustamente Fialho. Para ser feita uma execução de dimensionamento, são necessários a utilização dos seguintes dados:

- Carga (Força necessária do cilindro);
- Tipo de montagem e fixação do cilindro;

- Curso do cilindro;
- Pressão de trabalho

### 2.3 Pressão de trabalho

Segundo a NFPA (National Fluid Power Association)

**Tabela 01.** Pressões do sistema

Pressão Nominal – Pn		Classificação
Bar	Psi	
0 a 14	0 a 203	Sistema de baixa pressão
14 a 35	203 a 508	Sistema de média pressão
35 a 84	508 a 1219	Sistemas de média alta pressão
84 a 210	1219 a 3047	Sistema de alta pressão
Acima de 210	Acima de 3047	Sistema de extra alta pressão

Fonte: Adaptado de Dimensionamento do Cilindro Hidráulico, 2016.

Usando- se o Pn (Pressão nominal), encontrasse a pressão estimada de trabalho (Ptb). A pressão estimada é dada pela pressão nominal menos a perda de carga, que é estimada entre 10 a 15 por cento. Utiliza-se a seguinte fórmula:

$$Ptb = Pn - 0,15 \times Ptb$$

(01)

### 2.4 Dimensionamento do cilindro

Para obter-se o diâmetro necessário para o cilindro, é necessário usar a equação:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Fa}{\pi \times Ptb}}$$

(02)

onde:

D = Diâmetro

Fa = Força de avanço

Ptb = Pressão de trabalho estimada

O cilindro deve ser maior que o D (Diâmetro) calculado  $D(\text{Cilindro}) \geq D(\text{Calculado})$ .

Obtendo-se o diâmetro, o recálculo de pressão deverá ser feito, a partir da seguinte fórmula:

(03)

$$P_{tb} = \frac{4 \times Fa}{\pi \times D^2}$$

#### 2.4.1 Dimensionamento da haste

Segundo o critério de Euler, a carga de flambagem, K, é obtida de acordo com a equação:

$$K = \frac{\pi^2 \times E \times J}{\lambda^2} \quad (04)$$

onde:

K = Carga de flambagem

J = Momento de inércia para seção circular

$\Lambda$  = Comprimento livre de flambagem

E = Módulo elástico de aço

Se na extremidade da haste do cilindro, houver uma carga de valor K, ocorrerá a flambagem da haste. Portanto o valor de carga sempre deve ficar bem abaixo. Portanto deve-se usar um fator de segurança de S= 3,5.

$$Fa = \frac{K}{S} \quad (05)$$

$$J = \frac{Kdh^4 \times \pi}{64} \quad (06)$$

Substituindo as equações, pode se obter a seguinte equação:

$$Dh = \sqrt[4]{\frac{64 \times S \times \lambda^2 \times Fa}{E \times \pi^3}} \quad (07)$$

Após determinar o Dh (diâmetro da haste) é necessário verificar o diâmetro comercial.

### **2.5 As vedações que compõem os cilindros**

Segundo a Agel, para fazer a escolha das vedações que atuaram no cilindro, é necessário observar as seguintes condições de funcionamento.

