

unesp  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

EMERSON JOSÉ RAMIRO GONÇALVES

**PRÉ PROJETO DE UMA CAÇAMBA
COMPACTADORA ESTACIONÁRIA**

GUARATINGUETÁ

2014

EMERSON JOSÉ RAMIRO GONÇALVES

PRÉ PROJETO DE UMA CAÇAMBA
COMPACTADORA ESTACIONÁRIA

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

Guaratinguetá

2014

G635p Gonçalves, Emerson José Ramiro
Pré Projeto de uma caçamba compactadora estacionária / Emerson José
Ramiro Gonçalves – Guaratinguetá : [s.n], 2014.
45 f. : il.
Bibliografia : f. 42
Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.
Orientador: Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

1. Guindaste, etc 2. Prensa hidráulica I. Título

CDU 621.87

EMERSON JOSÉ RAMIRO GONÇALVES

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSÉ GERALDO TRANI BRANDÃO
UNESP-FEG


Eng. RAMON MOREIRA PERES
Membro Externo

Dezembro de 2014

Dedico este trabalho ao meu pai Armindo (in memoria) e ao meu filho Davi, um me incentivou ao ingresso e o outro me deu forças para prosseguir e finalizar o curso.

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Mauro Pedro Peres, pela paciência e amparo nos momentos finais do curso, sem ele não seria possível a realização desse trabalho. Agradeço também meus amigos Bruno Nunes Vaz e David Eduardo dos Santos Matilde que me apoiaram e ajudaram a fomentar este trabalho.

GONÇALVES, E. J. R. **Pré projeto de uma caçamba compactadora estacionária.** 2014. 45 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Este trabalho apresenta o anteprojeto de uma caçamba compactadora estacionária e seu sistema hidráulico. O objetivo deste trabalho é desenvolver e melhorar um equipamento já existente no mercado. A metodologia utilizada foi analisar falhas em projetos prontos e sugerir possíveis melhorias. O resultado é o anteprojeto de uma caçamba com as principais dimensões e especificações necessárias para a construção da mesma. Ao final deste trabalho chegou-se a conclusão de um anteprojeto de um equipamento que possui uma construção simples, porém, que realiza sua função de forma muito eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Compactador hidráulico. Poliguindaste. Caçamba estacionária compactadora.

GONÇALVES, E. J. R. **Preliminary design of a static skip compactor.** 2014. 45 f. Graduate Work (Graduate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

This study describes the preliminary design of a static skip compactor and its hydraulic system. The objective of this study is to develop and to improve the design of a made project. The methodology used in this study was to analyze the faults of the already done projects and to suggest possible improvements. The result is a preliminary design of a skip with the main necessary dimensions and specifications to build that equipment. The conclusion of this study is a preliminary project of simple equipment that makes in very efficient way its work.

KEYWORDS: Hydraulic compactor. Skip loader. Static skip compactor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	9
2 REVISÃO	10
2.1 HIDRÁULICA	10
2.1.1 Introdução à hidráulica	10
2.1.2 Sistema hidráulico	11
2.1.3 Características dos sistemas hidráulicos	11
2.1.4 Fluidos hidráulicos	12
2.2 BOMBAS HIDRÁULICAS	13
2.2.1 Bombas hidrodinâmicas	13
2.2.2 Bombas de deslocamento positivo	13
2.2.3 Tipos de bombas	14
2.2.3.1 Bomba de engrenagens	14
2.2.3.2 Bomba de lóbulos	15
2.2.3.3 Bomba de palhetas	15
2.2.3.4 Bomba de pistão	16
2.3 RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS	17
2.3.1 Tensões e coeficiente de segurança	17
2.3.2 Tensões em um vaso de pressão	18
2.4 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	19
2.4.1 Caçambas estacionárias	19
2.4.2 Caçambas compactadoras	21
2.4.3 Caçambas compactadoras estacionárias	21
2.4.4 Tipos de caçambas	22
2.4.4.1 Com unidade hidráulica acoplada	23
2.4.4.2 Com unidade hidráulica externa	23
2.4.5 Funcionamento de uma caçamba compactadora estacionária	24
2.4.6 Portas de acesso	25
2.4.7 Caixa de chorume	26
2.4.8 Caminhão de transporte	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO	28
3.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS	29
3.2.1 Sistema hidráulico	29
3.2.1.1 Unidade hidráulica	29
3.2.1.2 Cilindro hidráulico	30
3.2.1.3 Válvulas direcionais	31
3.2.1.4 Mangueiras	32
3.2.2 Estrutura da caçamba	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1 CÁLCULO DA FORÇA DE COMPACTAÇÃO	34
4.2 ANÁLISE DE ESFORÇOS	35
4.3 MODELAGEM DA CAÇAMBA	36
4.4 DISCUSSÕES	40
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXO A – Descrição dos componentes hidráulicos	43

1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna enfrenta um problema mundial, a coleta e destinação correta dos resíduos sólidos. No Brasil a produção média de resíduo domiciliar *per capita* é de 0,96kg/habitante-dia, segundo dados do BRASIL (SNIS, 2009). Gerando problemas logísticos e ambientais. Além do resíduo doméstico, há também os grandes geradores de resíduos orgânicos, recicláveis e não recicláveis como condomínios, empresas, grandes atacadistas e hospitais.

A falta de coleta desses resíduos gera grande impacto no cotidiano da população, pois o acúmulo de resíduos favorece a proliferação de vetores de doenças infectocontagiosas, como mosquitos, moscas, ratos, baratas e outros. Entretanto não são apenas esses os inconvenientes causados, pois existe também o mau cheiro nas ruas, entupimento de redes de águas pluviais e poluição fluvial. Ficando a cargo das prefeituras o planejamento da coleta dos resíduos e correta destinação do mesmo.

Assim existem várias empresas prestadoras de serviços que atuam no mercado focando cada grupo de clientes. Portanto a preocupação geral é prestar um serviço que respeite o meio ambiente, de baixo custo operacional e de fácil logística. Nesse cenário a caçamba estacionária ganha destaque.

Caçambas estacionárias são caixas metálicas com grande capacidade de armazenagem, dotadas de ganchos que se prendem ao sistema de elevação de caminhões especializados, podendo ser deslocadas do local de coleta e transportadas ao destino de descarte apropriado, de forma rápida e eficiente.

Visando o aumento da eficiência das caçambas estacionárias e melhorar o processo de coleta, foram desenvolvidas as caçambas compactadoras estacionárias, semelhantes em sua construção à caçamba estacionária, porém dotadas de um sistema hidráulico.

O sistema hidráulico presente nas caçambas compactadoras estacionárias permite que elas funcionem como pequenas prensas hidráulicas. Como o resíduo domiciliar possui baixa densidade é possível compactar os resíduos e dessa maneira aumentar a capacidade de carga das caçambas, em alguns casos é possível atingir uma taxa de compactação de 8:1.

Portanto ao se verificar que a capacidade de carga é aumentada a uma taxa de 8:1, seria possível economizar sete deslocamentos do ponto de coleta ao de descarte. Todavia será utilizada mais energia com a compactação dos resíduos e em análise preliminar a energia gasta com a compactação será menor que a energia gasta com o deslocamento, aumentando a

eficiência do processo de coleta e fará parte do estudo de viabilidade do emprego da caçamba compactadora estacionária.

Este trabalho visa apresentar o projeto preliminar de uma caçamba compactadora estacionária. Primeiramente será apresentado um estudo teórico da utilização da hidráulica na indústria. Nos itens seguintes serão abordados os fluidos empregados nos sistemas hidráulicos, estudo das bombas. Então será feita a descrição do equipamento. O terceiro capítulo apresenta todas as informações construtivas referentes ao projeto preliminar, serão enumerados todos os materiais e componentes necessários para a construção. O memorial de cálculo, a análise de esforços e modelagem são dispostos no quarto capítulo. Encerrando com as conclusões e considerações.

Dados comerciais padrões serão adotados a fim de tornar comercialmente ativo o equipamento projetado. Volume da caçamba e taxa de compactação são exemplos de dados adotados.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo a elaboração de um projeto preliminar e apresentação de cálculos para o dimensionamento de uma caçamba compactadora estacionária. Serão listados também todos os equipamentos do sistema hidráulico necessários e materiais estruturais.

2 REVISÃO

2.1 HIDRÁULICA

A utilização energética dos fluidos vem sendo feita há centenas de anos pela humanidade. O primeiro exemplo deste uso são as rodas d'água que datam de aproximadamente 200 a.C., sendo utilizadas até hoje.

Existem vários meios de transmissão de energia, porém para distâncias relativamente pequenas de transmissão e com problemas de mudança de direção, espaço, peso e de versatilidade o meio mais recomendado é através de um fluido. Quando o fluido utilizado na transmissão se apresenta no estado líquido, como a água e óleo, denomina-se Hidráulica.

