

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA
APOLITÉCNICA
INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITÁRIO DE TETE (ISUTE)



Melhoramento do desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões na
empresa Vulcan Moatize-2023

Anísio Dias Pedro Nhachungue

Tete

2023

Anísio Dias Pedro Nhachungue

Melhoramento do desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões na empresa Vulcan Moatize-2023

Monografia apresentada á Universidade Politécnica , Instituto Superior Universitário de Tete como requisito parcial para a obtenção do Grau de Licenciado em Engenharia Mecânica.

Tutor: Eng. Wilson Ernesto Mucata.

Tete

2023

Anísio Dias Pedro Nhachungue

Melhoramento do desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões na
empresa Vulcan-2023

Monografia apresentada á Universidade
Politécnica , Instituto Superior Universitário
de Tete como requisito parcial para a
obtenção do Grau de Licenciado em
Engenharia Mecânica.

Tutor: Eng. Wilson Ernesto Mucata.

Aprovado em ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

Tete

2023

Tutor: Eng. Wilson Ernesto Mucata.

Parecer do Tutor

Eu, Wilson Ernesto Mucata, Engenheiro Mecatrónico, orientador do estudante Anísio Dias Pedro Nhachungue, finalista do curso de Engenharia Mecânica, declaro que o presente trabalho (trabalho de fim de curso) foi por mim orientado e está em condições de ser avaliado como trabalho final do curso do estudante em referência. Por ser verdade, este vai por mim assinado como garantia de que o trabalho foi da autoria do estudante e obedeceu os preceitos científicos para elaboração do mesmo.

Tete, aos ____/____/ 2024

O Tutor

Eng. Wilson Ernesto Mucata

Dedicatória

Com maior consideração e satisfação, tenho a honra de dedicar este trabalho a minha família em especial aos meus pais, que tem colaborado na minha carreira estudantil desde os tempos idos até hoje, pela ajuda financeira e pelo incentivo que sempre me deram e continuam dando neste desafio estudantil, aos meus colegas e amigos que me ajudaram em todos momentos.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro a Deus que sempre ilumina meu caminho dia após dia. Aos professores pelas correcções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Gostaria de agradecer também ao pessoal que me ajudou sanando dúvidas, fornecendo material, recursos e dicas importantíssimas para o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço aos meus pais, Pedro e Natália, pelo amor, incentivo, paciência e dedicação imensurável em minha saúde, educação e formação como cidadão e a minha esposa Vidência Machava que sempre esteve ao meu lado para me auxiliar e dar forças.

Ao meu supervisor, Eng. Wilson Ernesto Mucata, agradeço por me ter indicado as directrizes para a materialização deste trabalho e especialmente por ter esclarecido de forma paciente todas as inquietações por mim apresentadas ao longo do processo.

Epígrafe

“Nenhuma Engenharia constrói carácter,
mas com carácter se faz os melhores
engenheiros”.
(Jordan Lucas)

Resumo

A estação de carregamento de vagões desempenha um papel fundamental no escoamento do produto final. O sucesso de uma empresa depende também de uma boa logística e a estação de carregamento de vagões é onde tudo começa. As falhas frequentes no sistema hidráulico da estação comprometem o processo de produção da empresa. As falhas no sistema originadas por vazamentos, baixa pressão, temperaturas altas que se fazem sentir em Moatize comprometem o processo de transporte do produto. O objectivo da pesquisa é buscar soluções para reduzir o tempo de paradas relacionadas ao sistema hidráulico e garantir melhor desempenho à estação de carregamento de vagões. A contaminação do óleo hidráulico por partículas, por água e por ar favorecida pelos vazamentos em cilindros, mangueiras e nos filtros é a principal causa do baixo desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões da mina da Vulcan em Moatize. Como solução para o baixo desempenho propõe-se a eliminação completa dos vazamentos, uma capacitação dos técnicos afectos a estação e a análise periódica do óleo para se ter o controle da contaminação. Cerca de 80% das paradas da estação de carregamento de vagões é relacionada a falhas no sistema hidráulico como a baixa pressão de óleo, lentidão na abertura e fechamento das comportas, temperatura alta do óleo hidráulico e vazamentos de óleo. É preciso que se capacite os trabalhadores afectos à esta área em matérias relacionadas ao sistema hidráulico de modo a reduzir o tempo de resposta em manutenção correctiva.

Palavras-chave: sistema hidráulico, fluido hidráulico, contaminação.

Abstract

The wagon loading station plays a fundamental role in the flow of the final product. The success of a company also depends on good logistics and the wagon loading station is where it all starts. Frequent failures in the station's hydraulic system compromise the company's production process. System failures caused by leaks, low pressure, high temperatures that are felt in Moatize compromise the product transportation process. The objective of the research is to find solutions to reduce downtime related to the hydraulic system and ensure better performance at the wagon loading station. Contamination of hydraulic oil by particles, water and air, caused by leaks in cylinders, hoses and filters, is the main cause of the low performance of the hydraulic system at the wagon loading station at the Vulcan mine in Moatize. As a solution to low performance, we propose the complete elimination of leaks, training of technicians assigned to the station and periodic analysis of the oil to control contamination. Around 80% of stoppages at the wagon loading station are related to failures in the hydraulic system such as low oil pressure, slow opening and closing of gates, high hydraulic oil temperature and oil leaks. It is necessary to train workers assigned to this area in matters related to the hydraulic system in order to reduce response time in corrective maintenance.

Keywords: hydraulic system, hydraulic fluid, contamination.

Lista de Figuras

Figura 1. Sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões.	24
Figura 2. Bomba hidráulica de pistões axiais.	29
Figura 3. Reservatório de óleo hidráulico.	29
Figura 4. Acumulador hidráulico de bexiga.	31
Figura 5. Filtro de sucção do tipo peneira.	33
Figura 6. Filtro com indicador visual da condição do elemento.	34
Figura 7. Mangueira com conexão.	35
Figura 8. Bloco manifold.	36
Figura: 9. Válvula de retenção.	37
Figura 10. Válvula direcional.	37
Figura 11. Válvula com 2 posições de comando.	38
Figura 12. Válvula com 3 posições de comando.	38
Figura 13. Posições aberta e fechada da válvula.	39
Figura 14. Válvula com duas vias e duas posições.	40
Figura 15. Válvula reguladora de fluxo.	41
Figura 16. Válvula controladora de pressão.	41
Figura 17. Actuador hidráulico linear.	43

Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros do sistema.....	26
Tabela 2. Classificação das peneiras pelo número de malhas.	33
Tabela 3. Classificação dos sistemas segendo a N.F.P.A	47
Tabela 4. Áreas, forças e vazões.	48
Tabela 5. Cargas de Euler.	50
Tabela 6. Velocidades recomendadas para tubulações hidráulicas.	53
Tabela 7. Limite de escoamento Reynolds.	61
Tabela 8. Perda de carga por singularidade.	62
Tabela 9. Perda de carga nas válvulas da linha de pressão.	64
Tabela 10. Dados técnicos de bomba de pistões axiais.	65
Tabela 11. Motores eléctricos weg.	66
Tabela 12. Resultados do dimensionamento.....	67
Tabela 13. Apresentação dos participantes da pesquisa.	72
Tabela 14. Plano de manutenção proposto.	77

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Perda de carga na válvula direcional.	63
Gráfico 2. Perda de carga na válvula reguladora de fluxo.....	64
Gráfico 3. Relação dos lotes previstos e realizados.	73
Gráfico 4. Disponibilidade prevista e real para a estação de carregamento.	74
Gráfico 5. Disponibilidade média real nos 6 meses.....	74
Gráfico 6. Correctiva na estação de carregamento.	75
Gráfico 7. Qualidade do carregamento.	75

Lista de Apêndices

Apêndice 1. Termo de consentimento.	86
Apêndice 2. Guião de entrevista	88
Apêndice 3. Contentor do sistema hidráulico da estação de carregamento.	90
Apêndice 4. Bancada com o bloco manifold e válvulas direcionais.....	91
Apêndice 5. Estação de carregamento de vagões.	92

Lista de Anexos

Anexo 1. Credencial para recolha de dados.....	94
Anexo 2. Declaração da empresa.....	95
Anexo 3. Estrutura básica de um circuito hidráulico.....	96
Anexo 4. Reservatório e filtros.....	97
Anexo 5. Diâmetros comerciais de cilindros de dupla acção.....	98
Anexo 6. Cargas de Euler.....	99

Lista de siglas

P_{tb} → Pressão de trabalho

P_{tbe} → Pressão de trabalho estimada

P_n – Pressão nominal

D_c – Diâmetro do pistão calculado

$D_{comercial}$ – Diâmetro comercial

λ – Comprimento livre de flambagem (cm)

E – Módulo de elasticidade do aço (módulo de Young)

J – Momento de inércia para seção circular (cm^4).

K - Carga de flambagem.

S - Coeficiente de segurança

d_h Diâmetro da haste do cilindro

A_c Área da coroa em cm^2

Q Vazão em l/min

Q_a Vazão de avanço em l/min

Q_r Vazão de retorno em l/min

Q_{ia} Vazão induzida de avanço em l/min

Q_{ir} Vazão induzida de retorno em l/min

P_r Pressão de retorno em Mpa

P_{ia} Pressão induzida de avanço em Mpa

P_{ir} Pressão induzida de retorno em Mpa

v_s Velocidade na linha de sucção em m/s

v_r Velocidade na linha de retorno em m/s

v_p Velocidade na linha de pressão em m/s

d_t Diâmetro da tubulação

DF → Disponibilidade física do equipamento;

HC → Total de horas do calendário;

HM → Total de horas paradas para manutenção.

R_e → Número de Reynolds;

ΔPT → Perda de carga total;

ΔP → Perda de carga na tubulação (distribuída + localizada);

dP → Perda de carga nas válvulas da linha de pressão;

Ψ → Factor de atrito, $\frac{64}{R_e}$ para tubo rígido e temperatura constante;

ρ → Massa específica do fluido, = $881,1 \text{ Kg}/m^3$ para óleo Vg 68;

V → Velocidade de escoamento em cm/s ;

V_g → volume de absorção em $cm^3/rotação$

Q_b → vazão da bomba em l/min

n → rotação do motor em rpm

η_w → rendimento volumétrico (0,91 a 0,93)

T → Torque em $N m$. N → Potência absorvida em kw ;

Lista de abreviaturas

NFPA - National Fluid Power Association (Associação Nacional de Energia Fluida);

PLC - Controlador Lógico Programável;

EPIs – Equipamentos de protecção individual.

Índice

Capítulo I	21
1. Introdução	21
1.1. Problema da pesquisa.....	22
1.2. Justificativa	22
1.3. Objectivos.....	23
Objectivo geral	23
Objectivos específicos	23
1.4. Hipóteses	23
1.5. Caracterização do objecto de estudo	24
1.5.1. Funcionamento do sistema	24
1.5.2. Silo de descarga	25
1.5.3. Doseador de pesagem	25
1.5.4. Chute móvel	25
1.6. Parâmetros do sistema.....	26
Capítulo II	28
2. Revisão da literatura	28
2.1. Sistema hidráulico	28
2.2. Constituição do sistema hidráulico	28
2.3. Sistema de geração.....	28
2.3.1. Bomba hidráulica	28
2.3.2. Reservatório de óleo	29
2.3.3. Acumuladores hidráulicos	31
2.3.4. Filtros de óleo	32
2.3.5. Conexões e tubulações	35

2.4.	Sistema de distribuição e controle.....	36
2.4.1.	Válvulas de controle direccional.....	36
2.4.2.	Válvula de retenção.....	36
2.4.3.	Válvulas direccionais	37
2.4.4.	Válvula reguladora de fluxo.....	40
2.4.5.	Válvulas controladoras de pressão.....	41
2.5.	Sistema de aplicação	42
2.5.1.	Actuadores hidráulicos.....	42
2.5.2.	Atuadores rotativos e giratórios (motores hidráulicos).....	42
2.5.3.	Actuadores lineares (cilindros hidráulicos)	42
2.5.4.	Tipos de cilindros hidráulicos.....	43
2.6.	Fluido hidráulico	44
2.6.1.	Funções do fluido hidráulico	44
2.6.2.	Propriedades do fluido hidráulico	45
2.6.3.	Aditivos.....	46
2.7.	Dimensionamento do sistema hidráulico	46
2.7.1.	Dimensionamento de cilindros hidráulicos.....	46
2.7.2.	Silo de descarga	47
2.7.3.	Doseador de pesagem	54
2.7.4.	Dimensionamento do cilindro do chute móvel.	57
2.8.	Dimensionamentos das tubulações e perda de carga	60
2.8.1.	Perda de carga.....	61
2.9.	Seleccção da bomba hidráulica, motor eléctrico e reservatório.....	65
2.9.1.	Seleccção da bomba hidráulica.....	65
2.9.2.	Escolha do motor eléctrico.....	66

2.9.3.	Reservatório de óleo hidráulico	67
2.9.4.	Resultados de dimensionamento	67
Capítulo III.....		70
3.	Metodologia	70
3.1.	Tipo de investigação.....	70
3.2.	População e Amostra.....	71
3.2.1.	Amostragem e Amostra	71
3.3.	Instrumentos	71
3.4.	Procedimentos	71
Capítulo IV.....		72
4.	Apresentação dos dados recolhidos	72
4.1.	Apresentação dos participantes da pesquisa.....	72
4.2.	Leitura e interpretação dos dados recolhidos.	72
Capítulo V.....		76
5.	Análise dos dados colhidos	76
Capítulo VI.....		81
6.	Conclusão.....	81
6.1.	Sugestões	82
6.2.	Recomendações do trabalho futuro	83
7.	Referências bibliográficas.....	84
8.	Apêndices.....	86
9.	Anexos	93
10.	Glossário	100

Capítulo I

1. Introdução

A hidráulica é a parte da física que consiste no estudo do comportamento dos líquidos confinados e de sua utilização na execução de trabalho. A palavra Hidráulica provém do grego **hydra**, que significa água, e **aulos**, que corresponde a **cano**, Moreira (2012).

A força fluida tem sua origem a milhares de anos antes de Cristo. O marco inicial, de que se tem conhecimento, foi o uso da potência fluida em uma roda de água, que emprega a energia potencial da água armazenada a uma certa altura, para a geração de energia. Os romanos por sua vez, tinham um sistema de armazenamento de água e transmissão, através de canais ou ductos para as casas de banho ou fontes ornamentais. O uso do fluido sob pressão, como meio de transmissão de potência, já é mais recente, sendo que o seu desenvolvimento ocorreu, mais precisamente, após a primeira guerra mundial, Palmieri (1997).

O ramo da hidráulica que nos interessa somente passou a ser utilizado a partir do século XVII. Baseava-se no princípio descoberto pelo cientista francês Blaise Pascal e consistia no uso de fluido confinado para transmitir e multiplicar forças e modificar movimentos, Moreira (2012).

Hoje, com o desenvolvimento de novos metais e fluidos obtidos sinteticamente, a versatilidade e a dependência do uso da transmissão de força fluida torna-se evidente, desde o seu uso para um simples sistema de frenagem em um automóvel até sua utilização para complexos sistemas de aeronaves modernas, Palmieri (1997).

A pesquisa tem como objectivo, melhorar o desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões na mina de Moatize. A estação é responsável por carregar os vagões com o carvão extraído da mina. Longas paradas no carregamento de vagões tem impactando negativamente em toda a cadeia de produção. A pesquisa procura trazer soluções para este problema de modo a elevar o desempenho do sistema hidráulico de carregamento de vagões, reduzindo desta forma perdas no escoamento do carvão mineral extraído na mina de Moatize.

1.1. Problema da pesquisa

A estação de carregamento de vagões desempenha um papel fundamental no escoamento do produto final. O sucesso de uma empresa depende também de uma boa logística e a estação de carregamento de vagões é onde tudo começa. As falhas frequentes no sistema hidráulico da estação comprometem o processo de produção da empresa. Uma vez processado o carvão mineral na empresa Vulcan, precisa ser transportado até ao porto de Nacala-a-Velha onde será embarcado. As falhas no sistema originadas por vazamentos, baixa pressão, temperaturas altas que se fazem sentir em Moatize comprometem o processo de transporte do produto. É importante ressaltar que o espaço para a estocar o carvão na mina é limitado, e paradas longas da estação de carregamento dos vagões obrigam a paralisação da produção por esgotamento de espaço para estocar o produto. As temperaturas que se fazem sentir em Tete, em Moatize em particular nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro criam sobreaquecimento do óleo hidráulico.

Pergunta de partida

Quais são os factores que contribuem para o baixo desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões na empresa Vulcan?

1.2. Justificativa

A indústria extractiva tem-se mostrado bastante promissora em Moçambique, a descoberta abundante de reservas de carvão, minério de ferro, areias pesadas desafiam ao moçambicanos a ampliar o seu conhecimento em matérias relacionadas à indústria.

Apesar da hidráulica estar presente em quase todas as indústrias, ainda existe muita dificuldade de lidar com problemas relacionados com o sistema por parte dos mecânicos nas indústrias. Durante o estágio, pude perceber que existe enorme dificuldade para solucionar problemas relacionados com o sistema hidráulico, o que tem causado longas paradas no carregamento de vagões e impactando negativamente em toda a cadeia de produção.

A presente pesquisa procura trazer soluções para estes problemas de modo a elevar o desempenho do sistema hidráulico de carregamento de vagões, reduzindo desta forma perdas no escoamento do carvão mineral extraído na mina de Moatize.

1.3. Objectivos

Objectivo geral

- Melhorar o desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões;

Objectivos específicos

- Determinar os parâmetros de projecto do sistema hidráulico;
- Dimensionar o sistema hidráulico para a estação de carregamento de vagões;
- Identificar as causas do baixo desempenho do sistema hidráulico;
- Propor soluções para a melhoria do desempenho do sistema hidráulico.

1.4. Hipóteses

Hipótese H1:

A contaminação do óleo hidráulico é a principal causa do baixo desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões da mina da Vulcan em Moatize.