**Quadro 01.** Especificação de trabalho

<b>Especificação do cilindro</b>	<b>Trabalho leve</b>	<b>Trabalho médio</b>	<b>Trabalho pesado</b>
<b>Pressão máxima Normal em funcionamento</b>	350 Bar - 5000 Psi 160 Bar - 2300 Psi Sem picos de pressão	500 Bar - 7500 Psi 160 Bar - 2300 Psi Picos de pressão intermitente	700 Bar - 10000 Psi 400 Bar - 6000 Psi Picos de pressão regulares
<b>Modelo</b>	Tensão de operação mais baixa. Montagem rígida bem alinhada. Carga lateral mínima.	Tensão de operação constante com alta tensão intermitente. Alguma carga lateral.	Altamente tensionado na maior parte do tempo de funcionamento. Cargas laterais regulares.
<b>Condições do fluido</b>	Boa filtração do sistema, sem contaminação do cilindro operante.	Boa filtração do sistema, mas com alguma contaminação do cilindro operante.	Contaminação inevitável das fontes internas e externas.
<b>Condições de trabalho</b>	Limpo e dentro de um sistema fechado. Variação das temperaturas de operação limitadas.	Contato entre ambiente externo e interno, mas com alguma proteção do tempo.	Exposto todo tempo em uma área externa ou interna suja. Amplas variações de temperatura, ambas ambientais e de funcionamento. Condições de trabalho rude.
<b>Uso</b>	Uso menos frequente à pressão de trabalho. Uso regular, mas a baixa pressão.	Uso regular a pressão nominal.	Grande parte do tempo trabalha com alta pressão e picos de pressão frequentes.

<b>Aplicações típicas</b>	Máquina/ferramenta Equipamento de elevação. Equipamento de manejo mecânico. Máquinas injetoras. Equipamentos de automação. Máquinas agrícolas. Equipamentos de aeronaves. Equipamentos de movimentação leve.	Equipamentos de elevação pesados. Equipamentos agrícolas. Veículos Off- road de trabalho leve. Guindastes e plataformas de levantamento. Injetoras. Máquina/ferramenta para trabalho pesado. Telescópio. Algumas máquinas de mineração. Aeronaves.	Fundação e siderúrgica. Máquinas de mineração. Suporte de cobertura de minas. Máquinas pesadas para movimento de terras. Veículos Off-road de trabalho pesado. Prensas para trabalho pesado.
---------------------------	---	--	---

Fonte: Adaptado de AGEL, 2019.



As vedações que compõem as peças do cilindro são: Guia; anel de Teflon, anel quadrado, anel redondo (Anel o´ring), anel raspador, gaxeta.

- O guia tem por função fazer um apoio entre a camisa e o êmbolo ou também fazer um apoio entre a haste e o cabeçote, fazendo com que não haja atrito (“ferro com ferro”) e o desgaste de trabalho não venha acontecer prematuramente durante o funcionamento.



Fonte: Própria Autoria

- O Anel teflon trabalha junto do anel quadrado ou do anel redondo (Anel o´ring) tendo como função receber pressão, para que seja efetuada a força vedante (esta força tem como função, fazer compressão para impossibilitar a passagem do óleo)



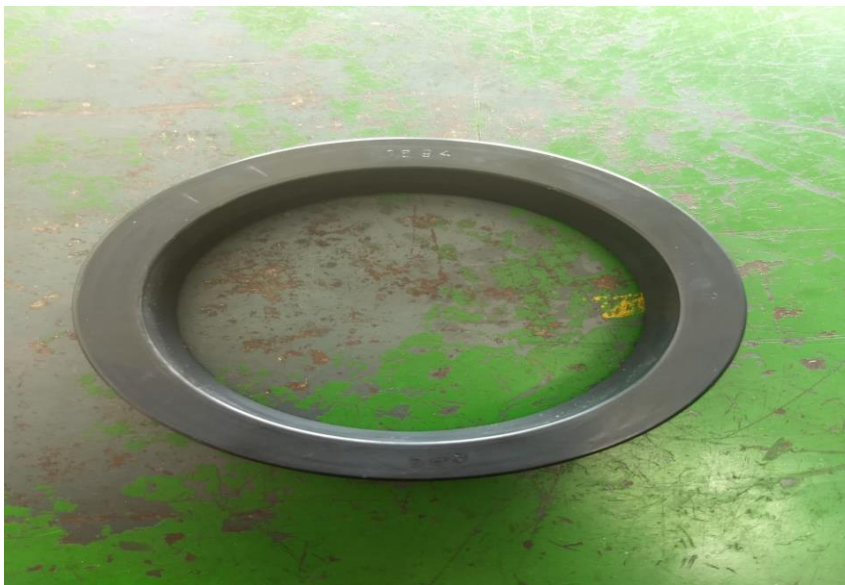
Fonte: Própria autoria

- O anel redondo (Anel o'ring) tem como finalidade vedar a passagem de óleo para que não ocorra vazamentos. Eles são usados muitas vezes como combinações com outros reparos ou sozinhos, mas funcionando sempre no bloqueio da passagem de óleo.



