



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Proposta de melhoria da rede de ar comprimido na oficina 01 da Entreposto Auto S.A

Autor:

Hélio Moisés Marranguene José

Supervisor da Faculdade:

Eng. Dionísio Alfredo Langa

Supervisor da Empresa:

Roberto Cândido Cossa

Maputo, Novembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Proposta de melhoria da rede de ar comprimido na oficina 01 da Entrepósito Auto S.A

Autor:

Hélio Moisés Marranguene José

Supervisor da Faculdade:

Eng. Dionísio Alfredo Langa

Supervisor da Empresa:

Roberto Cândido Cossa

Maputo, Novembro de 2022



Proposta de melhoria da rede de ar comprimido na oficina 01 da Entrepasto

Auto S.A– Hélio Moisés Marranguene José

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Hélio Moisés Marranguene José, com o código 20182232, entregou no dia ____/____/2022 as três cópias do relatório de estágio, intitulado: Proposta de melhoria da rede de ar comprimido na oficina 01 da Entrepasto Auto S.A.

Maputo, ____ de _____ de 2022

A Chefe da Secretaria

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	V
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XII
RESUMO.....	XIV
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	16
1.1. Introdução.....	16
1.2. Problemática.....	16
1.3. Problema.....	17
1.4. Objectivo geral.....	17
1.5. Objectivos específicos.....	17
1.6. Hipóteses.....	17
1.7. Perguntas da investigação.....	18
1.8. Importância do estudo.....	18
1.9. Estrutura do trabalho.....	18
1.9.1. Metodologia.....	19
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1. Ar Atmosférico.....	20
2.2. Conceitos básicos.....	21
2.2.1. Lei de Boyle.....	22
2.2.2. Lei de Charles.....	22
2.2.3. Lei de Dalton.....	22
2.2.4. Lei de Avogado.....	22
2.2.5. Lei dos gases ideais.....	22

2.3. Equipamentos de produção e preparação de ar comprimido	22
2.4. Compressor	23
2.4.1. Tipos de compressor	23
2.4.2. Compressores Alternativos	24
2.4.2.1. Válvulas	25
2.4.2.2. Pistões	26
2.4.2.3. Mancais	26
2.4.2.4. Lubrificação	27
2.4.2.5. Resfriamento	27
2.4.2.6. Accionamento	28
2.5. Resfriador posterior.....	28
2.6. Filtro de ar.....	28
2.7. Secador.....	29
2.8. Reservatório	30
2.9. Distribuição do ar comprimido	31
CAPÍTULO 3 – CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	33
3.1. Situação Actual No Mundo	33
3.2. A Empresa e o Uso na Empresa	34
3.3. Situação do Objecto de Estudo.....	35
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	37
4.1. Metodologia de Resolução do Problema	37
4.1.1. Princípio de funcionamento do equipamento.....	37
4.1.2. Metodologia do dimensionamento	38
4.2. Determinação da necessidade de ar	38
4.3. Escolha do compressor.....	39
4.4. Dimensionamento do Reservatório de ar	39
4.4.1. Disposições gerais do reservatório.....	40
4.4.1.1. Formato	41
4.4.1.2. Posição de instalação	41

4.4.1.3. Pressão e Temperatura	41
4.4.2. Escolha do Material	42
4.4.3. Cálculo do Reservatório.....	43
4.4.3.1. Cálculo da espessura do casco	45
4.4.3.2. Cálculo de tampos elípticos	45
4.4.3.3. Cálculo dos bocais	46
4.4.3.4. Cálculo dos Suportes para o Reservatório	48
4.4.3.5. Teste Pneumático	51
4.4.3.6. Processo de fabricação	52
CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
5.1. Determinação da Necessidade de Ar	55
5.2. Escolha do compressor.....	56
5.3. Escolha do Secador de Ar	57
5.4. Escolha do Resfriador	58
5.5. Escolha dos filtros	58
5.6. Mangueiras e Conexões	59
5.7. Dimensionamento do Reservatório	60
5.7.1. Escolha dos bocais e flanges do Reservatório	61
5.7.2. Cálculo dos Apoios do Reservatório.....	62
5.7.3. Teste Pneumático	63
5.8. Processos de fabrico do reservatório.....	63
5.8.1. Corte.....	63
5.8.2. Calandragem	64
5.8.3. Rebordagem	65
5.8.4. Furação.....	65
5.8.5. Soldadura	66
5.8.6. Pintura e proteção anticorrosiva.....	67
5.9. Análise do Resultado	68
5.10. Plano de Manutenção	69

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

5.11. Estimativa de Orçamento	70
5.12. Políticas de Uso da Instalação	71
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	72
6.1. Conclusões	72
6.2. Recomendações.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS	75

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

AGRADECIMENTOS

O meu agradecimento vai em primeiro lugar à minha mãe Ana João Marranguene e minha irmã Maika José, pela constante motivação e por sempre acreditarem em mim em todo percurso académico, dando sempre apoio incondicional, amor e força.

A minha querida namorada, Joyceline Tamele, por estar sempre do meu lado e pelo apoio em todos os momentos de dúvida, pelos conselhos e motivação para sempre seguir em frente.

Aos meus irmãos Herickson, Paulo, Eunice e Neid, por sempre cuidarem de mim desde minha infância, pela amizade, carinho e recomendações que sempre me proporcionaram.

Ao meu supervisor Eng.º Dionísio Alfredo Langa pela oportunidade de realizar este trabalho com o seu acompanhamento, dedicação, disponibilidade, apoio e amizade que possibilitou a concretização do mesmo. Ao Eng.º Manuel Joaquim Curima, meu companheiro de caminhada, que sempre me motivou e me ensinou a correr com o processo de aprendizagem. Ao Eng.º Cesar Cumbe Júnior, cujo apoio e orientação auxiliaram na realização do presente trabalho.

Aos docentes do departamento de Engenharia Mecânica da faculdade de Engenharia da UEM, cujos conhecimentos e participação foram de extrema importância.

Aos meus amigos e colegas, Izildo Chinhete, Feliciano Micavo Jr. e Próspero Liphola, com quem partilhei momentos difíceis, de alegria e de aprendizagem ao longo destes cinco anos de ensino vai o meu muito obrigado.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

DEDICATÓRIA

Com toda gratidão e amor que me caracterizam, dedico este trabalho à minha mãe, Ana João Marranguene, que com muito esforço, amor, zelo e dedicação sempre primou pela minha educação e que graças a tudo isso, foi possível a realização do curso e do presente trabalho.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Hélio Moisés Marranguene José, declaro por minha honra, que o presente projecto é de minha autoria e que nunca foi apresentado para efeitos de avaliação em nenhuma outra instituição de ensino, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente. Assumo, na qualidade de autor, total responsabilidade pública pelos conteúdos apresentados.

Assinatura: _____

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Composição do Ar.; fonte: Adaptado de (Invest Northern Ireland).....	20
Tabela 2- Aço A285 Gr B.; fonte: (ASME SEC II Part A)	42
Tabela 3- Propriedades Mecânicas Aço A285 Gr B.; fonte: (ASME Sec II Part A)	42
Tabela 4-Aço A53 Gr B.; fonte: (ASME SEC II Part A)	43
Tabela 5-Propriedades Mecânicas Aço A53 Gr B.; fonte: (ASME Sec II Part A)	43
Tabela 6- Aço A283 Gr C.; fonte: (ASME SEC II Part A)	43
Tabela 7-Propriedades Mecânicas Aço A283 Gr C.; fonte: (ASME Sec II Part A)	43
Tabela 8- Consumo de ar por máquina.; fonte: (Autor).....	55
Tabela 9- Cálculo da vazão tomando em conta o fator de carga e o número de ferramentas.; fonte: (Adaptado de (Rollins, 2004))	56
Tabela 10- Características do compressor escolhido.; fonte: (Autor).....	56
Tabela 11- Características do secador de ar escolhido.; fonte: (Autor)	57
Tabela 12- Características do Resfriador escolhido.; fonte: (Autor)	58
Tabela 13- Características do pré filtro.; fonte: (Autor)	58
Tabela 14- Características do Pós-filtro.; fonte: (Autor)	59
Tabela 15- Características das mangueiras dos pontos de distribuição.; fonte: (Autor).....	60
Tabela 16- Características das conexões pra mangueira.; fonte: (Autor)	60
Tabela 17- Resultados obtidos do dimensionamento do reservatório.; fonte: (Autor)	60
Tabela 18- Características dos bocais.; fonte: (Autor).....	61
Tabela 19- Características dos flanges.; fonte: (Autor)	62
Tabela 20- Resultados obtidos no cálculo dos apoios do reservatório.; fonte: (Autor).	62
Tabela 21- Características da guilhotina.; fonte: (Autor)	64
Tabela 22- Características da Máquina de cortar tubo.; fonte: (Autor)	64
Tabela 23- Características da Calandra.; fonte: (Autor)	65
Tabela 24- Características da rebordeadeira.; fonte: (Autor).....	65
Tabela 25- Características da Furadora.; fonte: (Autor)	66
Tabela 26- Características da Máquina de soldar.; fonte: (Autor)	66
Tabela 27- Parâmetros de soldadura para as juntas soldadas.; fonte: (Autor)	67
Tabela 28- Características das tintas exteriores.; fonte: (Autor).....	68
Tabela 29- Características da tinta interior.; fonte: (Autor).....	68
Tabela 30- Plano de Manutenção dos Equipamentos.; fonte: (Autor).....	70
Tabela 31- Estimativa do custo dos equipamentos.; fonte: (Autor).....	70
Tabela 32- Estimativa do custo do reservatório.; fonte: (Autor)	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Equipamentos necessários.; fonte: (MetalPlan, 2017)	23
Figura 2- Classificação de compressores.; fonte: (Parker Hannifin Ind, 2006), p.12	24
Figura 3-Compressor alternativo de simples efeito.; fonte: (Rollins, 2004).....	25
Figura 4- Válvulas do tipo reed, disco e canaleta.; fonte: (Rollins, 2004).....	26
Figura 5- Resfriador.; fonte: (MetalPlan, 2017)	28
Figura 6- Ilustração dos tipos de Secadores.; fonte: (www.mtibrasil.com.br).....	30
Figura 7-Reservatório de ar.; fonte: (MetalPlan, 2017)	31
Figura 8- Ilustração de um sistema de distribuição de ar.; fonte: (MetalPlan, 2017)	32
Figura 9-Diagrama de custos de um sistema de ar comprimido.; fonte: (MetalPlan, 2017)....	33
Figura 10-Parâmetros para um sistema de ar eficiente.; fonte: (MetalPlan, 2017).....	34
Figura 11- Oficina 01 do Grupo entreposto.; fonte: (Cortesia da empresa).....	35
Figura 12- Quarto de compressores.; fonte: (Cortesia da empresa).....	36
Figura 13- Ilustração do casco e tampo.; fonte: (Vieira, 2012)	41
Figura 14-Parâmetros para cálculo do reforço.; fonte: (ASME, Secção VIII, divisão 1).....	47
Figura 15- Formato do suporte e seu posicionamento no reservatório.; fonte: (Telles, 2007)	48
Figura 16- Esquema de posicionamento dos berços.; fonte: (BS-5500, 1997).....	49
Figura 17- Largura da chapa de reforço.; fonte: (BS-5500, 1997)	49
Figura 18- Ilustração da solda entre o casco e o tampo.; fonte: (Telles, 2007)	53
Figura 19-Ilustração da mangueira e conexões.; fonte: (ATLAS COPCO-Industrial Tools And Solutions).....	59
Figura A. 1-Pistola de impacto.; fonte: (Atlas Copco)	75
Figura A. 2-Parafusadora.; fonte: (Atlas Copco)	75
Figura A. 3-Berbequim.; fonte: (Atlas Copco)	76
Figura A. 4-Máquina de Pneus.; fonte: (Ravaglioli).....	76
Figura A. 5-Elevador Electro-Pneumático.; fonte: (Ravaglioli)	77
Figura A. 6-Compressor.; fonte: (Atlas Copco).....	77
Figura A. 7-Resfriador.; fonte: (Fargon).....	78
Figura A. 8-Secador de Ar.; fonte: (Atlas Copco)	78
Figura A. 9-Pré-filtro.; fonte: (Parker Hannifin).....	79
Figura A. 10-Pós-filtro.; fonte: (Parker Hannifin)	79
Figura A. 11-Guilhotina.; fonte: (Atlasmaq)	80

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Figura A. 12-Máquina de cortar tubos.; fonte: (Atlasmaq).....	80
Figura A. 13-Furadora.; fonte: (Metallkraft)	81
Figura A. 14-Máquina de Soldar.; fonte: (EuroED)	81
Figura A. 15-Calandra.; fonte: (Atlasmaq)	82
Figura A. 16-Rebordadora.; fonte: (Faccin).....	82
Figura A. 17-Tintas.; fonte: (Tintas Elit)	83