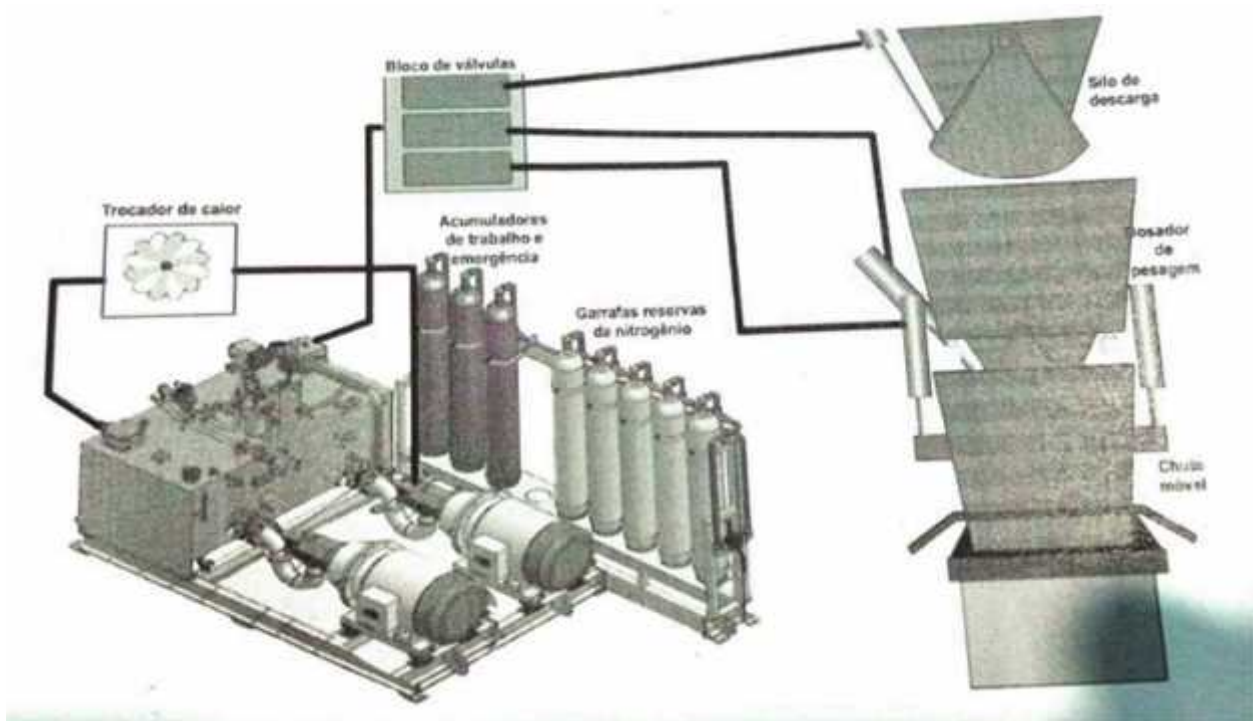
Hipótese H0:

A contaminação do óleo hidráulico não é a principal causa do baixo desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões da mina da Vulcan em Moatize.

1.5. Caracterização do objecto de estudo

O sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões compreende um pacote de energia hidráulica com uma combinação de motor eléctrico/bomba, acumuladores hidráulicos e acessórios necessários para o reservatório; um resfriador de jacto de ar montado fora da sala hidráulica para a manutenção da temperatura do óleo no sistema; um cilindro hidráulico para abertura e fechamento da comporta do silo de descarga; um cilindro hidráulico para abertura e fechamento da comporta do doseador de pesagem; dois cilindros hidráulicos com mecanismo de fixação hidráulica para levantamento, abaixamento e travamento do mecanismo Chute móvel.

Figura 1. Sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

1.5.1. Funcionamento do sistema

O sistema hidráulico durante a operação é controlado electronicamente por um P.L.C (Controlador Lógico Programável).

O fluido hidráulico é fornecido aos acumuladores pela combinação motor eléctrico/bomba durante o ciclo de carregamento. Os acumuladores, por sua vez, fornecem óleo para o bloco colector de distribuição, que é equipado com válvulas de controle direccional. Cada cilindro tem, portanto, sua válvula de controle. Este distribuidor das válvulas de controle (bloco manifold) foi montado em um suporte próximo aos cilindros operacionais melhorando o tempo de reacção dos cilindros hidráulicos.

1.5.2. Silo de descarga

O mecanismo da calha de descarga do silo foi equipado com um único cilindro, que abre a porta do chute quando o óleo entra no lado anular do cilindro e fecha quando o óleo entra no lado do furo cheio. A comporta do silo de descarga fechará quando ocorrer falha de energia. A comporta é controlada por uma válvula de controle direccional proporcional e pode ser parado em qualquer intervalo.

1.5.3. Doseador de pesagem

O mecanismo de calha do frasco de pesagem foi equipado com um único cilindro que abre a porta do chute quando o óleo entra no lado anular do cilindro e fecha quando o óleo entra no lado do furo cheio. A comporta do doseador de pesagem fechará se estiver aberta durante uma falha de energia.

1.5.4. Chute móvel

A calha de perfil foi equipada com dois cilindros de elevação e abaixamento. A calha de perfil abaixa quando o óleo entra no lado cheio do cilindro e levanta quando o óleo está entrando no lado anular do cilindro. A calha de perfil levantará porém, sob seu próprio peso e com o auxílio do sistema hidráulico acumuladores, devido ao peso de contrapeso no lado oposto e com os solenóides correctos energizados. O chute de perfil também levantará se uma força falha ocorrer.

1.6. Parâmetros do sistema.

Tabela 1. Parâmetros do sistema.

Equipamento	Parâmetro
Motor eléctrico	Potência: 55 Kw
	Tensão: 690 V
	Rotação: 1750 $\frac{v}{\text{min}}$
Reservatório hidráulico	Volume: 1000 litros
	Nível mínimo de óleo: 45%
Bomba hidráulica	Bomba de pistões axiais A10VS0. Vazão $Q_b = 145 \frac{l}{\text{min}}$
Acumulador hidráulico	Pressão do gás do acumulador com acumulador descarregado: 12 Mpa
Silo de descarga	Capacidade máxima do silo = 400 $\frac{kg}{t}$
	Força de avanço do cilindro $F_a = 150 \text{ KN}$
	Força de retorno do cilindro $F_r = 200 \text{ KN}$
	Curso do cilindro $Z_h = 1,33 \text{ m}$
	Velocidade da haste $v = 0,33 \frac{m}{s}$
	Diâmetro do cilindro $D_c = 160 \frac{mm}{s}$
Doseador de pesagem	Capacidade máxima do silo = 85 $\frac{kg}{t}$
	Força de avanço do cilindro $F_a = 80 \text{ KN}$
	Força de retorno do cilindro $F_r = 150 \text{ KN}$
	Curso do cilindro $Z_h = 0,38 \text{ m}$
	Velocidade da haste $v = 0,36 \frac{m}{s}$
	Diâmetro do cilindro $D_c = 125 \frac{mm}{s}$
Chute móvel	Força de avanço do cilindro $F_a = 150 \text{ KN}$
	Força de retorno do cilindro $F_r = 40 \text{ KN}$
	Curso do cilindro $Z_h = 1,05 \text{ m}$
	Velocidade da haste $v = 0,05 \frac{m}{s}$
	Diâmetro do cilindro $D_c = 125 \frac{mm}{s}$

Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

1.7. Organização do trabalho.

O trabalho é iniciado no capítulo 1, introdutório, que contém a introdução que apresenta um pequeno historial da hidráulica e discorre sobre o contexto que motivou a pesquisa sobre o tema abordado e o projecto realizado na mina da Vulcan em Moatize. Após a introdução, são apresentados os objectivos, justificativa e caracterização do objecto do estudo.

O capítulo 2 é a revisão da literatura, onde são abordados alguns conceitos relacionados ao sistema hidráulico. Estes assuntos foram pesquisados em diversas referências bibliográficas e em literaturas técnicas de empresas especializadas na matéria.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia usada na realização da pesquisa. Os dados colhidos são apresentados no capítulo 4.

A discussão dos resultados é apresentada no capítulo 5, na qual são interpretados os dados obtidos.

A conclusão do trabalho é apresentada no capítulo 6. Após a conclusão, uma breve recomendação para trabalhos futuros é apresentada na seção 6.2.

Capítulo II

2. Revisão da literatura

Neste capítulo, será apresentado o embasamento teórico referente ao sistema hidráulico e seus componentes, visando assim um bom conhecimento para dimensionar o sistema hidráulico para a estação de carregamento de vagões.

2.1. Sistema hidráulico

Para Moreira (2012) a hidráulica é um meio de transmitir energia, pressionando um líquido confinado.

Para Linsingen (2001), um sistema hidráulico é um conjunto de elementos físicos convenientemente associados que, utilizando um fluido como meio de transferência de energia, permite a transmissão e controle de forças e movimentos.

2.2. Constituição do sistema hidráulico

Para Palmieri (1997), o sistema hidráulico é composto por três partes principais: sistema de geração, sistema de distribuição e controle e sistema de aplicação de energia.

2.3. Sistema de geração

O Sistema de geração é constituído pelo reservatório, bombas hidráulicas, motores, acumuladores, filtros, conexões e tubulações.

2.3.1. Bomba hidráulica

A bomba hidráulica tem a função de converter a energia mecânica fornecida pelo motor em energia hidráulica empurrando o fluido hidráulico no circuito. Ela é responsável pela geração de vazão dentro do sistema hidráulico, Palmieri (1997).

Figura 2. Bomba hidráulica de pistões axiais.

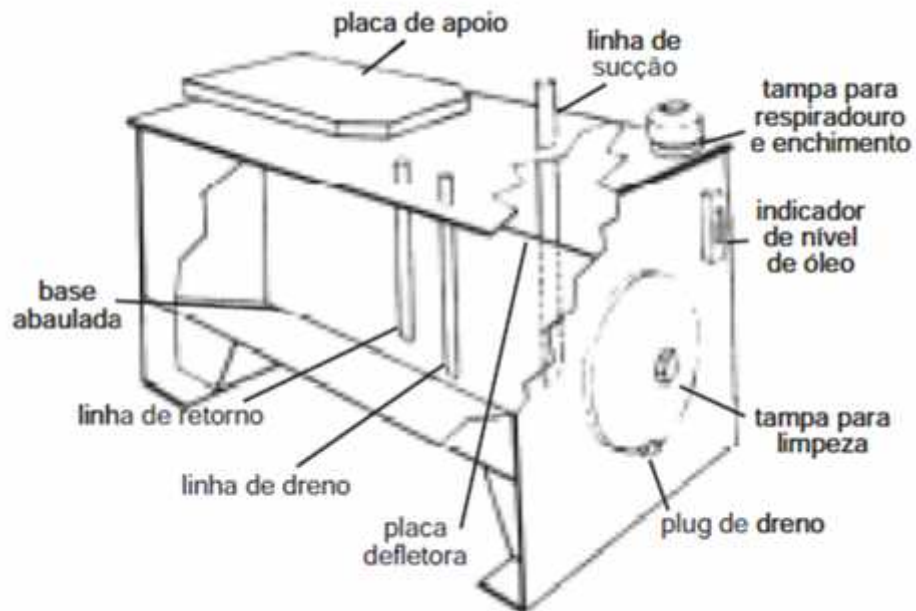


Fonte: Catálogo Roxroth,

2.3.2. Reservatório de óleo

Para Moreira (2012) os reservatórios de óleo hidráulico são projectados para comportar todo o fluido do sistema hidráulico e mais uma reserva, mantendo o óleo limpo a as temperaturas de trabalho apropriadas.

Figura 3. Reservatório de óleo hidráulico.



Fonte: Apostila Parker, (1999)

O reservatório tem as seguintes funções:

- Acondicionar todo fluido hidráulico utilizado pelo sistema;
- Separar a bolhas de ar presentes no óleo;
- Reter os contaminantes sólidos contidos no óleo;
- Dissipar o calor gerado pelo sistema.

Os reservatórios hidráulicos são construídos com placas de aço soldadas e dispostas de forma a manter o fundo do tanque acima do nível do solo e são pintados no seu interior com uma tinta especial, a base de epóxi, para reduzir a ferrugem e esta tinta deve ser compatível com o fluido hidráulico a ser utilizado para que não hajam reações químicas que possam contaminar o óleo. O fundo do tanque deve estar ligeiramente inclinado e deve possuir um bujão para drenagem do óleo na região mais abaixo, Moreira (2012).

Dimensionamento do reservatório

Quanto maior for o reservatório, maior facilidade ele terá para reduzir a turbulência do óleo, reter suas impurezas, eliminar possíveis bolhas de ar e dissipar calor, entretanto maior será a quantidade do fluido hidráulico necessário para preenche-lo e que eleva consideravelmente o custo nas trocas de óleo. Sendo assim, a dimensão do reservatório deve ter em conta a vazão da bomba hidráulica a ser instalada, ou seja, ele deve ser maior o suficiente para conter em volume, três vezes a quantidade de óleo que a bomba pode enviar para o sistema hidráulico, Moreira (2012).

$$V_{tanq} = 3 \cdot Q_b \quad (1)$$

Onde:

V_{tanq} → Volume do reservatório em litros (l);

Q_b → vazão da bomba em litros por minuto (l/min).

Para Palmieri (1997), essa regra nem sempre pode ser aplicada, pois em sistemas mais complexos com muitos cilindros e linhas de transmissão grandes, devemos estudá-los como se fossem um caso particular, levando sempre em consideração que não devemos ter fluido nem a mais e nem a menos.

2.3.3. Acumuladores hidráulicos

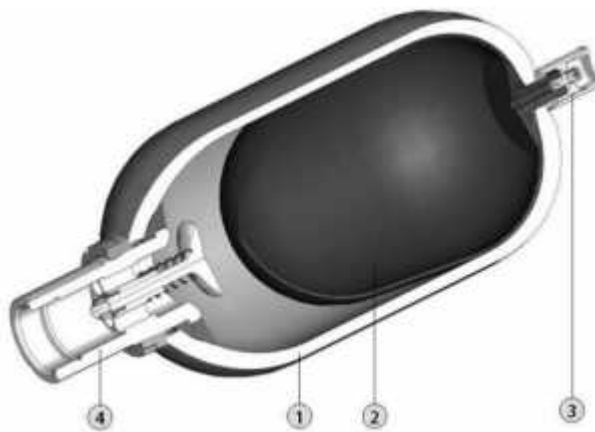
Acumuladores são componentes mecânicos cuja função básica é armazenar energia hidráulica para utilização como fonte eventual, auxiliar ou principal de energia. Eles absorvem excedentes de energia provocados por condições operacionais dinâmicas como picos de pressão, decorrentes do fechamento brusco de válvulas ou interrupções bruscas do escoamento, Linsingen (2001).

Para Palmieri (1997), a principal função do acumulador hidráulico é acumular energia potencial sob forma de líquido sob pressão para restituí-la no momento requerido e com a rapidez necessária. Os acumuladores são classificados em três tipos: acumuladores por gravidade ou peso, por mola e a gás. Os acumuladores a gás por sua vez são classificados em três tipos: de pistão, diafragma e bexiga. Nesta pesquisa abordaremos os acumuladores de bexiga.

Acumuladores de bexiga

O acumulador a gás é constituído por uma armadura cilíndrica com extremidades esféricas, que contém uma válvula de gás, uma bexiga feita de material elástico sintético, uma válvula de retenção e uma tomada para o fluido com um dreno. A válvula de retenção evita que a bexiga seja extrudada para o sistema. É recomendado montar o acumulador na posição vertical com a válvula do gás para cima. O gás utilizado nos acumuladores é o nitrogénio por ser um gás inerte, não oferece risco de explosão. Devido a sua construção robusta, os acumuladores de bexiga são muito usados para pressões muito altas, Palmieri (1997).

Figura 4. Acumulador hidráulico de bexiga.



Fonte: Apostila Parker, 1999

Legenda:

1 – Invólucro do reservatório;

2 – Bexiga de gás;

3 – Válvula do lado do gás;

4 – Válvula do lado óleo.

2.3.4. Filtros de óleo

Para Moreira (2012) a contaminação do fluido hidráulico é na maioria das vezes responsável pelas falhas e pelo mau funcionamento dos componentes do sistema hidráulico. A contaminação interfere na transmissão de energia, vedando os pequenos orifícios dos componentes hidráulicos, prejudica o resfriamento do óleo. As partículas sólidas presentes no óleo, provenientes do desgaste dos equipamentos hidráulicos, interferem na lubrificação, causando respostas lentas, falhas operacionais e desgaste excessivo das partes móveis dos componentes do circuito hidráulico. Os filtros desempenham um papel importante no circuito hidráulico evitando boa parte da contaminação do óleo, retendo todos os contaminadores insolúveis, partículas sólidas, presentes no fluido. Os filtros podem ser instalados em três sectores diferentes no sistema nomeadamente: na sucção, a linha de pressão e na linha de retorno.

Filtros de sucção

Montados na linha de entrada da bomba, evitam que as partículas sólidas, contidas no interior do reservatório, sejam enviadas ao sistema. Os filtros de sucção não podem ser muito finos para não causarem problemas de cavitação na bomba.

É comum encontrarmos na linha de sucção filtros do tipo peneira, filtros fabricados com telas de arame fino, montados sobre uma estrutura metálica na extremidade do tubo de sucção das bombas, permanecendo submersas nos reservatórios de óleo. São classificados pelo número de malha, isto é, quanto maior for esse número, mais fina é a tela da peneira.

Tabela 2. Classificação das peneiras pelo número de malhas.

NÚMERO DA MALHA	DISTÂNCIA ENTRE OS ARAMES DA TELA
50	0,297 mm ou 297 microns
70	0,210 mm ou 210 microns
100	0,150 mm ou 150 microns
140	0,105 mm ou 105 microns
200	0,075 mm ou 75 microns
270	0,053 mm ou 53 microns
325	0,044 mm ou 44 microns

Fonte: Moreira, (2012)

Figura 5. Filtro de sucção do tipo peneira.