Fonte: Própria Autoria

- A gaxeta é considerada um anel com lábios que quando recebe pressão do óleo se expande e exerce uma força contra a parede do cilindro ou haste, fazendo com que não ocorra vazamentos impedindo a passagem de óleo.



Fonte: Própria autoria



Fonte: Própria Autorial





















- O raspador é um anel com apenas um lábio que atua fazendo pressão na haste com a função de proteger o cilindro de todas as impurezas externas que possam contaminar o óleo ou causar danos à estrutura dele.



Fonte: Próprio Autorial



Figura 01: Modelo de vedações

MODELO VEDAÇÃO	PERFIL DO LÁBIO	LÁBIO INSTALADO	FORÇA GRADIENTE DO LÁBIO	CONTROLE DE VAZAMENTO	RESISTÊNCIA A HIDRO PLANAGEM	CONTROLE DE CONTAMINANTES
1 				ALTO	ALTO	FRACO
2 				ALTO	ALTO	BOM
3 				MÉDIO	MÉDIO	FRACO
4 				BAIXO	BAIXO	BOM
5 				BAIXO	BAIXO	EXCELENTE

Fonte: AGEL, 2019









## 2.6 Possíveis falhas em vedações

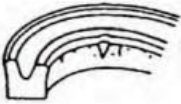








O vazamento em um cilindro hidráulico é uma consequência que pode fazer com que a indústria tenha que parar, gerando grandes prejuízos para qualquer setor ao qual o cilindro esteja sendo submetido. Segundo Hidrocomo (2019), apesar de ser um grande obstáculo para alcançar a performance da empresa, muitos profissionais não dão a devida atenção ao problema, e como resultado um simples reparo pode-se tornar uma grande dor de cabeça.

Segundo a Hidrocomo (2019), uma gota por segundo perdida pelo vazamento hidráulico em um ano vem a ocasionar uma perda de 1590 litros de óleo. Segundo a Hidrocomo (2019) os problemas ocasionados pelo mau funcionamento de um cilindro podem ter riscos catastróficos para a empresa e seus funcionários, como: Maior probabilidade de acidentes; Alto custo de reposição de maquinário; Falha precoce dos componentes do maquinário; dependendo do tamanho da empresa, o custo pode alcançar a casa dos milhões em prejuízo por ano.

Segundo a Agel (2019) as possíveis falhas que podem vir a ocorrer com as vedações de um cilindro hidráulico são:

Figura 02: Falhas em vedações

Falhas	Confeções visuais	Desenho visual	Prováveis causas	Possíveis soluções
<b>Endurecimento</b>	Endurecimento da face dinâmica causando rachaduras e vitrificação		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura gerada pelo atrito de trabalho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir a velocidade do curso do cilindro.</li> <li>• Usar uma vedação alternativa.</li> </ul>
	Endurecimento de todo vedador		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta temperatura do fluido.</li> <li>• Deterioração do fluido.</li> <li>• Incompatibilidade do fluido com a vedação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir a temperatura do óleo.</li> <li>• Renovar o fluido.</li> <li>• Trocar o material da vedação.</li> </ul>
<b>Entalhes</b>	Cortes axiais no lado dinâmico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cavacos de metal ou outro material estranho dentro do sistema.</li> <li>• Bolha de ar implodida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpar todo o sistema.</li> <li>• Sangrar o ar do sistema.</li> </ul>
<b>Extrusão</b>	Material extrudado na parte dinâmica da vedação		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaço entre as superfícies metálicas muito grande.</li> <li>• Guias desgastadas.</li> <li>• Alta pressão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empregue um anel back-up.</li> <li>• Substitua as guias.</li> <li>• Use uma vedação alternativa.</li> </ul>
	Material extrudado na parte estática da vedação		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superfície de apoio irregular.</li> <li>• Anel antiextrusão subdimensionado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usinar corretamente a superfície.</li> <li>• Colocar um anel antiextrusão com as dimensões corretas.</li> </ul>
<b>Desgaste</b>	A face dinâmica está com aparência de um acabamento espelhado		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubrificação insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar a viscosidade do óleo.</li> <li>• Usar uma vedação alternativa.</li> </ul>
	Desgaste no lábio dinâmico, está em forma ovalada		<ul style="list-style-type: none"> <li>• A haste ou a camisa não estão concêntricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aperfeiçoar as vedações dentro do especificado.</li> <li>• Substituir a haste desgastada ou a camisa do cilindro.</li> </ul>
	Desgaste anormal do lábio de vedação da parte dinâmica		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anel guia ou algum dispositivo de guiagem desgastado.</li> <li>• Carga lateral excessiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substitua os dispositivos de guiagem.</li> <li>• Aumente a área de guiagem do cilindro.</li> </ul>

<b>Riscos ou Cicatrizes</b>	Cortes ou amassados no lábio		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peças armazenadas em pregos ou em pinos com aresta grudada em paredes.</li> <li>• Ferramental de instalação inapropriadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazenar as peças dentro de sacos plásticos e, em caixas de papelão fechadas.</li> <li>• Ferramentas de instalação não devem ter arestas cortantes.</li> </ul>
	Arranhões no lado dinâmico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cicatrizes na haste ou na camisa.</li> <li>• Material estranho no fluido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retificar, polir e rebarbar as partes metálicas.</li> <li>• Limpar todo o sistema.</li> </ul>
<b>Inchamento</b>	Material mole e deformado		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorção do fluido.</li> <li>• O material da vedação é incompatível com o fluido.</li> <li>• Água no sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Troque o composto da vedação ou o fluido do sistema.</li> <li>• Limpar todo o sistema.</li> </ul>
<b>Deterioração</b>	Rachaduras e perda de material. Material se desmancha facilmente		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura do fluido muito alta.</li> <li>• Peça exposta ao ozônio e a luz solar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir a temperatura do óleo.</li> <li>• Armazenar as vedações longe da luz solar e da área de soldagem.</li> </ul>
<b>Trepidação "Slip-Stick"</b>	As vedações trepidam no arranque do sistema		<ul style="list-style-type: none"> <li>• As vedações se secam por falta de lubrificação.</li> <li>• Acabamento superficial muito fraco.</li> <li>• Filme de lubrificação inadequado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altere o material da vedação. (PTFE é alto lubrificante)</li> <li>• Melhorar o acabamento da superfície ou utilizar um composto com capacidade de fricção mais rugosa.</li> <li>• Melhorar as condições de operação.</li> </ul>
<b>Fraturas</b>	Pedaços de material arrancado do lado dinâmico		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contra pressão excessiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique as válvulas de alívio.</li> </ul>
	Lado da pressão da vedação queimado e quebrado		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosão de ar sob alta pressão residual. "Descompressão Explosiva"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar a pressão máxima.</li> <li>• Sangrar todo o ar do sistema.</li> </ul>
	Grande fissura na parte "V" da vedação		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequentes choques de alta pressão ou picos.</li> <li>• Baixa temperatura de arranque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use um perfil de vedação alternativo.</li> <li>• Aqueça o sistema, antes da aplicação da pressão.</li> </ul>
	Quebra da parte dinâmica inteira		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioração do material da vedação ou do fluido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use um material ou uma vedação alternativa.</li> <li>• Limpar todo o sistema.</li> </ul>

Fonte: (AGEL, 02/2019), adaptado

## 2.7 Manutenção preventiva

De acordo com a Industrial 4.0(2021), a manutenção dos cilindros hidráulicos exige uma atenção especial e cautelosa com as condições que o cilindro apresenta, especificamente as condições da haste, camisa e vedações. A manutenção preventiva deve ser feita buscando evitar falhas nas vedações e desgastes nas hastes.

