Desenvolvimento de Dispositivo Tensionador Hidráulico

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
UNIFACEAR

Rafael Benedito Ferreira de Almeida [1]; Renato Krainski Dallabona [1]; Leonardo Cavalheiro Martinez[1]
[1] *Centro Universitário UNIFACEAR*

RESUMO
A artilharia do Exército Brasileiro possui obuseiros blindados de alto poder de fogo. Normalmente, esse equipamento necessita de manutenção constante, seja preventiva ou corretiva. Um dos problemas que mais afeta os exercícios militares são as falhas nas lagartas de locomoção. Quando se precisa realizar a manutenção das lagartas do veículo blindado M–109 A3, é necessário que seja aplicada uma carga no regulador hidráulico até que se obtenha a tensão ideal do conjunto. Atualmente este processo é feito de forma manual, através de uma engraxadora manual. Como os problemas de manutenção ocorrem na maioria das vezes durante os exercícios militares, onde o tempo para a execução da simulação de tiro é primordial, verificou-se a necessidade de otimização desse trabalho através do desenvolvimento de um dispositivo tensionador hidráulico, que é composto basicamente de um reservatório de graxa, uma mangueira, um cilindro hidráulico e uma tomada hidráulica para acionamento do sistema. A tomada é fixada no blindado de manutenção que realiza o apoio aos mecânicos no decorrer das manutenções. Ao acionar a tomada hidráulica, o fluido será conduzido até o cilindro hidráulico. Este, por sua vez, realizará uma quantidade de trabalho e deslocará o êmbolo do reservatório de graxa que será conduzida através de uma mangueira até o pistão tensionador que realizará o tensionamento das lagartas. Para que os requisitos, acima mencionados, sejam alcançados é necessário que todas as etapas, descritas a seguir, sejam cumpridas: (i) fabricação da câmara de graxa, que possui diâmetro interno de 7,8 cm, comprimento de 17,9 cm e, em uma das extremidades, conta com uma tampa rosqueada para abastecimento de graxa. No centro, existe uma saída para a mangueira de transporte da graxa que apresenta uma pressão de trabalho na faixa de 225 bar. O cilindro selecionado tem curso de 12,5 cm e a haste total de 19,5 cm, com rosca métrica M18 na extremidade. O sistema conta, também, com uma válvula de controle de vazão que pode ser ajustada manualmente para obtenção do controle de avanço do conjunto. No decorrer dos testes foi necessário alterar o sistema, da tampa do reservatório de graxa foi alterada da forma plana para cônica, afim de facilitar o escoamento da graxa. A tomada hidráulica do blindado M-578 foi substituída por uma unidade hidráulica externa. Porém, mesmo com estas alterações, pode-se afirmar que o sistema atingiu o objetivo inicialmente proposto neste Artigo Científico.

Palavras-Chave: Blindado M-109. Conjunto Tensionador Hidráulico.

ABSTRACT
The Brazilian Army's artillery has armored howitzers of high firepower. Usually, this equipment needs constant maintenance, either preventive or corrective. One of the problems that most affect the military exercises are the shortcomings in the locomotion caterpillars. When maintenance of the tracks of the M-109 A3 armored vehicle is required, a load must be applied to the hydraulic regulator until the optimum tension of the assembly is obtained. Currently this process is done manually, through a manual grease gun. As maintenance problems occur most of the time during military exercises, where the time for the execution of the firing simulation is primordial, it was verified the need to optimize this work through the development of a hydraulic tensioning device,