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
ASME	<i>American society of Mechanical Engineers</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Material</i>
BS	<i>British Standards</i>
C	Carbono
CFM	<i>Cubic feet per meter</i>
Cu	Cobre
Cr	Cromo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GMAW	<i>Gas Metal Arc Welding</i>
HST	Higiene e Segurança no Trabalho
Max.	Máxima
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
Mo	Molibdênio
Mn	Manganês
Ni	Níquel
P	Fósforo
PMTA	Pressão Máxima de Trabalho Admissível
Qtd.	Quantidade
S	Enxofre
V	Vanádio

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Distância do centro de cada berço para a linha de tangente da ligação do casco com o tampo [mm]
b_1	Largura do berço [mm]
b_2	Largura da chapa de reforço [mm]
C	Margem para corrosão [mm]
d	Diâmetro do bocal [mm]
D	Diâmetro interno [mm]
d_s	Distância entre os centros dos berços [mm]
E	Coefficiente de eficiência de solda
e_c	Espessura calculada [mm]
e_s	Espessura mínima [mm]
γ	Alongamento máximo do material
h_T	Altura do tampo [mm]
L	Comprimento do casco [mm]
L_1	Largura do anel de reforço [mm]
P	Pressão [MPa]
P_t	Pressão de teste pneumático [MPa]
φ	Densidade do material [g/cm ³]
Q	Vazão Total [l/s]
Q_{eq}	Vazão dos equipamentos [l/s]
R	Raio interno [mm]
S	Tensão Admissível básica do material [MPa]

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

S_t	Tensão admissível básica do material a temperatura de operação [MPa]
σ_e	Tensão de escoamento [N/mm ²]
σ_r	Tensão de ruptura [N/mm ²]
t	Espessura nominal do casco [mm]
t_e	Espessura mínima do anel de reforço [mm]
t_n	Espessura nominal da parede do tubo [mm]
t_r	Espessura mínima do casco [mm]
t_{rn}	Espessura mínima da parede do tubo [mm]
θ	Ângulo do berço [°]
V	Volume [dm ³]
V_r	Volume real [dm ³]
y	Altura mínima do berço [mm]

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

RESUMO

Os sistemas de ar comprimido desempenham um papel importante dado ao seu enorme campo de aplicação, podendo ser utilizados como processo, controle e energia.

Face a necessidade de incremento da disponibilidade do ar e diminuição do tempo de funcionamento do compressor, no sistema de ar comprimido da Entrepasto Auto S.A, surge a necessidade de melhorias do sistema de ar existente.

Deste modo, apresenta-se o presente relatório de estágio, cujo objectivo é propor melhorias no sistema de ar da oficina 01 da Entrepasto Auto S.A, com aumento da capacidade de reservatório de ar e dimensionamento de equipamentos em falta no sistema.

Com base em pesquisas bibliográficas e fins metodológicos foi feito o levantamento da necessidade de ar da oficina, escolha de equipamentos necessários no sistema de ar comprimido, dimensionamento e processo de fabricação de um reservatório de ar comprimido.

Palavras-chave: Compressor, Necessidade de ar, Sistema de ar comprimido e Reservatório de ar.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

ABSTRACT

Compressed air systems play an important role given their huge field of application, which can be used as process, control and energy.

Due the need to increase air availability and decrease compressor operating time in the compressed air system of Entrepuesto Auto S.A, there is a need for improvements in the present air system.

Thus, the present internship report is presented, whose objective is to propose improvements in the air system of repair shop 01 of Entrepuesto Auto S.A, with an increase in the capacity of the air vessel and dimensioning of missing equipment in the system.

Based on bibliographical research and methodological purposes, a survey was made of the need for air in the repair shop, pick out the necessary equipment in the compressed air system, the dimensioning and manufacturing process of a compressed air vessel.

Keywords: Compressor, Air requirement, Compressed air system and Air vessel.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

A Engenharia Mecânica é uma das engenharias mais solicitadas no mercado devido a sua abrangência no campo dos estudos e sua aplicabilidade em diversas áreas de ciência e tecnologia.

Esta permite o estudo de sistemas que são importantes no quotidiano humano e que facilitam a realização de tarefas necessárias em diversos ambientes, tais como industriais, de processamentos e diversos outros fins. Estes factores concedem à Engenharia Mecânica muita importância e o presente trabalho irá se apoiar nos seus conhecimentos para debruçar sobre o presente tema.

Os sistemas de ar comprimido desempenham um papel importante devido ao seu enorme campo de aplicação no accionamento de máquinas pneumáticas que realizam tarefas e processos necessários, que ajudam a reduzir o esforço humano e garantir maior conforto ao lidar com o trabalho mecânico.

Estes sistemas são basicamente constituídos por compressores, tubulações e válvulas de controle e medição de pressão. Onde o compressor, que pode ser de pistões ou de parafuso comprime o ar que de seguida é armazenado e distribuído por toda a rede que precisa de ar.

Factores como qualidade de ar, vazão de fornecimento, perdas e eficiência são importantes para garantir a eficácia do sistema e o presente trabalho debruçará sobre estes pontos referentes ao sistema actual da oficina 01 do Grupo Entreposto.

1.2. Problemática

No quotidiano, com o aumento das actividades, surge a necessidade de diminuir o esforço humano que é empreendido na realização de tarefas manuais com vista a melhorar a produtividade. Esta redução foi alcançada com a revolução industrial que teve origem na Inglaterra, nos meados do século XVIII, que tem como grande marco a descoberta do motor a vapor e seguidamente o desenvolvimento foi crescente até aos mais recentes.

As máquinas e ferramentas são os meios que são utilizados, nos seus diversos tipos e funcionalidades, para facilitar a realização de tarefas. O accionamento destas pode ser do tipo eléctrico, hidráulico ou pneumático.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

O ar comprimido é uma forma importante de energia para o desenvolvimento de várias actividades e é resultado da compressão do ar do meio ambiente que é realizada pelo compressor.

Os sistemas de ar comprimido devem ser projectados de forma a garantir custos razoáveis, integridade física de pessoas e activos e também respeitar as normas do meio ambiente.

Com o avanço da tecnologia mecânica e surgimento de novos meios, alguns meios têm se tornado obsoletos e com isto as perdas vêm contribuindo para o funcionamento deficiente de sistemas. Por isso viu-se a necessidade de trazer este trabalho na perspectiva de propor algumas mudanças no sistema de ar comprimido da oficina 01 do grupo entreposto.

1.3. Problema

Como garantir a disponibilidade de ar comprimido de qualidade no sistema e reduzir a frequência de accionamento do compressor?

1.4. Objectivo geral

Propor melhorias na rede de ar comprimido da oficina 01 da Entreposto Auto S.A, com aumento da capacidade de reservatório de ar e dimensionamento de equipamentos em falta no sistema.

1.5. Objectivos específicos

- Avaliar a situação actual do sistema de ar comprimido;
- Escolher equipamentos em falta no sistema que garantem a melhoria da qualidade e vida útil do sistema;
- Efectuar cálculos de dimensionamento de um reservatório e seu processo de fabricação.

1.6. Hipóteses

Com vista a garantir maior disponibilidade de ar comprimido por longos períodos durante o dia, redução de perdas, garantia do óptimo funcionamento e conservação do compressor

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Hipótese 1: se substituído o compressor actual por um de maior capacidade e projectado um reservatório proporcional a demanda de ar da oficina, reduzir-se-á a frequência de accionamento do compressor.

Hipótese 2: se não substituído o compressor actual e projectado um reservatório proporcional a demanda de ar da oficina, reduzir-se-á a frequência de accionamento de compressor.

1.7. Perguntas da investigação

- Será que é pertinente ter 2 compressores, como se encontram presentemente, para alimentar a rede de ar da oficina 01 da Entrepasto Auto S.A?
- Terá o reservatório actualmente instalado capacidade suficiente para suprir de forma eficaz a demanda da oficina?
- Será que o ar disponibilizado no sistema actual possui qualidade necessária para o desempenho das diversas actividades?

1.8. Importância do estudo

Os sistemas de compressão de ar têm evoluído diariamente e a sua aplicação é para as mais diversas áreas de serviço. Estas podem encontrar-se subdivididos entre sistemas de ar para serviços ordinários, sistemas industriais, processo de gás, refrigeração, serviços de vácuo, entre outros.

O estudo tem um contributo para o melhoramento do sistema de ar comprimido da oficina 01 do Grupo entreposto, que tem utilizado o ar comprimido para diversas finalidades.

Este demonstra-se pertinente, pois, o mau funcionamento do presente sistema tem colocado em causa a produtividade da empresa, acarretando, deste modo, custos energéticos que podem ser minimizados com um sistema de compressão e armazenamento de ar optimizado.

1.9. Estrutura do trabalho

O presente trabalho divide-se em seis capítulos, com a seguinte ordem:

- **Capítulo 1:** neste são apresentados o enquadramento do projecto, os objectivos, importância, motivação bem como a metodologia de desenvolvimento do mesmo;
- **Capítulo 2:** versa sobre informações literárias sobre o ar, compressão de ar, teorias termodinâmicas e equipamentos de um sistema de ar comprimido;

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

- **Capítulo 3:** este apresenta informações contextuais referentes a empresa e ao sistema que presentemente se encontra instalado;
- **Capítulo 4:** dedicado à descrição da metodologia usada para obtenção dos resultados para a melhoria do sistema;
- **Capítulo 5:** neste são apresentados os resultados e feitas as escolhas dos equipamentos para o sistema de ar comprimido;
- **Capítulo 6:** apresenta as conclusões e recomendações do trabalho.

1.9.1. Metodologia

O presente trabalho irá dotar de uma metodologia de pesquisa.

- **Quanto à abordagem:** quantitativa
- **Quanto à natureza:** pesquisa aplicada
- **Quanto ao procedimento:** bibliográfica e documental

Este método é por se tratar de um trabalho em que irá se pesquisar as diversas fontes existentes, especificamente os recursos serão:

- Manuais e tabelas referentes a compressão de ar;
- Relatórios e dissertações relacionados ao tema;
- Sistemas computadorizados para cálculos e projecções.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

Desde os tempos remotos que o ar é importante para o Homem, primitivamente este era utilizado para incrementar o desempenho de fornos a lareira onde o ar era introduzido nos mesmos através de ventiladores. Com o tempo foram surgindo inovações que permitiram o desenvolvimento dos sistemas de fornecimento de ar passando pelas bombas de ar até os mais presentes compressores rotativos.

2.1. Ar Atmosférico

A Atmosfera semanticamente é uma palavra que provem da junção das palavras *Atmos* do grego que tem como significado (Vapor) e *Sphaera* do latim que tem como significado (Invólucro). Nas ciências da natureza a atmosfera é definida como a camada de gases que envolvem o planeta. E este encontra-se dividido em Homosfera, Heterosfera e Exosfera.

A Homosfera é composta por uma gama de gases que formam o ar seco. O ar seco é aquele que é indispensável aos seres humanos e às diversas actividades industriais que necessitam de ar para o seu funcionamento.

O ar é composto por 21% de Oxigénio (O_2), 78% de Nitrogénio, 0.9% de Argónio (Ar), 0.03% de dióxido de carbono (CO_2), e outros gases, as percentagens são em unidades de volume ou molares. (Comstock, 2017)

Tabela 1- Composição do Ar.; fonte: Adaptado de (*Invest Northern Ireland*).

Substância	Massa Molar	Proporção volumétrica
Nitrogénio	28	78%
Oxigénio	32	21%
Argónio	40	0.9%
Vapor de água	18	0-4%
Dióxido de carbono	44	0.035%

Segundo (Rollins, 2004), do ponto de vista de aplicação, ar e gás comprimidos podem ser divididos em energia, processo e controle. O seu uso como energia inclui aquelas aplicações em que o ar é usado para produzir movimento ou exercer uma força, ou ambos. São exemplos disso, actuadores

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

lineares, ferramentas pneumáticas, dispositivos de fixação e transportadores pneumáticos. O serviço de processo é definido como qualquer aplicação em que o ar ou gases participam do próprio processo. Como exemplos temos combustão, liquefação e separação de misturas de gás em seus componentes, hidrogenação de óleos, refrigeração, aeração para suportar processos biológicos e desidratação de comida. Aplicações de controle são aquelas em que ar ou gás comuta, inicia, pára, modula ou ainda opera máquinas e processos de outras maneiras.

2.2. Conceitos básicos

Para se falar de ar é necessário ter em conta que de acordo com a termodinâmica este pode ser considerado como gás ideal ou gás real. Por ser fortemente inerente ao aspecto termodinâmico é impossível tratar de ar sem referir as leis da termodinâmica que enunciam:

1ª lei da termodinâmica: enuncia que a energia não pode ser criada nem destruída, ela pode apenas mudar a forma (princípio de conservação da energia). (Çengel & Boles, 2006)

2ª lei da termodinâmica: enuncia que a energia tem qualidade, bem como quantidade, e que os processos reais ocorrem na direcção da diminuição da qualidade da energia. (Çengel & Boles, 2006)

São também conceitos que não se podem deixar de lado:

Temperatura- é definida como a medida de energia cinética média dos átomos ou molécula de uma substância. À medida em que um corpo absorve energia, sua temperatura aumenta.