A manutenção preventiva prove analisar o óleo do cilindro, para que ele não trabalhe com o óleo contaminado, pois, segundo a Industrial4.0(2021) 80% dos problemas relacionados em cilindros, são ocasionados por contaminação dos fluidos ou pelo trabalho sem a lubrificação necessária. A contaminação causa riscos na haste e superfície interna da camisa, e causa desgaste excessivo nas vedações.

A análise das operações ao qual o cilindro irá trabalhar também é considerada uma manutenção preventiva, pois caso o cilindro trabalhe acima da sua capacidade o seu tempo de vida útil pode vir a diminuir ou até causar acidentes.

Segundo a Industrial 4.0(2021), analisar circularidade da camisa é muito importante, pois qualquer deformação pode comprometer o sistema de vedações, causando vazamentos e abalando o desempenho do cilindro.

Figura 03. Cilindro



Fonte: INDUSTRIAL 4.0 (2021)

Além disso, de acordo com a Industrial 4.0 (2021), analisar a haste é primordial, pois as hastes ficam expostas e é muito comum que sofram desgastes ou riscos em sua superfície, que também podem afetar o desempenho do cilindro e causar vazamentos.

Figura 04. Haste



Fonte: INDUSTRIAL 4.0 (2021)

Por fim, a Industrial 4.0(2021) afirma que as vedações são um problema muito sério a ser observado, já que uma vedação com desgaste ou de má qualidade interfere diretamente na qualidade do fluido, causando contaminações, vazamentos e comprometendo a lubrificação.

Figura 05. Vedação



Fonte: INDUSTRIAL 4.0 (2021)



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste projeto o cilindro hidráulico usado para aplicação da melhoria é um cilindro cuja dimensões foram projetadas para que ele faça 105364,584 quilogramas-força de avanço e 35848,566 quilogramas-força de recuo em condições perfeitas. A pressão necessária que é utilizada no cilindro é de 1352 Psi.

As características do cilindro são:

$$Pe = \text{Pressão efetiva} = 932,1 \text{ N/cm}^2$$

$$N = \text{Grau de eficiência} = 0,7$$

$$A = \text{Área do embolo do pistão} = 120 \text{ mm}$$

$$A = \text{Área da haste do cilindro} = 50 \text{ mm}$$

**Força efetiva do pistão:**

$$F = Pe \times A \times n$$

**Força de avanço**

$$A = \pi \times r^2 = 3,14 \times 6^2 = 113,04$$

$$F1 = 932,1 \times 113,04 \times 1 = 105364,584 \text{ N}$$

**Força de recuo**

$$A = \pi \times (r1 - r2)^2 = 3,14 \times (6 - 2,5)^2 = 38,46$$

$$F2 = 932,10 \times 38,46 \times 1 = 35848,566 \text{ N}$$

Reparos usados na vedação do cilindro:

**Anel O'ring 70:** Vida útil razoável; Extrusão moderada; Degradação térmica em temperaturas acima de 110°C; Extrusão térmica em temperaturas acima de 110°C; Velocidade de trabalho 0,3m/s; Pressão de trabalho dinâmico 995,63psi.

Medidas do anel O'ring com vedação na haste: Diâmetro interno 50,39, seção 3,53 mm.

Medidas do anel O'ring com vedação na camisa: Diâmetro interno 113,67, seção 5,33 mm.

**Raspador tipo D mm:** Capacidade de limpar a haste do cilindro; Resistencia a abração; Resistencia a exposição ao tempo.