which is composed basically a grease reservoir, a hose, a hydraulic cylinder, and a hydraulic outlet to power the system. The socket is attached to the maintenance armor that supports the mechanics during maintenance. When actuating the hydraulic outlet, the fluid will be led to the hydraulic cylinder. This, in turn, will perform a quantity of work and move the plunger of the grease reservoir that will be led through a hose to the tensioning piston that will perform the tensioning of the caterpillars. In order for the above mentioned requirements to be met it is necessary that all the steps described below be complied with: (i) manufacture of the grease chamber, which has an internal diameter of 7.8 cm, a length of 17.9 cm and , at one end, has a threaded cover for grease supply. In the center there is an outlet for the grease transport hose which has a working pressure in the range of 225 bar. The selected cylinder has a stroke of 12.5 cm and a total rod of 19.5 cm, with an M18 metric thread at the end. The system also has a flow control valve that can be adjusted manually to obtain the set advance control. In the course of the tests it was necessary to change the system, the cover of the grease reservoir was changed from flat to conical shape, in order to facilitate the flow of the grease. The hydraulic socket of the M-578 was replaced with an external hydraulic unit. However, even with these changes, it can be stated that the system reached the objective initially proposed in this Course Completion Work.

Key Words: Armored M-109. Hydraulic Tensioner Assembly.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Exército Brasileiro é um órgão de defesa que foi criado durante a Batalha de Guararapes, por volta do ano de 1648. Na atualidade, os militares da artilharia possuem o obuseiro de combate autopropulsado M-109 (Figura 1) que é um carro de guerra, que dispõe de longo alcance e alto poder de destruição. Frequentemente, são realizados treinamentos de guerra onde o blindado M-109 é empregado, realizando diversas atividades em locais isolados, fazendo com que seja exigido um alto desempenho mecânico das lagartas. Quando esse conjunto vem a falhar é primordial a correção imediata pelos mecânicos de manutenção com o intuito de que o exercício militar não seja prejudicado, pois em situações reais de guerra o tempo é extremamente valioso.

Atualmente, um dos maiores problemas da manutenção durante os exercícios militares é o tempo gasto para realizar a regulagem hidráulica das lagartas, devido ao fato da utilização de uma engraxadeira manual. Uma engraxadora pneumática poderia ser uma solução deste problema, porém esta não possui um conjunto de compressor para ser acionada, justamente pelo fato de se tratar de uma ferramenta e/ou equipamento que necessita do uso de energia elétrica para seu acionamento, se tornando inviável devido aos locais onde, possivelmente, seria empregado.



FIGURA 1: BLINDADO OBUSEIRO M 109 A3
FONTE: OS AUTORES, 2018

Diante dessas informações pretende-se desenvolver, incluindo procedimentos de projeto e fabricação, um dispositivo tensionador hidráulico para injetar graxa no conjunto regulador hidráulico, tensionador da lagarta do obuseiro M-109 A3.

1.2 PROBLEMA DA PESQUISA

Atualmente, o procedimento de tensionamento das lagartas do blindado M109, quando o mesmo se encontra em situações isoladas, é feito através de uma engraxadora manual. Além do tempo elevado de operação, a força aplicada deve ser superior à força do conjunto regulador fazendo com que a graxa desloque o embolo e, consequentemente, distancie o braço tensor e as lagartas até que se obtenha a tensão desejada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolvimento de um dispositivo tensionador hidráulico, composto de um conjunto mecânico cilindro/pistão com o intuito de injetar graxa ao sistema de regulador hidráulico das lagartas do obuseiro blindado M109.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, é primordial que cada objetivo específico a seguir seja obtido:

a) Desenvolver um reservatório de graxa, a fim de transportá-la até o regulador hidráulico.
b) Adaptar um cilindro hidráulico em um conjunto mecânico com intuito de utilizar seu trabalho.

c) Adaptar uma mangueira, saindo da câmara de graxa, até o bico de entrada do regulador hidráulico.
d) Comparar o desempenho do tensionador hidráulico desenvolvido com uma engraxadeira manual.
e) Verificar se a saída hidráulica do carro do mecânico (obuseiro blindado M-578), é viável para acionar o dispositivo tensionador hidráulico, assim adicionando mais essa ferramenta ao conjunto.