Calor- É o gradiente de temperatura no interior de um sistema.

Pressão- é definida como uma força normal exercida por um fluido por unidade de área. Só falamos de pressão quando lidamos com um gás ou líquido. (Çengel & Boles, 2006)

Densidade relativa- é definida como a razão entre a densidade da substância e a densidade de alguma substância padrão (em geral água), a uma temperatura específica. (Çengel & Boles, 2006)

Compressibilidade- É um factor que expressa o desvio de um gás perfeito das leis da hidráulica. (Rollins, 2004)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

2.2.1. Lei de Boyle

O produto da pressão pela temperatura permanece constante para temperaturas constantes.

$$P_1 v_1 = P_2 v_2, \quad T = \text{constante} \quad (2.1)$$

2.2.2. Lei de Charles

O volume de um gás é directamente proporcional à variação da temperatura enquanto a pressão permanecer constante.

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1}, \quad P = \text{constante} \quad (2.2)$$

2.2.3. Lei de Dalton

Em uma mistura de gases, o somatório das pressões parciais dos gases é igual a pressão total da mistura.

$$P_t = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2.3)$$

2.2.4. Lei de Avogadro

Enuncia que nas mesmas condições de Temperatura e Pressão todos os gases possuem o mesmo número de moles para dada unidade de volume.

$$\frac{Pv}{T} = \text{constante} \quad (2.4)$$

2.2.5. Lei dos gases ideais

Para um determinado gás

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2} \quad (2.5)$$

2.3. Equipamentos de produção e preparação de ar comprimido

Para se gerar o ar comprimido é necessário acoplar equipamentos que em conjunto trabalharão para garantir a produção em parâmetros de qualidade e quantidade necessários do ar comprimido que posteriormente será utilizado para fim determinado.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

A figura abaixo mostra a composição de um sistema de ar comprimido de acordo com a norma ISO-8573, que prevê equipamentos necessários para fornecimento de ar comprimido de forma confiável.

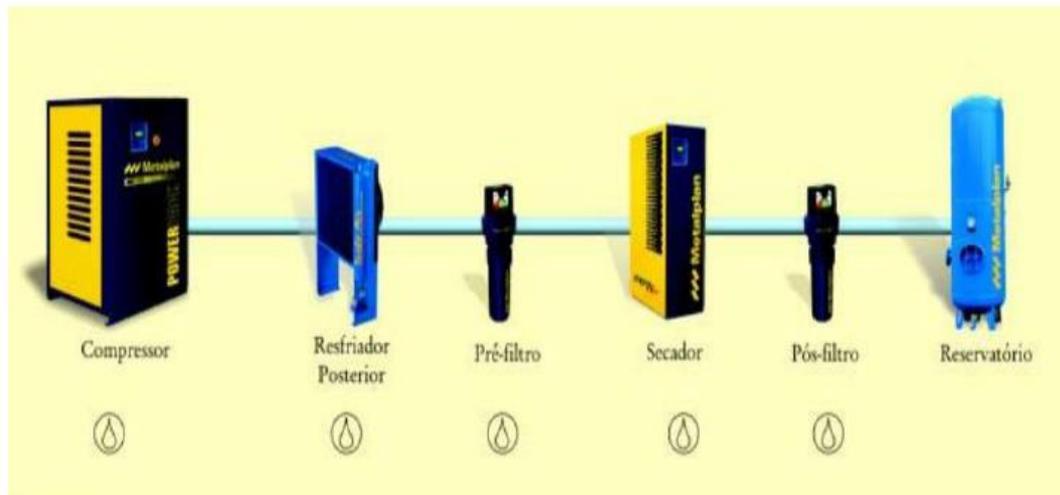


Figura 1-Equipamentos necessários.; fonte: (MetalPlan, 2017)

A quantidade e o tipo de cada equipamento utilizado são função da aplicação do ar comprimido. Aplicações mais críticas exigem sistemas redundantes, com fontes de energia alternativas, para garantir o suprimento de ar comprimido em situações de emergência. (MetalPlan, 2017)

2.4. Compressor

O compressor é um dispositivo que transfere energia para um gás com o objectivo de incrementar a pressão do mesmo no caso em que o compressor é o motor principal do fluido através do processo. O processo de compressão pode causar o aumento de temperatura e propiciar reacções químicas. (Gresh, 2001)

2.4.1. Tipos de compressor

Os compressores dividem-se em dois grupos, nomeadamente: Compressores de deslocamento positivo e Compressores dinâmicos.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

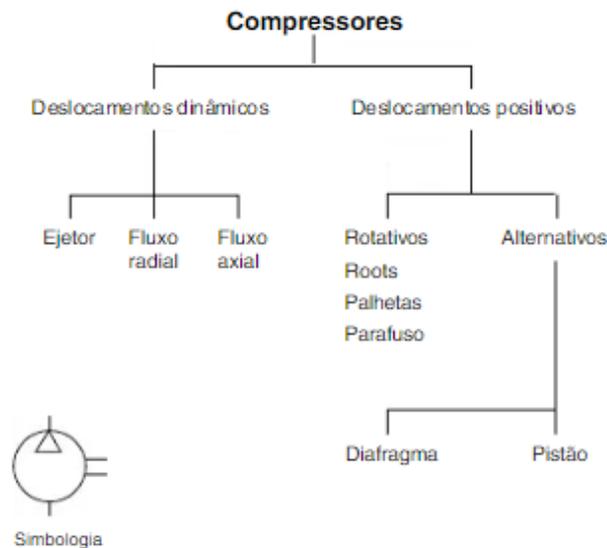


Figura 2- Classificação de compressores.; fonte: (Parker Hannifin Ind, 2006)

- **Compressores de Deslocamento Positivo**

Um compressor de deslocamento positivo é uma máquina na qual certa quantidade de ar ou gás ocupa determinado espaço, reduzido mecanicamente, resultando num correspondente aumento de pressão. (Rollins, 2004)

- **Compressores Dinâmicos**

Os compressores dinâmicos são máquinas nas quais o ar é comprimido pela acção mecânica de *impellers* em rotação, que imprimem velocidade e pressão ao ar. (Rollins, 2004)

2.4.2. Compressores Alternativos

Os compressores alternativos ou recíprocos são caracterizados de modo geral por estes possuírem em sua configuração pistões do tipo automotivo, que são accionados por uma cambota através de bielas, com a compressão sendo realizada no topo dos pistões em cada vez que a cambota completa a rotação.

Estes podem ser de simples efeito e de duplo efeito. A compressão pode ser realizada em um estágio ou em multi-estágio.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Compressores de um estágio trabalham com pressões que variam de 1.7 bar até 7 bar, os de dois estágios na faixa de 7 bar até 16.5 bar e os multi-estágio são projectados para pressões maiores que se encontram acima dos 16.5 bar. (Rollins, 2004)

Presentemente irá se focar nos compressores de simples efeito, os quais a sua aplicação é, na maioria das vezes, para ar industrial em dimensões menores. A título de aplicação destes tem-se o caso das oficinas de automotivos (manutenção de automóveis e camiões ou reparação de pneus), equipamentos de construção civil accionados por ar comprimido (agrafadores e martelos pneumáticos) e inúmeras outras aplicações.



Figura 3-Compressor alternativo de simples efeito.; fonte: (Rollins, 2004)

A capacidade do compressor é factor que depende da quantidade de cilindros, quase sempre são utilizados múltiplos cilindros. Os cilindros podem ser do tipo fundido individualmente, fundido em bloco ou uma combinação dos dois. A maioria dos projectos emprega cilindros dispostos em forma de W, V vertical, em linha ou semi-radial.

2.4.2.1. Válvulas

A admissão e a descarga do ar ou gás são feitas através de válvulas para este fim, que abrem e fecham com um pequeno diferencial de pressão. Para assegurar uma acção rápida, os elementos das válvulas são leves e projectados para um pequeno levantamento. Existem três tipos de válvulas para os compressores:

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

1. **Válvula tipo reed**- tem apenas uma peça móvel que se flexiona entre as posições aberta e fechada. Não necessitam de lubrificação e são fáceis de ser limpas ou substituídas.
2. **Válvula tipo disco**- é composta por um anel plano e um disco que se assenta sobre os canos de uma abertura ligeiramente menor que o assento da válvula. O disco é suportado por uma mola de válvula.
3. **Válvula tipo canaleta**- consiste em um assento de válvula onde vários canaletes de válvula se ajustam sobre ranhuras no assento fechando as ranhuras, uma mola de fita curvada para cada canaleta e uma placa de encosto que limita o curso da válvula.

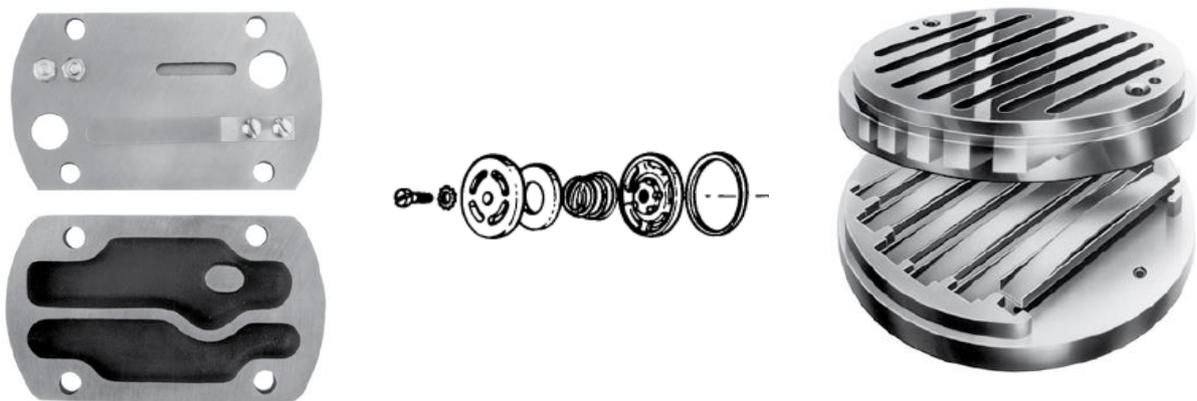


Figura 4- Válvulas do tipo reed, disco e canaleta.; fonte: (Rollins, 2004)

2.4.2.2. Pistões

Os pistões utilizados nos compressores de simples efeito são do tipo automotivo. Estes são compostos por uma combinação de anéis de compressão e de óleo. (Rollins, 2004)

As funções destes anéis são:

1. Vedar a câmara de compressão;
2. Controlar o óleo que passa para câmara de compressão;
3. Actuar como mancais nas paredes dos cilindros durante o movimento dos pistões

2.4.2.3. Mancais

Os mancais são dispositivos que tem como função receber cargas radiais, axiais ou ainda a combinação dos dois. Estes estão divididos em mancais de deslizamento, de rolamento e especiais.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Os mancais aplicáveis aos compressores alternativos de simples efeito são normalmente os de rolamento, podendo estes ser de esfera ou de rolos cônicos. Nas bielas da cambota e no pino do pistão os mancais são de deslizamento

2.4.2.4. Lubrificação

A lubrificação consiste na interposição de uma substância fluida entre duas superfícies, evitando, assim, o contato sólido com sólido, e produzindo o atrito fluido. É de grande importância evitar-se o contato sólido com sólido, pois este provoca o aquecimento das peças, perda de energia pelo agarramento das peças, ruído e desgaste. (Companhia Siderúrgica de Tubarão, 1997)

Os lubrificantes podem ser líquidos, massas lubrificantes, lubrificantes sólidos ou gases lubrificantes.

Compressores alternativos de simples efeito usam um sistema de lubrificação de pressão ou salpico. No sistema de pressão, uma bomba de óleo suga o óleo do cárter e fornece aos mancais através de passagens pré dispostas para o efeito. No sistema de salpico, um mergulhador da biela submerge dentro do óleo e produz uma pulverização que lubrifica a biela e os mancais.

Alguns compressores isentos de óleo utilizam mancais pré-lubrificadas e selados sem nenhum óleo de lubrificação no cárter do compressor. Outros compressores isentos de óleo são projectados com óleo lubrificante no cárter e com uma cruzeta ou peça distanciadora entre o cárter e o cilindro. (Rollins, 2004)

2.4.2.5. Resfriamento

Os compressores de simples efeito são projectados com sistemas de resfriamento que retiram o calor produzido durante o processo de compressão.