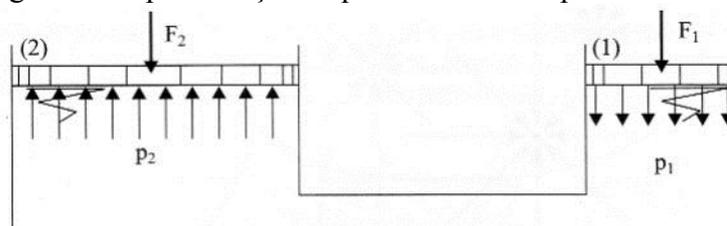
2.1.1 Introdução à hidráulica

A hidráulica já era utilizada pelos homens há muitos séculos, entretanto foi apenas no século XVII que houve um importante avanço na hidrostática, com as descobertas do cientista francês Blaise Pascal que enunciou o princípio da prensa hidráulica, a Lei de Pascal:

“A pressão aplicada num ponto de um fluido em repouso transmite-se integralmente a todos os pontos do fluido.”

Todavia sua aplicação industrial só ocorreu no século XVIII, quando o mecânico inglês Joseph Bramah construiu a primeira prensa hidráulica utilizando água como fluido de transmissão. A lei de Pascal e o princípio de funcionamento da prensa de Bramah estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Apresentação esquemática de um prensa hidráulica



Fonte: (BRUNETTI, F. Mecânica dos Fluidos 1ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005, p. 22)

A pressão transmitida pelo êmbolo (1) será p_1 . Porém, pela lei de Pascal, essa pressão será transmitida integralmente ao êmbolo (2), assim $p_1 = p_2$. Nota-se que além da transmissão

de força, através da Hidráulica é possível ampliá-la. Na prática é neste princípio que se baseiam: prensas hidráulicas, servomecanismos, dispositivos de controle, freios etc.

Como o fluido em questão é considerado incompressível por estar no estado líquido, ou seja, o volume do fluido não se altera. Isto causa um inconveniente na multiplicação de forças, pois o deslocamento e velocidade dos êmbolos são inversamente proporcionais as suas áreas.

2.1.2 Sistema hidráulico

Segundo Linsingen (2003), um sistema hidráulico é o conjunto de elementos físicos convenientemente associados que, utilizam um fluido de transferência de energia que permite a transmissão e controle de forças e movimentos. Portanto é o meio através do qual uma forma de energia de entrada é convertida e condicionada, de modo a se ter como saída energia mecânica útil.

A entrada de energia no sistema é realizada através de um motor, que transforma energia elétrica ou térmica em mecânica. Motor este que será acoplado a uma unidade de conversão primária (bomba), onde é convertida em energia hidráulica. A saída dessa energia ocorre nas unidades de conversão secundária ou atuadores, como pistões e motores hidráulicos. Este processo de transmissão é intermediado e condicionado por meio dos componentes (válvulas e mangueiras).

2.1.3 Características dos sistemas hidráulicos

Os sistemas hidráulicos possuem atributos que os tornam altamente recomendados para uma série de aplicações. No entanto, apresentam também limitações que também devem ser analisadas quando da escolha do tipo de sistema a ser utilizado. Observando-se a possibilidade de emprego de sistemas mecânicos, elétricos e pneumáticos na aplicação específica em questão, caso haja compatibilidade.

Vantagens segundo Linsingen (2003):

- a) Baixa relação peso/potência, ou seja, transmissão de grandes forças e torques elevados com dimensões relativamente pequenas;
- b) Rápida resposta à partida e inversão de sentido do movimento sob carga, devido aos baixos momentos de inércia;

- c) Adaptação automática de força e torque;
- d) Possibilidade de variação contínua de força e velocidade nos atuadores lineares e de torque e rotação nos rotativos;
- e) Sistemas adequados tanto para movimentos rápidos ou lentos e de precisão;
- f) Auto lubrificação;
- g) Proteção de sobrecarga através do uso de válvulas limitadoras de pressão, evitando danos ao sistema;
- h) Capacidade de armazenamento de energia por meio dos acumuladores hidropneumáticos;
- i) Possível combinação com sistemas mecânicos, elétricos e pneumáticos;
- j) Utilização em ambientes adversos, desde que observados os devidos cuidados construtivos.

Desvantagens segundo Linsingen (2003):

- a) Elevado custo em relação a sistemas mecânicos e elétricos compatíveis;
- b) Baixo rendimento, devido às perdas de cargas distribuídas e localizadas, que limitam a velocidade do fluido e por consequência dos atuadores;
- c) Vazamentos internos e externos que comprometem a precisão e eficiência dos sistemas;
- d) Mesmo que praticamente desprezível a compressibilidade do fluido afeta a sincronização de dois ou mais atuadores, sendo necessária a utilização de sistemas especiais;
- e) Presença de ar no sistema, que compromete o funcionamento correto;
- f) Alta interferência no funcionamento do sistema pela temperatura. A variação de temperatura altera a viscosidade do fluido de trabalho que afeta as condições operacionais do sistema hidráulico.

2.1.4 Fluidos hidráulicos

Em sistemas hidráulicos é utilizado como meio transmissão de energia o fluido hidráulico. Ele deve apresentar características compatíveis com os componentes do sistema, e que ajudem na operação adequada sob várias circunstâncias adversas como ambientes agressivos ou que possuam elevadas variações de temperatura.

O conhecimento dessas características é fundamental para se determinar a adequação do fluido e dos componentes do sistema e garantir o bom funcionamento. É preciso observar no fluido a ser utilizado características como: capacidade lubrificante, estabilidade térmica, estabilidade à oxidação, estabilidade hidrolítica, tendência à formação de espuma, ponto de fluidez, ponto de fulgor, compatibilidade com os materiais do sistema, ponto de combustão, temperatura de ignição e manuseabilidade (segurança no manuseio).

Os fluidos hidráulicos podem basicamente ser classificados em derivados de petróleo e fluidos especiais. Nesta segunda categoria encontram-se os fluidos resistentes ao fogo ou não inflamáveis, como emulsões e fluidos sintéticos. Entretanto, o fluido mais utilizado na indústria é o óleo, segundo Manual de Hidráulica Industrial da Vickers (1983). O óleo sendo praticamente incompressível, 0,5% à pressão de 6,86 Mpa, valor este que é desconsiderado nos sistemas hidráulicos.

2.2 BOMBAS HIDRÁULICAS

Bomba hidráulica é o equipamento responsável pela transformação da energia mecânica em hidráulica, provocando o escoamento do fluido hidráulico. As bombas são divididas em duas categorias: Hidrostáticas (deslocamento positivo) e Hidrodinâmicas.

2.2.1 Bombas hidrodinâmicas

A principal característica das bombas hidrodinâmicas é o fornecimento de um fluxo contínuo. Todavia devem ser escurvadas (enchidas de fluido) antes do acionamento e possuem vazamentos internos que diminuem sua eficiência. Sua pressão e descarga volumétrica variam de acordo com a resistência encontrada. Quando bloqueadas, continuam girando, mas não existe vazão. São utilizadas principalmente para bombeamento de líquidos como água, óleo e gasolina.

2.2.2 Bombas de deslocamento positivo

Como principais atributos a bomba de deslocamento positivo apresenta pressão constante na saída e fluxo pulsativo que não são afetadas pelas variações de pressão do

sistema. No entanto quando bloqueadas quebram se não houver válvula de segurança. Assim são empregadas mais frequentemente em sistemas de força.

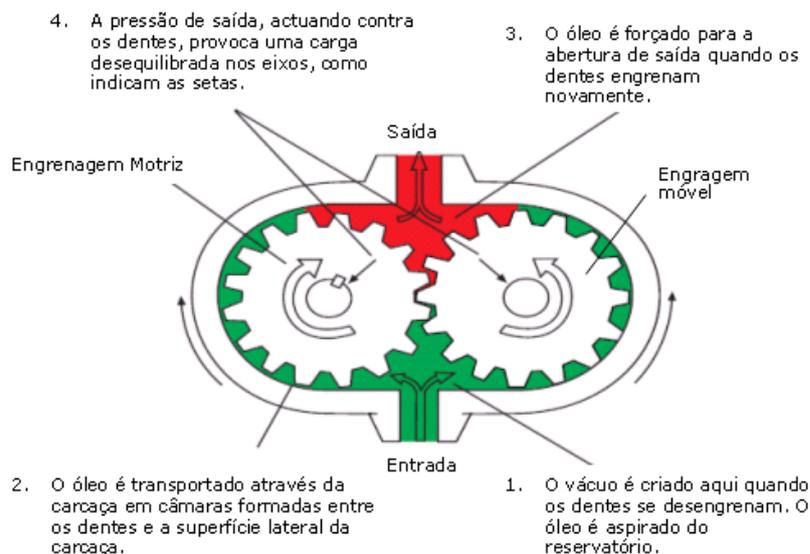
2.2.3 Tipos de bombas

2.2.3.1 Bomba de engrenagens

É a mais popular e econômica, possuindo somente duas partes móveis. É formada por um par de engrenagens, sendo uma acionada por um motor e a outra pela anterior. As engrenagens são alocadas em uma carcaça com duas tampas, com folgas mínimas entre as engrenagens e o alojamento.