1.4 JUSTIFICATIVA

O mercado de tensionadores hidráulicos ainda é relativamente limitado, seja no Brasil ou no exterior. De maneira geral, é possível encontrar engraxadeiras manuais ou pneumáticas. As engraxadoras manuais apresentam alta limitação, pois quando usadas para tensionar um sistema que exige uma pressão de entrada muito alta, este vem a falhar. Além disso, apresenta vazões e perdas pelas laterais do bico injetor e requer um esforço repetitivo e elevada força do operador, tendo em vista que o volume de graxa transferido da engraxadeira para o pistão é pequeno. As pneumáticas são mais precisas, porém limitadas em determinadas situações como, por exemplo, quando o conjunto pneumático não pode ser deslocado em lugares isolados onde o acesso a ar comprimido é restrito. Com o dispositivo tensionador hidráulico se pretende otimizar esse processo de tensionamento do conjunto lagarta de um blindado em situações isoladas, pois normalmente quando se necessita desta operação, a equipe de mecânicos possui à sua disposição um carro de apoio que, nesse caso, trata-se de um blindado específico para procedimentos de manutenção corretiva.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 VIATURA BLINDADA DE COMBATE M -109 A3

As viaturas blindadas do modelo M-109 A3 tem origem Norte-Americana e foram criadas por volta do ano de 1950. Porém, a chegada ao Brasil só veio a ocorrer entre os anos de 1999 e 2001, reforçando a Artilharia Autopropulsada do Exército Brasileiro (BASTOS, 2004, p.1).

O carro blindado de guerra M-109 A3 é um obuseiro autopropulsado que se locomove sobre lagartas e possui uma torre de giro total de 360°, alcance máximo de 23.500 metros, obtido com munição especial, e massa de 29.848 kg (BRASIL, 2003 E BENETTI, 2008, p.5).

Porém, Benetti (2008) ressalta que o obuseiro tem como desvantagens: “apresenta limitações quanto à mobilidade estratégica, elevado consumo de combustível e necessidade de manutenção mais apurada”.

2.2 LAGARTA

A lagarta do obuseiro (Figura 2) é constituída por patins com almofadas amovíveis, possuindo 79 patins a lagarta do lado direito e 78 patins a lagarta do lado esquerdo. Ela foi projetada com tais características porque as rodas não estão ligadas por eixos e cada barra de torção é independente, fazendo com que essa configuração seja necessária pelo fato das barras de torção da esquerda estar recuadas em relação às da direita (MANUAL TÉCNICO, 1971, p.402).



FIGURA 2: CONJUNTO LAGARTA
FONTE: OS AUTORES, 2018

Ao injetar graxa no regulador hidráulico, o sistema realiza movimento empurrando o braço da polia tensora, no sentido oposto e, consequentemente, proporcionando tensão na lagarta. A tensão ideal é obtida quando, entre a terceira roda de apoio e a lagarta, existe um vão de seis milímetros fazendo com que, após calibrado, o regulador passe a suportar toda a tensão de compressão do conjunto em funcionamento; cada vez que for removido o conjunto lagarta (por motivo qualquer) do conjunto tensionado, será necessário, regular a tensão ideal da lagarta (MANUAL TÉCNICO, 1971, p.401)

O regulador hidráulico é constituído de um cilindro externo com uma “camisa” interna composta por anéis de vedação, por conectores olhal nas extremidades; de um lado fixa ao braço tensor e, do outro, fixa ao chassi do obuseiro e, pela entrada de pressão, é adicionada graxa na câmara interna do regulador, assim deslocando a camisa/haste, movimentando o braço tensor e acumulando pressão interna (Figura 3). Quando já tensionado, se retira o bujão de sangrar a fim de remover a tensão acumulada internamente (MANUAL TÉCNICO, 1971, p.411).

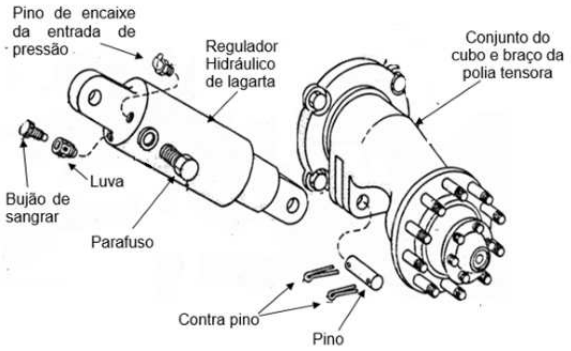


FIGURA 3: COMPONENTES DO REGULADOR HIDRÁULICO
FONTE: MANUAL TÉCNICO (1971).