Os compressores podem ser resfriados por líquido ou por ar. Os resfriados a ar transferem o calor dos cilindros, cabeçotes e resfriadores intermediários para o ambiente através do movimento do ventilador do compressor. Os resfriados por líquido transferem o calor através da circulação do líquido pelos cabeçotes, cilindros e resfriadores intermediários dissipando o calor produzido pela compressão.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

2.4.2.6. Accionamento

A força motriz para compressores alternativos pode ser fornecida através das seguintes fontes principais de accionamento:

1. Motor Eléctrico;
2. Motor Diesel ou a gás;
3. Motor ou turbina a vapor.

2.5. Resfriador posterior

A função do resfriador logo à saída do compressor é de reduzir a temperatura do ar que sai do compressor para níveis próximos da temperatura ambiente. (MetalPlan, 2017)

Estes devem ser dotados de purgadores para garantir a eliminação de condensado que surge devido a diminuição da temperatura, garantindo a perda mínima de ar comprimido.

Os purgadores podem ser manuais ou automáticos, sendo que os automáticos podem ser electrónicos ou mecânicos.



Figura 5- Resfriador.; fonte: (MetalPlan, 2017)

2.6. Filtro de ar

Devido a grande movimentação de volumes de ar por longos períodos, impurezas contidas no ar podem se acumular em volume considerável prejudicando o bom funcionamento da rede de ar comprimido a longo prazo.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

O filtro de ar aparece em três posições diferentes: antes e depois do secador e também junto ao ponto-de-uso.

A função do filtro instalado antes do secador por refrigeração (pré-filtro) é separar o restante da contaminação sólida e líquida (~30%) não totalmente eliminada pelo resfriador, protegendo os trocadores de calor do secador contra o excesso de óleo oriundo do compressor de ar, o que poderia impregná-los, prejudicando sua eficiência. (MetalPlan, 2017)

O filtro instalado após o secador (pós-filtro) deve ser responsável pela eliminação da humidade residual (~30%) não removida pelo separador mecânico de condensados do secador por refrigeração, além da contenção dos sólidos não retidos no pré-filtro. (MetalPlan, 2017)

Os filtros instalados no ponto-de-uso são utilizados para evitar que os contaminantes presentes ao longo da tubulação de ar comprimido atinjam a aplicação final do mesmo. (MetalPlan, 2017)

2.7. Secador

A função do secador é de eliminar a humidade do fluxo de ar.

Um secador deve estar apto para fornecer ar comprimido com o ponto de orvalho especificado pelo usuário.

Os tipos de secador de ar existentes são:

1. Secador por refrigeração (Ponto de orvalho de 0 a 4 °C);

O seu funcionamento é baseado no resfriamento de ar usando um trocador de calor do tipo refrigerante-ar quente, dotado de alhetas e tubulações.

2. Secadores dessecantes de Adsorção (Ponto de orvalho de -73 a -40 °C).

Estes usam um dessecante que absorve humidade. O dessecante pode ser regenerado pela aplicação de calor ou por ar seco e quente.

Adsorção - é um processo físico de condensar e segurar a humidade sobre a superfície de uma área porosa de determinada substância higroscópica. (Rollins, 2004)

3. Secadores Deliquescentes ou de Absorção (Ponto de orvalho de 5 a 22 °C);

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Estes funcionam através de acção química utilizando um sal que absorve humidade, parte do sal é dissolvido na água e perdido durante a drenagem. Este método não é regenerativo, o que o torna oneroso.

4. Secadores de Membrana (Ponto de orvalho de -40 a 4 °C);

Esses secadores difundem a humidade do ar comprimido atmosférico para produzir ar seco com pontos de orvalho supracitados.

O processo é bastante simples: o ar comprimido passa por um feixe de fibras de membrana oca e a água permeia as paredes da membrana. O ar seco continua pelos tubos e no sistema de ar à jusante.



Figura 6- Ilustração dos tipos de Secadores.; fonte: (www.mtibrasil.com.br)

2.8. Reservatório

Em sistemas de ar comprimido os reservatórios de ar são importantes, eles devem existir para garantir capacidade de atender o sistema. O reservatório tem funções importantes, tais como, amortecer as pulsações da tubulação de descarga; tomar conta de consumos repentinos; reduzir a troca de operações em carga ou alívio do compressor; condensar alguma humidade que possa estar presente no ar comprimido que não foi separada no resfriador posterior.

A capacidade dos reservatórios pode ser calculada de acordo com a aplicação pretendida, é obtida de acordo com recomendações dos fabricantes.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio



Figura 7-Reservatório de ar.; fonte: (MetalPlan, 2017)

2.9. Distribuição do ar comprimido

Após produzido e armazenado o ar comprimido precisa ser distribuído aos diversos ponto-de-uso para que neles sejam utilizados para as diversas finalidades.

Os materiais da tubulação, de preferência devem ser resistentes à oxidação, como exemplo aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio, cobre e polímeros. Nas conexões é importante que se as de raio longo para minimizar a perda de carga. (MetalPlan, 2017)

As ramificações principais devem ter um diâmetro suficientemente grande para atender o fluxo máximo, em vez do fluxo médio. Isto é, entre 150% a 175% do fluxo médio, dependendo do número de saídas em uso em um determinado momento. (Rollins, 2004)

Para um bom desempenho de todo o sistema, não é permissível que os vazamentos ultrapassem 5% da vazão total do mesmo.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

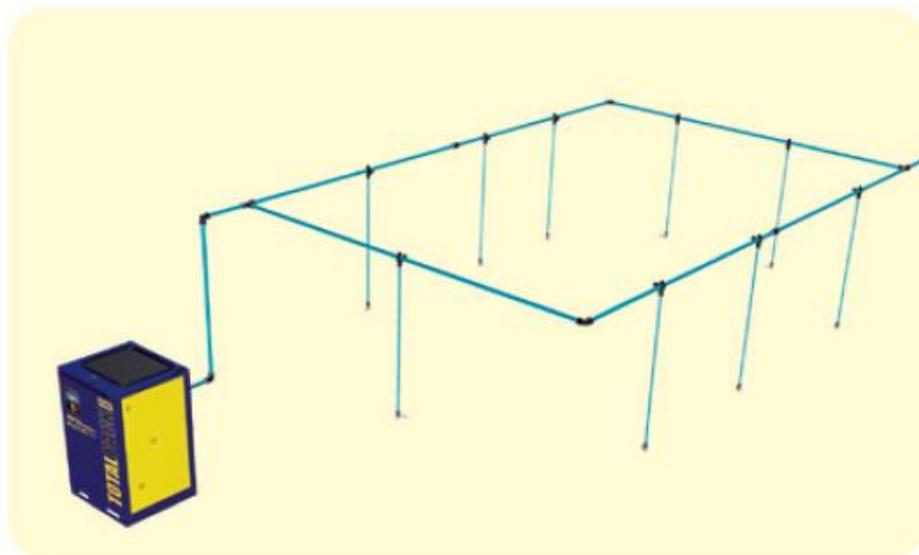


Figura 8- Ilustração de um sistema de distribuição de ar.; fonte: (MetalPlan, 2017)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

CAPÍTULO 3 – CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

3.1. Situação Actual No Mundo

No mundo o ar comprimido é uma fonte de energia bastante importante, pois esta é útil para realização de tarefas industriais, alimentação de diversas necessidades que requerem ar a determinadas pressões e para diversos fins.

São demasiadas as indústrias que se beneficiam do ar comprimido, a título de exemplo tem-se indústrias como: Plantas de impressão jornalística, plantas de refrigeração, produção de borracha, plantas de secagem, indústria têxtil, indústria alimentar, oficinas de automotivos, fundição e mais.

À medida em que as exigências dos usuários aumentam, altera-se também o conceito de eficiência de um sistema de ar comprimido. Os custos ligados a este sistema são maiores para manter o seu funcionamento, realizando manutenções periódicas e custos de operação do que o custo de aquisição e instalação do sistema. O diagrama abaixo ilustra a divisão dos custos para um sistema de ar comprimido funcional nos parâmetros de qualidades satisfatórios.



Figura 9-Diagrama de custos de um sistema de ar comprimido.; fonte: (MetalPlan, 2017)

Para garantir um sistema de ar comprimido confiável e eficiente é necessário que se tenha em conta não só os custos, mas também a segurança do mesmo em funcionamento e o respeito ao meio ambiente previsto pelas normas legisladas na maior parte das indústrias.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio



Figura 10-Parâmetros para um sistema de ar eficiente.; fonte: (MetalPlan, 2017)

3.2. A Empresa e o Uso na Empresa

O grupo entreposto foi fundado no ano de 1943, em Moçambique, na província de Sofala, como grupo financeiro das seguintes empresas: Companhia Nacional Algodoeira, Companhia Industrial, Moçambique Industrial, Companhia do Caju do Monapo e Companhia Industrial do Monapo.

Nos seguintes anos a empresa expandiu e começa a dedicar-se à importação, montagem, distribuição e venda a retalho de veículos e máquinas.

Actualmente em Moçambique a empresa se encontra nos sectores Auto e Máquinas, Gestão imobiliária, Gestão e manuseamento de dados, Madeira e Floresta e Retalho.

O grupo entreposto opera em Moçambique, Portugal, Brasil e Timor leste onde é um grupo de referência nos diversos sectores em que actua, contando com cerca de 3000 trabalhadores distribuídos pelas geografias.

Os valores da empresa são:

- **Competência-** Apostando na competência dos seus colaboradores, podendo assim proporcionar produtos e serviços de qualidade superior;
- **Confiança-** Valorizando a confiança entre colaboradores, clientes e parceiros;
- **Dinamismo-** Constante adaptação e inovação procurando antecipar a evolução e necessidades do mercado;
- **Ambição-** Investindo em diferentes sectores e regiões a nível nacional e internacional. Pretendendo consolidar o que têm e ir mais longe.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

A Entrepasto Auto S.A é uma subsidiária do grupo entrepasto que se dedica a Manutenção e Gestão automóvel, sendo referência na comercialização, assistência técnica e distribuição de peças genuínas de algumas das mais prestigiadas marcas em Moçambique.

Nesta, são realizadas revisões, manutenções, serviços de colisão, serviços de mecânica, inspecção periódica, alinhamento de direcção e venda de peças.

3.3. Situação do Objecto de Estudo

A oficina 01 da Entrepasto Auto S.A, encontra-se localizada na cidade de Maputo, avenida do trabalho Nº 1856. Esta conta com uma área total de 1330 m² que se encontra dividida em edifício administrativo, parque de estacionamento e a própria oficina de reparação.

A oficina de reparação dispõe de diversos materiais, como: elevadores Electropneumáticos e Eléctricos, Bancadas de trabalho, Esmeril, Zona de óleos, Área de lavagem e a Sala de compressores.

Abaixo encontra-se ilustrada a organização da oficina 01 da Entrepasto Auto S.A, esta que é uma oficina de renome no mercado Moçambicano, devido a qualidade de serviços prestados e por ser a pioneira no ramo automóvel em Moçambique.



Figura 11- Oficina 01 do Grupo entrepasto.; fonte: (Cortesia da empresa)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

A situação actual do sistema de ar comprimido não é das mais favoráveis, pois este não se encontra nos parâmetros de qualidade que garantam o funcionamento do mesmo de forma rentável e mais segura.

Presentemente, o sistema de ar comprimido da oficina é constituído por dois compressores do tipo *Pack*, da marca Atlas Copco-AutoMan AC55T, com um reservatório de 270 l, uma capacidade 5.3 l/s de dois estágios e 4kW de potência. Dos dois compressores, simplesmente um se encontra em funcionamento.

Nas presentes condições o ar não tem sido suficiente e não responde a demanda da empresa quando há pico no uso de ar. E se constata os seguintes factores:

- O compressor quando accionado demora 6 a 10 min para encher o reservatório;
- Quando utilizado o ar para finalidades o compressor fica em funcionamento contínuo;
- Há necessidade de drenar a água do reservatório em curtos períodos, devido a falta de secadores e resfriadores.

Surge então a necessidade de se conseguir ar suficiente para a demanda da empresa, podendo minimizar o tempo de espera para a disponibilidade de ar comprimido para os diversos fins. Segundo os funcionários, o compressor possui mais de 20 anos de uso e a sua manutenção não é seguida de forma frequente e constante. Por isso vê-se a necessidade de um novo compressor, equipamentos de tratamento do ar e um reservatório dimensionado de acordo com a necessidade de ar da oficina e a previsão de adição de novas ferramentas e expansão do sistema de ar.



Figura 12- Quarto de compressores.; fonte: (Cortesia da empresa)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo, encontra-se apresentado o método utilizado para a resolução dos problemas do sistema de ar comprimido da oficina 01 da Entrepasto S.A.