Fonte: Moreira, (2012)

Além dos filtros do tipo peneira, são usados na sucção os filtros indicadores, que são filtros que possuem telas de arame fino ou celulose como elemento filtrante, são instalados na linha de sucção entre o reservatório e a bomba e possuem um indicador óptico que, com o acúmulo de impurezas no elemento filtrante, avisa que ele deve ser limpo ou substituído.

Filtros de pressão

Os filtros de pressão são mais finos em relação aos de sucção, por isso, são capazes de reter partículas bem menores. São fabricados de um material poroso e são classificados pelo tamanho micron que corresponde a milésima parte do milímetro e quanto mais baixo o tamanho do micron, mais fino é o filtro.

Filtros de retorno

Os filtros de retorno são instalados na linha de retorno para o tanque e evitam que as partículas sólidas presentes no fluido contaminem o reservatório. Assim como os filtros de pressão, os filtros de retorno são fabricados de material poroso e são classificados pelo tamanho o micron. Estes filtros possuem visores ópticos que indicam a condição de saturação do elemento filtrante e uma válvula de retenção incorporada, para desviar o óleo directamente para o tanque, quando ocorre a saturação do elemento filtrante.

Figura 6. Filtro com indicador visual da condição do elemento.



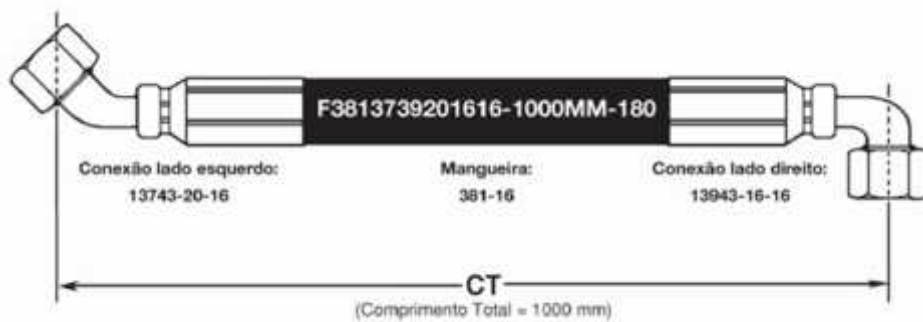
Apostila Parker, (1999)

2.3.5. Conexões e tubulações

Tubulações e conexões são condutores hidráulicos empregados para transportar a energia hidráulica da bomba até aos actuadores, passando pelos elementos de comando e controle. Além de transportar o óleo, as tubulações tem por finalidade absorver vibrações e facilitar a dissipação de calor, gerados pelos componentes hidráulicos sob pressão. As tubulações podem ser de aço e mangueiras flexíveis, Moreira (2012).

Em linhas hidráulicas sujeitas a movimentos causados por cabeçotes móveis de máquinas operatrizes, é recomendado o uso de mangueiras flexíveis, uma vez que estas, tem a capacidade de absorver vibrações geradas na operação. A instalação de mangueiras flexíveis em sistemas hidráulicos industriais exige algumas precauções como: reduzir ao mínimo o número de conexões, usar um comprimento adequado para cada situação, utilizar braçadeiras ou guias para evitar atrito com as partes móveis e evitar contacto com superfícies quentes e cortantes, Moreira (2012).

Figura 7. Mangueira com conexão.



Apostila Parker, (1999).

Bloco manifold

O bloco manifold é um bloco de ferro fundido ou alumínio que unifica as válvulas num só local, deixando o sistema mais compacto. Blocos de montagem ou manifold permitem a interligação de

componentes do sistema hidráulico sem a utilização de canos, tubos ou mangueiras, Moreira (2012).

Figura 8. Bloco manifold.



Apostila Parker, (1999).

2.4. Sistema de distribuição e controle

O Sistema de distribuição e controle é constituído pelas válvulas de controle direccional e válvulas reguladoras de fluxo e pressão.

2.4.1. Válvulas de controle direccional

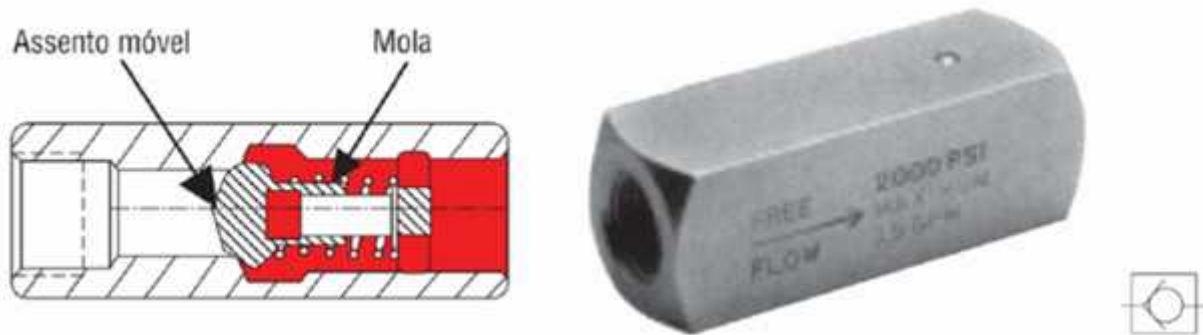
Para Moreira (2012) as válvulas de controle direccional tem a função de abrir e fechar passagens, controlando a direcção do fluxo de óleo no sentido desejado. Neste grupo temos as válvulas de retenção e válvulas direccionais.

2.4.2. Válvula de retenção

A válvula de retenção é uma válvula direccional de uma única via, porque ela permite a passagem livre do óleo numa determinada direcção e bloqueia o fluxo na direcção oposta. Esta função é assegurada por um elemento de vedação esférico ou um carretel cónico apoiado por

uma mola com força suficiente para manter o elemento de vedação apoiado em seu assento. No corpo da válvula é gravada uma seta para indicar o sentido de fluxo livre, Moreira (2012).

Figura: 9. Válvula de retenção.

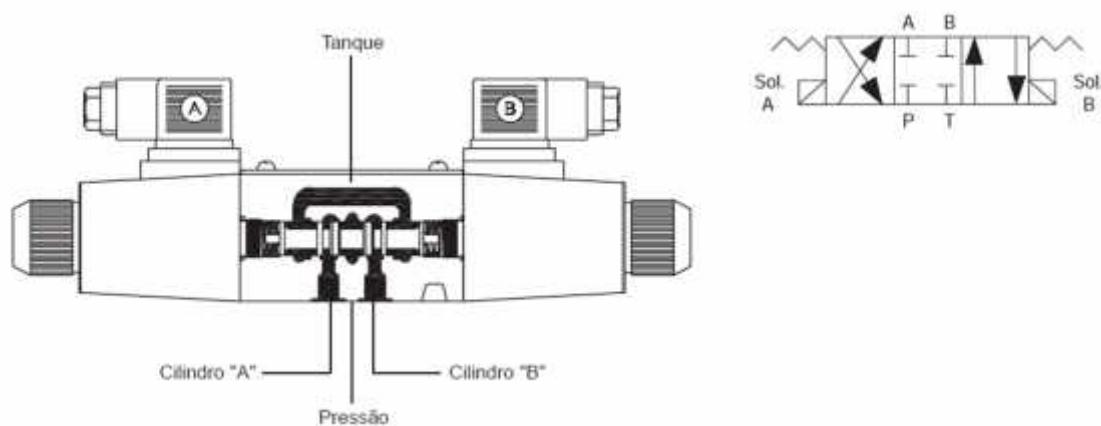


Catálogo Parker, (2008)

2.4.3. Válvulas direccionais

As válvulas direccionais são válvulas que tem a função de controlar o percurso do óleo no circuito hidráulico, comandando partidas, paradas e inversões dos sentidos de movimento dos actuadores. Elas são caracterizadas de acordo com o número de posições de comando, número de vias de trabalho e tipo de accionamento, Moreira (2012).

Figura 10. Válvula direccional.



Catálogo Parker, (2008).

O número de posições de comando é representado por um quadrado, ou seja, cada quadrado representa uma posição. Se uma válvula de direccional deve comandar movimentos de avanço e retorno do cilindro, ou movimentos de giro de um motor hidráulico nos sentidos horário e anti-horário, no caso de motor hidráulico, a válvula deverá ter duas posições.

Figura 11. Válvula com 2 posições de comando.



Fonte: Moreira, 2012, p.167.

Se além dos comandos de avanço e retorno, acrescentarmos o comando de parada do cilindro, teremos que usar uma válvula de três posições, representada por três quadrados.

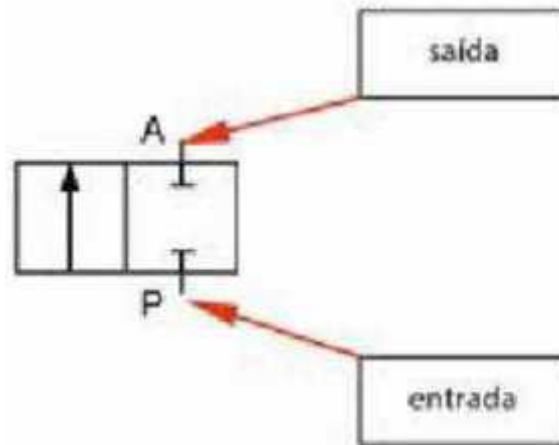
Figura 12. Válvula com 3 posições de comando.



Fonte: Moreira, 2012, p.167.

As posições aberta e fechada são representados por uma seta no quadrado esquerdo para aberto e dois bloqueios no quadrado direito indicando bloqueio na entrada e na saída.

Figura 13. Posições aberta e fechada da válvula.



Fonte: Moreira, 2012, p.168.

Quando o registro estiver fechado, quadrado da direita, as conexões de entrada e de saída estão bloqueadas. Ao abrirmos a válvula, os dois quadrados deslocam-se para direita, fazendo com que a seta do quadrado da esquerda coincida com as conexões de entrada e de saída, abrindo a passagem de fluxo do óleo. As conexões de entrada e saída da válvula são chamadas de vias. Portanto, os registros apresentados tem duas vias (entrada e saída) e duas posições de comando (aberta e fechada).

A representação das válvulas direccionais é feita obedecendo a seguinte forma:

2/2 vias NA ou NF

Onde:

2/2 - O numerador corresponde ao número de vias de trabalho;

2/2 - O denominador corresponde ao número de posições de comando;

NA - Norma aberta, fecha ao ser accionada;

NF - Normalmente fechada, abre ao ser accionada.

As válvulas direccionais podem ser accionadas de diferentes maneiras:

Por acção muscular: accionamento manual, accionamento por botão, accionamento por botão com trava, accionamento por alavanca, accionamento por pedal.

Por acção mecânica: accionamento por apalpador ou cames, accionamento por rolete mecânico, accionamento por gatilho, retorno por mola,

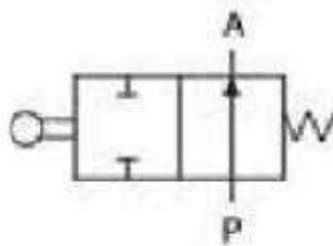
Por pressão de pilotagem: accionamento por piloto pneumático, por piloto pneumático duplo, por piloto hidráulico, por piloto hidráulico duplo.

Por acção eléctrica: accionamento por solenóide, accionamento por duplo solenóide.

Por acção combinada: accionamento por solenóide e piloto manual ou manual de emergência, com retorno por mola; accionamento por solenóide e piloto, com retorno por mola; accionamento por duplo solenóide e piloto.

Por exemplo, a válvula direcciona a baixo possui duas vias e duas posições, é normalmente aberta, com accionamento por rolete mecânico e retorno por mola.

Figura 14. Válvula com duas vias e duas posições.

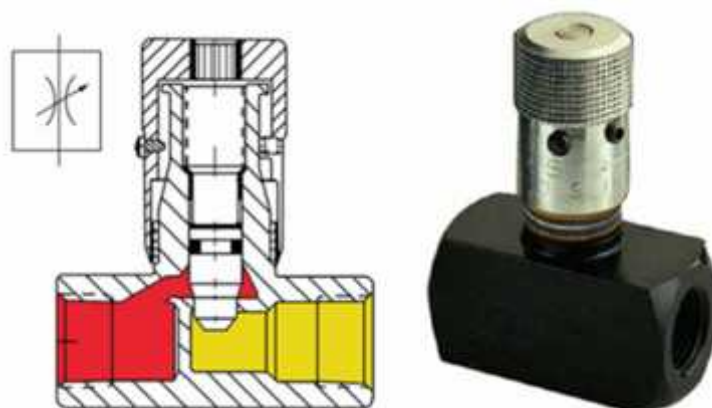


Fonte: Moreira, 2012, p.108.

2.4.4. Válvula reguladora de fluxo.

Segundo Moreira (2012), a válvula de controle de fluxo tem a função de controlar a quantidade de óleo a ser utilizada no circuito ou em alguns sectores específicos do circuito hidráulico. Quanto maior for o volume de óleo fornecido a um actuador, mais rapidamente suas câmaras serão preenchidas e, portanto, maior será a velocidade do actuador, sendo assim, as válvulas reguladoras de fluxo controlam a velocidade dos actuadores.

Figura 15. Válvula reguladora de fluxo.

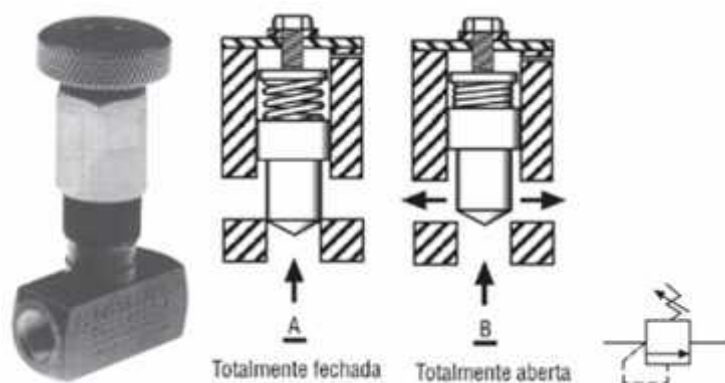


Catálogo Parker, 2008,

2.4.5. Válvulas controladoras de pressão.

As válvulas controladoras de pressão têm a função de limitar ou reduzir a pressão do óleo no sistema hidráulico.

Figura 16. Válvula controladora de pressão.



Catálogo Parker, 2008,

2.5. Sistema de aplicação

O Sistema de aplicação é constituído pelos actuadores que podem ser cilindros hidráulicos, motores hidráulicos e osciladores.

2.5.1. Actuadores hidráulicos.

Para Moreira (2012), os actuadores hidráulicos são dispositivos que convertem a energia hidráulica em trabalho, são os componentes de saída do sistema hidráulico e são divididos em dois tipos, os actuadores lineares e actuadores rotativos e giratórios.

2.5.2. Actuadores rotativos e giratórios (motores hidráulicos)

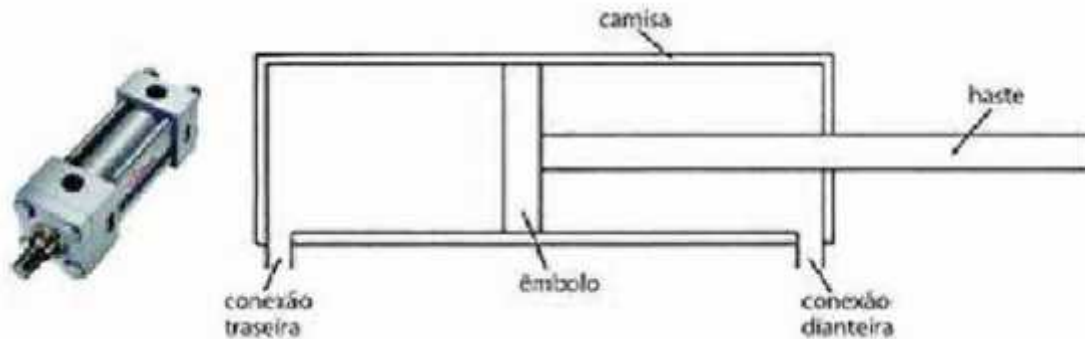
Actuadores rotativos e giratórios, também conhecidos como motores hidráulicos convertem a energia hidráulica em mecânica, produzindo movimentos circulares rotativos ou giratórias. Enquanto os actuadores rotativos apresentam movimento de rotação infinito nos dois sentidos, os actuadores giratórios possuem movimentos circulares limitados, girando apenas dentro da amplitude angular determinada por suas características construtivas, Moreira (2012).

Neste estudo, não aprofundaremos sobre os actuadores rotativos e giratórios, mas sim dos actuadores lineares.

2.5.3. Actuadores lineares (cilindros hidráulicos)

Actuadores lineares também chamados de cilindros hidráulicos, transformam a energia hidráulica em mecânica, produzindo movimentos lineares de ida e volta. São geralmente constituídos por uma carcaça tubular chamada camisa, um êmbolo provido de anéis de vedação, uma haste cilíndrica presa ao êmbolo, na qual será fixado o conjunto mecânico a ser movimentados, e tampas dianteira e traseira onde se localizam as conexões de entrada e saída do óleo hidráulico, Moreira (2012).

Figura 17. Actuador hidráulico linear.



Fonte: Moreira, 2012, p.108.

2.5.4. Tipos de cilindros hidráulicos

Palmieri (1997) destaca dois principais tipos de cilindros hidráulicos, os de simples acção ou simples efeito e os de dupla acção ou duplo efeito. O mesmo autor afirma que temos outros tipos com relação à construção como, os cilindros de haste dupla, telescópicos, posicionais e macacos hidráulicos (tipo especial de simples efeito).

Cilindro de simples acção ou simples efeito

É assim denominado por ter em um sentido, o movimento por efeito de pressão e vazão hidráulico e, no outro, por outro agente qualquer, que não seja o fluido hidráulico.

Macaco hidráulico

O macaco hidráulico é um equipamento que usa o princípio da alavanca, ou seja, uma força aplicada em um cilindro de menor área, resulta em uma força maior efectuada por outro cilindro da área maior.

Cilindro de dupla acção ou duplo efeito

Neste cilindro, o movimento do pistão é feito através da entrada do fluido em qualquer uma das tomadas a uma determinada vazão e pressão.