2.2.1 Sistemas Hidráulicos

Um sistema hidráulico é considerado um conjunto de componentes que utiliza um fluido para a transferência de energia, fazendo com que seja possível obter o controle da força e do movimento. Através de um sistema hidráulico é possível transformar uma energia de entrada em uma energia de saída mecânica útil (LINSINGEN, 2001, p.17).

> Segundo Pereira (2006), "a transferência de energia inicia com a transformação da energia elétrica em energia mecânica, através de um motor (elétrico), que acoplado a uma bomba, transforma esta energia mecânica em energia hidráulica; a qual é transmitida por meio de tubulações e válvulas até chegar aos atuadores (cilindros e motores hidráulicos). "

De acordo com Andrighetto (1996), sistemas hidráulicos são utilizados para o controle de grandes potências com competência, rapidez e eficiência. Através de sinais de baixa potência, é possível executar o controle da velocidade, posição ou força de um atuador hidráulico.

2.2.1.1 Cilindro de Dupla Ação

Um dos cilindros mais comum de dupla ação é o de haste simples, também conhecido de cilindro diferencial, devido área do pistão do lado da câmara da haste ser menor que o da câmara do fundo. Em função disso o cilindro pode exercer trabalho tanto de tração como de compressão (LINSINGEN, 2003, p.195).

2.3 ENGRAXADEIRA

2.3.1 Engraxadeira Manual

Normalmente, quando se necessita de injetar pequenas quantidades de graxa ou em locais isolados da tecnologia, faz-se uso de engraxadeiras manuais, também chamadas de bombas manuais para graxa (Figura 4). Ela apresenta um pequeno rendimento, pois são limitadas ao esforço físico, além de ocorrer perdas de força no seu funcionamento.



FIGURA 4: ENGRAXADEIRA MANUAL
FONTE: VONDER (2010).

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA BOMBA MANUAL

Item	Especificação
Pressão Máxima de Saída	206,8 bar
Conexão da Bomba	1/8” NPT (Fêmea)
Capacidade de Carga	5 N
Capacidade de Cartucho	4 N

FONTE: OS AUTORES (2018)

2.3.2 Características da Graxa

Graxa é o nome genérico e popular dado a lubrificantes pastosos compostos (semiplásticos) ou de alta viscosidade. A graxa é constituída da mistura de um líquido lubrificante (óleo mineral ou sintético), de um produto sólido ou semi-sólido (agente espessante) e aditivos, e tem como função reduzir o atrito, o desgaste, o aquecimento e proteger contra a corrosão. A graxa utilizada no sistema tensionador é feita à base de sabão de cálcio, devido ao fato de não dissolverem em água. Este tipo de graxa pode trabalhar exposto a uma temperatura de até 60 ºC sem que as suas propriedades sejam alteradas (UNESP, 2018, p.4).

2.4 MATERIAIS E MÉTODOS

2.4.1 Projeto e Desenvolvimento do Reservatório de Graxa

A primeira etapa da fabricação será a escolha do tubo principal do reservatório; este deverá ter 76 milímetros de diâmetro interno, 88 mm de diâmetro externo, 300 mm

de comprimento e 6 mm de espessura. O material a ser utilizado será o aço carbono A-106 devido as suas características que suportam altas pressões.

Inicialmente será realizado o corte do tubo no comprimento de 310 mm, deixando 10 mm de sobre metal para a usinagem. Na sequência, serão cortados três discos de chapa (bolachas) do mesmo material do tubo; nessa etapa, será utilizado o processo oxicorte. O primeiro disco apresentará um diâmetro de 95 mm com 10 mm de espessura, que será utilizado para tampar um dos lados do tubo; o segundo, que terá 80 mm de diâmetro e 60 mm de espessura antes da usinagem, será utilizado para a fabricação do pistão. Já o terceiro terá 110 mm de diâmetro e 60 mm de espessura antes da usinagem e será utilizado como tampa para o reservatório.