4.1. Metodologia de Resolução do Problema

Com relação ao projecto de um sistema de ar comprimido, (Rollins, 2004) expõe que os seguintes aspectos devem ser incluídos:

1. Determinar a capacidade necessária do compressor;
2. Determinar o número de compressores;
3. Localizar os compressores;
4. Determinar a necessidade de ar comprimido seco;
5. Determinar o uso de compressores do tipo *pack* ou componentes individuais;
6. Estabelecer um sistema de regulação adequado para o uso;
7. Seleccionar o compressor;
8. Verificar se os sistemas automáticos de alarme e desligamento são necessários e desejáveis;
9. Verificar os sistemas de distribuição do ar comprimido;
10. Verificar a localização e capacidade de armazenar ar;
11. Estabelecer o layout da tubulação de admissão e descarga;
12. Verificar a necessidade do resfriador posterior, bem como do separador de condensados.

Quando se tratar de projecção de uma nova rede de fornecimento de ar comprimido, todos estes procedimentos devem ser devidamente avaliados. Para o presente projecto já existe um sistema de ar na empresa e pretende-se somente propor melhorias ao mesmo.

4.1.1. Princípio de Funcionamento do Equipamento

Para solucionar os problemas no sistema de ar comprimido na oficina 01 da Entrepasto Auto S.A, propõem-se a implementação do seguinte sistema:

- Tendo em conta que, presentemente, a oficina utiliza dois compressores do tipo *pack*, sem resfriadores de ar, sem separadores de condensados e sem filtros em cada ponto de distribuição, que não conseguem responder a demanda de ar, propõem-se a inclusão de um

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

compressor de alta capacidade e dimensionamento de um reservatório para armazenar o ar necessário.

O ar comprimido pelo compressor, sofre elevação de temperatura que fomenta a condensação do ar que se acumula ao longo do sistema de distribuição de ar, podendo causar danos às máquinas e processos que beneficiam do mesmo.

O presente projecto visa propor um compressor, resfriador e secador de ar adequados para a oficina 01 e dimensionar um reservatório de ar comprimido para responder a demanda de ar e garantir que este tenha a qualidade requerida para permitir a longevidade do sistema.

4.1.2. Metodologia do Dimensionamento

Para a escolha do **Compressor, Resfriador de ar, Secador de ar, filtros** e demais componentes, serão utilizados catálogos de fabricantes dos mesmos e citando as respectivas normas.

Para o **dimensionamento do reservatório de ar comprimido**, adopta-se a seguinte metodologia:

1. Escolha do formato do casco e tampos;
2. Indicação da pressão e da temperatura de trabalho;
3. Selecção e especificação dos materiais;
4. Cálculo das dimensões finais do reservatório;
5. Desenho mecânico completo do reservatório;
6. Especificações do processo de soldadura.

Para auxiliar o presente projecto, serão utilizados os parâmetros estabelecidos pelas normas:

ASTM, ABNT, ASME e BS

4.2. Determinação da Necessidade de Ar

A necessidade de ar é importante pois é através desta que se sabe qual deve ser a dimensão dos equipamentos que se devem utilizar na instalação de ar comprimido.

Esta corresponde, basicamente, a razão pela qual o ar é utilizado na oficina, como por exemplo, as máquinas de apertar e desapertar porcas, as bombas pneumáticas, as furadoras pneumáticas, as máquinas de montagem de pneus, o enchimento de pneus, a sopragem de filtros de ar e os elevadores pneumáticos.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Desta forma, surge a necessidade de discriminar o consumo de ar de todos os equipamentos supracitados para que se faça o suprimento de ar à oficina 01. Estes serão obtidos dos catálogos dos fabricantes dos mesmos.

Tendo discriminado todos os dados, usa-se a equação (4.1) que para além da vazão actual, prevê o aumento futuro das necessidades acrescentando 30% da necessidade actual.

$$Q = Q_{eq} \times 1.3 \quad (4.1)$$

Onde:

Q - Vazão total, l/s;

Q_{eq} - Vazão dos equipamentos, l/s.

4.3. Escolha do Compressor

A escolha do compressor é feita tendo o factor necessidade de ar já determinado e operando a níveis de pressão de até 10 bar.

A necessidade total de ar comprimido não deve ser o total das necessidades individuais máximas, mas sim, a soma do consumo médio de cada um. Deverá estar disponível, também, um volume de armazenagem suficiente para atender os picos de demanda. (Rollins, 2004)

A determinação de consumo médio de ar é facilitada pelo conceito de factor de carga.

Factor de carga- é o consumo real de ar em relação ao consumo máximo contínuo em carga total, medido em m³/h ou l/s. (Rollins, 2004)

O compressor será obtido de catálogo de fabricante, obedecendo ao factor de carga e a pressão de trabalho.

4.4. Dimensionamento do Reservatório de Ar

O reservatório serve para diversas funções importantes: amortece as pulsações da tubulação de descarga, resultando numa pressão estável no sistema; serve para consumos repentinos ou não usuais pesados, mais elevados que a capacidade do compressor; reduz ou elimina a troca muito frequente das operações em carga ou em alívio do compressor. Adicionalmente serve para

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

condensar a humidade que possa estar presente no ar que sai do compressor ou que não foi separada no resfriador posterior. (Rollins, 2004)

Para dimensionar o reservatório é necessário ter o volume do mesmo que é variável que depende da quantidade de ar necessária que será determinada tendo os equipamentos que utilizam ar e prevendo uma margem de quantidade de ar reserva.

O volume do reservatório de ar é tido de:

$$V = Q \times 60 \times 0.2 \quad [dm^3] \quad (4.2)$$

Onde:

Q - Vazão total, l/s.

O volume real do reservatório é tido tomando uma margem de erro, devido as espessuras e folgas que podem surgir durante sua manufactura.

$$V_r = 1.1 \times V \quad [dm^3] \quad (4.3)$$

O reservatório será obtido através dos processos mecânicos de corte, conformação, dobragem e junção de metais, observando as recomendações que são necessárias para obtê-lo dentro dos parâmetros de qualidade.

4.4.1. Disposições Gerais do Reservatório

Os reservatórios de armazenamento são compostos basicamente por duas partes nomeadamente o casco (*Shell*) e os tampos (*heads*). Os cascos têm sempre formato de uma superfície de revolução podendo ser cilíndricos, cónicos, esféricos ou então a combinação dessas formas. Os tampos se encontram comumente nos formatos elíptico, toriosférico, hemisférico, cónico e plano.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

4.4.1.1. Formato

Para o presente reservatório escolhe-se o formato cilíndrico por este ser o mais típico para posicionamento horizontal e de fácil obtenção em relação aos outros, e os tampos serão elípticos.

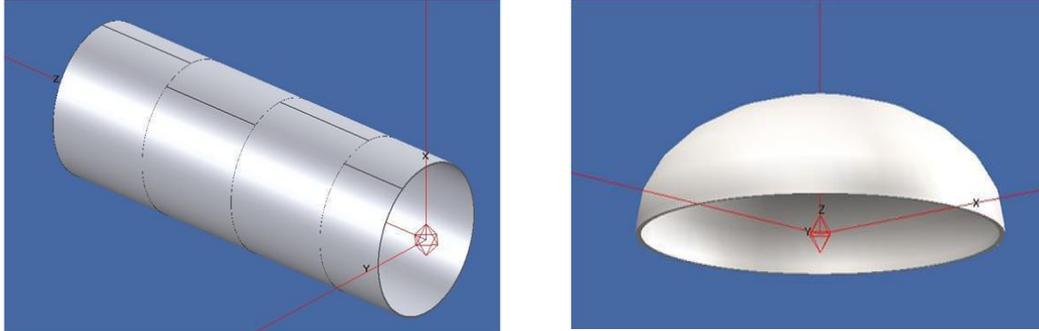


Figura 13- Ilustração do casco e tampo.; fonte: (Vieira, 2012)

4.4.1.2. Posição de Instalação

Relativamente à posição de instalação, os reservatórios podem ser horizontais, verticais ou inclinados.

Os reservatórios verticais são utilizados, principalmente, quando é necessária a acção da gravidade para o funcionamento do reservatório ou para escoamento de fluidos. Os reservatórios horizontais, muito comuns, são usados, entre outros casos, para trocadores de calor e para maioria dos reservatórios de acumulação. (Telles, 2007)

Para o presente caso escolhe-se o reservatório disposto horizontalmente por ser menos oneroso e menos exigente no que diz respeito a sua construção.

4.4.1.3. Pressão e Temperatura

A pressão e a temperatura são de extrema importância, pois determinam a maior parte dos factores de construção do reservatório.

Como o reservatório será para ar comprimido a pressão de 10 bar, este será considerado um reservatório de baixa pressão. Trabalhando a temperaturas próximas a do ar ambiente (27°C) tanto internamente quanto externamente.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

4.4.2. Escolha do Material

De acordo com (Telles, 2007), na fabricação de reservatórios, é importante que se escolham materiais cujas propriedades sejam totalmente conhecidas e especificadas por sociedades e entidades normativas conhecidas. Que dão parâmetros referentes a:

- Descrição e finalidade do material;
- Composição química;
- Propriedades mecânicas;
- Ensaio e testes recomendados.

Alguns factores que influenciam na escolha do material de fabricação de reservatórios são:

- Fluido contido;
- Condições de serviço;
- Nível de tensões do material;
- Custo do material e segurança;
- Forma de apresentação e facilidade de obtenção.

Escolhe-se trabalhar com material aço-carbono por este possuir boa conformabilidade, soldabilidade, ser de fácil obtenção e encontrar-se em todos formatos de apresentação.

Para o presente reservatório o material utilizado será escolhido de acordo com a norma ASTM e tendo a seguinte distribuição:

- Casco, Tampos, Bocais e Flanges: A-285 Gr B, A-53 Gr B;
- Suportes: A-283 Gr C.

Especificações dos materiais

Tabela 2- Aço A285 Gr B.; fonte: (ASME SEC II Part A)

Elemento	C	Mn	P	S
%	0.22	0.80	0.025	0.025

Tabela 3- Propriedades Mecânicas Aço A285 Gr B.; fonte: (ASME Sec II Part A)

Propriedade	ρ (g/cm ³)	σ_e (N/mm ²)	σ_r (N/mm ²)	γ (%)
Valor	7.89	185	345	28

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Tabela 4-Aço A53 Gr B.; fonte: (ASME SEC II Part A)

Elemento	C	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
%	0.3	1.2	0.05	0.045	0.4	0.4	0.4	0.15	0.08

Tabela 5-Propriedades Mecânicas Aço A53 Gr B.; fonte: (ASME Sec II Part A)

Propriedade	φ (g/cm ³)	σ_e (N/mm ²)	σ_r (N/mm ²)
Valor	7.87	240	415

Tabela 6- Aço A283 Gr C.; fonte: (ASME SEC II Part A)

Elemento	C	Mn	Si	P	S	Cu
%	0.24	1.2	0.2	0.04	0.05	0.2

Tabela 7-Propriedades Mecânicas Aço A283 Gr C.; fonte: (ASME Sec II Part A)

Propriedade	σ_e (N/mm ²)	σ_r (N/mm ²)	γ (%)
Valor	205	500	23

4.4.3. Cálculo do Reservatório

As dimensões pertinentes dos reservatórios de pressão são o D (diâmetro interno) e o L (comprimento do casco). Estas são as dimensões que a partir das quais é possível calcular os restantes parâmetros construtivos do reservatório, tais como, a espessura da chapa, a necessidade de reforços e a dimensão das aberturas necessárias.

Para o cálculo do diâmetro utiliza-se a expressão da norma ASME, 1998 do volume real que relaciona o diâmetro.

$$V_r = 0.785 \times L \times D^2 + 1.0472 \times D^2 \times h_T \quad [dm^3] \quad (4.4)$$

Onde:

L - Comprimento, mm;

D - Diâmetro interno, mm;

h_T - Altura do tampo, mm.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Para tampos elípticos de relação 2:1 a altura do tampo é calculada pela seguinte equação (4.5):

$$h_T = 0.25 \times D \quad (4.5)$$

De acordo com (Bednar, 1986) o comprimento do vaso de pressão deve ser obtido pela equação (4.6):

$$L = 2.3 \times D \quad (4.6)$$

Relacionando as Equações (4.4), (4.5) e (4.6) obtém-se o diâmetro da seguinte forma:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_r}{2.068}} \quad (4.7)$$

A espessura é um parâmetro extremamente importante na concepção do reservatório, pois ela é que garante o suporte da pressão de trabalho.

A espessura deve ser o maior dos seguintes valores:

$$\begin{cases} e_c + C \\ e_s \end{cases} \quad (4.8)$$

Onde:

e_c - Espessura calculada mínima necessária para resistir à pressão interna, mm;

e_s - Espessura mínima para resistência estrutural, mm;

C - Margem para corrosão, mm.

$$e_s = 2.5 + 0.001 \times D + C \quad (4.9)$$

Onde:

D - Diâmetro do reservatório, mm.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

4.4.3.1. Cálculo da espessura do casco

Para pressão interna

O cálculo é feito de acordo com os critérios do código da ASME, secção VIII, divisão 1, que pressupõem o cálculo mecânico dos componentes usuais de um reservatório de pressão.