Cilindro de haste dupla

Este cilindro é usado quando se pretende a mesma força e velocidade no movimento de avanço e de retorno para uma dada pressão e vazão do fluido.

Cilindro telescópico

Usamos um cilindro telescópico quando pretendemos um curso maior e que quando retraído ocupe o menor espaço possível. É aplicado em guindastes hidráulicos e caminhões de elevação de cargas.

2.6. Fluido hidráulico

Fluido é qualquer substância capaz de escoar e assumir a forma do recipiente que o contém. Como estamos tratando apenas de sistemas hidráulicos, o fluido que nos interessa é o óleo hidráulico. O Fluido hidráulico é o meio para transferência de energia em qualquer sistema hidráulico, Linsingen (2001).

2.6.1. Funções do fluido hidráulico

O fluido hidráulico tem as seguintes funções:

- Transmitir energia de pressão;
- Assumir a lubrificação de partes móveis das instalações e protege as peças metálicas contra a corrosão;
- Eliminar o calor gerado pelo atrito do fluxo de óleo nas instalações hidráulicas;
- Arrastar as partículas metálicas resultantes da abrasão entre as partes móveis dos elementos hidráulicos e depositá-las num filtro adequado.

2.6.2. Propriedades do fluido hidráulico

As propriedades do fluido hidráulico são:

Viscosidade

Viscosidade é a resistência do líquido ao escoamento. Em uma linguagem popular pode se dizer que um óleo é mais grosso quando apresenta maior viscosidade e mais fino quando apresenta menor viscosidade. Um líquido com menor viscosidade escoar facilmente em relação ao de maior viscosidade.

Índice de viscosidade

Índice de viscosidade é uma medida relativa da mudança da viscosidade de um fluido de acordo com as variações de temperatura. Um óleo com maior índice de viscosidade é mais estável com a variação da temperatura em relação ao óleo com menor índice de viscosidade.

- **Capacidade de lubrificação**

As peças em movimento nos componentes hidráulicos são separadas por um filme de óleo. Essa película de óleo deve ter uma viscosidade adequada para evitar o atrito e conseqüente desgaste.

- **Resistência á oxidação**

A oxidação é resultado da reacção química entre o óleo e o oxigénio contido na atmosfera. Os aditivos reduzem a acção dos agentes que aceleram o processo de oxidação.

- **Prevenção contra ferrugem e a corrosão**

Da reacção química entre o ferro ou aço e o oxigénio resulta a ferrugem. E da reacção química entre o metal e um ácido resulta a corrosão. A ferrugem e a corrosão contaminam o sistema hidráulico provocando desgastes localizados, vazamentos excessivos entre as partes metálicas afectadas e engripamentos das peças móveis do equipamento. A adição de aditivos que revestem as superfícies metálicas previne a ferrugem e oxidação.

- **Demulsibilidade**

Para Moreira (2012), a demulsibilidade é a capacidade de isolar água. Aditivos aumentam o grau de demulsibilidade do óleo, impedindo que a água se assente ou penetre nas partes metálicas por meio da formação de uma película antiferrugem.

2.6.3. Aditivos

Com o objectivo de melhorar as características do óleo, são introduzidos aditivos que irão preservar o sistema hidráulico nomeadamente: antioxidante, antiespumante, anti desgastante e detergentes, Palmieri (1997).

2.7. Dimensionamento do sistema hidráulico

O dimensionamento a baixo, consiste no cálculo dos cilindros hidráulicos necessários para abertura e fechamento das comportas, pressão necessária, escolha da bomba, do motor eléctrico e do reservatório.

2.7.1. Dimensionamento de cilindros hidráulicos

Para efectuar o dimensionamento do cilindro hidráulico são necessários os seguintes dados:

- Carga (força necessária) do cilindro;
- Tipo de montagem e fixação do cilindro;
- Curso do cilindro;
- Pressão de trabalho.

Pressão de trabalho

Segundo a NFPA (National Fluid Power Association), os sistemas hidráulicos podem ser classificados de acordo com a pressão nominal de acordo com a tabela a baixo.

Tabela 3. Classificação dos sistemas segundo a N.F.P.A

Pressão nominal - P _n		Classificação
bar	psi	
0 a 14	0 a 203	Sistemas de baixa pressão
14 a 35	203 a 508	Sistemas de média pressão
35 a 84	508 a 1219	Sistemas de média-alta pressão
84 a 210	1219 a 3047	Sistemas de alta pressão
Acima de 210	Acima de 3047	Sistemas de extra alta pressão

Fonte: Fialho (2011).

A partir da pressão nominal, P_n , deve-se obter a pressão de trabalho estimada, P_{tbe} , que é dada pela pressão nominal menos uma perda de carga estimada entre 10 a 15 por cento. Assim, adoptando 15%, tem-se:

2.7.2. Silo de descarga

a) Dados:

150	180	5	3	0,33	1343
-----	-----	---	---	------	------

b) Adoptaremos a pressão nominal $P_n = 110 \text{ bar}$ para sistemas de alta pressão segundo a tabela 2, e uma perda de 15%.

$$P_{tbe} = P_n - 0,15 \cdot P_n \quad (2)$$

$$P_{tbe} = 110 - 0,15 \cdot 110 = 93,5 \text{ bar}$$

A pressão de trabalho P_{tb} é a razão entre a força de avanço e a área do pistão.

$$P_{tb} = \frac{F_a}{A_p} \quad (3)$$

c) Diâmetro do pistão (diâmetro calculado)

$$P_{tb} = \frac{F_a}{A_p}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot P_{tbe}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 150 \cdot 10^3}{\pi \cdot 9350000}} = 142 \text{ mm}$$

d) Achar na tabela o diâmetro do cilindro comercial próximo tendo em conta que o diâmetro comercial deve ser maior ou igual ao diâmetro calculado ($D_{comercial} \geq D_c$).

Tabela 4. Áreas, forças e vazões.

Êmbolo AL Ø mm	Haste MM Ø mm	Relação de área ψ A_1/A_2	Êmbolo A_1 cm ²	Áreas		Força a 250 bar ¹⁾			Vazão a 0.1 m/s ²⁾		
				Haste A_2 cm ²	Anel A_3 cm ²	Pressão F_1 kN	Dif. F_2 kN	Irração F_3 kN	Avanço Q_{v1} L/min	Dif. Q_{v2} L/min	Retorno Q_{v3} L/min
40	22	1.43	12.56	3.80	8.76	31.40	9.50	21.90	7.5	2.3	5.3
	28	1.96		6.16	6.40		15.40	16.00		3.7	3.8
50	28	1.46	19.63	6.16	13.47	49.10	15.40	33.70	11.8	3.7	8.1
	36	2.08		10.18	9.45		25.45	23.65		6.1	5.7
63	36	1.48	31.17	10.18	20.99	77.90	25.45	52.45	18.7	6.1	12.6
	45	2.04		15.90	15.27		39.75	38.15		9.5	9.2
80	45	1.46	50.26	15.90	34.36	125.65	39.75	85.90	30.2	9.5	20.7
	56	1.96		24.63	25.63		61.55	64.10		14.8	15.4
100	56	1.46	78.54	24.63	53.91	196.35	61.55	134.80	47.1	14.8	32.3
	70	1.96		38.48	40.06		96.20	100.15		23.1	24.0
125	70	1.46	122.72	38.48	84.24	306.75	96.20	210.55	73.6	23.1	50.5
	90	2.08		63.62	59.10		159.05	147.70		38.2	35.4
140	90	1.70	153.94	63.62	90.32	384.75	159.05	225.70	92.4	38.2	54.2
	100	2.04		78.54	75.40		196.35	188.40		47.1	45.3
160	100	1.64	201.06	78.54	122.50	502.50	196.35	306.15	120.6	47.1	73.5
	110	1.90		95.06	106.00		237.65	264.85		57.0	63.6
180	110	1.60	254.47	95.06	159.43	636.17	237.65	398.52	152.7	57.0	95.7
	125	1.93		122.72	131.75		308.80	329.37		73.6	79.1

Fonte: Catálogo Parker, 2017.

O diâmetro do cilindro comercial é, $D_{comercial} = 160 \text{ mm}$

e) Encontrar na tabela 3, a área do êmbolo para o diâmetro comercial.

A área do êmbolo em função do diâmetro do cilindro comercial é $201,06 \text{ cm}^2$.

f) Dimensionamento da haste pelo critério de Euler para deformação por flambagem.

A carga de flambagem, K , é obtida pela equação

$$K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{\lambda^2} \quad (4)$$

Onde:

λ – Comprimento livre de flambagem (cm) - Tabela 4.

E – Módulo de elasticidade do aço (módulo de Young) = $2,1 \cdot 10^7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

J – Momento de inércia para seção circular (cm^4).

K – Carga de flambagem.

Se na extremidade da haste do cilindro, houver uma carga de valor K , ocorrerá flambagem da haste. Portanto, o valor da carga sempre deve ficar bem abaixo. Para isso, será usado um factor de segurança, $S = 3,5$.

Sendo assim

$$F_{\alpha} = \frac{K}{S} \quad (5)$$

$$J = \frac{K \cdot d_n^4 \pi}{54} \quad (6)$$

Ao substituir as equações (4) e (5) na equação (6), é possível isolar a variável F_{α} e obter a equação:

$$d_h = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_s \cdot \lambda^2 \cdot F_a}{\pi^3 \cdot E}} \quad (7)$$

Tabela 5. Cargas de Euler.

Cargas de Euler				
Carga de Euler	Caso 1 Uma extremidade livre e a outra fixa	Caso 2 (Caso básico) Duas extremidades articuladas	Caso 3 Uma extremidade articulada e outra fixa	Caso 4 Duas extremidades fixas
Representação Esquemática				
	Comprimento Livre de Flambagem			
	$\lambda = 2L$	$\lambda = L$	$\lambda = L \cdot (0,5)^{0,5}$	$\lambda = L/2$
Situação de Montagem para Cilindros Hidráulicos				

Fonte: Catálogo Parker, 2017.

A montagem do cilindro em estudo, corresponde ao caso 1, logo,

$$\lambda = 2 \cdot L \quad (8)$$

$$\lambda = 2 \cdot 1343 = 2686 \text{ mm} = 268,6 \text{ cm}$$

Diâmetro da haste

$$d_h = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_s \cdot \lambda^2 \cdot F_a}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 3.5 \cdot 2.686^2 \cdot 150000}{\pi^3 \cdot 200 \cdot 10^9}}$$

$$d_h = 0,079 \text{ m} = 79 \text{ mm}$$

Após a determinação do diâmetro da haste, d_h , é preciso verificar o diâmetro comercial. Para cada diâmetro de êmbolo do cilindro oferecido pelo fabricante, existem dois ou três diâmetros de hastes possíveis de serem usados.

O diâmetro da haste próximo é 100 mm, segundo a tabela 3.

g) Verificar na tabela 3 a área da coroa para o diâmetro da haste de 10 mm.

A área da coroa para o diâmetro da haste fornecida na tabela é:

$$A_c = 122,50 \text{ cm}^2$$

h) Cálculo da nova pressão de trabalho.

A pressão de trabalho é a razão entre a força de avanço e a área do pistão.

$$P_{tb} = \frac{F_a}{A_p} \quad (3)$$

$$P_{tb} = \frac{150 \cdot 10^3}{201,06 \cdot 10^{-4}} = 7\,460\,459 \text{ N/m}^2 = 7,46 \text{ Mpa}$$

i) Vazão de avanço, Q_a (volume de fluido para encher no pistão para que ele avance).

$$Q_a = v_a \cdot A_p \quad (9)$$

$$Q_a = 0,33 \cdot 201,06 \cdot 10^{-4} = 0,00663498 \frac{m^3}{s} = 398 \text{ l/min}$$

j) Vazão de retorno Q_r (volume de fluido para encher no pistão para que ele retorne).

$$Q_r = v_r \cdot A_c \quad (10)$$

$$Q_r = 0,33 \cdot 122,50 \cdot 10^{-4} = 0,0040425 \frac{m^3}{s} = 242 \text{ l/min}$$

k) Vazão induzida de avanço Q_{ia}

$$Q_{ia} = v_a \cdot A_c \quad (11)$$

$$Q_{ia} = 0,33 \cdot 122,50 \cdot 10^{-4} = 0,0040425 \frac{m^3}{s} = 242 \text{ l/min}$$

l) Vazão induzida de retorno Q_{ir}

$$Q_{ir} = v_r \cdot A_p \quad (12)$$

$$Q_{ir} = 0,33 \cdot 201,06 \cdot 10^{-4} = 0,00663498 \frac{m^3}{s} = 398 \text{ l/min}$$

m) Pressão de retorno P_r

$$P_r = \frac{F_r}{A_c} \quad (13)$$

$$P_r = \frac{180000}{122,50 \cdot 10^{-4}} = 14\,693\,877 \text{ N/m}^2 = 14,7 \text{ Mpa}$$

n) Pressão induzida de avanço P_{ia}

$$P_{ia} = \frac{F_a}{A_c} \quad (14)$$

$$P_{ia} = \frac{150000}{122,50 \cdot 10^{-4}} = 12\,244\,897 \text{ N/m}^2 = 12,2 \text{ Mpa}$$

o) Pressão induzida de retorno P_{ir}

$$P_{ir} = \frac{F_r}{A_p} \quad (15)$$

$$P_{ir} = \frac{180000}{201,06 \cdot 10^{-4}} = 8\,952\,551 \text{ N/m}^2 = 8,95 \text{ Mpa}$$

p) Achar os diâmetros das duas tubulações conectadas ao cilindro.

Tabela 6. Velocidades recomendadas para tubulações hidráulicas.

Tubulação	Pressão (bar)				Velocidade (cm/s)
	20	50	100	>200	
Tubulação de Pressão	300	400	500	600	
Tubulação de Retorno	300				
Tubulação de Sucção	100				

Fonte: Fialho (2011).

$$v_s = 1 \text{ m/s} ; v_r = 3 \text{ m/s} ; v_p = 5 \text{ m/s}$$

$$d_t = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot v}} \quad (16)$$

d_t – em cm

Q – l/min

v – cm/s

Diâmetro da tubulação da linha de pressão 1 d_{tp1}

$$d_{tp1} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{398}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 4,1 \text{ cm} = 41 \text{ mm}$$

$$d_{tp1} (\text{comercial}) = 1 \frac{3}{4}''$$

Diâmetro da tubulação da linha de pressão 2 d_{tp2}

$$d_{tp2} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{242}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 3,2 \text{ cm} = 32 \text{ mm}$$

$$d_{tp2} (\text{comercial}) = 1 \frac{1}{2}''$$

2.7.3. Doseador de pesagem

a) Dados:

80	125	3	3	0,05	988
----	-----	---	---	------	-----

$\lambda = 2 \cdot 988 = 1976 \text{ mm}$ (comprimento livre de flambagem, caso 1. Tabela 4).

b) Adoptaremos a pressão nominal $P_n = 147 \text{ bar}$ para sistemas de alta pressão segundo a tabela 2 e uma perda de 10%.

$$P_{tbe} = P_n - 0,15 \cdot P_n = 147 - 0,1 \cdot 147 = 132,3 \text{ bar}$$

A pressão de trabalho P_{tb} é a razão entre a força de avanço e a área do pistão.

$$P_{tb} = \frac{F_a}{A_p}$$

c) Diâmetro do pistão

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot P_{tb}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 150000}{3,14 \cdot 13230000}} = 120,17 \text{ mm}$$

d) Achar na tabela o diâmetro do cilindro comercial próximo, (tabela 3).

$$D_{comercial} = 125 \text{ mm}$$

e) A área do êmbolo em função do diâmetro do cilindro comercial é $122,72 \text{ cm}^2$, (tabela 3).

f) Diâmetro da haste.

$$d_h = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_s \cdot \lambda^2 \cdot F_a}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 3,5 \cdot 1,976^2 \cdot 80000}{\pi^3 \cdot 200 \cdot 10^9}} = 0,058 \text{ m} = 58 \text{ mm}$$

O diâmetro da haste próximo é 70 mm, segundo a tabela 3.

g) A área da coroa para o diâmetro da haste é fornecida na tabela 3.

$$A_c = 84,24 \text{ cm}^2$$

h) Nova pressão de trabalho.

$$F_{tb} = \frac{F_a}{A_p} = \frac{80 \cdot 10^3}{122,72 \cdot 10^{-4}} = 6\,518\,904,8 \text{ N/m}^2 = 6,5 \text{ Mpa}$$

i) Vazão de avanço, Q_a (volume de fluido para encher no pistão para que ele avance).

$$Q_a = v_a \cdot A_p = \frac{L_h}{t_a} \cdot A_p = \frac{0,988}{3} \cdot 122,72 \cdot 10^{-4} = 0,00404 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 242,4 \text{ l/min}$$

j) Vazão de retorno Q_r (volume de fluido para encher no pistão para que ele recue).

$$Q_r = v_r \cdot A_c = \frac{L_h}{t_r} \cdot A_c = \frac{0,998}{3} \cdot 84,24 \cdot 10^{-4} = 168 \text{ l/min}$$

k) Vazão induzida de avanço Q_{ia}

$$Q_{ia} = v_a \cdot A_c = \frac{L_h}{t_a} \cdot A_c = \frac{0,988}{3} \cdot 59,1 \cdot 10^{-4} = 0,0019 \frac{m^3}{s} = 116,8 \text{ l/min}$$

l) Vazão induzida de retorno Q_{ir}

$$Q_{ir} = v_r \cdot A_p = \frac{L_h}{t_r} \cdot A_p = \frac{0,988}{3} \cdot 84,24 \cdot 10^{-4} = 0,002774 \frac{m^3}{s} = 166,5 \text{ l/min}$$

m) Pressão de retorno P_r

$$P_r = \frac{F_r}{A_c} = \frac{125000}{84,24 \cdot 10^{-4}} = 14\,838\,556 \text{ N/m}^2 = 14,8 \text{ Mpa}$$

n) Pressão induzida de avanço P_{ia}

$$P_{ia} = \frac{F_a}{A_c} = \frac{80000}{84,24 \cdot 10^{-4}} = \frac{80000}{84,24 \cdot 10^{-4}} = 9\,496\,676 \text{ N/m}^2 = 9,5 \text{ Mpa}$$

o) Pressão induzida de retorno P_{ir}

$$P_{ir} = \frac{F_r}{A_p} = \frac{125000}{122,72 \cdot 10^{-4}} = 10\,185\,788,79 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ Mpa}$$

p) Achar os diâmetros das duas tubulações conectadas ao cilindro.