No centro do primeiro disco será feito um furo de diâmetro 22 mm, através da utilização de uma furadeira radial, que será utilizado para a passagem da haste do cilindro hidráulico. Este furo será revestido com uma bucha de bronze, a fim de melhorar o curso da haste. Na sequência, o disco de chapa, já furado, será montado e soldado no tubo principal, utilizando-se o processo de soldagem TIG (*Tungsten Inert Gas*). Após a conclusão deste processo de soldagem, será realizada a usinagem externa do tubo, a fim de eliminar quaisquer imperfeições decorrentes dos processos de corte/soldagem e, consequentemente, alcançar o comprimento final estipulado de 300 mm. Na parte interna do tubo será realizado um processo de usinagem de precisão, pois as tolerâncias entre a parede interna do reservatório e externa do pistão são extremamente justas.

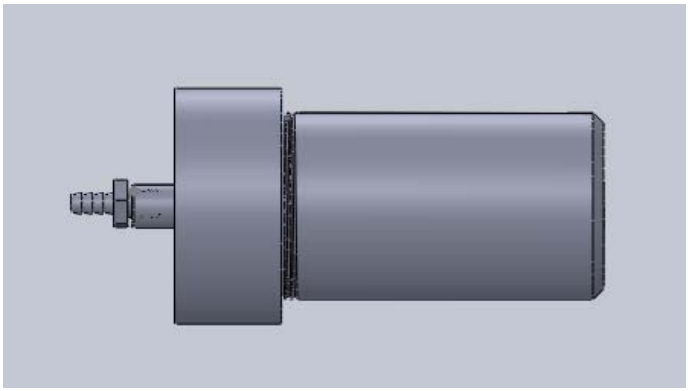


FIGURA 5: RESERVATÓRIO DE GRAXA
FONTE: OS AUTORES (2018).

2.4.2 Adaptação de um Cilindro Hidráulico a uma Câmara de Graxa

O cilindro a ser utilizado deverá ser de dupla ação e de haste simples, onde a velocidade de avanço será, aproximadamente, a metade da velocidade de retorno, pois a câmara de avanço é maior. O cilindro pré-selecionado deverá ter uma haste de 195 mm e um curso de 125 mm, pois quando o êmbolo estiver totalmente fechado, a posição da ponta rosqueada deve ser de 70 mm. A fixação da haste no êmbolo da

câmara/reservatório será feita através de uma porca M18 auto-travante da marca Parlock, com rosca fina; a camisa deverá ter 50 mm de diâmetro. Como o cilindro será utilizado em aplicações de transferência de força linear, a montagem será feita pelo flange, onde na parte dianteira do cilindro será fixada uma chapa retangular com quatro furos nas extremidades (Figura 6). A escolha do cilindro de dupla ação foi feita com o intuito de, futuramente, utilizar a ação desse retorno para retirar tensão e, consequentemente, graxa do conjunto tencionado (PARKER, 2005, p.68).

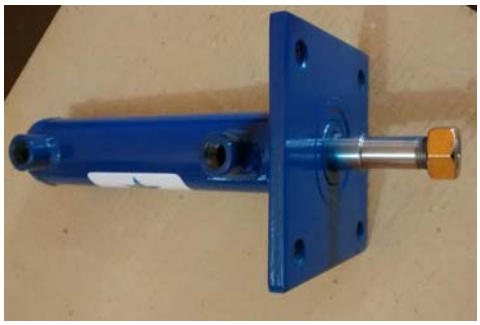


FIGURA 6: CILINDRO HIDRÁULICO DUPLA AÇÃO
FONTE: OS AUTORES (2018).