Quando acionada produz uma depressão do lado da entrada e o fluido é forçado pela pressão atmosférica a entrar na câmara, sendo levado pelos dentes das engrenagens à saída do outro lado através da parte mais externa das engrenagens. A vazão é proporcional ao número de rotações e fixa para cada rotação. O desenho esquemático de uma bomba de engrenagens é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Bomba de engrenagens



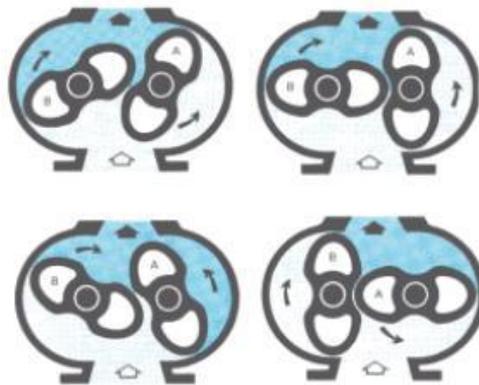
Fonte: (http://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/49360/mod_resource/content/0/CD-Rom/Estudo/Pneumatica_e_Hidraulica_Nivel_III/H_-_Const_Central_leo-hidr_e_Bombas_Hidr/image85.gif)

2.2.3.2 Bomba de lóbulos

Funcionam a partir do mesmo princípio das bombas de engrenagens, porém ao invés de engrenagens utilizam rotores lobulares (tipo “Roots”).

O acionamento é feito através de engrenagens externas, eliminando o contato entre os lóbulos. Apresentação esquemática de uma bomba de lóbulos na Figura 3.

Figura 3 – Bomba de lóbulos

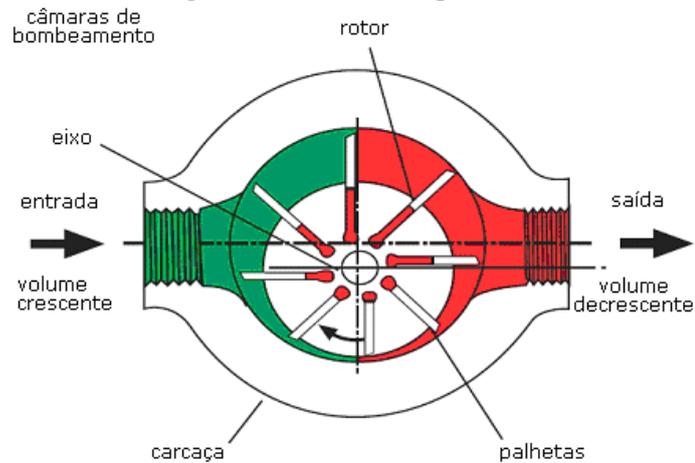


Fonte: (http://essl.home.sapo.pt/Electropneumatica/producao%20de%20ar_ficheiros/image044.jpg)

2.2.3.3 Bomba de palhetas

Consiste em uma carcaça ou câmara de bombeamento cilíndrica e um rotor posicionado de forma excêntrica. O rotor possui ranhuras onde são inseridas palhetas. Estas são forçadas contra a parede da câmara pela ação da força centrífuga. A excentricidade provoca a variação do volume entre as palhetas, forçando o fluxo do fluido. Mostrada esquematicamente na Figura 4.

Figura 4 – Bomba de palhetas

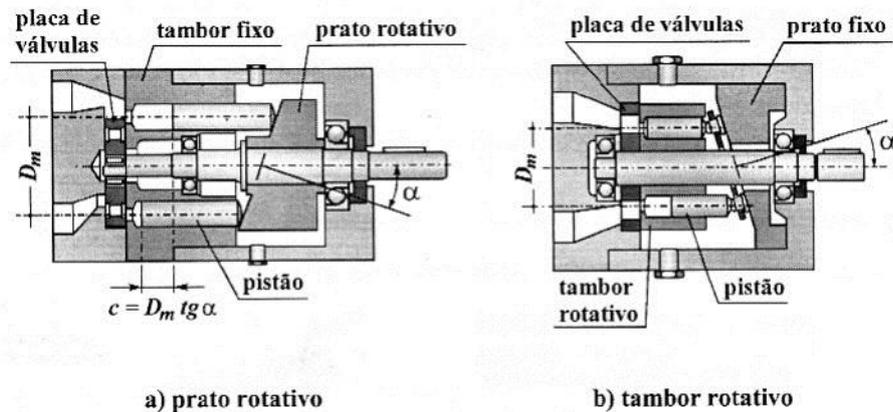


Fonte: (http://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/49360/mod_resource/content/0/CD-Rom/Estudo/Pneumatica_e_Hidraulica_Nivel_III/H - Const_Central_leo-hidr_e_Bombas_Hidr/image92.gif)

2.2.3.4 Bomba de pistão

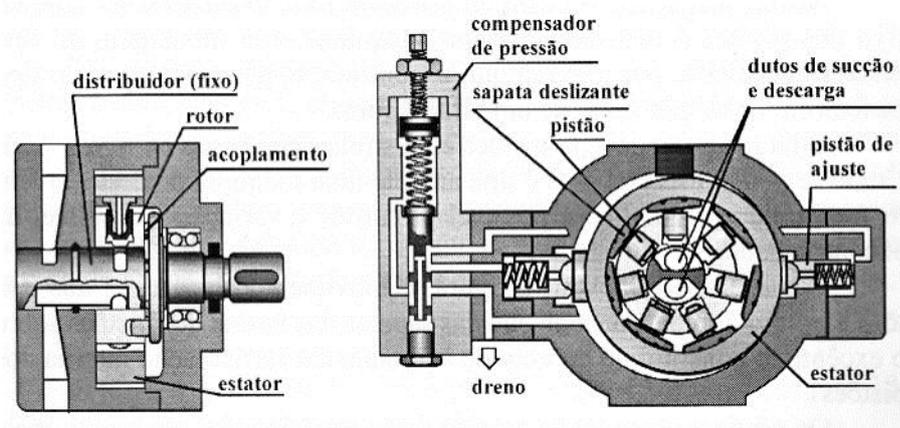
São acionadas pelo movimento de “vai e vem” dos pistões, semelhante ao motor a combustão interna. O pistão aspira o fluido para dentro da câmara, num primeiro momento, e depois o empurra para fora, num segundo movimento. Esse efeito pode ser obtido de duas maneiras, como acionamento axial ou radial. Como mostram as Figura 5(a), Figura 5(b) e Figura 6.

Figura 5 – Bomba de pistão axial



Fonte: (LINSINGEN, Irlan von Fundamentos de sistemas hidráulicos 2 ed. Revisada Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003, p. 166)

Figura 6 – Bomba de pistão radial



Fonte:(LINSINGEN, Irlan von Fundamentos de sistemas hidráulicos 2 ed. Revisada Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003, p. 171)

2.3 RESISTÊNCIA DOS MATERIAS

Através do estudo da resistência dos materiais observa-se o comportamento de um elemento sob o carregamento de forças, buscando determinar as tensões geradas no elemento e as consequências desses carregamentos.

Entretanto a determinação das tensões em um elemento é apenas o primeiro passo em aplicações de engenharia. Essas tensões serão utilizadas em dois tipos de estudo. A análise de estruturas e máquinas existentes, foca determinar o comportamento sob uma condição de cargas específica. O projeto de novas máquinas e estruturas, que deverão suportar esforços de maneira segura e econômica.

2.3.1 Tensões e coeficientes de segurança

A tensão última é a tensão de ruptura do material. Existem dois tipos de tensão última a de tração e de cisalhamento, a mais difundida é a de tração. Ambas são determinadas em laboratório para todo tipo de material.

A tensão de escoamento é a tensão a partir da qual se consegue deformar um material dúctil de maneira permanente (plástica). Esta tensão é utilizada nos cálculos ao invés da tensão última em materiais dúcteis.

A tensão admissível é uma tensão menor que a última ou de escoamento. Aquelas que serão adotadas nos projetos de engenharia. De maneira normal poderia se utilizar as tensões

últimas ou de escoamento no projeto, porém se houver alguma variação nas condições de operação durante o uso, pode ocorrer falha.

Por essa razão existe em projeto o conceito de coeficiente de segurança, que é a razão matemática entre a tensão última ou de escoamento e a tensão admissível. Apresentada na equação 1.

$$CS = \frac{\textit{Tensão última ou cisalhamento}}{\textit{Tensão admissível}} \quad (1)$$

O grande dilema da engenharia é balancear o custo com a segurança. Assim um CS alto melhora a segurança, entretanto aumenta o custo do projeto. E um CS baixo melhora o custo, mas diminui a segurança. Portanto é papel do engenheiro idealizar um projeto seguro e econômico.

A adoção de um determinado CS depende de vários fatores, como:

- a) Modificações nas propriedades do material;
- b) O número de vezes que será aplicada carga durante a vida útil da estrutura ou máquina;
- c) O tipo de carregamento;
- d) O modo de ruptura que pode ocorrer;
- e) Métodos aproximados e análise;
- f) Deterioração;
- g) A importância de um elemento na integridade do equipamento.

Além dos fatores citados existem também normas específicas que tratam desse assunto indicando o CS a ser utilizado para cada tipo de aplicação.