Diâmetro da tubulação da linha de pressão 1 d_{tp1}

$$d_{tp1} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{242,4}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 3,2 \text{ cm} = 32 \text{ mm}$$

$$d_{tp1 (comercial)} = 1 \frac{1}{2}''$$

Diâmetro da tubulação da linha de pressão 2 d_{tp2}

$$d_{tr2} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{168}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 2,67 \text{ cm} = 26,7 \text{ mm}$$

$$d_{tp2 (comercial)} = 1 \frac{1}{4}''$$

2.7.4. Dimensionamento do cilindro do chute móvel.

a) Dados:

150	40	5	3	0,05	1805
-----	----	---	---	------	------

$\lambda = 2 \cdot 1805 = 3610 \text{ mm}$ (comprimento livre de flambagem, caso 1. Tabela 4).

b) Adoptaremos a pressão nominal de $P_n = 140 \text{ bar}$ para sistemas de alta pressão segundo a tabela 2, e uma perda de 10%.

$$P_{tbe} = P_n - 0,1 \cdot P_n = 140 - 0,1 \cdot 140 = 126 \text{ bar}$$

c) Diâmetro calculado do pistão

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot P_{tb}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 150000}{3,14 \cdot 12600000}} = 0,123 \text{ m} = 123 \text{ mm}$$

d) Achar na tabela 3, o diâmetro do cilindro comercial próximo.

$$D_{comercial} = 125 \text{ mm}$$

e) Para diâmetro do cilindro 125 mm, a área do pistão segundo a tabela é igual a 122,72 cm^2

f) Diâmetro da haste do êmbolo.

$$d_h = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_s \cdot \lambda^2 \cdot F_a}{\pi^3 \cdot E}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 3,5 \cdot 3,610^2 \cdot 150000}{3,14^3 \cdot 200 \cdot 10^9}} = 0,090 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

O diâmetro da haste próximo é 90 mm, segundo a tabela 3.

g) Nova pressão de trabalho.

$$P_{tb} = \frac{F_a}{A_p} = \frac{150 \cdot 10^3}{122,72 \cdot 10^{-4}} = 12,2 \text{ Mpa}$$

h) A área da coroa é fornecida na tabela

$$A_c = 59,1 \text{ cm}^2$$

i) Vazão de avanço, Q_a (volume de fluido para encher no pistão para que ele avance).

$$Q_a = v_a \cdot A_p = \frac{L_h}{t_a} \cdot A_p = \frac{1,805}{5} \cdot 122,72 \cdot 10^{-4} = 0,004430192 \frac{m^3}{s} = 266 \text{ l/min}$$

j) Vazão de retorno Q_r (volume de fluido para encher no pistão para que ele recue).

$$Q_r = v_r \cdot A_c = \frac{L_h}{t_r} \cdot A_c = \frac{1,805}{3} \cdot 59,1 \cdot 10^{-4} = 0,00355585 \frac{m^3}{s} = 214 \text{ l/min}$$

k) Vazão induzida de avanço Q_{ia}

$$Q_{ia} = v_a \cdot A_c = \frac{L_h}{t_a} \cdot A_c = \frac{1,805}{5} \cdot 59,1 \cdot 10^{-4} = 0,0021 \frac{m^3}{s} = 128 \text{ l/min}$$

l) Vazão induzida de retorno Q_{ir}

$$Q_{ir} = v_r \cdot A_p = \frac{L_h}{t_r} \cdot A_p = \frac{1,805}{3} \cdot 122,72 \cdot 10^{-4} = 0,007383653 \frac{m^3}{s} = 443 \text{ l/min}$$

m) Pressão de retorno P_r

$$P_r = \frac{F_r}{A_c} = \frac{40000}{59,1 \cdot 10^{-4}} = 6\,768\,189,5 \text{ N/m}^2 = 6,768 \text{ Mpa}$$

n) Pressão induzida de avanço P_{ia}

$$P_{ia} = \frac{F_a}{A_c} = \frac{150000}{59,1 \cdot 10^{-4}} = 25\,380\,710,65 \text{ N/m}^2 = 25,38 \text{ Mpa}$$

o) Pressão induzida de retorno P_r

$$P_r = \frac{F_r}{A_p} = \frac{40000}{122,72 \cdot 10^{-4}} = 3\,259\,452,4 \text{ N/m}^2 = 3,259 \text{ Mpa}$$

p) Achar os diâmetros das duas tubulações conectadas ao cilindro.

Diâmetro da tubulação da linha de pressão 1, d_{tp1}

$$d_{tp1} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{443}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 4,3 \text{ cm} = 43 \text{ mm}$$

$$d_{tp1} (\text{comercial}) = 1 \frac{3}{4}''$$

Diâmetro da tubulação da linha de pressão 2, d_{tp2}

$$d_{tp2} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{214}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}$$

$$d_{tp2} (\text{comercial}) = 1 \frac{1}{4}''$$

2.8. Dimensionamentos das tubulações e perda de carga

Dados:

Fluido	Comprimento da Linha de sucção	Comprimento da Linha de recalque	Comprimento da Linha de pressão	Tipo de tubulação	Temperatura
Óleo mineral ISO VG 68	0,5 m	4 m	8 m	Rígida	Constante

Cálculo do diâmetro da tubulação de pressão:

$$d_{tp} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{145}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 500}} = 2,48 \text{ cm} = 24,8 \text{ mm}$$

$$d_{tp} (\text{comercial}) = 1''$$

Cálculo do diâmetro da tubulação de retorno:

$$d_{tr} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{145}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 300}} = 3,2 \text{ cm} = 32 \text{ mm}$$

$$d_{tr} (\text{comercial}) = 1 \frac{1}{2}''$$

Cálculo do diâmetro da tubulação de sucção:

$$d_{ts} = \sqrt{\frac{Q}{0,015 \cdot \pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{145}{0,015 \cdot 3,14 \cdot 100}} = 5,5 \text{ cm} = 55 \text{ mm}$$

$$d_{tr} (\text{comercial}) = 2 \frac{1}{2}''$$

Cálculo do Número de Reynolds para a linha de pressão:

De acordo com Fialho (2011), o número de Reynolds representa a proporcionalidade entre as forças de inércia e a viscosidade de um fluido escoando por ductos lineares de seção geométrica constante, assim como o perfil de velocidades que eles provocavam. Estes podem ser de três tipos: laminar, turbulento e indeterminado, conforme demonstrado no quadro.

Tabela 7. Limite de escoamento Reynolds.

Limites de Escoamento	
Escoamento Laminar	Re ≤ 2000
Escoamento Indeterminado	2000 < Re < 2300
Escoamento turbulento	Re ≥ 2300

Fonte: Adaptado, Fialho (2011).

$$R_e = \frac{V \cdot d_t}{\nu} \quad (17)$$

$$R_e = \frac{500 \cdot 2,45}{0,6758} = 1812,67$$

$R_e < 2000$, Logo, o regime é laminar.

2.8.1. Perda de carga

O escoamento interno em tubulações sofre forte influência das paredes, dissipando energia devido ao atrito, provocando uma redução da pressão total do fluido ao longo do escoamento que

é denominada de perda de carga. A perda de carga pode ser distribuída, quando ocorre ao longo do comprimento da tubulação e localizada quando ocorre nos acessórios como válvulas.

$$\Delta PT = \Delta P + dP \quad (18)$$

Onde:

ΔPT → Perda de carga total;

ΔP → Perda de carga na tubulação (distribuída + localizada);

dP → Perda de carga nas válvulas da linha de pressão;

Tabela 8. Perda de carga por singularidade.

Perda de carga por singularidade na linha de pressão			
Singularidades	Comprimento por unidade	Quantidade	Comprimento equivalente total
tê	2 m	2	4 m
Curva de 90°	0,4 m	4	1,6
L(comprimento)	8m m	1	8 m
Total			13,6 m

Fonte: Autor (2023).

$$\Delta P = \frac{\psi \cdot 5 L_t \cdot \rho \cdot V^2}{d_t \cdot 10^{10}} \quad (19)$$

Onde:

ψ → Factor de atrito, $\frac{64}{Re}$ para tubo rígido e temperatura constante;

ρ → Massa específica do fluido, = 881,1 Kg/m^3 para óleo Vg 68;

V → Velocidade de escoamento em cm/s ;

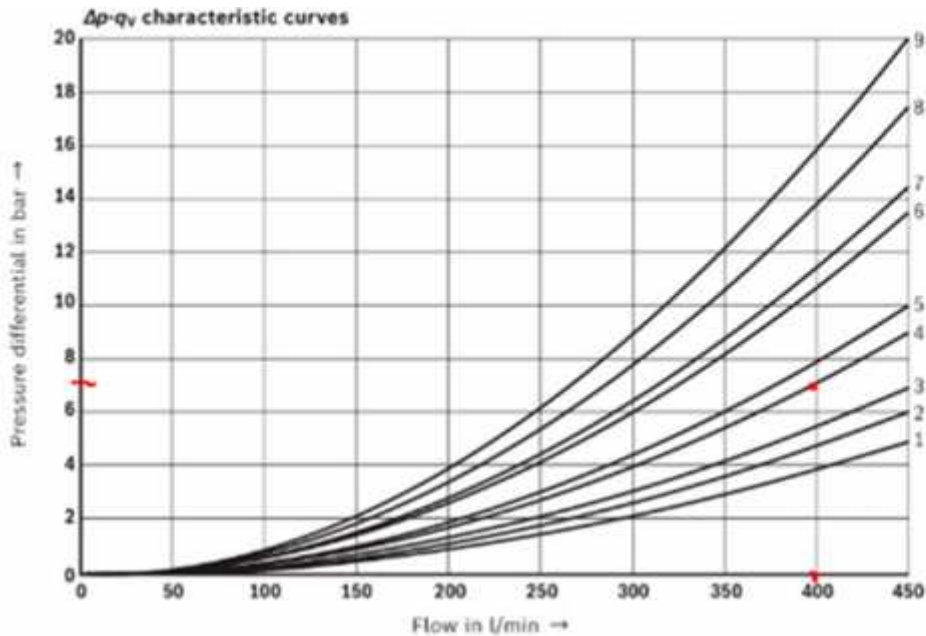
d_t → Diâmetro interno em cm;

$$\Delta P = \frac{64}{R_e} \cdot \frac{5 \cdot L_t \cdot \rho \cdot V^2}{d_t \cdot 10^{10}}$$

$$\Delta P = \frac{64}{1\,812,67} \cdot \frac{5 \cdot 13,6 \cdot 881,1 \cdot 500^2}{2,48 \cdot 10^{10}} = 0,0353 \cdot 0,6039 = 0,0213 \quad \text{bar}$$

Perda de carga nas válvulas da linha de pressão

Gráfico 1. Perda de carga na válvula direccional.

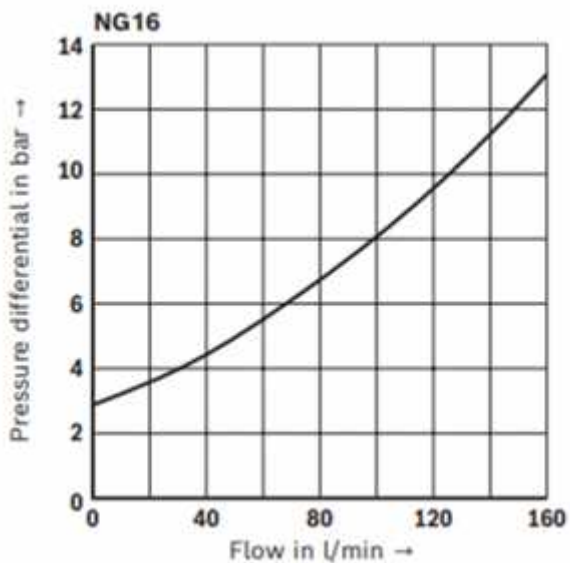


Symbol	Spool position				
	P - A	P - B	A - T	B - T	B - A
E, D	2	2	3	5	-
J, Q, K	2	2	4	6	-
M, W	1	1	3	5	-
H, V, C, Z	1	1	4	6	-
F	1	2	4	5	-
G	3	4	5	6	-
R	1	2	2	-	-
L	2	2	4	5	-
U	2	2	2	6	-
P	2	2	2	7	-
T	4	4	5	6	-

Symbol	Zero position		
	A - T	B - T	P - T
F	2	-	4
G, T	-	-	9
H	-	-	3
L	7	-	-
U	-	6	-
J	8	8	-
P	-	4	6
V, Z	-	-	8

Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Gráfico 2. Perda de carga na válvula reguladora de fluxo.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Tabela 9. Perda de carga nas válvulas da linha de pressão.

Perda de carga nas válvulas da linha de pressão			
Válvula	Quantidade	Perda de carga por unidade (bar)	Perda de carga total (bar)
Válvula de controle direccional	1	7	7
Válvula reguladora de fluxo	1	13	13
Total dP =			20

Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Perda de carga total

$$\Delta PT = \Delta P + dP \quad (20)$$

$$\Delta PT = 0,0213 + 20 = 20,0213 \text{ bar}$$

2.9. Selecção da bomba hidráulica, motor eléctrico e reservatório

2.9.1. Selecção da bomba hidráulica

Volume de absorção ou deslocamento por rotação V_g .

$$V_g = \frac{1000 \cdot Q_b}{n \cdot \eta_w} \quad (21)$$

Onde:

V_g → volume de absorção em $cm^3/rotação$

Q_b → vazão da bomba em l/min

n → rotação do motor em rpm;

η_w → rendimento volumétrico (0,91 a 0,93).

$$V_g = \frac{1000 \cdot 145}{1750 \cdot 0,92}$$

$$V_g = 90 \text{ cm}^3/rotação$$

Buscamos na tabela, a bomba com o volume de absorção próximo ao calculado, nesse caso, a bomba de tamanho 100 é a ideal.

Tabela 10. Dados técnicos de bomba de pistões axiais.

Size	NG		18	28	45	71	88	100	140
Displacement, geometric, per revolution	$V_{g \max}$	cm^3	18	28	45	71	88	100	140
Rotational speed maximum ¹⁾	at $V_{g \max}$	n_{nom}	rpm	3300	3000	2600	2200	2100	2000
	at $V_g < V_{g \max}$ ²⁾	$n_{max \text{ perm}}$	rpm	3900	3600	3100	2600	2500	2400
Flow	at n_{nom} and $V_{g \max}$	$q_v \max$	l/min	59	84	117	156	185	200
	at $n_E = 1500$ rpm and $V_{g \max}$	$q_v E \max$	l/min	27	42	68	107	132	150
Power	at n_{nom} , $V_{g \max}$	P_{max}	kW	28	39	55	73	86	93
	at $\Delta p = 280$ bar	at $n_E = 1500$ rpm and $V_{g \max}$	$P_E \max$	kW	12.6	20	32	50	62
Torque	$\Delta p = 280$ bar	T_{max}	Nm	80	125	200	316	392	445
	at $V_{g \max}$ and $\Delta p = 100$ bar	T	Nm	30	45	72	113	140	159

Fonte: Catálogo Rexroth 2016.

Torque

$$T = \frac{V_g \cdot P}{20 \cdot \pi \cdot r_{\text{grh}}} \quad (22)$$

$$T = \frac{90 \cdot 140}{20 \cdot 3,14 \cdot 0,95} = 211 \text{ Nm}$$

Potência absorvida

$$N = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot n}{60000} \quad (23)$$

$$N = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 211 \cdot 1750}{60000} = 38,65 \text{ kw}$$

2.9.2. Escolha do motor eléctrico.

Motor eléctrico, 55 kw, 1750 rpm, 4 polos.

Tabela 11. Motores eléctricos weg.

POTÊNCIA KW	POTÊNCIA CV	CARCAÇA	FATOR DE SERVIÇO	RPM
30kw	40cv	100M	1.15fs	1.780rpm
37kw	50cv	200L	1.15fs	1.780rpm
45kw	60cv	225S/M	1.15fs	1.780rpm
55kw	75cv	225S/M	1.15fs	1.780rpm
75kw	100cv	250S/M	1.15fs	1.780rpm
90kw	125cv	280S/M	1.15fs	1.785rpm
110kw	150cv	280S/M	1.15fs	1.785rpm
132kw	175cv	315S/M	1.15fs	1.790rpm
150kw	200cv	315S/M	1.15fs	1.790rpm
185kw	250cv	315S/M	1.15fs	1.790rpm

Fonte: Catálogo de especificação dos motores eléctricos weg, 2014.

2.9.3. Reservatório de óleo hidráulico

Recomenda-se que o volume do reservatório do sistema hidráulico para fluidos de base mineral comporte de 3 a 5 vezes a vazão da bomba, em litros/minuto, mais um percentual de 20%.

$$V_{res} = 5 \cdot Q_b \quad (24)$$

$$V'_{res} = 5 \cdot 145 = 725 \text{ l}$$

Além da bomba hidráulica principal, temos também a bomba adicional que serve para levar o óleo hidráulico até a trocador de calor. Uma bomba de engrenagem com vazão de $18,3 \text{ l/min}$ a 1750 rpm está acoplado em frente da bomba principal.

$$V''_{res} = 3 \cdot 18,3 = 54,9 \text{ l}$$

$$V_{res} = (V'_{res} + V''_{res}) + 20\% = (725 \text{ l} + 54,9) + 20\% = 935,88 \text{ l}$$

O volume do reservatório disponível no mercado para o volume calculado é de 1000 litros.

2.9.4. Resultados de dimensionamento

Tabela 12. Resultados do dimensionamento.