2.4.3 Aquisição de Mangueira Injetora de Graxa

O transporte da graxa do sistema tensionador hidráulico até o regulador hidráulico, será feito por meio de uma mangueira hidráulica de alta pressão modelo Balflex 1SN – DN6 com diâmetro externo de 13,4 mm e diâmetro interno de 6,3 mm. A temperatura de trabalho pode variar de -40°C até 120°C e a pressão de trabalho encontra-se na faixa de 225 bar, com pressão mínima de rebentamento de 900 bar. Em uma das suas extremidades, será fixado um conector com rosca externa 1/4" NPT e, no outro além de um conector com rosca interna um cano alongador que servirá para manuseio e uma ponteira padrão conector freme-a unidirecional, sendo a qual vai ser encaixado na graxeira do regulador hidráulico e vai empurrar a válvula, liberando a entrada no regulador conforme (MANUAL BALFLEX, 2010, p.15).

2.4.4 Análise de Desempenho do Tensionador Hidráulico

Com o auxílio do sistema hidráulico do carro mecânico que possui, por si só, patamares de pressão de 136 bar, pretende-se injetar graxa no regulador em uma fração temporal de 10 segundos. Para que isso seja possível, será instalada uma válvula reguladora de fluxo na mangueira de chegada do fluido, regulando com exatidão a quantidade de fluido que se deve chegar ao cilindro para deslocamento e,

consequentemente, se terá o controle do tempo de avanço da haste, bem como o tempo de injeção da graxa.

2.4.5 Tomada Hidráulica Do Obuseiro Blindado M-578

O obuseiro blindado possui uma bomba hidráulica do tipo ventoinha dupla, a qual eleva a pressão do fluido hidráulico em até 136 bar para atender as diversas funções do veículo, entre elas uma tomada hidráulica, que contempla uma válvula direcional com comando manual, a qual contem conectores do tipo engate rápido, e está localizada na lateral esquerda do blindado, onde serão conectadas as mangueiras de transporte do fluido até o cilindro. Ao acionar a válvula manual, o fluido será direcionado até o cilindro hidráulico, entrando na câmara do cilindro e deslocando o embolo/haste, o fluido retornará para a válvula pela outra extremidade, por meio de uma mangueira.

2.5 RESULTADOS E ANÁLISES

2.5.1 Reservatório de Graxa

O reservatório de graxa foi fabricado com uma capacidade de carga mássica, admitida em 0,7 kg de graxa. A câmara foi fixada no cilindro hidráulico com auxílio de dois flanges e quatro barras roscadas, a fim de manter o alinhamento entre o cilindro e o reservatório.

2.5.2 Cilindro Hidráulico

O cilindro hidráulico, conforme especificado anteriormente, se fez necessário para obter a transformação da pressão hidráulica em trabalho linear mecânico. O cilindro hidráulico é a peça fundamental para o funcionamento do dispositivo tensionador hidráulico, pois esta é a parte do dispositivo que realiza o trabalho de deslocamento da graxa através do reservatório. Quando acionado o atuador linear, deslocou-se o êmbolo do reservatório de graxa forçando a mesma, por intermédio da mangueira, a se deslocar para o regulador hidráulico e, consequentemente, tensionando o conjunto regulador hidráulico e a lagarta.

2.5.3 Mangueira de Transmissão de Graxa

O conjunto de transferência de graxa, formado pela mangueira e pelos conectores, foi montado com um tamanho total de 2 metros, distância essa que é considerada adequada para conectar o sistema ao regulador hidráulico. O operador

realiza o movimento de fixação com rapidez e praticidade, sem grade esforço. Ao encaixar o conector unidirecional na graxeira do regulador e acionar o sistema hidráulico, a graxa é deslocada pelo reservatório e entra pela mangueira. Na sequência, o conjunto libera o orifício de entrada de graxa apenas no sentido de entrada, retendo qualquer pressão contrária e permitindo, assim, o pleno tensionamento do conjunto.

2.5.4 Tensionador Hidráulico

Na Figura 7 apresenta-se o protótipo dispositivo tensionador hidráulico. Através desta, é possível observar os seus componentes como, por exemplo, o cilindro hidráulico, o reservatório de graxa, os conectores, a mangueira e, também, a geometria final do sistema. Com uma massa sem graxa de 12,3 kg, pode-se afirmar que esse conjunto apresentou fácil mobilidade, podendo ser transportado facilmente para qualquer local.