2.3.2 Tensões em um vaso de pressão cilíndrico

A análise do estado plano de tensões em vasos de pressão de paredes finas é uma importante aplicação em resistência dos materiais. Pois as paredes do vaso apresentam baixa resistência à flexão. Assim pode-se admitir que os esforços internos que atuam na parede do vaso sejam tangentes à superfície do vaso.

Portanto as tensões resultantes em um elemento da parede estarão contidas em um plano tangente à superfície. Para um vaso cilíndrico de raio (r) e espessura (t) contendo um fluido de

sob uma pressão (p) teremos as seguintes expressões (2), (3) e (4), para determinar a tensão tangencial (σ_1), tensão longitudinal (σ_2) e tensão de cisalhamento máxima ($\tau_{m\acute{a}x}$), respectivamente.

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot r}{t} \quad (2)$$

$$\sigma_2 = \frac{p \cdot r}{2t} \quad (3)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \sigma_2 = \frac{p \cdot r}{2t} \quad (4)$$

2.4 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Neste item serão expostas todas as características construtivas das caçambas compactadoras estacionárias.

2.4.1 Caçambas estacionárias

Caçambas estacionárias são compartimentos confeccionados com chapas de aço e reforçados com perfis de aço para suportar as cargas depositadas. Possuem diversos tamanhos e capacidades. A capacidade volumétrica varia de 1,2m³ a 40m³, dependendo do tipo de uso ou do funcionamento do caminhão que será utilizado. Ilustrações das caçambas são mostradas na Figura 7 e Figura 8.

Figura 7 – Caçamba de 1,2m³



Figura 8 – Caçamba 40m³

Fonte: (http://calleve.com.br/wp-content/uploads/2014/01/cacamba_rollon_off_3-600x408.jpg)

Apesar de possuírem construção simples, é um meio eficiente de armazenar resíduos que aguardam transporte. Entre os acessórios que podem ser empregados estão portas, tampas, drenos, rodízios, válvulas para a remoção controlada de líquidos, assim como outros equipamentos podem ser adicionados facilmente de acordo com a necessidade.

É muito fácil visualizar essas caçambas nas ruas, pois estão presentes na maioria dos sítios de construção civil, pois como a lei exige na maioria dos municípios brasileiros, que todo resíduo da construção civil deve ser encaminhado a empresas especializadas na remoção e descarte do mesmo. Um exemplo de caçamba utilizada na construção civil está mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Caçamba para coleta de material de construção civil



Fonte: (<http://www.blogdopara.com.br/wp-content/uploads/2012/04/entulho.jpg>)

2.4.2 Caçambas compactadoras

Facilmente encontradas nas ruas equipando caminhões de coleta de resíduos domésticos.

Figura 10 – Caminhão coletor de resíduos domésticos



Fonte: (<http://mercadohidraulico.web957.uni5.net/images/empresas/sgrd/611342103.jpg>)

A construção dessa caçamba é similar as caçambas estacionárias, no entanto são dotadas de um sistema hidráulico que as transformam em prensas. A razão para isso é obter a compactação do resíduo coletado, aumentando assim a capacidade de carregamento.

A energia mecânica para acionamento do sistema hidráulico é obtido a partir do próprio motor a combustão interna do caminhão. Garantindo que o sistema esteja em funcionamento durante todo o trajeto de coleta, bastando apenas que o motor do caminhão esteja ligado. Uma desvantagem deste equipamento é a caçamba ser fixa ao caminhão, ou seja, uma caçamba para cada caminhão e seu sistema hidráulico.

2.4.3 Caçambas compactadoras estacionárias

Com a intenção de unir a praticidade da caçamba estacionária com a eficiência do compactador. Foram idealizadas as caçambas compactadoras estacionárias.

Figura 11 – Caçamba compactadora estacionária



Fonte: (<http://www.bergmandirect.co.uk/userfiles/image/Bergmann%20MPB405%20Skip%20lift%20compacto%20r.jpg>)

Com este equipamento tem-se a sua disponibilidade continua no local de coleta, o ganho volumétrico através da compactação e a utilização de apenas um caminhão para coletar várias caçambas.

A principal aplicação dessas caçambas é estar disponível em locais que produzam uma quantidade de resíduo que a coleta municipal não atende as necessidades. Como centros comerciais, supermercados, hospitais e condomínios. Que produzem lixo, resíduo e materiais recicláveis que podem ficar estocados de forma limpa, com alta taxa de estocagem, ocupando relativamente pouco espaço.

2.4.4 Tipos de caçambas

No mercado são encontradas dois tipos de caçambas compactadoras estacionárias:

- Com unidade hidráulica acoplada;
- Com unidade hidráulica externa;

As características inerentes de cada tipo serão apresentadas nos itens subsequentes.

2.4.4.1 Com unidade hidráulica acoplada

As caçambas com unidade hidráulica acoplada trazem maior facilidade de operação, pois não necessita de nenhuma ação adicional além de ser ligada a rede elétrica e operada pelo usuário.

Figura 12 – Caçamba compactadora estacionária com unidade acoplada



Fonte: (<http://www.piercewaste.ie/wp-content/uploads/2013/06/7.png>)

Características da caçamba com unidade hidráulica acoplada:

- Unidade hidráulica interna e acoplada;
- O acionamento feito com uso de energia elétrica;
- Para cada caçamba é necessário uma unidade hidráulica;
- Maior peso morto do equipamento;
- Alto investimento por caçamba;
- Dificil acesso para manutenção;
- Vazamento de óleo a partir da caçamba.

2.4.4.2 Com unidade hidráulica externa

Para este pré-projeto foi escolhido este tipo de caçamba, pois se apresenta como um conceito mais atual, onde a unidade hidráulica não faz parte da caçamba. Sendo acoplada

quando necessário o que gera diversas vantagens a este tipo de equipamento.

Figura 13 – Caçamba compactadora estacionária com unidade externa



Fonte: (<http://www.plusequipamentos.com.br/produtoIsolado.asp?cd=59#>)

As características deste modelo são:

- Unidade hidráulica externa;
- Menor peso da caçamba;
- Menor custo de fabricação;
- Uma única unidade hidráulica pode acionar mais de uma caçamba;
- Fácil manutenção (fácil acesso à unidade hidráulica);
- O controle do óleo da unidade é feita de forma mais eficiente, pois está concentrada em uma única região;
- Acionamento da unidade hidráulica pode ser feito por qualquer tipo de motor (elétrico ou a combustão interna).

2.4.5 Funcionamento de uma caçamba compactadora estacionária

A seguir será descrito o funcionamento da caçamba compactadora estacionária:

- a) Existe uma entrada frontal chamada de berço de carga, aonde é depositado os resíduos e fornece acesso ao compactador;
- b) Assim que o berço de carga estiver cheio é acionado o sistema de compactação;

- c) O sistema hidráulico é alimentado por uma unidade externa. A conexão entre a caçamba e a unidade externa é realizada através de duas mangueiras, uma de carga e uma de descarga;
- d) O processo de compactação deverá ser executado diversas vezes até a compactação máxima;
- e) Ao se atingir o volume máximo da caçamba com material compactado, a caçamba deverá ser levada para esvaziamento em local adequado por um caminhão poliguindaste;
- f) A porta traseira deverá ser destravada para o basculamento;
- g) Ao realizar o basculamento da caçamba, o resíduo compactado irá deixar a caçamba por ação da gravidade;
- h) Com a caçamba de volta a posição de transporte é feita o travamento da porta traseira e então a caçamba é retornada ao local de coleta para uma nova fase de coleta.

2.4.6 Portas de acesso

Para a operação de carga e descarga da caçamba são necessárias duas portas de acesso, uma frontal (para carga) e uma traseira (para descarga). A porta frontal fica logo acima do berço de carga (parte inclinada) e é bipartida e basculante. Com a função de evitar que a água da chuva entre em excesso em dias chuvosos.

A porta de descarga, na verdade é a parede traseira da caçamba, e constitui-se de uma única peça, também basculante. Para assegurar uma boa vedação utiliza-se um fecho formado por uma barra roscada com uma manivela, apresentada na Figura 14. Esta vedação é necessária para assegurar que o resíduo compactado, que está sob pressão, não escape por frestas e orifícios.

Figura 14 – Fecho da porta traseira



Fonte: (<http://maequipamentos.com.br/admin/UPLOAD/Produtos/Compactador-estacionario-04.jpg>)

2.4.7 Caixa de chorume

Como não se possui conhecimento do tipo de resíduo que será depositado na caçamba, no geral elas são dotadas de um compartimento denominado caixa de chorume.

A caixa de chorume fica localizada na parte inferior da caçamba, ocupando quase toda essa extensão. Seu papel é captar o chorume produzido pelo resíduo compactado dentro da caçamba. O chorume é um líquido altamente poluente que pode contaminar lençóis freáticos e causar muitos danos à saúde. Por isso deve ser coletado e posteriormente tratado.

É preciso elaborar esta caixa de maneira a garantir que seja o único destino de todo o líquido que se encontra no interior da caçamba. Assim deve-se evitar a entrada de água no interior da mesma, para prevenir que o reservatório de chorume não tenha sua capacidade esgotada antes do momento de coleta da caçamba.