Cilindro do silo de descarga (400T)	Diâmetro do cilindro $D_c = 160 \text{ mm}$
	Área do êmbolo $A = 201,06 \text{ cm}^2$
	Diâmetro da haste $d_h = 100 \text{ mm}$
	Pressão de avanço $F_{hb} = 7,46 \text{ Mpa}$
	Pressão de retorno $F_r = 14,7 \text{ Mpa}$
	Vazão de avanço $Q_a = 398 \text{ l/min}$
	Vazão de retorno $Q_r = 242 \text{ l/min}$
	Vazão induzida de avanço $Q_{ia} = 242 \text{ l/min}$
	Vazão induzida de retorno $Q_{ir} = 398 \text{ l/min}$
	Pressão induzida de avanço $F_{ia} = 12,2 \text{ Mpa}$
	Pressão induzida de retorno $F_{ir} = 8,95 \text{ Mpa}$
	Diâmetro da tubulação da linha de avanço $d_{tpl} = 1 \frac{3}{4} \text{''}$

	Diâmetro da tubulação da linha de retorno $d_{tr2} = 1 \frac{1}{2}''$
Cilindro do doseador de pesagem (85T)	Diâmetro do cilindro $D_c = 125$ mm
	Área do êmbolo $A = 122.72$ cm ²
	Pressão de avanço $P_{fb} = 9,5$ Mpa
	Pressão de retorno $P_r = 14,8$ Mpa
	Vazão de avanço $Q_a = 242,4$ l/min
	Vazão de retorno $Q_r = 168$ l/min
	Vazão induzida de avanço $Q_{ia} = 116,8$ l/min
	Vazão induzida de retorno $Q_{ir} = 166,5$ l/min
	Pressão induzida de avanço $P_{ia} = 9,5$ Mpa
	Pressão induzida de retorno $P_{ir} = 10$ Mpa
	Diâmetro da tubulação da linha de avanço $d_{tp1} = 1 \frac{1}{2}''$
	Diâmetro da tubulação da linha de retorno $d_{tr2} = 1 \frac{1}{4}''$
Cilindro do chute móvel	Diâmetro do cilindro $D_c = 125$ mm
	Área do êmbolo $A = 122.72$ cm ²
	Pressão de avanço $P_{fb} = 2,2$ Mpa
	Pressão de retorno $P_r = 6,768$ Mpa
	Vazão de avanço $Q_a = 266$ l/min
	Vazão de retorno $Q_r = 214$ l/min
	Vazão induzida de avanço $Q_{ia} = 128$ l/min
	Vazão induzida de retorno $Q_{ir} = 443$ l/min
	Pressão induzida de avanço $P_{ia} = 25,38$ Mpa
	Pressão induzida de retorno $P_{ir} = 3,259$ Mpa
	Diâmetro da tubulação da linha de avanço $d_{tp1} = 1 \frac{3}{4}''$
	Diâmetro da tubulação da linha de retorno $d_{tr2} = 1 \frac{1}{4}''$
Tubulações (do reservatório até ao bloco)	Diâmetro da tubulação de pressão $d_{tp} = 1''$
	Diâmetro da tubulação de retorno $d_{tr} = 1 \frac{1}{2}''$

de válvulas)	Diâmetro da tubulação de sucção $\frac{1}{2}$ in
	Número de Reynolds para a linha de pressão $\frac{v \rho}{\mu} = 1\,812,67$ (O Regime é laminar).
Perda de carga na linha de pressão	Perda de carga total: $\Delta P_T = 2 \text{ Mpa}$
Bomba hidráulica (bomba de pistões axiais)	Deslocamento por rotação $\frac{V_d}{\text{rotação}} = 90 \text{ cm}^3/\text{rotação}$
	Torque $T = 211 \text{ Nm}$
	Potência $P = 38,65 \text{ kw}$
Motor eléctrico	Potência $P = 55 \text{ kw}$
	Rotação: $n = 1750 \text{ rpm}$
Reservatório	Volume do reservatório $V = 1\,000 \text{ l}$

Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Capítulo III

3. Metodologia

O presente trabalho baseou-se em pesquisas feitas em manuais que retractam de sistemas hidráulicos em uso na indústria, bem como a interacção com trabalhadores da mina de carvão de Moatize afectos à estação de carregamento de vagões. A pesquisa baseou-se na recolha de informações fornecidas pelo fabricante dos componentes do sistema hidráulico em uso na empresa Vulcan em Moatize.

3.1. Tipo de investigação

Quanto á abordagem a pesquisa é qualitativa.

A pesquisa qualitativa se preocupa com o nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, ela trabalha com o universo de significados, de motivações, aspirações, crenças, valores e atitudes.

Quanto à natureza a pesquisa é aplicada.

A pesquisa aplicada tem o objectivo de adquirir novos conhecimentos para o desenvolvimento ou aprimoramento de produtos, processos e sistemas. A pesquisa aplicada objectiva gerar conhecimentos para aplicações práticas com objectivo de solucionar problemas específicos.

Quanto aos objectivos a pesquisa é exploratória.

A pesquisa exploratória tem o objectivo de desenvolver, esclarecer, modificar conceitos e ideias. Exige revisão da literatura e discussão com especialistas. A pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com um problema envolvendo levantamentos bibliográficos e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema.

Quanto aos procedimentos a pesquisa é de campo.

A pesquisa de campo procura o aprofundamento de uma realidade específica. Realizada por meio da observação directa das actividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes-chaves.

A pesquisa de campo se caracteriza pelas investigações realizadas através da colecta de dados junto às pessoas, somando à pesquisa bibliográfica e documental.

3.2. População e Amostra

A população do estudo foi constituída por trabalhadores da Vulcan e subcontratadas que exercem suas funções na estação de carregamento de vagões da mina da Vulcan em Motize.

3.2.1. Amostragem e Amostra

Para esta pesquisa a amostragem é por conveniência, onde a pesquisa é feita pelos participantes que o pesquisador tem maior acesso. A amostra foi composta por 10 indivíduos, dos quais 3 operadores, 6 mecânicos e 1 engenheiro mecânico.

3.3. Instrumentos

Entrevista e observação directa. O software contido no computador da estação forneceu informações sobre o comportamento do sistema através da leitura e interpretação dos sensores de pressão, temperatura e vazão contidos no sistema. O pirómetro ajudou na colecta da temperatura em pontos em que os sensores de temperatura não estão presentes. Manómetros analógicos ajudaram a confirmar os valores de pressão fornecidos pelos sensores de pressão digitais.

3.4. Procedimentos

A realização da pesquisa obedeceu os procedimentos da Vulcan para a realização de actividades na empresa. Foi observado o uso de EPIs como botas, luvas, óculos e uniforme. Antes de qualquer intervenção foi antes realizada uma análise dos riscos envolvidos e tomadas medidas de controle dos riscos.

A pesquisa compreendeu uma operação assistida da estação, monitoria do comportamento do sistema hidráulico, levantamento das falhas e debate com profissionais mais experientes na área.

Capítulo IV

4. Apresentação dos dados recolhidos

4.1. Apresentação dos participantes da pesquisa.

A pesquisa foi efectuada no período compreendido entre Agosto de 2022 e Janeiro de 2023 e contou com a participação de 10 trabalhadores afectos a estação de carregamento de vagões, dos quais 3 operadores, 6 mecânicos e 1 engenheiro mecânico.

Tabela 13. Apresentação dos participantes da pesquisa.

Participantes da pesquisa		
Função	Empresa	Nº de participantes
Operador	Vulcan	03
Técnico Mecânico	Vulcan	04
Técnico Mecânico	Hytec	02
Engenheiro Mecânico	Vulcan	01

Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

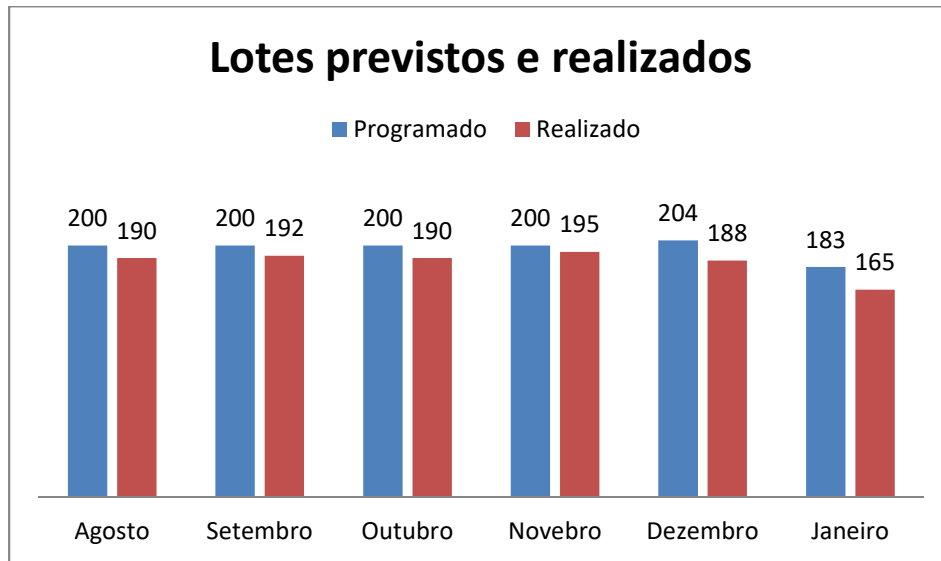
4.2. Leitura e interpretação dos dados recolhidos.

Os dados a baixo apresentados são referentes a 6 meses, de Agosto de 2022 a Janeiro de 2023.

Quantidade de lotes previstos por mês.

Olhando para o levantamento da quantidade de lotes previstos e realizados durante os meses de Agosto de 2022 a Janeiro de 2023 apresentado no gráfico 3, é possível constatar que perceber que em nenhum dos 6 meses a meta foi alcançada. Em média 10 lotes são perdidos por mês e isso impacta directamente na saúde financeira da empresa. Este cenário necessita de uma acção urgente para sua reversão.

Gráfico 3. Relação dos lotes previstos e realizados.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Disponibilidade física da estação de carregamento

A disponibilidade física de um equipamento é o quanto o equipamento esteve em condições de ser operado e executar uma determinada função durante um intervalo de tempo determinado. Ou seja, o tempo em que o equipamento não estava em manutenção, mas sim, estava pronto para operar, (VIANA 2002).

$$DF = \frac{HC - HM}{HC} \cdot 100\% \quad (25)$$

Onde:

DF → Disponibilidade física do equipamento;

HC → Total de horas do calendário;

HM → Total de horas paradas para manutenção.

$HC = 30 \text{ dias}$

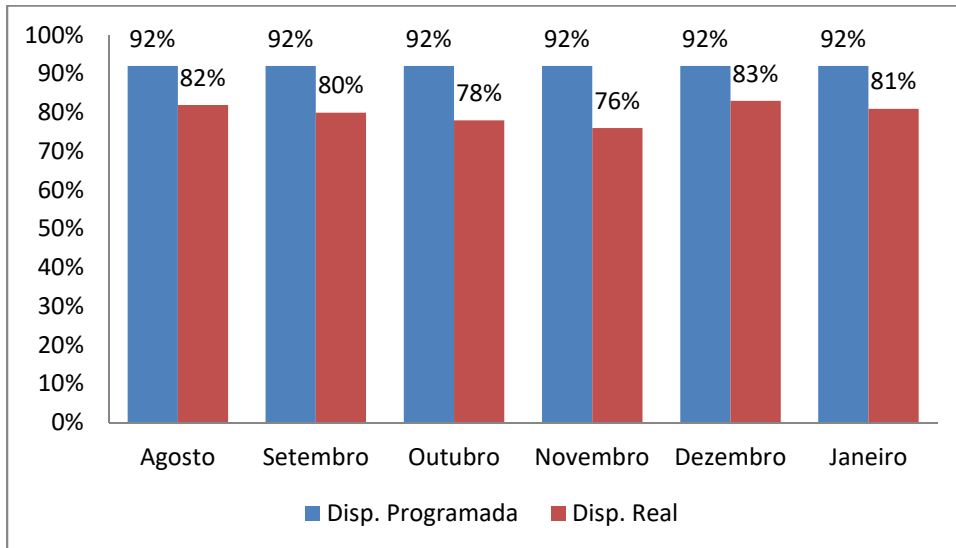
$HM = 57 \text{ horas}$

$$DF = \frac{HC - HM}{HC} \cdot 100\% = \frac{720 - 57}{720} \cdot 100\%$$

$$DF = 92\%$$

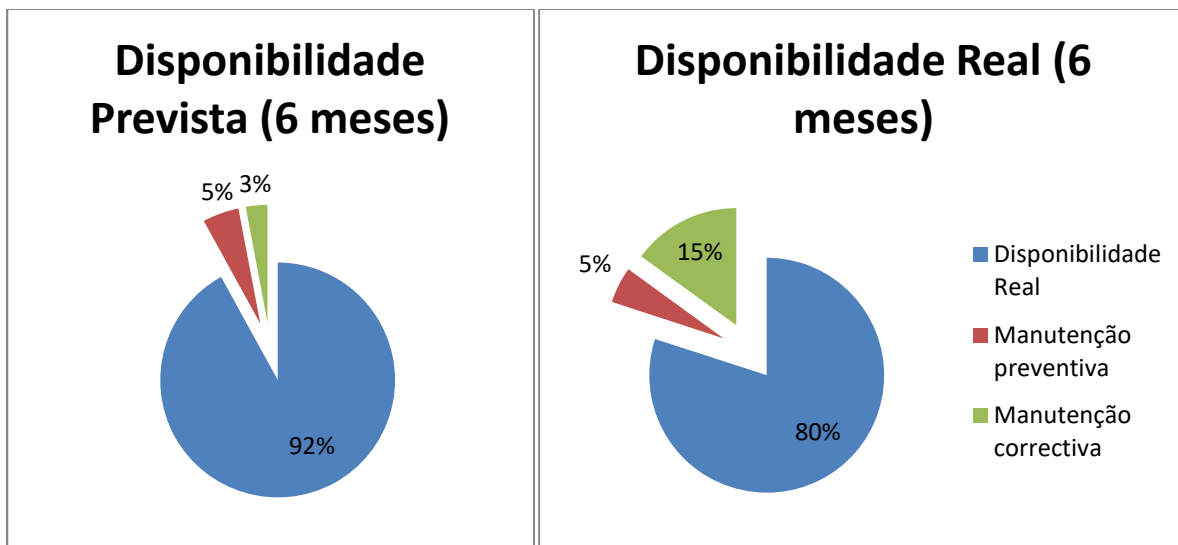
A disponibilidade dos equipamentos é essencial na indústria, afinal, ela impacta directamente a produtividade das empresas e, consequentemente, seus resultados.

Gráfico 4. Disponibilidade prevista e real para a estação de carregamento.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

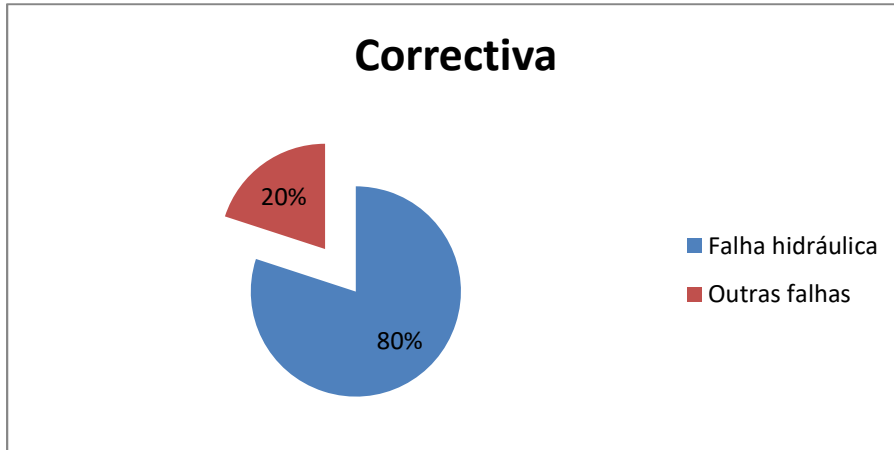
Gráfico 5. Disponibilidade média real nos 6 meses



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Foram registadas em média 108 horas de correctiva, o que equivale a 15%. Das 108 horas de correctiva, 86,4 horas (80%) foram paradas atribuídas a falha no sistema hidráulico.

Gráfico 6. Correctiva na estação de carregamento.

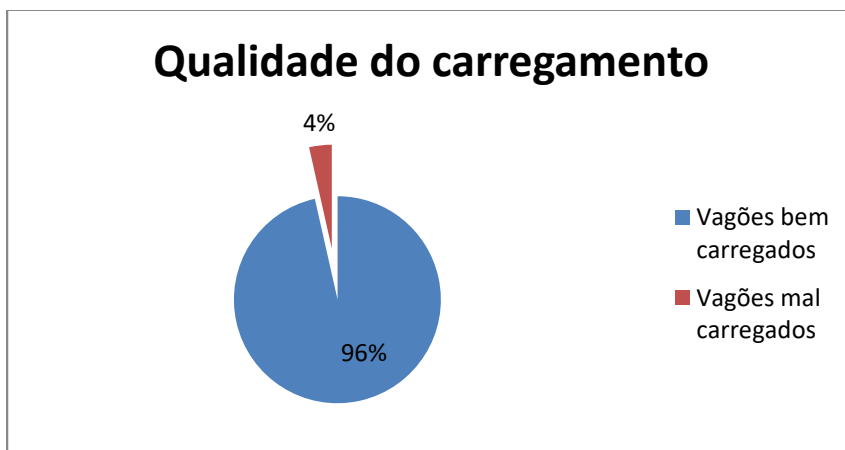


Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Qualidade do carregamento

Um lote é composto por 116 vagões. Em média, 4 vagões em cada lote tiveram defeitos de carga mal distribuída no vagão. Um vagão carregado com qualidade deve ter sua carga de 61 toneladas bem distribuída. Uma falha hidráulica no decurso do carregamento do vagão afecta a distribuição da carga.