Para cascos cilíndricos de pequena espessura, a espessura mínima calculada deve ser obtida pela seguinte equação (4.10) (parágrafo UG-27, do código ASME).

$$e = \frac{PR}{SE-0.6P} + C \quad (4.10)$$

Onde:

e - Espessura mínima para pressão interna, mm;

R - Raio interno do cilindro, mm;

P - Pressão interna, MPa;

S - Tensão admissível básica do material, MPa.

A pressão máxima de trabalho admissível será dada pelo parágrafo UG 27, código ASME secção VIII, divisão 1:

$$PMTA = \frac{S \cdot E \cdot e}{R + 0.6e} \quad [MPa] \quad (4.11)$$

4.4.3.2. Cálculo de tampos elípticos

Para pressão interna

Para tampos elípticos a espessura mínima é dada pela fórmula disposta no parágrafo UG-32 código ASME.

$$e = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.1P} + C \quad (4.12)$$

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

A pressão máxima de trabalho admissível será:

$$PMTA = \frac{S \cdot E \cdot e}{R + 0.1e} \quad (4.13)$$

4.4.3.3. Cálculo dos bocais

O cálculo dos bocais é realizado com o intuito de se determinar os seguintes parâmetros:

- Espessura da parede do bocal;
- Necessidade do uso de reforços;
- Dimensionamento de reforços, caso seja necessário;
- Selecção de flanges.

De acordo com (Telles, 2007), todos os cálculos referentes aos cascos cilíndricos aplicam-se também aos pescoços dos bocais e outras partes cilíndricas.

Deste modo, a espessura do pescoço do bocal é calculada pela equação (4.5) indicada acima e a pressão máxima de trabalho calculada pela equação (4.6).

Para o presente projecto existem os seguintes bocais:

- Bocal de inspecção;
- Bocal de carga e descarga do fluido;
- Bocal de drenagem;
- Bocal para válvula de controlo de pressão;

Segundo (Telles, 2007), os bocais são basicamente aberturas realizadas no casco ou no tampo do reservatório e constituem regiões de fragilidade. Estas regiões devem possuir reforços quando necessário para garantir a segurança necessária à operação do reservatório.

De acordo com o código ASME, Secção VII, Divisão 1, parágrafo UG-36, o reforço é exigido para aberturas nominais de $3\frac{1}{2}$ " ou maior, quando a espessura da parede for menor ou igual a 10mm e para diâmetros nominais de $2\frac{3}{8}$ ", quando a espessura da parede for superior a 10mm.

O cálculo de reforço dos bocais é realizado através de um método conhecido como compensação de áreas.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

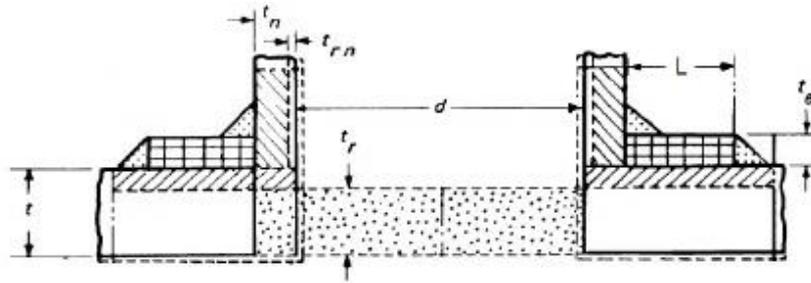


Figura 14-Parâmetros para cálculo do reforço.; fonte: (ASME, Secção VIII, divisão 1)

Onde:

t_n - Espessura nominal da parede do tubo, mm;

t_r - Espessura mínima do casco, mm;

t_e - Espessura mínima do anel de reforço, mm;

t_{rn} - Espessura mínima da parede do tubo, mm;

t - Espessura nominal do casco, mm;

d - Diâmetro do bocal, mm;

L_1 - Largura do anel de reforço, mm.

Da Figura 2, distinguem-se quatro tipos de áreas:

$$\text{[Dotted Area]} \quad A_1 = d \cdot t_r + 2 \cdot t \cdot t_n \rightarrow \text{Área requerida} \quad (4.14)$$

$$\text{[Diagonal Hatched Area]} \quad A_2 = d \cdot (t - t_r) - 2 \cdot t_n(t - t_r) \rightarrow \text{Área disponível no casco} \quad (4.15)$$

$$\text{[Diagonal Hatched Area]} \quad A_3 = 5 \cdot t(t_n - t_{rn}) \rightarrow \text{Área disponível da projeção externa do bocal} \quad (4.16)$$

$$\text{[Grid Area]} \quad A_4 = 2 \cdot L_1 \cdot t_e \rightarrow \text{Área disponível pelo anel de reforço} \quad (4.17)$$

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Com base nas áreas apresentadas acima, é possível estabelecer condições de necessidade ou não dos reforços nos bocais:

$$A_2 + A_3 > A_1 \quad (4.18)$$

Se a condição for satisfeita o bocal não precisa de ser reforçado, caso não o reforço do bocal se faz necessário.

A área A_4 indica a condição que verifica se o reforço dimensionado cumpre às exigências do bocal:

$$A_2 + A_3 + A_4 > A_1 \quad (4.19)$$

Se a condição for atendida o anel de reforço cumpre de maneira satisfatória, caso não o anel de reforço deve ser redimensionado.

4.4.3.4. Cálculo dos Suportes para o Reservatório

Os reservatórios horizontais costumam ser suportados por duas selas ou berços (*saddles*), de construção metálica, abrangendo no mínimo 120° de circunferência do reservatório. Os berços devem possuir furos de chumbadores que servirão para sua fixação. (Telles, 2007)

Os berços devem estar soldados ao casco do reservatório por um cordão contínuo de solda para evitar a penetração de água da chuva. A distância ideal entre os berços é de 3/5 do comprimento entre as tangentes do reservatório.

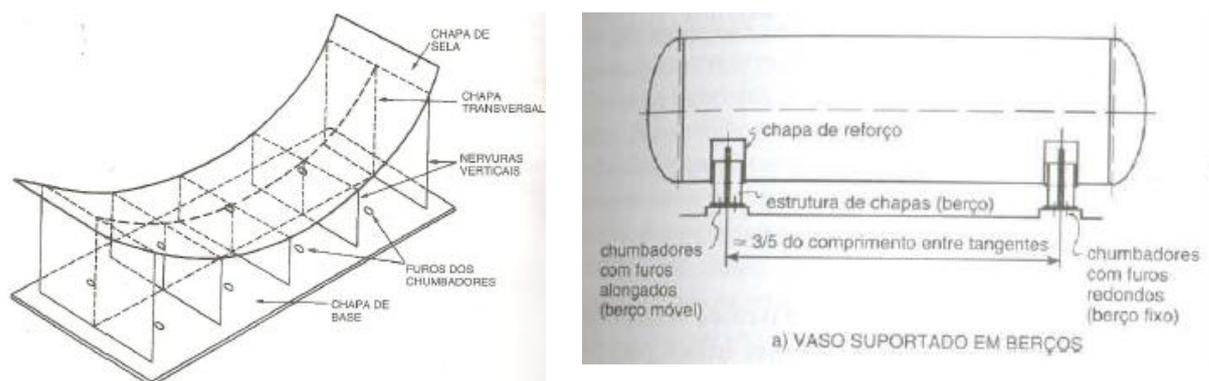


Figura 15- Formato do suporte e seu posicionamento no reservatório.; fonte: (Telles, 2007)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

É necessário calcular os suportes do reservatório, o seu cálculo será feito de acordo com recomendações da norma BS-5500, que indica a seguinte sequência no cálculo dos berços de suporte.

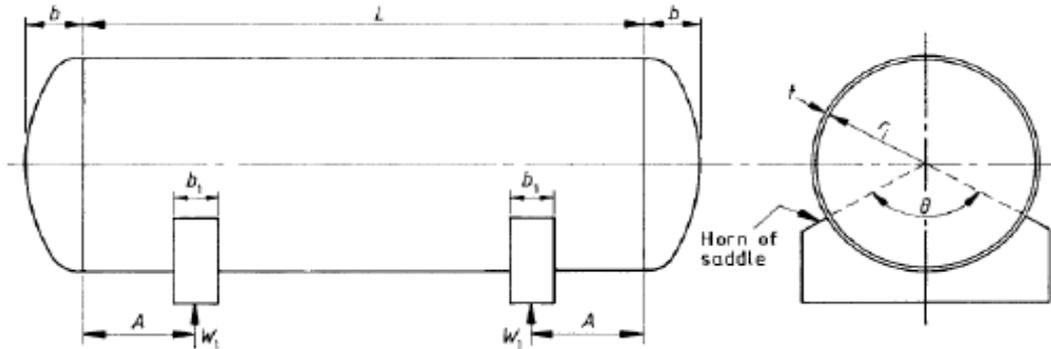


Figura 16- Esquema de posicionamento dos berços.; fonte: (BS-5500, 1997)

É recomendável que exista uma chapa de reforço, soldada entre o casco do reservatório e o berço de suporte, para diminuir a concentração de tensões nesta área e permitir o assentamento seguro do reservatório. Esta chapa tem a dimensão dada pela ilustração abaixo.

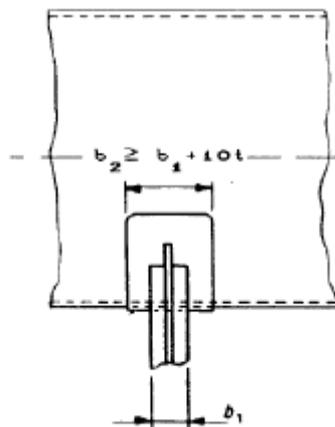


Figura 17- Largura da chapa de reforço.; fonte: (BS-5500, 1997)

De acordo com (De Souza, 2015), para o cálculo das dimensões das partes que compõem os suportes do reservatório serão utilizadas as seguintes relações:

$$A = \frac{L}{5} \quad (4.20)$$

$$d_s = \frac{3}{5}L \quad (4.21)$$

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

$$b_1 \geq (60 \times R)^{\frac{1}{2}} \quad (4.22)$$

$$b_2 \geq b_1 + 10e \quad (4.23)$$

Onde:

A - Distância do centro de cada berço para a linha de tangente da ligação do casco com o tampo, mm.

L - Distância entre as linhas de tangente da ligação do casco com o tampo, mm.

d_s - Distância entre os centros dos berços, mm.

b_1 - Largura do berço, mm.

b_2 - Largura da chapa de reforço, mm.

e - Espessura do casco, mm.

R - Raio do casco, mm.

A altura mínima de cada berço é obtida de acordo com a seguinte relação:

$$y = \frac{R}{3} \quad [mm] \quad (4.24)$$

A espessura das chapas de reforço e das nervuras (perfis) verticais será feita de acordo com as recomendações de (Falcão 2002) que pressupõem a distância máxima de até 600 mm entre as nervuras e para as espessuras o seguinte:

- 9.5mm para diâmetros de reservatório $D < 1100$ mm;
- 12.5mm para diâmetros de reservatório $D \leq 2000$ mm;
- 16mm para diâmetros de reservatório $D > 2000$ mm.

Os diâmetros mínimos recomendáveis para os chumbadores que permitem a fixação dos berços ao solo são:

- 19,05mm para diâmetros do reservatório $D < 1100$ mm;
- 22,22mm para diâmetros do reservatório de $1100 \text{ mm} \leq D < 2000$ mm;
- 25,4mm para diâmetros do reservatório $D \geq 2000$ mm.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

4.4.3.5. Teste Pneumático

O teste pneumático é um indispensável para o presente reservatório, pois é através dele que se auffle a capacidade de este armazenar o ar sem perdas e pressão e fugas. Este é realizado através da colocação do ar comprimido no interior do reservatório.

De acordo com o código ASME, Secção VIII, divisão 2, a pressão mínima para o teste pneumático é calculada pela seguinte equação.

$$P_t = 1.15 \cdot PMTA \cdot \frac{S_t}{S} \quad (4.25)$$

Onde:

P_t - Pressão mínima de teste, MPa;

$PMTA$ - Pressão máxima de trabalho admissível, MPa;

S_t - Tensão admissível da temperatura de operação, MPa;

S - Tensão admissível da temperatura de projecto, MPa.

De acordo com (De Souza, 2015), para que seja realizado esse teste, qualquer fluido de teste ou meio de pressurização utilizado não deve ser inflamável e tóxico. O ar comprimido utilizado para o teste de pressão pneumático deve ter em consideração os seguintes quesitos:

- Uso de ar limpo e seco, livre de óleo, de classe 1.2 ou 3 ISO 8573-1;
- O ponto de orvalho do ar deve estar entre -20 a -70°C;
- Verificar que não há contaminação por hidrocarbonetos ou outro tipo de resíduos orgânicos no interior do vaso.