Neste pré projeto não foi abordado o dimensionamento da caixa de chorume, que demandaria um estudo mais aprofundado do assunto, fugindo do escopo deste trabalho.

A captação do chorume é realizada antes da descarga dos resíduos, sendo efetivada através de uma conexão com o meio externo, que apresenta um terminal de engate rápido, no qual é conectada uma mangueira que conduz a um container, onde ficará armazenado para posterior tratamento.

2.4.8 Caminhão de Transporte

Para se transportar este tipo de caçamba o caminhão utilizado é dotado de um equipamento chamado poliguindaste, demonstrado na figura 15.

Figura 15 – Caminhão poliguindaste



Fonte: (<http://www.sucatastiopedro.com.br/images/DSC02548.jpg>)

Os poliguindastes são limitados pelo comprimento do braço que levantará a caçamba até a carroceria do caminhão, por isso, possui certas restrições. Para trabalhar com o tipo de caçamba deste pré projeto, é utilizado um poliguindaste “sucateiro”, que tem capacidade de transportar caçambas de até 15 m³ e 20.000 kg. Existe também a restrição nas dimensões da caçamba, e elas são apresentadas a seguir:

- Altura máxima: 2,50 m
- Largura máxima: 1,70 m
- Comprimento máximo: 3,6 m
- Inclinação da face frontal: de 45° a 55°

3 METODOLOGIA

3.1 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Para se determinar as características da caçamba a ser projetada, foram consultados vários equipamentos disponíveis no mercado. Com a finalidade de obter informações iniciais sobre as necessidades dos usuários deste tipo de equipamento. As informações são apresentadas a seguir:

- Volume da caçamba: 6m^3 ;
- Taxa de compactação: 8:1;
- Pressão na placa de compactação: 100 kPa (1 bar) (mesma utilizada em caminhões coletores);
- Pressão no sistema hidráulico: 18,5 MPa (185 bar) (pressão comercial das unidades hidráulicas).

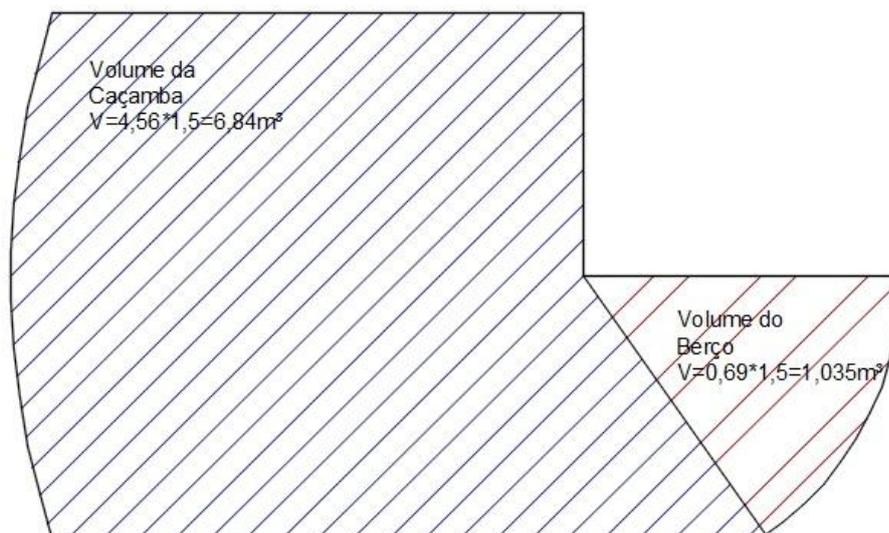
Desta maneira, o projeto se encontra dentro da faixa comercial existente, podendo atender pequenas lojas e pequenos condomínios.

Desta forma para se obter uma caçamba com o volume de 6m^3 , as medidas utilizadas neste pré projeto são:

- Altura: 2,000 m;
- Largura: 1,500 m;
- Comprimento: 3,357 m;
- Inclinação: 49°

O diagrama apresentado na Figura 16, foi gerado com auxílio do *software* AutoCad®, através do *software* foram determinadas as áreas das regiões hachuradas e o valor obtido multiplicado pelo valor da largura adotada para o pré projeto.

Figura 16 – Diagrama da divisão de volume da caçamba



Fonte:(PELO AUTOR)

3.2 EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS

Será apresentada agora a relação de materiais necessários para a construção da caçamba compactadora estacionária.

3.2.1 Sistema hidráulico

O sistema hidráulico de uma caçamba compactadora estacionária é constituído por:

- Uma unidade hidráulica (motor elétrico ou de combustão interna);
- Um cilindro hidráulico;
- Duas válvulas direcionais;
- Mangueiras;

3.2.1.1 Unidade hidráulica

A unidade hidráulica é o elemento responsável por fornecer óleo sob alta pressão para o sistema hidráulico. Ela pode ser acionada por motores elétricos ou de combustão interna, este último pode exigir um investimento financeiro maior, porém, atende regiões onde não há energia elétrica. A unidade hidráulica escolhida para o anteprojeto foi o modelo acionado por

motor elétrico, modelo descrito no anexo. A Figura 17 apresenta um dos tipos de unidades hidráulicas.

Figura 17 – Unidade hidráulica acionada por motor elétrico



Fonte: (http://img.directindustry.com/images_di/photo-mg/electrically-driven-hydraulic-power-unit-65781-7294905.jpg)

3.2.1.2 Cilindro hidráulico

O cilindro hidráulico é o componente responsável por transformar a potência hidráulica em movimento na placa de compactação. Ele foi dimensionado de forma a garantir o equilíbrio entre o máximo volume do berço de carga e a máxima abertura da porta de carga. Porém, também tiveram que ser levadas em conta as medidas padronizadas pelos fabricantes de cilindros hidráulicos.

O cilindro é fixado na caçamba por um pino que, através do garfo macho do cilindro e do garfo fêmea da caçamba, mantém o mesmo no local ideal de funcionamento. Na outra extremidade, foi utilizada uma fixação por olhal, para facilitar a desmontagem no caso de manutenção.

No posicionamento do cilindro também teve que ser considerado o local na placa de compactação, isto é:

- Foi necessária uma análise das trajetórias circulares da placa e do cilindro para não haver forças em sentido contrário ao movimento desejado;
- O acoplamento do cilindro na placa de compactação também foi analisado para que seu posicionamento oferecesse a melhor distribuição possível de pressão, ficando localizado no centro da placa, em relação ao seu comprimento.

A Figura 18 apresenta um modelo similar ao escolhido.

Figura 18 – Cilindro hidráulico de dupla ação e haste simples



Fonte:(<http://www.omegaoleohidraulica.com.br/wp-content/uploads/2011/09/manutencao-cilindros.jpg>)

3.2.1.3 Válvulas direcionais

No anteprojeto foram escolhidas duas válvulas direcionais:

- Uma válvula direcional manual 4/3 vias, como apresentado na Figura 19, que é acoplada a caçamba e oferece três opções ao operador: avanço, recuo e pausa em qualquer posição do cilindro.
- Uma válvula direcional manual 3/2 vias, como apresentado na Figura 20, acoplada à unidade hidráulica, que irá oferecer ao operador a opção de escolher qual caçamba operar, quando houver mais de uma caçamba compactadora estacionária conectada a mesma unidade hidráulica;

Figura 19 – Válvula Direcional Manual Acoplada à Caçamba (4/3 vias)



Fonte:(http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/130_23_001.jpg)

Figura 20 - Válvula Direcional Manual Acoplada à Unidade Hidráulica



Fonte:(http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/130_23_003.jpg)

3.2.1.4 Mangueiras

Para conectar a unidade hidráulica à caçamba utiliza-se de mangueiras próprias para óleo hidráulico a alta pressão. Essas mangueiras possuem engates rápidos nas extremidades, o que torna o processo de conexão mais fácil e eficiente. São mangueiras flexíveis, porém resistente a alta pressão por serem construídas com tramas de aço.

Este tipo de mangueira é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Mangueira Flexível



Fonte:(<http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00496823001287144910.jpg>)

3.2.2 ESTRUTURA DA CAÇAMBA

Para a construção da estrutura da caçamba compactadora estacionária será utilizada chapas finas de aço SAE 1020 laminado a quente. Perfis em “U” também em aço SAE 1020 para reforço da estrutura e das chapas.

A escolha do aço SAE 1020 se deve ao custo baixo, facilidade de compra, boa soldabilidade e características mecânicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão mostrados todos os cálculos pertinentes ao dimensionamento do sistema hidráulico e da estrutura da caçamba compactadora estacionária.