Gráfico 7. Qualidade do carregamento.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Capítulo V

5. Análise dos dados colhidos

Durante os 6 meses em avaliação, de Agosto de 2022 a Janeiro de 2023, a média de lotes carregados foi de 94,2%, isto é, abaixo do programado. Essa não aderência ao programa deveu-se a vários factores entre eles o que mais se destaca são as falhas do sistema hidráulico que corresponderam a 80% das paradas da estação de carregamento de vagões.

A contaminação do óleo hidráulico é a principal razão da perda de performance do sistema hidráulico, isto faz com que as bombas, motores e cilindros hidráulicos trabalhem com muito mais carga, ou seja, mais força para executar o mesmo trabalho.

De acordo com os autores Tessmann & Hong (2000), “o efeito primário da contaminação particulada é acelerar a destruição das superfícies de trabalho em movimento relativo.”. O autor da citação anterior escreve que “a destruição das superfícies de trabalho por influência das partículas contaminantes é chamada abrasão de três corpos como um processo, e desgaste por contaminação como um resultado”.

Segundo Parker (2006), cerca de 70% a 80% das falhas em sistemas hidráulicos acontecem por causa de partículas contaminantes, portanto monitoramento de limpeza é essencial para controle de contaminação. Três tipos de falhas são consideradas: falha catastrófica, que ocorre repentinamente e leva à perda do componente, frequentemente causada por partículas grandes; falha transiente, causada por partículas que se alojam em áreas críticas entre peças, provocando alterações no comportamento e funções do componente; e falha por degradação, em que há diminuição da performance de um componente, causada por gradual desgaste e contaminação, podendo haver falha catastrófica se contaminantes adicionais forem produzidos.

Os vazamentos em cilindros, mangueiras e nos filtros, favorecem a contaminação do óleo. É necessário que o sistema hidráulico esteja isento de vazamentos, uma vez que fazer o acréscimo frequente de óleo na unidade hidráulica além de ser custoso pela quantidade de óleo, também aumenta o risco de contaminação do óleo no reservatório.

A entrada de contaminantes externos no sistema hidráulico ocorre por meio de passagem de partículas pelas vedações dos cilindros hidráulicos e pelo filtro de respiro do tanque hidráulico. Vedações de cilindros danificadas provocam vazamento de óleo, e conseqüentemente entrada de contaminação. Filtro do respiro do tanque, com excesso de impurezas pode sofrer falhas como quebras por fadiga ou migração de meio filtrante. A estocagem incorrecta de componentes hidráulicos, limpeza mal feita de peças na montagem e mistura de óleo hidráulico novo com um pouco de óleo restante no sistema no ato da troca são outros factores causadores de contaminação.

A contaminação interna, como limalhas e partículas metálicas, são causadas por desgaste abrasivo em componentes com movimento relativo, como bombas, atuadores e válvulas. Partículas sólidas no sistema provocam ainda mais desgaste, podendo causar obstrução dos meios filtrantes se uma acção correctiva não for tomada, se não houver devida atenção aos níveis de contaminação e se o controle de contaminação for precário.

Um plano de manutenção adequado as condições de trabalho do sistema hidráulico, ajudará a reduzir o número de horas de correctiva, aumentando assim a disponibilidade do equipamento para operação.

Plano de manutenção proposto para o sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões.

Tabela 14. Plano de manutenção proposto.

Plano de manutenção		
Equipamento	O que fazer	Quem fazer
Manutenção diária		
	Fazer inspecção na sala, verificar se há óleo derramado na bacia de contenção.	Operador

	Comunicar a manutenção caso haja alguma anomalia.	
Sala hidráulica	Verificar nível de óleo da unidade hidráulica. Comunicar a manutenção se nível estiver abaixo do recomendado.	Operador
	Verificar se o ar condicionado está funcionando e se a sala está refrigerada. Comunicar a manutenção caso a sala não esteja refrigerada.	Operador
Radiador de óleo	Verificar o radiador de óleo na parte externa da sala se está limpo. Fazer limpeza se necessário.	Operador
Manutenção semanal		
Sala hidráulica	Realizar limpeza na sala hidráulica (bombas, tanque), verificar se há vazamento nas conexões.	Mecânico
	Averiguar o estado das mangueiras	Mecânico
	Averiguar estado de funcionamento das bombas	Mecânico
	Verificar nível de óleo da unidade hidráulica e completar	

	com o óleo adequado caso esteja abaixo do nível mínimo.	Mecânico
	Verificar condição do respiro, realizar limpeza.	Mecânico
Sistema hidráulico	Testar sistema de emergência (com o equipamento funcionando), verificar se as comportas fecham.	Mecânico
Bloco de válvulas	Realizar limpeza dos blocos de válvulas e verificar a existência de vazamento de óleo no local.	Mecânico
Actuadores	Averiguar existência de ranhuras nas hastes dos actuadores e se há vazamentos. Verificar o estado dos pinos de fixação dos actuadores.	Mecânico
Manutenção mensal		
Sistema hidráulico	Todos desvios encontrados devem ser solucionados na parada de manutenção mensal.	Mecânico
Manutenção semestral		
Filtros de óleo	Trocar filtros de sucção, retorno e de pressão.	Mecânico
Manutenção trimestral		

Unidade hidráulica	Retirar amostra de óleo para análise das propriedades físico-químicas e o grau de contaminação.	Mecânico
--------------------	---	----------

Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Para bombas, válvulas e actuadores é difícil estabelecer a vida média para troca desses componentes. Para uma avaliação segura deve ser tratado caso a caso, através de um plano de inspecção e testes para verificar se o desempenho do componente atende às necessidades operacionais.

Em geral, cumprindo-se rigorosamente todos os itens descritos, tomando a máxima precaução no sentido de evitar a contaminação do sistema, mantendo uma filtragem eficiente e com o sistema bem regulado, teremos a performance desejada do equipamento e o aumento de sua vida útil.

Capítulo VI

6. Conclusão

- I. Quanto aos parâmetros do sistema, a pressão e vazão devem estar dentro do set point, e para que tal aconteça, o sistema deve estar isento de vazamento.
- II. O dimensionamento feito descarta qualquer erro de dimensionamento dos componentes instalados no sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões, isto porque, os valores encontrados no dimensionamento são próximos dos instalados no sistema.
- III. As causas do baixo desempenho do sistema hidráulico são:
 - ❖ Vazamento de óleo nas conexões, filtros e cilindros.

O vazamento de óleo em tubulações, cilindros e filtros de óleo contribuem para o baixo desempenho. É necessário que se eliminem todos vazamentos de óleo no sistema para que se possa evitar o acréscimo de óleo com muita frequência, e sempre que for necessário fazer acréscimo de óleo, que seja sempre feito pelo filtro.

- ❖ Filtros de óleo saturados,
- ❖ Baixa capacitação dos técnicos em matéria relacionada a hidráulica.
- ❖ Acúmulo de poeira no radiador de óleo.
- ❖ Contaminação do óleo por poeira durante o acréscimo de óleo.

A contaminação do óleo hidráulico é a principal causa do baixo desempenho do sistema hidráulico da estação. Um óleo contaminado compromete todo o sistema hidráulico e o funcionamento dos seus componentes uma vez que este não consegue lubrificar adequadamente as partes móveis internas dos componentes, nem mesmo actuar como trocador de calor ou preencher a folga entre os componentes hidráulicos, isto porque, os contaminantes bloqueiam os orifícios, desgastam os componentes, formam ferrugem e outras formas de contaminação química e biológica.

- IV. Como solução do baixo desempenho propõe-se a eliminação completa dos vazamentos e uma capacitação dos técnicos afectos a estação.

6.1. Sugestões

Como forma de melhorar a disponibilidade da estação de carregamento e obter melhor desempenho, são apresentadas as seguintes sugestões:

Sugestões para os trabalhadores

- Criar um plano de manutenção que se adeque às condições as quais o sistema hidráulico está exposto;
- Eliminar por completo os vazamentos de óleo para evitar acréscimos de óleo com muita frequência, já que neste processo, muitas partículas entram no óleo;
- Adicionar o óleo hidráulico pelo filtro;
- Manter a sala hidráulica refrigerada e radiador de óleo limpo;

Sugestões para a empresa

- Fornecer treinamento de hidráulica aos técnicos de manutenção;
- Fazer análise periódica do óleo para ter o controle da contaminação;

6.2. Recomendações do trabalho futuro

Recomendação para os trabalhadores

Uma recomendação para um estudo mais criterioso com respeito aos filtros de modo a apurar a sua eficácia em um ambiente agressivo.

Recomendação para a empresa

A realização de testes com o filtro de óleo em um laboratório para verificar a qualidade do mesmo.

7. Referências bibliográficas

FIALHO, A. B. Automação Hidráulica Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos. 6. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

GATES DO BRASIL. Mangueiras, Terminais e Conexões. 2012. Disponível em: http://www.gatesbrasil.com.br/upload/catalogos/catalogo_hidraulica_2012_web_fm.pdf. Acesso em 6 de Maio de 2023.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Grupo WEG. Guia de especificação de motores eléctricos, 2014, 68p. Disponível em: http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC038/Prof.Walter_Kapp/Trabalho/Motores/WEG_Guia_Especificacao.pdf. Acesso em 20 Jun. 2023.

LINSINGEN, Irlan von. Fundamentos de sistemas hidráulicos. Florianópolis: Ed da UFSC, 2001.399p.

MINAYO, M. C. de S. (Org.). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14^a ed. Rio de Janeiro: Hucitec, 2014. 408 p

Moreira Ilo da Silva. Sistemas hidráulicos industriais 2.ed. São Paulo: SENAI-editora, 2012.352p.

PALMIERI, A. C. Manual de Hidráulica Básica. 10. ed. Porto Alegre: Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1997. 328p.

PARKER. Cilindros hidráulicos. Catálogo HY-2017 BR, 2005, 80p. Disponível em: https://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/hy_2017_br.pdf. Acesso em 03 Jun. 2023.

PARKER. Cilindros hidráulicos série 2H. Catálogo 2103-1 BR, 2003, 40p. Disponível em: https://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/21031_br.pdf. Acesso em 04 Jun. 2023.

PARKER. Hidráulica industrial. Apostila M 2001-2. Elyria, 2008, 233p.

PARKER. Tecnologia hidráulica industrial. Apostila M 2001-2 Br, 2017,240p. Disponível em <https://www.tecnoflexpe.com.br/wp-content/uploads/2017/02/Tecnologia-Hidr%C3%A1ulica-Industrial.pdf>. Acesso em 03 Jun. 2023.

PARKER. Unidades hidráulicas. CATÁLOGO 2600-500/NA BR, 1996, 12p. Disponível em: https://www.parker.com/parkerimages/br/download/hydraulics/pdf/2600_500.PDF. Acesso em 05 Jun. 2023.

SAUER DANFOOS. Directional Control Valves Service and Parts Manual. 2006. Disponível em <http://www.valmova.com/pt/DirectionalControlValvesTechnicalInformation.pdf> Acesso em 05 Jun. 2023.

SOUZA, Z. Projetos de Máquinas de Fluxo: tomo I, base teórica e experimental. Rio de Janeiro: Editora Interciência: Minas Gerais: Editora Acta, 2011.

TUMELERO, Naína. Pesquisa básica: material completo, com exemplos e características. METTZER, 2019. Disponível em:

<https://blog.mettzer.com/pesquisa-basica/> Acesso em 17/04/2023.

VIANA, H. R. G. PCM - Planejamento e controle de manutenção. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002. 167 p.

8. Apêndices

Apêndice 1. Termo de consentimento.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da pesquisa, **melhoramento do desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões na empresa Vulcan-2023**, sob a responsabilidade do pesquisador Anísio Dias Pedro Nhachungue, a qual pretende obter informações sobre o sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões. Sua participação é voluntária e se dará por meio de uma entrevista.

Se o/a Sr (a) aceitar participar, as respostas obtidas por esta pesquisa poderão contribuir para uma redução nas paradas por falhas hidráulicas na estação de carregamento de vagões. Se depois de consentir a sua participação o/a Sr. (a) desistir de continuar participando, tem direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da colecta de dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O/a Sr. (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração referente a esta pesquisa. Entretanto, caso o/a Sr. (a) tenha alguma despesa decorrente desta pesquisa será totalmente ressarcido/a pelo pesquisador responsável. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas a sua identidade não será divulgada, uma vez que será guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr. (a) poderá entrar em contacto com o pesquisador pelo telefone pessoal: 84 28 06 134 ou pelo endereço electrónico: anisiodias9@gmail.com

CONSENTIMENTO PÓS INFORMAÇÃO

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar

da pesquisa, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias originais, as quais serão assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do pesquisador responsável

Data: ____/____/____

Apêndice 2. Guião de entrevista

Guião de entrevista estruturada

A presente entrevista é a parte integrante do processo de recolha de dados para a elaboração da Monografia de Anísio Dias Pedro Nhachungue, estudante do curso de Engenharia Mecânica no Instituto Superior Universitário de Tete.

Entrevista destinada aos trabalhadores Vulcan e contratadas afectos a estação de carregamento de vagões da Vulcan em Moatize. A informação obtida será tratada de forma confidencial e anónima, com os dados a serem utilizados, unicamente, para fins de investigação.

Nome: _____

Género: _____

Empresa: _____

Função: _____

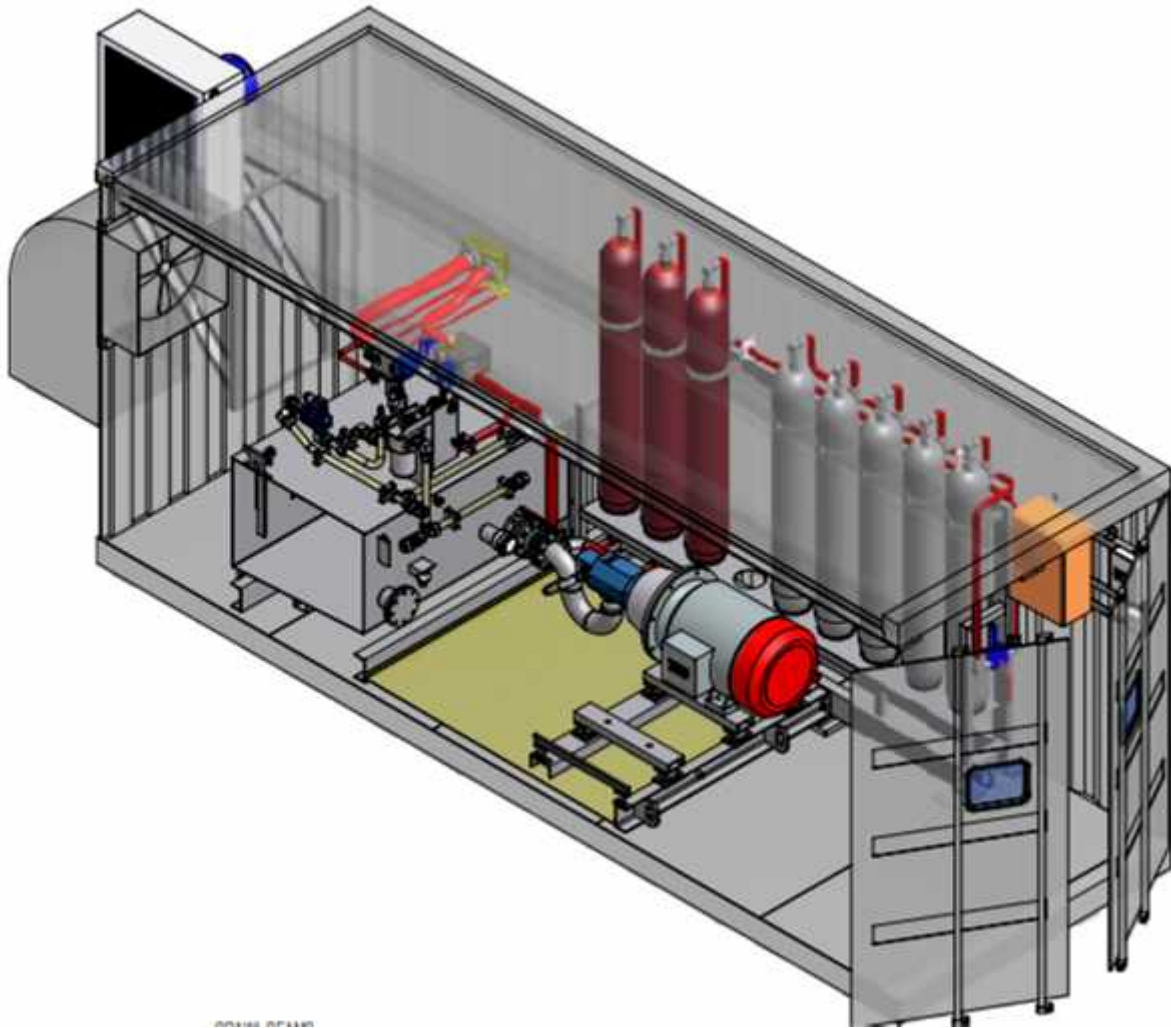
Anos de profissão: _____

Questões	
1.	O que é um sistema hidráulico?
2.	Como pode ser dividido o sistema hidráulico?
3.	O que é um fluido hidráulico?
4.	Porque a água não pode ser usada como fluido hidráulico?
5.	Quais são as vantagens e desvantagens do sistema hidráulico em relação ao pneumático?
6.	Qual é o óleo hidráulico usado na unidade hidráulica. Porquê?
7.	Como é feito o carregamento do vagão?
8.	Quanto tempo leva para carregar um vagão?
9.	Quantos vagões leva cada comboio?
10.	Quanto tempo leva para carregar uma composição completa?

11.	Qua são os impactos de uma falha hidráulica durante o carregamento do vagão?
12.	Qual é o impacto de vagão mal carregado para o comboio?
13.	O que causa a descentralização o material no vagão?
14.	O que deve ser feito para melhorar o tempo de carregamento do vagão?
15.	Como o sistema se comporta em caso de corte de energia durante o carregamento?
16.	Quais são as falhas mas frequentes no sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões?
17.	O que pode ser melhorado para reduzir as falhas relacionados ao sistema hidráulico?
18.	Como melhorar a performance do sistema hidráulico?
19.	Quais são as principais causas do baixo desempenho do sistema hidráulico da estação de carregamento de vagões?
20.	O que é um acumulador hidráulico?
21.	Qual são as funções do acumulador hidráulico?
22.	Qual o melhor tipo de acumulador hidráulico a usar. Porquê?
23.	Quais aos cuidados a ter com os acumuladores hidráulicos?
24.	Foi submetido a algum treinamento relacionado a hidráulica?
25.	Quais são as dificuldades enfrentadas durante as actividades do dia a dia?