Quanto aos critérios de aceitação dos testes pneumáticos, deve ser realizado um exame visual por um inspetor que possa detetar vazamentos no reservatório. Na inspeção de reservatórios procura-se verificar a existência de vazamentos nas conexões tubulares e juncões soldadas. Ao inspetor reserva-se o direito de rejeitar o reservatório caso haja sinal de deformações e fugas durante o teste.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

4.4.3.6. Processo de fabricação

Corte

O corte é um processo de conformação de material que visa o seccionamento de materiais (chapas, tubos, perfis), para utilização em um novo processo.

Para o presente projecto o corte de chapas poderá ser realizado em guilhotinas. E para o corte de tubos usar-se-á máquina de cortar tubos. Ambas a são escolhidas de catálogos de fabricantes.

Calandragem

O processo de calandragem é um processo de conformação mecânica utilizado para efectuar o encurvamento de um determinado material, podendo este ser chapa ou perfil metálico.

Pelo processo de calandragem é possível obter chapas com encurvamento pré-determinado, como por exemplo, cilindros, cones ou troncos de cones.

No presente projecto, as chapas serão calandradas em calandras piramidal de 3 rolos, para que se obtenha o formato cilíndrico do casco que será posteriormente soldado.

Rebordagem

Para obter os tampos elípticos serão utilizadas as rebordeadeiras que são máquinas de conformação mecânica de chapas, que colocam as bordas permitindo assim o formato côncavo das chapas.

Furação

Para os furos onde serão acoplados os diversos bocais deve-se utilizar o processo de furação, este poderá ser feito em uma furadora de coluna.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Soldadura

Os reservatórios são obtidos através da fixação das partes que o compõem através de juntas soldadas. É obrigatório que todas as soldas de emenda de chapas no casco e nos tampos sejam de topo com penetração total, e de tipos facilmente radiografáveis.

Para a construção do reservatório em causa, o método de soldadura aplicável será o de GMAW (*gas metal arc welding*), do tipo MIG (*Metal inert gas*). Por este ser um processo que pode ser manual ou semi-automático, com grande vantagem por não produzir trincas e garantir cordão de solda contínuo e com poucas irregularidades, é um método que garante qualidade.

A soldadura entre os cascos cilíndricos, flanges e tampos são feitas por um único lado e com uma ou mais passagens, a imagem abaixo ilustra a solda entre um casco cilíndrico e um tampo de espessuras iguais.

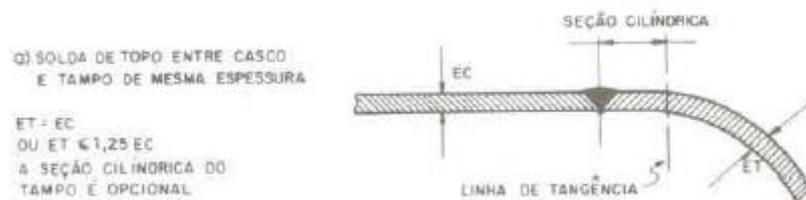


Figura 18- Ilustração da solda entre o casco e o tampo.; fonte: (Telles, 2007)

Para garantir a qualidade do reservatório, é desejável que todas as soldas na parede do reservatório sejam, tanto quanto possível, de penetração total, sem vazios internos.

Pintura e Proteção Anti-corrosiva

A corrosão está presente nos materiais, em geral, metálicos, que se encontram no meio ambiente e envolvidos em actividades industriais.

A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por acção física, química ou electro-química do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Sendo a corrosão um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e o desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam. (Frauches-Santos, Albuquerque, & Oliveira, 2013)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Para minimizar a corrosão podem ser utilizados vários métodos, dentre os quais: revestimentos, protecções anódicas e catódicas, técnicas de modificação do meio corrosivo, entre outros.

Neste projecto será utilizado o método de protecção por barreira, através de revestimentos para minimização dos efeitos da corrosão externa e interna do reservatório de ar. As tintas serão escolhidas a partir de catálogo de fabricante, escolhendo a que melhor se adequa para o reservatório.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No presente capítulo, serão apresentados os resultados obtidos e as escolhas optadas para o dimensionamento do reservatório de ar comprimido, obedecendo a metodologia apresentada no capítulo anterior.

De seguida, será feita uma análise e discussão dos resultados e escolhas para melhor compreensão dos mesmos.

5.1. Determinação da Necessidade de Ar

A determinação da necessidade de ar da oficina é obtida através de todas as máquinas que utilizam o ar comprimido para desempenho de suas funções. Esta irá ajudar na determinação do número de compressores e do tamanho do reservatório de ar para garantir um fornecimento de ar eficiente à oficina.

A tabela abaixo apresenta as máquinas que necessitam de ar na oficina e os respectivos consumos de ar.

Tabela 8- Consumo de ar por máquina.; fonte: (Autor)

Ferramentas	Consumo de ar (l/s)	Fonte
Pistola de Impacto	14.5	Atlas Copco
Parafusadoras	6.5	Atlas Copco
Sugador de óleo	8	Automan
Berbequim	16.5	Atlas Copco
Elevadores Electro-pneumático	7.5	Ravaglioli
Máquina de pneus	13	Ravaglioli
Enchimento de pneus e sopragem de filtros	10	Estimado
Total	76	

O consumo total das ferramentas que precisam de ar na oficina é de 76 l/s.

A vazão realmente utilizada deve prever o número de ferramentas e o factor de carga. É esta que dita a escolha do compressor e o cálculo da dimensão do reservatório.

A tabela abaixo apresenta o cálculo da vazão real.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Tabela 9- Cálculo da vazão tomando em conta o fator de carga e o número de ferramentas.; fonte: (Adaptado de (Rollins, 2004))

	Nr. De Ferramentas	Factor de carga	l/s necessário		
			Por ferramenta	Total se todas ferramentas operarem	Total usado (AxBxC/100)
Tipo Ferramenta	(A)	(B) Estimado	(C)	(D)	(E)
Pistolas de impacto	5	50	14.5	72.5	36.25
Sugador de óleo	1	10	8	8	0.8
Berbequim	3	5	16.5	49.5	2.47
Elevadores	2	50	7.5	15	7.5
Parafusadoras	3	25	6.5	19.5	4.9
Máquina de pneus	1	25	13	13	3.25
Enchimento e Sopragem de pneus	1	30	10	10	3
Total				187.5	58.15

O total da coluna (E) é que determina o tamanho do compressor e reservatório necessário.

Prevendo a percentagem de pico e o aumento de novas ferramentas o valor total passa a ser, de acordo com a fórmula (4.1):

$$Q = 58.15 \times 1.30$$

$$Q = 75.595 \text{ l/s}$$

5.2. Escolha do compressor

A escolha do compressor é feita de acordo com a necessidade de ar calculada. O mesmo será obtido no catálogo da ATLAS COPCO-*General catalog for compressed air, gas and vacuum solutions*, para satisfazer as condições de temperatura e pressão requeridas pelo ambiente da oficina.

Tabela 10- Características do compressor escolhido.; fonte: (Autor).

Características Técnicas compressor	
Modelo	LE 5-10/250
Pressão max. de Trabalho	10 bar
Capacidade de Ar Livre	8.40 l/s
Potência	4 kW

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Cilindros	2
Estágios	2
Construção	Alumínio
Peso	150 kg
Dimensões C x L x H	1852 x 510 x 1082 mm

Escolheu-se o presente compressor por este apresentar as características técnicas capazes de responder a necessidade da Oficina 01. O mesmo é alternativo, de simples efeito e lubrificado a óleo.

O compressor será assentado sobre um maciço antivibrático para reduzir a propagação de vibrações que tem origem no sistema do compressor. O maciço será composto por duas camadas de alvenaria e uma de cortiça.

5.3. Escolha do Secador de Ar

O secador de ar é escolhido a partir do catálogo ATLAS COPCO-*General catalog for compressed air, gas and vacuum solutions*, estes são instalados para reduzir os índices de corrosão nos componentes, eliminando 70% da humidade presente no sistema de ar.

O secador escolhido é do tipo por refrigeração e possui as seguintes características apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 11- Características do secador de ar escolhido.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Secador de ar	
Modelo	FX3
Pressão max. de Trabalho	16 bar
Capacidade de Ar Livre	10 l/s
Ponto de Orvalho	3 °C
Refrigerante	R 134a
Potência	0.16 kW
Peso	19 kg
Dimensões C x L x H	350 x 500 x 484 mm

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

De um modo geral os secadores por refrigeração são os mais utilizados por estes possuírem algumas vantagens, como por exemplo: serem menos onerosos, de fácil configuração, com baixos custos para a sua manutenção e resistentes a partículas de óleo no ar.

O assentamento deste será feito o chão da oficina, através de chumbadores.

5.4. Escolha do Resfriador

Os resfriadores de ar provêm a diminuição da temperatura de trabalho do ar comprimido a uma temperatura próxima ao do meio ambiente. O resfriador é escolhido a partir do catálogo FARGON e o mesmo possui as seguintes características:

Tabela 12- Características do Resfriador escolhido.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Resfriador	
Modelo	AC-0150
Pressão max. de Trabalho	16 bar
Vazão	28 l/s
Peso	18 kg
Temperatura na entrada	Até 150 °C
Temperatura na saída	28 °C
Dimensões C x L x H	630 x 320 x 900 mm

5.5. Escolha dos filtros

Os filtros têm como função retirar impurezas do ar e garantem que partículas sólidas não circulem no sistema.

A escolha dos filtros será feita de acordo com o catálogo PARKER 1001-6 BR.

Pré-filtro: tem função de reter partículas grosseiras de modo a evitar a danificação do filtro principal. Escolhe-se o filtro P3A cujas características técnicas são descritas na tabela abaixo.

Tabela 13- Características do pré filtro.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Pré-filtro	
Modelo	P3A- FA92BGWP

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Pressão Máxima de Trabalho	10 bar
Material Filtrante	Nylon 40 micra
Vazão	17.5 l/s
Peso	80 g

Pós-filtro: tem função de certificar que as partículas foram retiradas. Estes irão localizar-se nos diversos pontos de distribuição de ar. Escolhe-se o filtro conjugado com um regulador de pressão Série 07, cujas características técnicas são discriminadas na tabela abaixo.

Tabela 14- Características do Pós-filtro.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Pós-Filtro	
Modelo	07E3A21AC
Pressão max. de Trabalho	17 bar
Material Filtrante	Plástico 40 micra
Vazão	ND
Peso	1.2 kg
Conexão	½ "

5.6. Mangueiras e Conexões

Nos pontos de distribuição de ar comprimido para seu uso é necessário que existam equipamentos de conexão rápida que permitirão o acoplamento de mangueiras. Os acoplamentos de conexão rápida são de grande vantagem por garantirem a produtividade, serem ergonômicos e de segurança.

Os acoplamentos de conexão rápida serão escolhidos a partir do catálogo ATLAS COPCO-*Industrial Tools And Solutions*. Estes acoplamentos devem ter a ordem apresentada pela ilustração abaixo

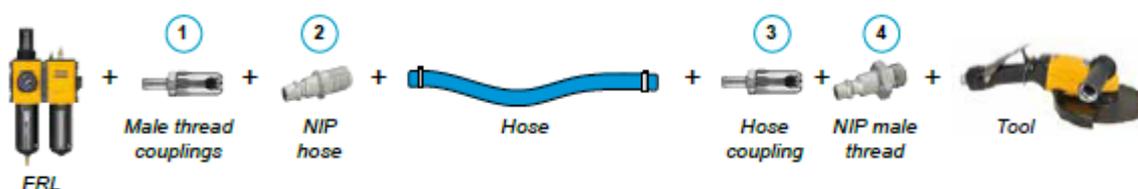


Figura 19- Ilustração da mangueira e conexões.; fonte: (ATLAS COPCO-Industrial Tools And Solutions)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

- Mangueira

Tabela 15- Características das mangueiras dos pontos de distribuição.; fonte: (Autor)

Modelo	Conexão (mm)	P _{máx} (bar)	Vazão (l/s)	Peso/20m (kg)
RUBAIR 13	12.5	16	21	4.7

- Conexões

Tabela 16- Características das conexões pra mangueira.; fonte: (Autor)

Modelo	Tipo	Padrão	Conexão (mm)	Vazão (l/s)
SMARTQIC 15US – M15	<i>Male Thread</i>	ISO 6150-B	12.5	64
NIP 15US - H13	<i>Nip Hose</i>			
SMARTQIC 15US – H13	<i>Hose Coup.</i>			
NIP 15US – M15	<i>Nip Male</i>			

5.7. Dimensionamento do Reservatório

O reservatório é dimensionado a partir da necessidade de ar. É a partir desta que o volume é calculado e posteriormente as dimensões do mesmo.