4.1 CÁLCULO DA FORÇA DE COMPACTAÇÃO

Para obter uma pressão de compactação de 100 kPa, que é a mesma pressão utilizada em caminhões de lixo e pressão suficiente para compactar o lixo doméstico a uma taxa de 8:1 (dados empíricos utilizado pelos fabricantes), foi utilizado:

- Pressão aplicada na placa de compactação: 100 kPa;
- Dimensões da placa:
 - Largura: 1,175 m
 - Comprimento: 1,490 m

Logo a área da placa será: $A = L \times C = 1,175 \times 1,490 = 1,751 \text{ m}^2$

Desta forma a força aplicada na placa deverá ser de acordo com a equação (5):

$$F = P \times A = 100 \times 10^3 \text{ Pa} \times 1,751 \text{ m}^2 = 175.100 \text{ N} \quad (5)$$

Da forma que o cilindro foi posicionado, quando ele atinge a posição final de seu curso (posição de maior força), a força é aplicada à placa com um ângulo de $26,04^\circ$ em relação à direção normal a placa.

Assim, a força que deverá ser fornecida pelo cilindro é dada pela equação (6):

$$F_{compactação} = F_{cilindro} \times \cos \theta \quad (6)$$

$$F_{cilindro} = \frac{175100 \text{ N}}{\cos 22,26^\circ} \therefore F_{cilindro} = 189.200 \text{ N}$$

A pressão do sistema hidráulico é adotada como 18,5 MPa (185 bar), logo, é possível achar as dimensões do cilindro através da equação (2):

$$A = \frac{F}{P} = \frac{189200 \text{ N}}{18,5 \times 10^6 \text{ Pa}} = 0,0102 \text{ m}^2 \quad (2)$$

E ainda o diâmetro pela equação (7),

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0102}{\pi}} \cong 0,0114 \text{ m} = 114 \text{ mm} \quad (7)$$

Desta forma, o cilindro deverá ter: 114 mm de diâmetro de êmbolo.

O cilindro encontrado não atende a essa dimensão, porém é ligeiramente maior, mas não afeta na pressão de compactação de forma significativa. Assim refazendo o cálculo da força de compactação com o diâmetro do cilindro hidráulico adotado, teremos:

- Diâmetro interno do êmbolo do cilindro: 120 mm;
- $A = 1,131 \times 10^{-2} \text{ m}^2$;
- $F_{cilindro} = 209.230,56 \text{ N}$;
- $F_{compactação} = 193.637,53 \text{ N}$ (no avanço do cilindro);
- $P = 110,59 \text{ kPa}$ (1,11 bar) (na placa de compactação).

Demais especificações do cilindro serão apresentadas no anexo.

4.2 ANÁLISE DE ESFORÇOS

Para se determinar de maneira aproximada os esforços suportados pelas chapas que compõe a caçamba compactadora estacionária, será efetuado o cálculo das tensões suportadas pela tampa traseira que será confeccionada como um segmento de cilindro com raio r de 3264mm.

Assim para se determinar a espessura mínima das chapas para suportar uma pressão (P) de 100kPa do material que se encontra compactado dentro da caçamba utiliza-se a equação (2) do cálculo da tensão transversal (σ_1) para a tampa traseira da caçamba, sabendo que a tensão de escoamento para o aço SAE 1020 é de 210MPa.

Cálculo da tampa traseira:

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot r}{t} \rightarrow 210MPa = \frac{100kPa \times 3,264m}{t} \therefore t = 1,55mm \quad (8)$$

Portanto, ao se analisar as espessuras das chapas finas de aço SAE 1020 disponíveis no mercado optou-se pela espessura de 3,80mm o que resulta na seguinte tensão longitudinal equação (2):

$$\sigma'_1 = \frac{100kPa \times 3,264m}{3,80mm} \therefore \sigma'_1 = 86MPa \quad (9)$$

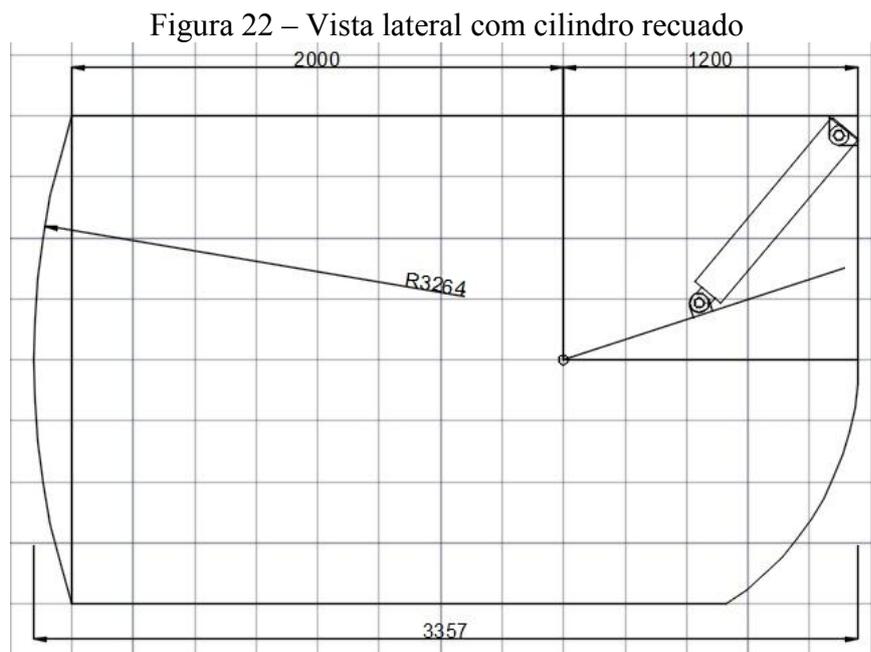
Conseqüentemente, ao se utilizar a equação (1) pode-se determinar o coeficiente de segurança inicial do pré projeto, então teremos que:

$$CS = \frac{\sigma_1}{\sigma'_1} = \frac{210MPa}{86MPa} = 2,44 \quad (10)$$

Foi então determinado um CS inicial de 2,44 para a estrutura em chapa da caçamba.

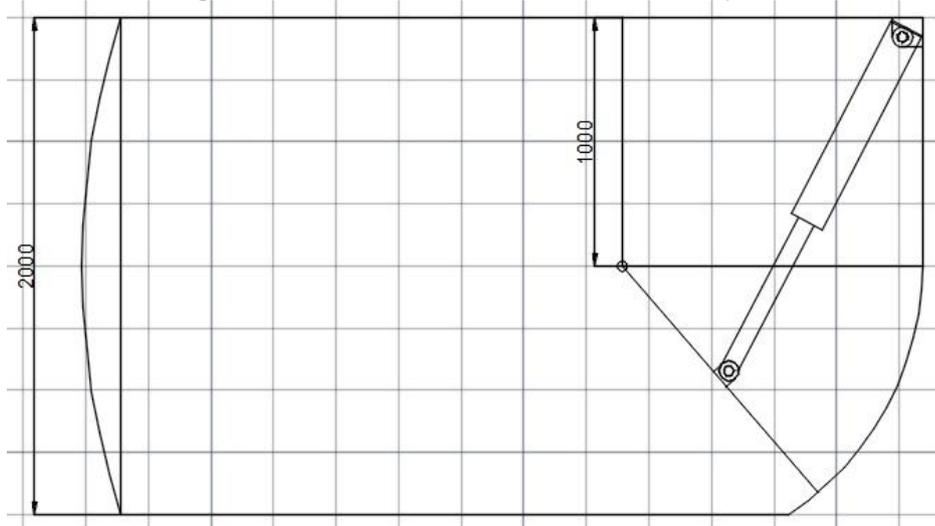
4.3 MODELAGEM DA CAÇAMBA

Neste item serão apresentados os desenhos em 2D e 3D da caçamba projetada. Além das cotas principais da caçamba. A Figura 22 e Figura 23 mostraram o posicionamento do cilindro hidráulico nas posições de recuo total e avanço total, respectivamente.



Fonte: (Pelo Autor)

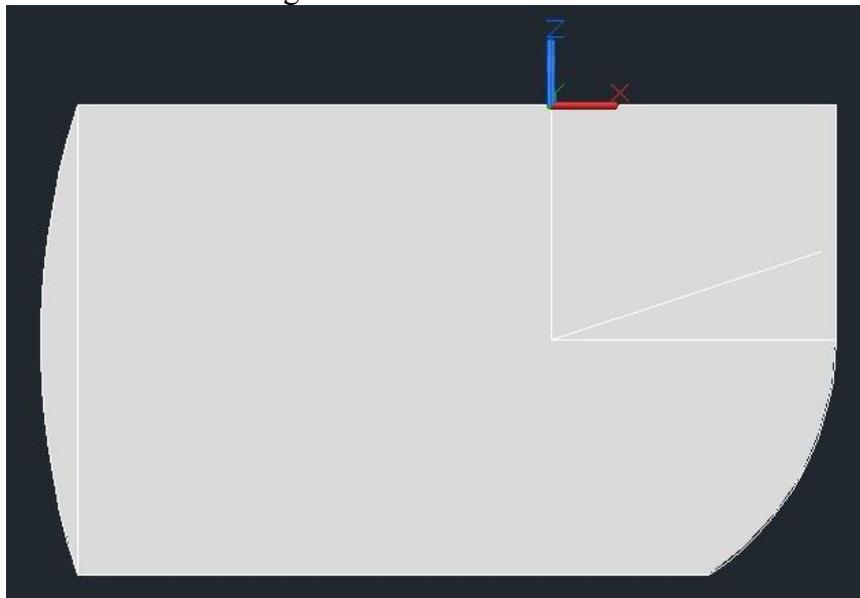
Figura 23 – Vista lateral com cilindro avançado