FIGURA 7: PROTÓTIPO TENSIONADOR HIDRÁULICO
FONTE: OS AUTORES (2018).

Após a conclusão do protótipo dispositivo tensionador hidráulico, foram realizados quatro testes de desempenho, sendo dois testes em bancada e dois diretamente no blindado M-109, os quais estão descritos através do 1°, 2°, 3° e 4° Teste:

1°Teste

O primeiro teste foi realizado em uma bancada de testes e utilizando uma unidade hidráulica com características similares a encontrada no blindado de manutenção. Para a realização deste teste não foi utilizada a graxa e a tampa do reservatório de graxa foi removida, possibilitando a visualização do deslocamento do embolo da câmara do início ao final do curso. Com este teste pôde ser verificado que o conjunto se comportou como previsto inicialmente, sendo possível a realização do teste com graxa na câmara.

2° Teste

O segundo teste também foi realizado em uma bancada de testes, porém este com uma carga de graxa no reservatório. A intenção deste teste foi verificar o comportamento da graxa sem pressão contrária na saída. Ao acionar o sistema, a graxa

deslocou-se pela mangueira e na sua saída foi possível verificar que a graxa foi expelida de forma constante, porém com um baixo nível de vazão.

3° Teste

O terceiro teste foi realizado no obuseiro blindado M-109 e, com o auxílio de uma unidade hidráulica móvel, o conjunto foi acionado. Porém, quando conectada a mangueira no bico do regulador e acionada a alavanca de comando, notou-se que a pressão não foi suficiente para vencer a pressão acumulada no interior do regulador fazendo com que, dessa forma, não fosse possível realizar o tensionamento nesse primeiro instante. Após verificação de possíveis falhas, chegou-se à conclusão que seria necessário realizar as seguintes modificações técnicas:

- Alteração do ângulo de saída de graxa da câmara e reduzir conicamente o diâmetro da câmara até o diâmetro da mangueira de saída (Figura 8). Essa configuração possibilitará o aumento da pressão de saída da graxa.

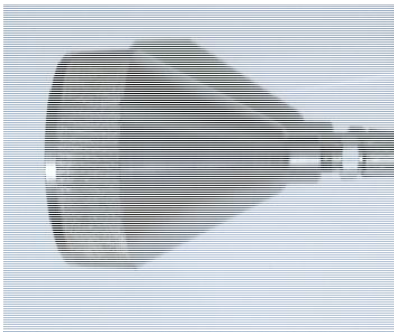


FIGURA 8: SAÍDA CÔNICA DE GRAXA
FONTE: OS AUTORES (2018)

- Substituição da graxeira de entrada do blindado M-109, uma vez que esta encontrava-se obstruída dificultando a passagem da graxa. A mesma será substituída para o próximo teste;
- Aumentar a pressão de trabalho do sistema tensionador, pois a tensão prévia de 125 bar fornecida pela unidade hidráulica portátil não foi suficiente para tensionar o sistema.

4° Teste

Após a realização das modificações mencionadas no teste anterior, foi possível a realização do quarto teste. Para este teste, foi utilizada a unidade hidráulica de um caminhão Munck que forneceu uma pressão de, aproximadamente, 220 bar, possibilitando um aumento significativo da pressão na saída da graxa. Porém, mesmo tendo substituído a graxeira danificada, conectado a mangueira à graxeira do regulador e

acionado o comando de avanço, o tensionador não se deslocou como se esperava inicialmente; a graxa vazou apenas pelas laterais da graxeira. Com isso, testou-se o tensionador em outros pontos de engraxe do blindado. Neste, pôde ser verificado que a graxa foi injetada como esperado, pois nestes pontos não existe pressão contrária como no caso do tensionador das lagartas.