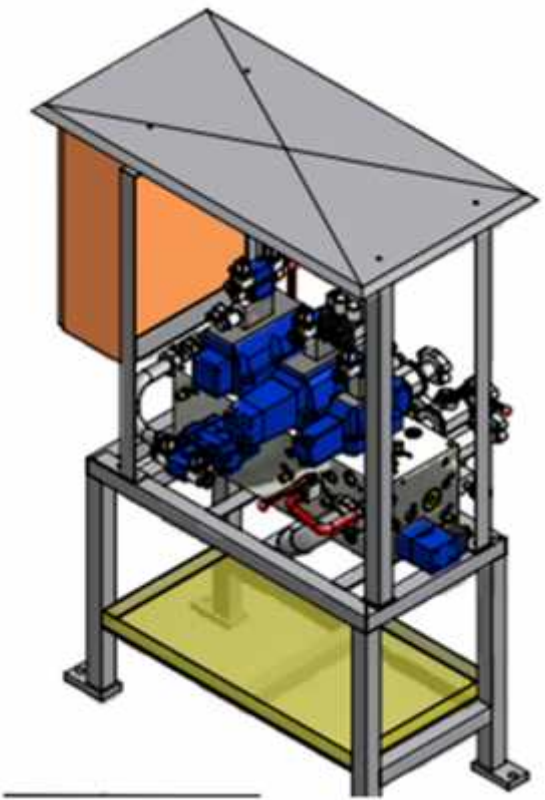
Muito Obrigado pela sua participação.

Apêndice 3. Contentor do sistema hidráulico da estação de carregamento.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Apêndice 4. Bancada com o bloco manifold e válvulas direcionais.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

Apêndice 5. Estação de carregamento de vagões.



Fonte: Anísio Nhachungue (2023).

9. Anexos

Anexo 1. Credencial para recolha de dados.



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA
A POLITÉCNICA
INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITÁRIO DE TETE – ISUTE

**EXMOS SENHORES
VULCAN INTERNATIONAL - MOÇAMBIQUE, SA
MOATIZE - T E T E**

Data: 13/10/2023

Assunto: **Pedido de Autorização para Recolha de Dados para Monografia**

O ISUTE (Instituto Superior Universitário de Tete) é uma das unidades orgânicas da Universidade Politécnica na Cidade de Tete. Vem através desta solicitar a V.Excia a autorização para recolha de dados para trabalho de fim do curso do estudante finalista do

Curso de Engenharia Mecânica **Anísio Dias Pedro Nhachungue.**

Os objectivos do estágio integram:

- ✓ Projectar e construir produtos que vão de simples elementos de máquinas e sistemas e estruturas complexas, como autoveículos, máquinas, navios, plataformas para propecção de minerais, reactores e usinas para geração de energia;
- ✓ Coordenar, fiscalizar e executar instalações mecânicas, termodinâmicas e electromecânicas;
- ✓ Integrar em grupos de trabalho na solução de problemas de engenharia, englobando aspectos técnicos, económicos, políticos, sociais, éticos, ambientais e de segurança.

Cientes de que o nosso pedido irá merecer a vossa compreensão desde já agradecemos antecipadamente.

Cordiais saudações.


Mestre Maria Juliana do Rosário Manuel



Contacto directo:

Cell: +258 845964710 – Mestre Francisco Loquiha – Director Adjunto Científico Pedagógico
Cell: +258 846043352 – Eng^o Arsenio Cardoso – Coordenador das Engenharias

Anexo 2. Declaração da empresa.



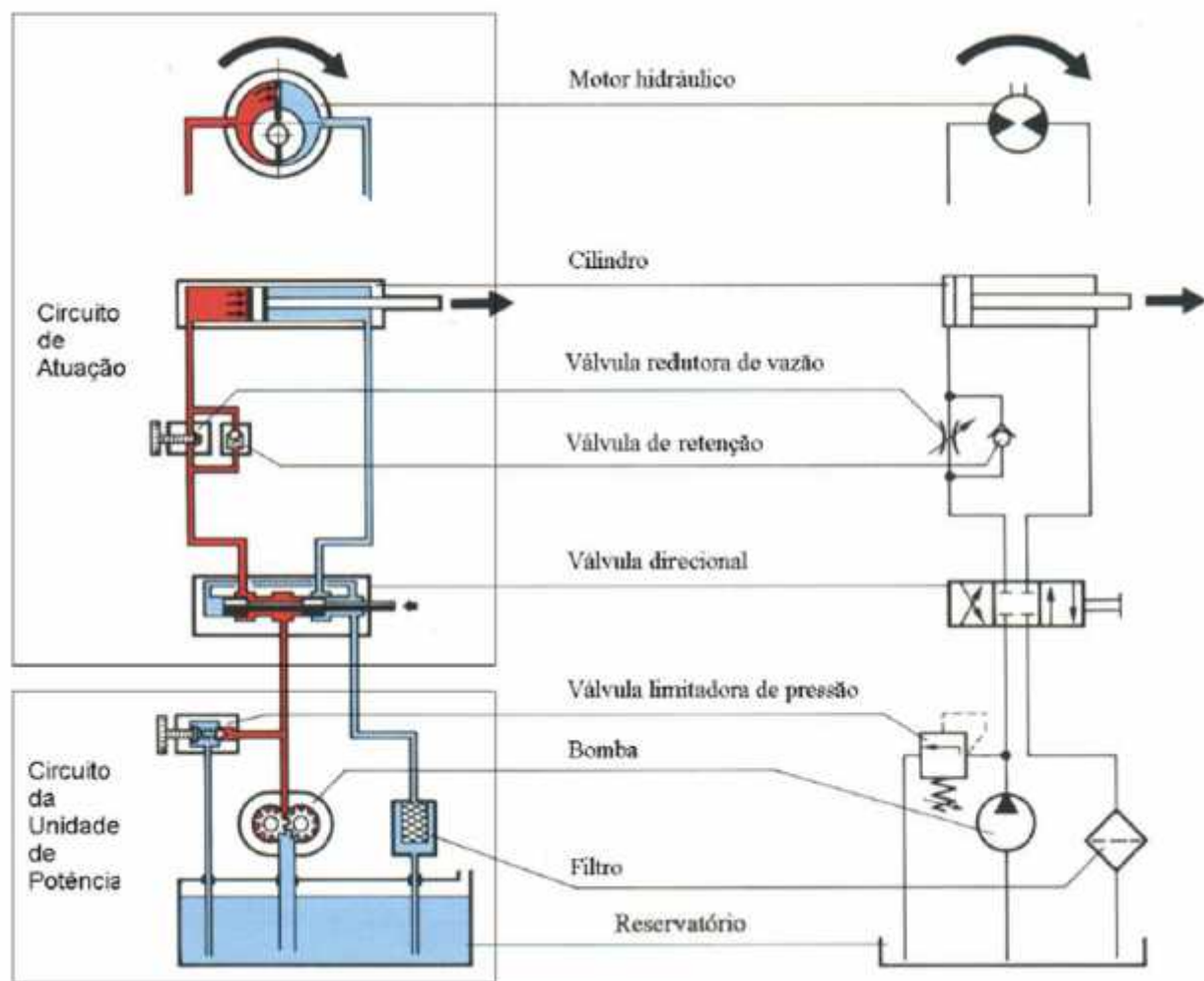
Para devidos efeitos declaramos que o Sr. Anísio Dias Pedro Nhachungue, trabalhador da Vulcan Mozambique, possui autorização para divulgar o nome da empresa Vulcan Mozambique, bem como dados não confidenciais na elaboração da sua monografia, apresentado á faculdade de engenharia da universidade Politécnica (Instituto Superior Universitário de Tete), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Sem mais de momento, subscrevemo-nos com elevada estima e consideração.

Tete, 07 de Novembro de 2023

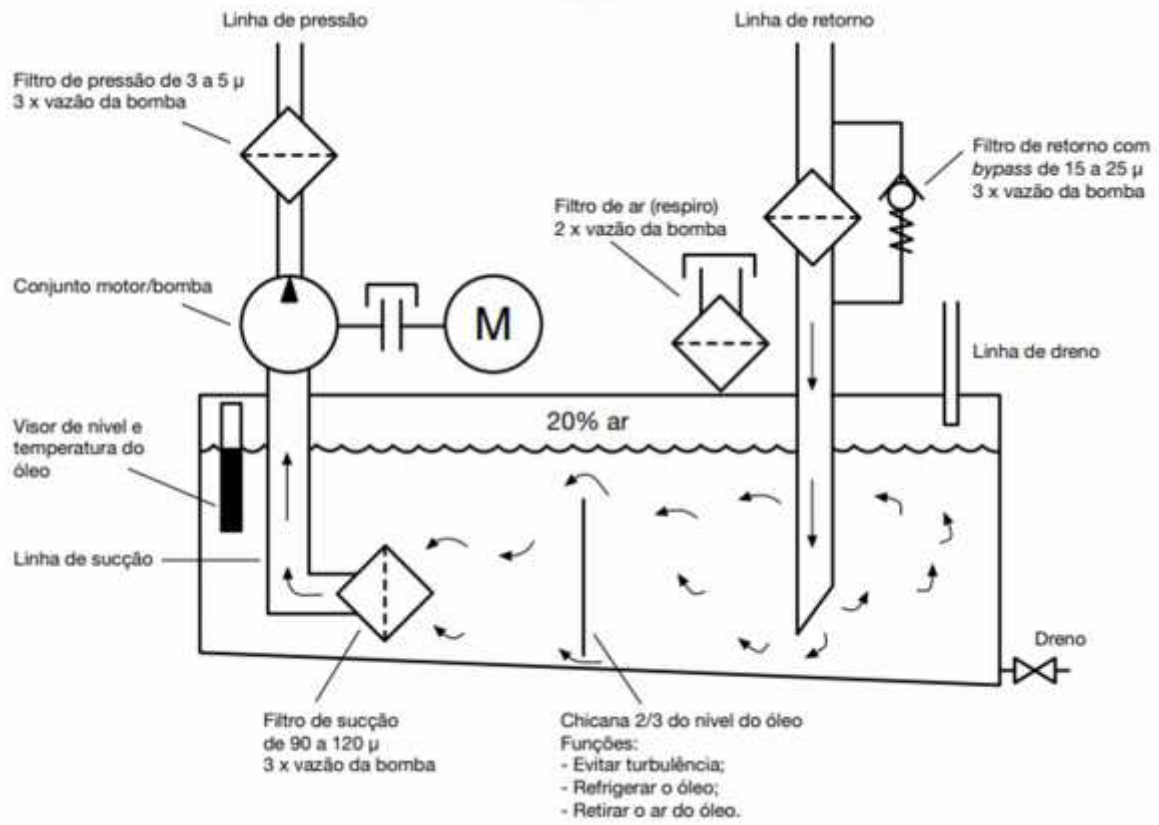
A handwritten signature in blue ink, which appears to be "Anísio Dias Pedro Nhachungue", is written over a horizontal line. To the right of the signature is a blue rectangular stamp containing a stylized blue checkmark and the word "VULCAN" in blue capital letters.

Anexo 3. Estrutura básica de um circuito hidráulico.



Fonte: Apostila BOSCH, 1989.

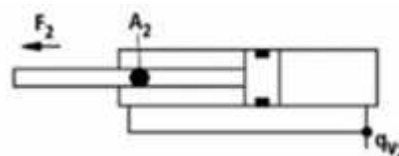
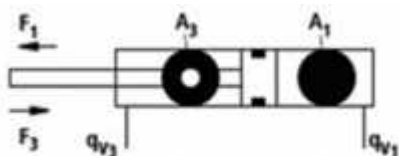
Anexo 4. Reservatório e filtros.



Apostila PARKER. 2017,240p.

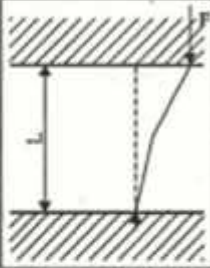
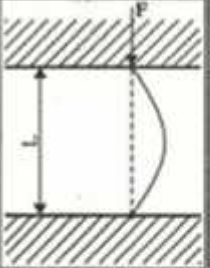
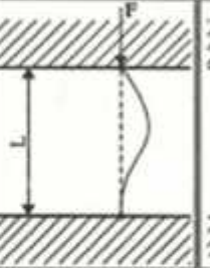
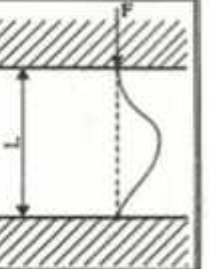
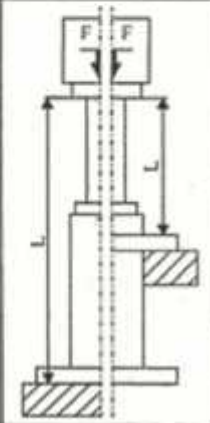
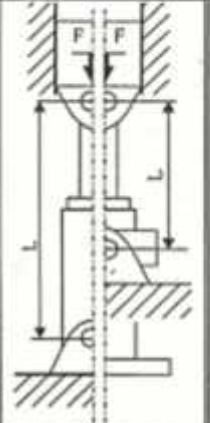
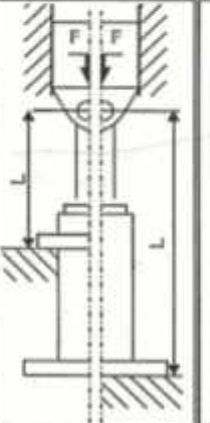
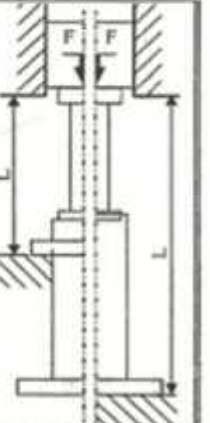
Anexo 5. Diâmetros comerciais de cilindros de dupla acção.

Êmbolo	Haste	Relação de área	Áreas			Força a 250 bar ¹⁾			Vazão a 0.1 m/s ²⁾		
			Êmbolo	Haste	Anel	Pressão	Dif.	Tração	Avanço	Dif.	Retomo
AL Ø mm	MM Ø mm	ψ A_1/A_3	A_1 cm ²	A_2 cm ²	A_3 cm ²	F_1 kN	F_2 kN	F_3 kN	q_{V1} L/min	q_{V2} L/min	q_{V3} L/min
40	22	1.43	12.56	3.80	8.76	31.40	9.50	21.90	7.5	2.3	5.3
	28	1.96		6.16	6.40		15.40	16.00		3.7	3.8
50	28	1.46	19.63	6.16	13.47	49.10	15.40	33.70	11.8	3.7	8.1
	36	2.08		10.18	9.45		25.45	23.65		6.1	5.7
63	36	1.48	31.17	10.18	20.99	77.90	25.45	52.45	18.7	6.1	12.6
	45	2.04		15.90	15.27		39.75	38.15		9.5	9.2
80	45	1.46	50.26	15.90	34.36	125.65	39.75	85.90	30.2	9.5	20.7
	56	1.96		24.63	25.63		61.55	64.10		14.8	15.4
100	56	1.46	78.54	24.63	53.91	196.35	61.55	134.80	47.1	14.8	32.3
	70	1.96		38.48	40.06		96.20	100.15		23.1	24.0
125	70	1.46	122.72	38.48	84.24	306.75	96.20	210.55	73.6	23.1	50.5
	90	2.08		63.62	59.10		159.05	147.70		38.2	35.4
140	90	1.70	153.94	63.62	90.32	384.75	159.05	225.70	92.4	38.2	54.2
	100	2.04		78.54	75.40		196.35	188.40		47.1	45.3
160	100	1.64	201.06	78.54	122.50	502.50	196.35	306.15	120.6	47.1	73.5
	110	1.90		95.06	106.00		237.65	264.85		57.0	63.6
180	110	1.60	254.47	95.06	159.43	636.17	237.65	398.52	152.7	57.0	95.7
	125	1.93		122.72	131.75		306.80	329.37		73.6	79.1
200	125	1.64	314.16	122.72	191.44	785.25	306.80	478.45	188.5	73.6	114.9
	140	1.96		153.96	160.20		384.90	400.35		92.4	96.1
220	140	1.68	380.1	153.9	226.2	950.3	384.8	565.5	228.1	92.4	135.7
	160	2.12		201.0	179.1		502.6	447.7		120.7	107.4



Apostila PARKER. 2017,240p.

Anexo 6. Cargas de Euler.

Cargas de Euler				
Carga de Euler	Caso 1 Uma extremidade livre e a outra fixa	Caso 2 (Caso básico) Duas extremidades articuladas	Caso 3 Uma extremidade articulada e outra fixa	Caso 4 Duas extremidades fixas
Representação Esquemática				
Situação de Montagem para Cilindros Hidráulicos	Comprimento Livre de Flambagem			
	$\lambda = 2L$	$\lambda = L$	$\lambda = L (0.5)^{0.5}$	$\lambda = 1/2$
				
Notas			Guiar a carga com cuidado, porque há possibilidade de travamento.	Inadequado, provável ocorrência de travamento.

Apostila PARKER. 2017,240p.

10. Glossário

Chute – equipamento fechado onde é realizada a mudança de direcção das correias transportadoras, que levam o minério do pátio ou para o navio.

Lote – locomotiva e vagões acoplados para transportar material a granel.

Vagão – veículo de uma estrada de ferro ou ferrovia construído como propósito de transportar mercadorias, animais ou passageiros.

Flambagem - é um fenómeno que ocorre em peças, quando submetidas a um esforço de compressão axial. A flambagem acontece quando a peça sofre flexão transversalmente devido à compressão axial.