Medidas do Raspador: 50 x 58,60 x 3

### **Trocando o reparo do cilindro**

Com as reclamações recorrentes do cliente sobre baixa durabilidade, auto índice de vazamento propomos fazer modificações nos reparos do cilindro para que seu N(grau de eficiência) aumente e assim como consequência o cilindro ganhe durabilidade e diminua seu índice de vazamentos.

- **Escolha dos reparos**

Na troca de reparos do cilindro, foi escolhido para substituição dos anéis o'rings os devidos reparos:

**Gaxeta tipo B mm:** Capacidade de exercer pressão contra as paredes do eixo e camisa; Versatilidade; Velocidade de trabalho de 0,5 m/s; Temperatura de trabalho de -54 a 149 intermitente e -54 a 135C° contínuo; Pressão de trabalho máxima igual a 5800 psi; A gaxeta pode ser alongada ou esmada para que ela se encaixe em cilindros com dimensões diferentes do especificado; O anel que está no interno da gaxeta estabiliza a vedação a pressões elevadas.

Medidas da gaxeta que veda na haste: 50 x 60 x 6 mm.

**Teflon ATF:** Alta resistência ao calor; Altas resistência a agentes e solventes químicos;

Medidas do teflon: 115 x 120 x 2 mm.

### **Anel quadrado AQB:**

Medidas do anel quadrado: 110 x 115 x 1,80 mm.

**Anel Guia ANG:** Característica de evitar o contato do metal com outros componentes do cilindro; Grande resistência; Temperatura de trabalho de -50 a 135 °C; Baixa absorção de líquidos.

Medidas do guia: Externo 47,80 x Seção 1,90 x 7 mm

**Raspador tipo D mm:** Capacidade de limpar a haste do cilindro; Resistência a abração; Resistência a exposição ao tempo.

Medidas do Raspador: 50 x 58,60 x 3

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando a melhoria no N (grau de eficiência) para que o cilindro consiga ser hiper dimensionado foram necessários utilizar dos seguintes cálculos.

##### Comparação de funcionalidade da gaxeta para anel

No cálculo a seguir, foi definido como 100% o reparo que possua a melhor resistência ao trabalho indicado.

##### Pressão máxima de trabalho:

*Gaxeta tipo B* = 5800 *psi* = 100%

*Anel o'ring* = 995,63 *psi* = 17,16% em relação a pressão máxima da gaxeta tipo B

##### Temperatura Máxima de trabalho:

*Gaxeta tipo B* = 135°C = 100%

*Anel o'ring* = 110°C = 81,48% em relação a temperatura máxima da gaxeta tipo B

##### Velocidade de trabalho:

*Gaxeta tipo B* = 0,5m/s = 100%

*Anel o'ring* = 0,3m/s = 60% em relação a velocidade máxima da gaxeta tipo B

##### Média de eficiência

Na comparação da eficiência(N) da gaxeta para o anel, foi usado a seguinte fórmula:

$$\frac{P+T+V}{3} = \frac{100+100+100}{3} = 100\% \text{ na eficiência do cilindro com gaxeta.}$$

$$\frac{P+T+V}{3} = \frac{17,16+81,48+60}{3} = 52,88\% \text{ na eficiência do cilindro com anel o'ring.}$$

##### Pressão máxima de trabalho

*Teflon ATF* = 4575 *psi* = 100%

*Anel o'ring* = 995,63 *psi* = 21,76% em relação a pressão máxima do teflon

##### Temperatura máxima de trabalho

*Teflon ATF* = 250°C = 100%

*Anel o'ring* = 110°C = 44% em relação a temperatura máxima do teflon

### **Velocidade de trabalho**

$$\text{Teflon ATF} = \frac{1,5m}{s} = 100\%$$

$$\text{Anel o'ring} = \frac{0,3m}{s} = 20\% \text{ em relação a velocidade máxima do teflon}$$

### **Média de eficiência**

Na comparação da eficiência(N) do teflon para o anel, foi usado a seguinte formula:

$$\frac{P+T+V}{3} = \frac{100+100+100}{3} = 100\% \text{ na eficiência do cilindro com o teflon.}$$

$$\frac{P+T+V}{3} = \frac{21,76+44+20}{3} = 28,58\% \text{ na eficiência do cilindro com anel o'ring.}$$

### **Soma das eficiências**

N1: Eficiência do cilindro hidráulico usando gaxeta na vedação da haste e teflon na vedação do cilindro hidráulico.