2.5.5 Tomada Hidráulica do Obuseiro Blindado M-578

O obuseiro blindado M-578 no decorrer do projeto veio a estragar. Após a análise do problema ocorrido, a equipe de manutenção do Exército Brasileiro (Lapa/PR) concluiu que serão necessários, no mínimo, 60 dias entre a compra e a substituição das peças danificadas. Diante disso, verificou-se a necessidade de substituição da tomada hidráulica do obuseiro por uma unidade hidráulica portátil para o teste. Porém, vale ressaltar que depois de realizados os testes, o dispositivo tensionador hidráulico pôde ser conectado em qualquer tomada hidráulica, desde que a mesma tenha pressão de trabalho compatível.

Visando o atendimento do objetivo inicialmente proposto, foi selecionada uma unidade hidráulica de 12 volts e com uma pressão de trabalho de, aproximadamente, 125 bar.

2.6 TABELA DE CUSTOS

No desenvolvimento e fabricação do dispositivo tensionador foram adquiridos os itens listados na Tabela 2. O custo final do projeto ficou dentro do projetado inicialmente, tendo como referência um valor entre R$ 1.000,00 e R$ 1.500,00.

TABELA 2 - CUSTOS DO PROJETO

Item	**Valor**
Cilindro Hidráulico Dupla Ação	R$ 540,00
Mangueira Hidráulica	R$ 65,00
Conectores	R$ 70,00
Tubo Aço Carbono	R$ 60,00
Elementos de Fixação	R$ 30,00
Mão de Obra	R$ 450,00
Total Gasto	**R$ 1.215,00**

FONTE: OS AUTORES (2018)

3. CONCLUSÃO

Vale ressaltar que o sistema gerador de pressão pode ser de uma unidade hidráulica externa ou do obuseiro M-578, desde que esteja regulada com pressão de trabalho adequada.

Após todas as alterações do protótipo e testes, pode-se concluir que o dispositivo tensionador hidráulico é de grande valia para engraxar sistemas rolantes comuns, sem pressão contrária. O mesmo pode ser otimizado, futuramente, para que a pressão fornecida seja suficiente para vencer a carga contrária do regulador do blindado. Os demais sistemas do dispositivo tensionador funcionaram corretamente, tendo alcançado os objetivos incialmente propostos.

O protótipo construído atendeu as expectativas iniciais quanto a sua configuração, porém quanto à pressão de saída de graxa não atendeu as expectativas, devido à impossibilidade de realizar o tensionamento das lagartas do blindado M-109.

Como melhorias que podem ser realizadas posteriormente, pode-se levar em conta o acrescento de um cilindro hidráulico de maior área e, também, a reposição da graxa na câmara por vácuo.

4. REFERÊNCIAS

ANDRIGHETTO, PEDRO LUIS. **Posicionador eletro-hidráulico controlado por válvula proporcional direcional.** 2096. 192. **Dissertação** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2096. Disponível em: < https://repositorio.ufsc.br>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BASTOS, EXPEDITO CARLOS STEPHANI. **Obuseiro autopropulsado M-109 A3**. 2004. 5. **Dissertação** – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2004. Disponível em: <http://www.defesa.ufjf.br/M109.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2018.

BENETTI, CEZAR. **Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro**. 2008. 13. **Dissertação** – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008. Disponível em: <http://www.ecsbdefesa.com.br>. Acesso em: 20 mar. 2018.

LINSINGEN, I.V. **Fundamentos de Sistemas Hidráulicos**: Fundamentos da Hidromecânica. Florianópolis: UFPR, 2003.

MANUAL TÉCNICO: manutenção orgânica do obus leve autopropulsado 105 mm M 108 e obus médio autopropulsado 155 mm M 109. Ministério do exército, 1971.

PEREIRA, PEDRO IVO INÁCIO. **Análise teórico-experimental de controladores para sistemas hidráulicos**. 2006. 163. **Dissertação** – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: < https://repositorio.ufsc.br>. Acesso em: 16 mar. 2018.

VONDER. **Manual**. Disponível em: < https: http://www.vonder.com.br/estatico/>. Acesso em: 22 mar. 2018.

UNESP. **Manutenção**. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/manutencao/Grupo_19.pdf/>. Acesso em: 22 mar. 2018.