Fonte: (Pelo Autor)

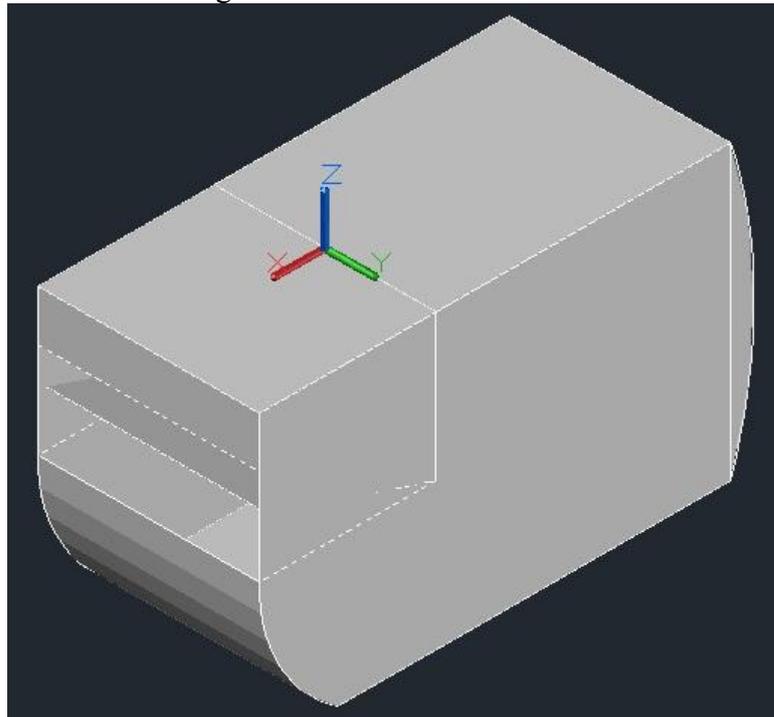
As figuras seguintes mostram a estrutura da caçamba projetada em ambiente virtual 3D. A Figura 24 apresenta a vista lateral da caçamba, já a Figura 25 a vista isométrica.

Figura 24 – Vista lateral 3D



Fonte: (Pelo Autor)

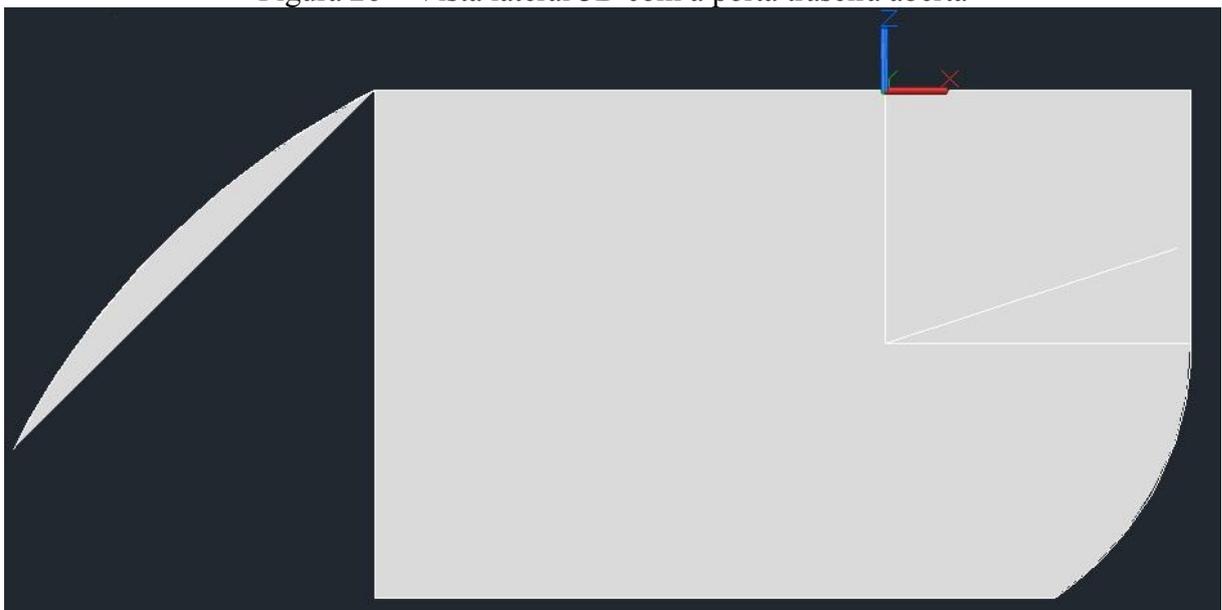
Figura 25 – Vista isométrica 3D



Fonte: (Pelo Autor)

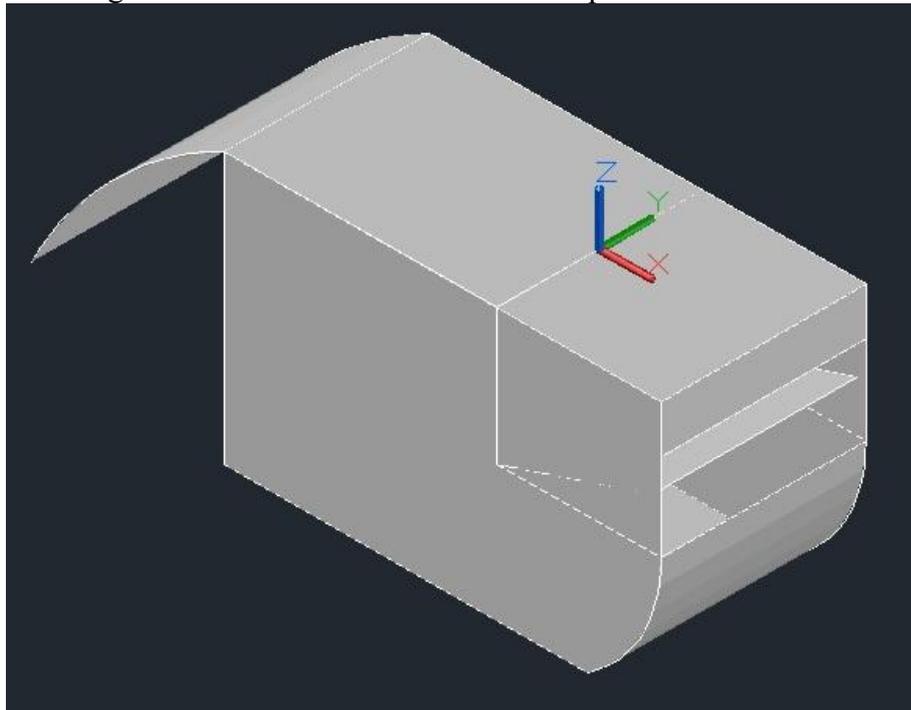
Para facilitar a visualização do funcionamento da porta traseira serão apresentadas imagens mostrando a caçamba em modelagem 3D com a porta traseira aberta. Assim a Figura 26 apresenta a vista lateral, a Figura 27 a vista isométrica e a Figura 28 uma vista personalizada para facilitar a visualização dos componentes.

Figura 26 – Vista lateral 3D com a porta traseira aberta



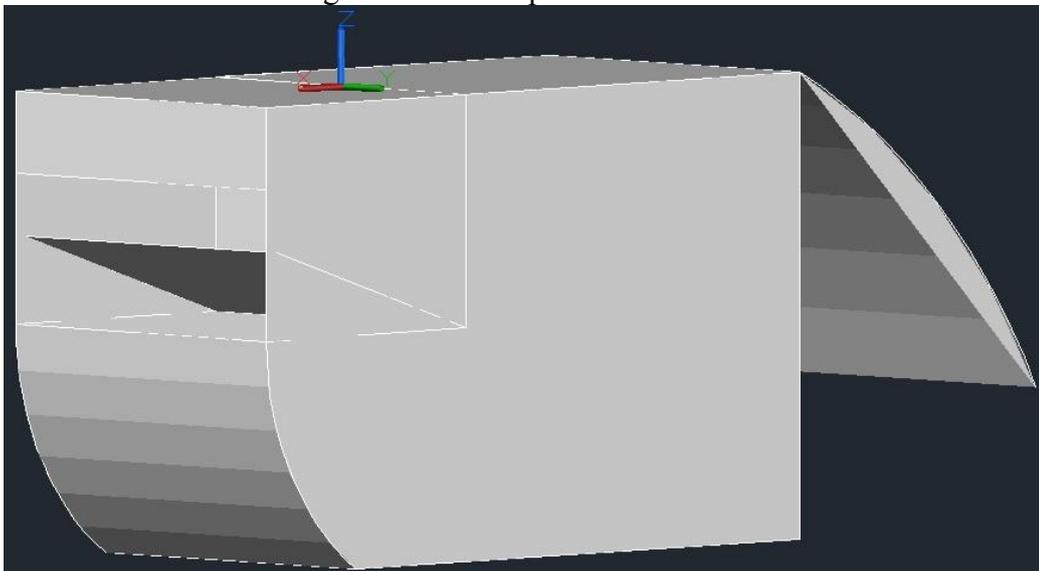
Fonte: (Pelo Autor)

Figura 27 – Vista isométrica 3D com a porta traseira aberta



Fonte: (Pelo Autor)

Figura 28 – Vista personalizada 3D



Fonte: (Pelo Autor)

4.4 DISCUSSÃO

Da seleção de materiais hidráulicos, fica sempre uma dúvida se não existe outro equipamento que também poderia atender as necessidades, porém com um custo menor, ou talvez que fosse mais versátil. Existem diversos fabricantes, alguns seguem normas na

fabricação e especificação dos equipamentos, porém, existem também muitos fabricantes que fazem o componente hidráulico sob encomenda, e muitas vezes com um custo final menor do que aquele do fabricante que possui linha de produção.