N2: Eficiência do cilindro hidráulico usando apenas anéis como vedadores.

$$N1 = \frac{100+100}{2} = 100 = 1$$

$$N2 = \frac{52,88+28,58}{2} = 40,73 = 0,407$$

### **Cálculo de comparação entre as vedações**

No cálculo de comparação das vedações do cilindro estipulado tem as condições quase perfeitas do óleo, a camisa e a haste estão em condições perfeitas. A importância do óleo no cálculo da eficiência será dada como 0,5 e o mesmo será utilizado como representação do óleo em mais bem estado de eficiência. A representação máxima dos reparos na eficiência do cilindro também será de 0,5.

No cilindro utilizado, óleo terá 0,38 de eficiência, que equivale a 76% de pureza.

### **Cilindro com Anéis o'ring**

100% = 0,5 Eficiência máxima do reparo.

40,73% = 0,20 Eficiência dos anéis o'ring em comparação com os outros reparos.

**Força de avanço**

$$A = \pi \times r^2 = 3,14 \times 6^2 = 113,04$$

$$F1 = 932,1 \times 113,04 \times (0,407 + 0,20) = 63.956,302488N$$

**Força de recuo**

$$A = \pi \times (r1 - r2)^2 = 3,14 \times (6 - 2,5)^2 = 38,46$$

$$F2 = 932,10 \times 38,46 \times (0,407 + 0,20) = 21.760,079562N$$

**Cilindro com Gaxeta e Teflon**

100% = 0,5 Eficiência máxima do reparo.

100 = 0,5 Eficiência da gaxeta e teflon em comparação com os outros reparos.

**Força de avanço**

$$A = \pi \times r^2 = 3,14 \times 6^2 = 113,04$$

$$F1 = 932,1 \times 113,04 \times (0,5 + 0,38) = 92.720,83392$$

**Força de recuo**

$$A = \pi \times (r1 - r2)^2 = 3,14 \times (6 - 2,5)^2 = 38,46$$

$$F2 = 932,10 \times 38,46 \times (0,5 + 0,38) = 31.546,73808N$$

**Comparação de eficiência na utilização de diferentes reparos****Força de avanço**

$$63.956,302488 \times 100 = \frac{6.395.630,2488}{92.720,83392} = 68,97$$

$$100 - 68,97 = 31,02 \%$$

O cilindro com anéis o'ring tem uma força de avanço 31,02% menor que o cilindro com gaxeta e teflon.

**Força de recuo**

$$21.760,079562 \times 100 = \frac{2.176.007,9562}{31.546,73808} = 68,97$$

$$100 - 68,97 = 31,02 \%$$

O cilindro com anéis o´ring tem uma força de recuo 31,02% menor que o cilindro com gaxeta e teflon.

Reparos para cilindros hidráulicos são muitas vezes colocados em debates pela sua eficiência, durabilidade e modo de montagem. Sua capacidade na maioria das vezes não é observada acontecendo que ocorra perda de eficiência e vazamentos durante o trabalho, mesmo que a montagem dele tenha sido feita da forma correta.

Porém, observando suas características de forma eficiente podemos obter qualidade e então também adquirir durabilidade.

## 5. CONCLUSÃO

Com este projeto de pesquisa onde o objetivo era hiper dimensionar o funcionamento do cilindro hidráulico, foi possível concluir e compreender onde devemos redobrar a atenção para as possíveis falhas nas vedações e o porquê da ocorrência das mesmas.