O posicionamento do cilindro é de todo o trabalho, a parte mais complexa. Encontrar uma posição que atenda todos os requisitos do projeto é extremamente trabalhoso, e exige certo conhecimento específico na área de compactação de resíduos, pois se deve encontrar o ponto de maior curso, mas que não atrapalhe na abertura da porta de carga e ainda que a força exercida não atue de forma contrária ao movimento em algum ponto da trajetória da placa móvel.

O cálculo da parte estrutural, especificamente a determinação da espessura da placa, foi feita de maneira a se obter um valor inicial. Este valor deverá ser submetido a uma análise mais meticulosa, como uma análise através do Método de Elementos Finitos utilizando-se um *software* apropriado para constatar as tensões e deformações sofridas pelas chapas de aço. Assim é possível verificar se a espessura inicial adotada é viável ou não.

Em complementação à estrutura de chapas, são necessários reforços estruturais para aumentar a rigidez da estrutura. É comum a aplicação de um perfil “U” na linha média da altura no sentido horizontal nos dois lados da caçamba, além de reforços com barras ou tubos quadrados emoldurando a estrutura de chapa no ponto em que se encontra a fixação da placa compactadora e na junção da caçamba e a porta traseira.

É necessário também a fixação dos suportes para o poliguindaste nas laterais da caçamba que serão fixados no perfil “U”. Estes suportes deverão ser fixados com 1500mm de distância entre eles, e são dois de cada lado da caçamba.

O acabamento é de extrema importância, afinal a caçamba estará trabalhando com lixo, e o chorume produzido pelo mesmo é altamente corrosivo. Assim como este chorume deve ser armazenado de forma eficiente e sem vazamento dentro da caçamba, a caixa de chorume deve ser corretamente especificada, porém, não se consegue medir qual será a produção de chorume, pois o lixo doméstico é altamente variável.

Devido às características construtivas mencionadas acima e suas respectivas dificuldades de projeto, este trabalho apresenta o anteprojeto de um equipamento desafiador para qualquer engenheiro mecânico. Construí-lo seria de extrema importância para encontrar erros de projeto e assim poder consertá-los. Desta forma trabalha a engenharia, buscando sempre o equilíbrio e a melhoria contínua.

5 CONCLUSÃO

Ao finalizar este trabalho, pôde-se chegar à conclusão de que um anteprojeto é mais complexo do que aparenta ser, mas não chega ao detalhamento de um projeto propriamente dito.

A construção mecânica da caçamba também exige um conhecimento técnico na área, pois é sempre a busca pelo equilíbrio entre menor peso da caçamba e maior resistência quanto à pressão exercida no seu interior, e tudo isso aliado a vida útil do equipamento.

REFERÊNCIAS

BEER, F P.; JOHNSTON JUNIOR, E. R.; DEWOLF, J. T. **Resistência dos Materiais**. 4 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

BOFORS. **Steel and its heat treatment**. 1 ed. em inglês. Londres: Butterworth, 1975.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico do manejo dos resíduos sólidos urbanos – 2009**. Brasília. Disponível em:< www.snis.gov.br >. Acesso em: 04 dez. 2014.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CAMPOS, H. K. T. **Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil**. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n2/a06v17n2.pdf> > Acesso em: 04 dez. 2014.

DRAPINSKI, J. **Hidráulica e pneumática industrial e móvel: elementos e manutenção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1979.

GERE, J. M.; GOODNO, B. J. **Mecânica dos materiais**. 7 ed. norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

LIMA, E. P. C. **Mecânica das bombas**. 2 ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2003.

LINSINGEN, I. V. **Fundamentos de sistemas hidráulicos**. 2 ed. revisada. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

MARQUES, P. V. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3 ed atualizada. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2009.

MARTINS, F. G. **Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e a Coleta Seletiva em Regente Feijó**. Presidente Prudente, 2011.

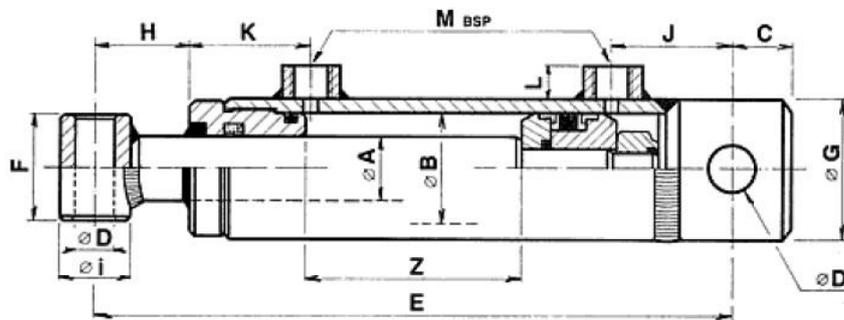
NORTON, R. L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

VICKERS. **Manual de Hidráulica Industrial**. 8 ed. São Paulo: Sperry Rand do Brasil, 1983.

ANEXO A – Descrição dos componentes hidráulicos

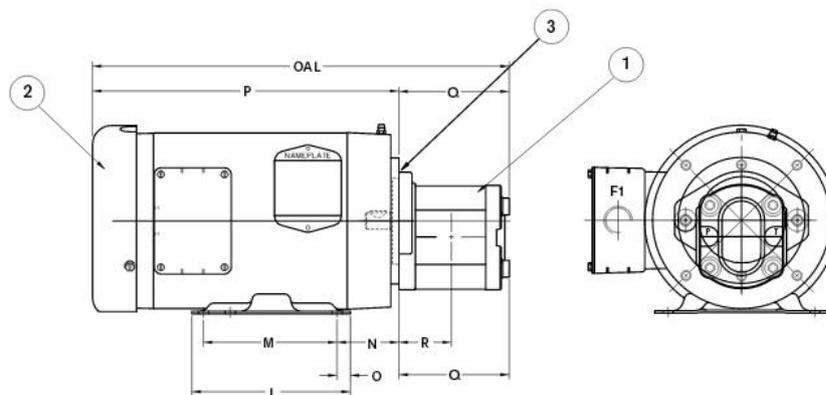
CILINDRO HIDRÁULICO

- Modelo escolhido: 707/5 (modificado para atender ao anteprojeto);
- Fabricante: Multi-conex;
- Curso: 620 mm;
- Distância entre olhais: 890 mm;
- Diâmetro da haste: 70 mm;
- Diâmetro da camisa: 120 mm;
- Pressão nominal: 195 bar;
- Velocidade máxima: 0,5 m/s
- Faixa de Temperatura do fluido: -30°C a +90°C
- Fluido de Pressão: Óleo Mineral conforme DIN 51 524 (HL, HLP)



UNIDADE HIDRÁULICA

- Modelo escolhido: AZPF12-016RQR12MB;
- Fabricante: Bosch-Rexroth;
- Vazão: 28,8 l/min;
- Pressão nominal: 185 bar;
- Acionamento: motor elétrico, 15 CV, 4 pólos, 60Hz;



VALVULAS DIRECIONAIS

- Modelo: Válvula direcional 4/3 vias
- Código: 13028263
- Fabricante: Festo
- 4 vias de trabalho;
- 3 posições de comando com detente;
- Acionamento manual por alavanca;
- Trava nas três posições;
- Pressão máxima de operação: 210 bar;
- Vazão nominal: 40 l/min;
- Temperatura de operação: -10 a 70 °C;
- Conexões de engate rápido antivazamento.



- Modelo: Válvula direcional 4/3 vias;
- Código: 13023004;
- Fabricante: Festo;
- 3 vias de trabalho;
- 2 posições de comando;
- Acionamento manual por alavanca;
- Retorno por molas;
- Pressão máxima de operação: 210 bar;
- Vazão nominal: 40 lpm;
- Temperatura de operação: -10 a 70 °C;
- Conexões de engate rápido antivazamento



MANGUEIRA

- Modelo: GS1N;
- Fabricante: Goodyear;
- Tubo: Composto de borracha sintética preta, resistente a óleo e calor;
- Reforço: Um trançado de arame de aço de alta resistência;
- Cobertura: Composto de borracha sintética preta, resistente a óleo, abrasão e intempérie;
- Pressão máxima de operação: 215 bar;
- Temperatura de operação: -40 a +100°C
- Conexões de engate rápido antivazamento