Foi possível identificar através dos resultados encontrados nesta pesquisa as características de trabalho, tanto das vedações, como também dos cilindros, e assim foi possível identificar os melhores reparos para o estudo de caso calculado.

No processo da construção do trabalho foi possível concluir que pode-se encontrar reparos que melhoram o processo de trabalho do cilindro, muitas das vezes, como foi possível compreender através desta pesquisa, alcançar uma melhoria acima do dobro na eficiência do cilindro e assim alcançar um processo de hiper dimensionamento como visado na ideia inicial do projeto, porém, foram visados somente as melhorias e não os valores utilizados para a substituição dos reparos.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGEL.** Catálogo de gaxetas e raspadores. 02/2019. Disponível em: <http://agel.com.br/wp-content/uploads/2019/03/catalogo-gaxetas-site.pdf>. Acessado em 20/ fevereiro de 2021.

**AGEL.** Catálogo de peças especiais. Disponível em: <http://agel.com.br/wp-content/uploads/2015/06/online-especiais-2015.pdf> . Acessado em 06/ Outubro de 2021.

**AGN VEDAÇÕES.** Catálogo de gaxetas, raspadores e guias. Disponível: <https://www.agnveda.com.br/catalogos/catalogo-de-gaxetas-raspadores-e-guias.pdf>. Acessado em 09/ Outubro de 2021

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 12: segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. 2019. Acessado em 12/ março de 2021

**DOCPLAYER.** Dimensionamento do cilindro hidráulico. 25/10/2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/50589744-Dimensionamento-do-cilindro-hidraulico.html>. Acessado em 22/ março de 2021

**GLOBAL HIDRÁULICA E PNEUMÁTICA.** Principais problemas a vedação de cilindros hidráulicos. 2020. Acessado em 16/ abril de 2021

**GLOBAL O-RING AND SEAK.** Anéis-O em PTFE(Teflon). Disponível em: <https://www.globaloring.com/pt/ptfe-teflon-o-rings/>. Acessado em 06/outubro de 2021

**HIDRALPRESS.** Manutenção de cilindros hidráulicos. Disponível em: <https://www.hidralpress.com.br/manutencao-cilindros-hidraulico>. Acessado em 22/ Outubro de 2021

**HIDROCOMO.** Vazamentos hidráulicos e suas consequências para a indústria siderúrgica. Disponível em: <https://www.hidrocomo.com.br/vazamento-hidraulico-e-suas-consequencias-para-a-industria-siderurgica/>. Acessado em 18/ março de 2021

**INDUSTRIAL4.0.** Manutenção de cilindros hidráulicos. Disponível em: <https://industrial4-0.com.br/manutencao-de-cilindros-hidraulicos/>. Acessado em 02/ maio de 2021

**LIMAX.** Cilindros hidráulicos. Disponível em: <https://www.limaxhidraulica.com.br/produto/cilindros-hidraulicos/>. Acessado em 15/ abril de 2021

**MAXGYDRO.** Fórmulas cilindros. Disponível em: <https://maxhydro.com.br/calculos/formulas-cilindros>. Acessado em 01/ Agosto de 2021

**REDAÇÃO INDÚSTRIA HOJE.** O que é e como funciona um cilindro hidráulico. 2016. Acessado em 18/ março de 2021

**SAMECH VEDAÇÕES INDUSTRIAIS.** Anel de vedação o'ring. Disponível em: <https://www.samechvedacoes.com.br/aneis-de-vedacao/anel-de-vedacao-oring/>. Acessado em 08/Setembro de 2021

**SKF.** Informações técnicas gerais. Disponível em: <https://www.skf.com/br/products/industrial-seals/hydraulic-seals/general-technical-information>. Acessado em 28/ março de 2021

**SÓ'RING E SEALS.** Gaxeta com anel o'ring. Disponível em: <https://www.soorings.com.br/gaxeta-standard-deep-e-tipo-b>. Acessado em 01/ Novembro de 2021