Os valores dos parâmetros calculados são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 17- Resultados obtidos do dimensionamento do reservatório.; fonte: (Autor)

Parâmetro	Símbolo	Valor	Fonte
Volume [m ³]	V	0.907	Fórmula 4.2
Volume real [m ³]	V_r	0.998	Fórmula 4.3
Diâmetro do reservatório [m]	D	0.784	Fórmula 4.7
Altura do tampo [m]	h_T	0.196	Fórmula 4.5
Comprimento do reservatório [m]	L	1.80	Fórmula 4.6
Espessura mínima para resistência estrutural [mm]	e_s	4.784	Fórmula 4.9
Espessura calculada para a pressão interna no casco [mm]	e_c	3.64	Fórmula 4.10
PMTA calculado para casco [MPa]	$PMTA$	1.708	Formula 4.11

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Espessura calculada para a pressão interna no tampo [mm]	e_c	3.62	Fórmula 4.12
PMTA calculado para tampo [MPa]	$PMTA$	1.706	Fórmula 4.13
Espessura escolhida para projecto [mm]	e	6.3	Escolhido
Pressão do projecto [MPa]	P	1	Escolhida

5.7.1. Escolha dos bocais e flanges do Reservatório

O presente reservatório terá bocais de visita/inspeção, bocais para a Abastecimento e descarga do ar, bocal para o anexo da válvula para controlo da pressão, bocal para purgador de ar e bocal para drenagem.

As aberturas para os bocais serão escolhidas a partir de recomendações da norma ASME Secção 8, divisão 1 e ASME B16.5- *Flanges and piping* e caso se mostre necessário serão calculados os anéis de reforço.

Os bocais são escolhidos a partir da norma ASTM A53- *Standard Specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc-coated, welded and seamless* e tem os seus dados alistados na tabela asseguir:

Tabela 18- Características dos bocais.; fonte: (Autor)

Bocal	Qtd.	Tamanho	Diâmetro do pescoço	Diâmetro do furo no tecto	Altura	Tipo
Inspeção	2	2"	52.6	60.3	80	Flangeado com pescoço
Abastecimento	1	1 1/2"	40.9	48.3	60	Flange de pescoço longo
Descarga	1				75	Flange de pescoço longo
Manômetro	1	1"	26.7	33.4	40	Meia Luva Rosqueada
Drenagem	1				30	Luva
Purgador	1				40	Meia Luva Rosqueada

Para os bocais flangeados, os flanges são escolhidos a partir da norma ASME class 300 B16.5- *Flanges and piping* e tem os seus dados alistados na tabela abaixo:

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Tabela 19- Características dos flanges.; fonte: (Autor)

Flanges	Tamanho	Diâmetro da flange	Diâmetro do circuito dos parafusos	Número de parafusos
Inspeção	2"	165	127	8
Abastecimento	1 $\frac{1}{2}$ "	156	114	4
Descarga				

Os bocais não precisarão ser reforçados por anéis pois estes são menores que $3\frac{1}{2}$ ", que é o diâmetro nominal máximo para cascos com espessura abaixo de 10mm.

5.7.2. Cálculo dos Apoios do Reservatório

Os apoios são do tipo *saddles* como ilustrado na figura 4.3 e têm as suas dimensões calculadas de acordo com a norma BS-5500. Os valores são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 20- Resultados obtidos no cálculo dos apoios do reservatório.; fonte: (Autor).

Parâmetro	Símbolo	Valor	Fonte
Distância do centro de cada berço à linha tangente da ligação do casco e o tampo [mm]	A	281.6	Fórmula 4.20
Distância entre os centros dos berços [mm]	d_s	1080	Fórmula 4.21
Largura do berço [mm]	b_1	153.4	Fórmula 4.22
Largura da chapa de reforço [mm]	b_2	216.4	Fórmula 4.23
Altura mínima de cada berço [mm]	y	130.7	Fórmula 4.24
Espessura das nervuras [mm]	e_s	9.5	Escolhido
Diâmetro dos chumbadores [mm]	e_c	19.05	Escolhido
Ângulo entre o berço e o casco	θ	130°	Estimado

Os apoios do reservatório terão as dimensões de 600x300x150mm. A espessura escolhida para as chapas é de 9.5 mm, a distância entre as nervuras 100 mm. Os chumbadores serão de tamanho $\frac{3}{4}$ e estarão localizados nos espaçamentos das nervuras e serão 8 parafusos.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

5.7.3. Teste Pneumático

O teste pneumático é realizado a partir da fórmula (4.25), considerando os seguintes valores como dados de entrada:

$$PMTA = 1.71 \text{ MPa}$$

$$S_t = 108 \text{ MPa}$$

$$S = 185 \text{ MPa}$$

$$P_t = 1.15 \cdot 1.71 \cdot \frac{108}{185}$$

$$P_t = 1.14 \text{ MPa}$$

A pressão do teste é de 1.14 MPa.

Durante o teste a temperatura do metal deve ser mantida constante para minimizar o risco de fractura frágil. E a pressão do teste deve ser aumentada gradualmente e é aplicada quando o reservatório e o fluido de teste estiverem a mesma temperatura.

Por fim o inspector realiza a inspeção do vaso para verificar se a estanquicidade está dentro dos parâmetros aceitáveis de qualidade.

5.8. Processos de fabrico do reservatório

5.8.1. Corte

O processo de corte será aplicado para os seguintes componentes:

- Chapa 1800x2000x6.3mm → que serve para obtenção do casco e tampos do reservatório;
- Chapa 1000x2000x9.5mm → que serve para obtenção dos berços de apoio;
- Tubos metálicos com dimensões apresentadas na tabela 11 → que serve para obtenção dos bocais.

As chapas serão cortadas na guilhotina, esta é uma máquina que permite o corte de chapas de forma simples, rápida e com um bom acabamento.

A tabela abaixo apresenta as características da guilhotina escolhida a partir do catálogo ATLASMAQ.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Tabela 21-Características da guilhotina.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Guilhotina	
Modelo	GHA 12.7x3200
Espessura max. de corte	12.7 mm
Força de corte	450 N/mm ²
Comprimento max.	3200 mm
Potência motor	25 Hp
Peso	11 Ton
Dimensões C x L x H	3225 x 1800 x 1940 mm

Os tubos por sua vez serão cortados na máquina de cortar tubos, pois esta facilita o corte de tubos. A máquina é escolhida a partir do catálogo ATLASMAQ e tem as suas características apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 22-Características da Máquina de cortar tubo.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Máquina de cortar tubos	
Modelo	QG-219
Espessura max. de corte	10 mm
Lamina de corte	200 x 76 mm
Rotação da lamina	24 rpm
Potencia motor	1 Hp
Peso	93 kg

5.8.2. Calandragem

O processo de calandragem é aplicado para a obtenção do casco, que é de formato cilíndrico. Este formato será obtido através de uma calandra de três rolos, que sendo ajustados, permitirão a obtenção do diâmetro requerido do casco.

A calandra é escolhida a partir do catálogo ATLASMAQ e tem as características apresentadas na tabela abaixo.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Tabela 23- Características da Calandra.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Calandra	
Modelo	WF11-6x2000
Espessura max. Da chapa	6 mm
Comprimento max.	2000 mm
Pressão max.	245 N/mm ²
Potência motor	5.5 kW
Velocidade do rolo	4.5 m/min
Peso	2500 kg
Dimensões C x L x H	3200 x 1280 x 810 mm

5.8.3. Rebordagem

O processo de rebordagem é aplicado para a obtenção dos tampos com formato elíptico. Este formato será obtido através da rebordeadora. Neste processo a chapa assenta-se sobre um eixo rotativo e é conformada através de rolos em pistões e apoios hidráulicos.

A rebordeadora é escolhida a partir do catálogo FACCIN e tem as características apresentadas na tabela abaixo

Tabela 24- Características da rebordeadora.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Rebordeadora	
Modelo	FACCIN BF 10/3000
Tipo	Automático, CNC
Espessura max.	10 mm
Diâmetro max.	3000 mm
Pressão max.	150 N/mm ²

5.8.4. Furação

O processo de furação é aplicado para obtenção dos orifícios em que serão colocados os bocais do reservatório. Este processo é realizado nas furadoras, que são máquinas que permitem realizar furos em chapas metálicas.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

A furadora é escolhida do catálogo METALLKRAFT-*metal working machinery*, e tem as características apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 25- Características da Furadora.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Furadora	
Modelo	MB 754
Diâmetro max.	75 mm
Profundidade max.	50 mm
Velocidade angular	300 rpm
Potência motor	2 kW
Dimensões C x L x H	200 x 100 mm

5.8.5. Soldadura

O processo de soldadura escolhido para a união dos metais é o MIG, pois esta é uma técnica de soldadura semiautomática e com índices de produtividade e qualidade satisfatórias.

A máquina de soldar é escolhida a partir do catálogo da EURORED e tem as suas características apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 26- Características da Máquina de soldar.; fonte: (Autor)

Características Técnicas Máquina de soldar	
Modelo	POWERED MIG 315
Voltagem alimentação	440V
Potência nominal	13kVA
Velocidade do fio	2.5-16 m/min
Faixa de corrente	35-315 A
Peso	108 kg
Dimensões C x L x H	970 x 500 x 1500 mm

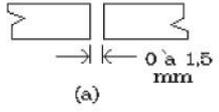
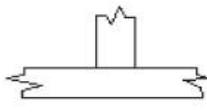
A especificação da soldadura é feita de acordo com (Machado, 1996) de Soldadura MIG e as tabelas abaixo ilustram os parâmetros para as diferentes partes a soldar.

- I. Casco e Tampos
- II. Bocais

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

III. Berços

Tabela 27- Parâmetros de soldadura para as juntas soldadas.; fonte: (Autor)

Parâmetro	I	II	III
Espessura da chapa	6.3 mm	6 a 8 mm	9.5mm
Diâmetro do arame	1.1 mm	1.6 mm	2.4 mm
Tipo do arame	AWS ES70S-3		
Projecto da junta			
Posição de soldagem	Plana		
Método de deposição	Curto Circuito	Spray	
Velocidade de trabalho	7 mm/s	9 mm/s	15 mm/s
Velocidade de alimentação do arame	5.71 m/min	5.97 m/min	3.49 m/min
Vazão do gás	13 l/min	18 l/min	23 l/min
Intensidade da corrente	190 A	350 A	575A
Tensão	22 V	25 V	34V
Taxa de fusão	2.55 kg/h	5.65 kg/h	7.43 kg/h
Número de passes	1	1	1
Gás de proteção	75% Ar + 25% CO ₂	Ar+ 3%O ₂	CO ₂

A soldadura é será eficiente se todos os parâmetros forem observados. É necessária atenção ao efectuar a soldadura para evitar o surgimento de defeitos que usualmente são encontrados neste tipo de união. Os defeitos mais comuns são a porosidade, falta de penetração, falta de fusão e trincas.

5.8.6. Pintura e proteção anticorrosiva

Após a manufactura do reservatório, realização do teste pneumático e inspecções, segue se a aplicação de uma protecção anticorrosiva ao mesmo, com vista a reduzir os efeitos de corrosão e aumentar a vida útil do reservatório.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

A parte externa do reservatório que tem contacto com o meio ambiente estará exposta à corrosão, por isso aplicar-se-á a esta uma protecção por barreira, isto é, pintura.

Esta pintura será feita em duas etapas, uma camada primária e uma pintura final de tinta epóxi poliamida. As tintas são escolhidas de acordo com o catálogo Tintas ELIT- Linha Industrial e tem as características apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 28- Características das tintas exteriores.; fonte: (Autor)

Tinta	Cor	Sólidos por volume	Espessura	Secagem		
				Toque	Manuseio	Cura
Primer Sintético	Branco	40 ± 5%	30 µm	1h	6h	72h
Epóxi Poliamida plus 4x1	Azul	65 ± 5%	60 µm	3h	8h	168h

Para a parte interna do reservatório terá contacto com certo grau de humidade que é formado devido a condensação de partículas de ar aquecido durante o processo de compressão. Por isso, esta será também protegida por pintura.

Esta pintura será feita em uma única etapa, por aplicação de uma tinta a base de resina alquídica, de secagem rápida com pigmentação anticorrosiva.

Tabela 29- Características da tinta interior.; fonte: (Autor)

Tinta	Cor	Sólidos por volume	Espessura	Secagem		
				Toque	Manuseio	Cura
Primer Serralheiro	Cinza	35 ± 5%	30 µm	30min	6h	72h

5.9. Análise do Resultado

Feito o levantamento da necessidade de ar da oficina, de acordo com as ferramentas, equipamentos e fins que o ar comprimido é utilizado. Constata-se que a oficina precisa de um reservatório capaz de armazenar 998 litros de ar, contra os 270 litros actuais que se encontram instalados. Esta é a causa do funcionamento do compressor em carga constante devido ao défice de ar, factor este que leva o compressor ao desgaste por trabalhar continuamente.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Segundo (Rollins, 2004) os motores eléctricos estão limitados a um número de ciclos de partida-parada por hora de normalmente quatro ou cinco ciclos, sob o risco de sobreaquecimento do motor se isto não for observado. Por isso o compressor deve ser utilizado em carga por um período e permitir que hajam ciclos de parada de no mínimo 5 minutos. O compressor escolhido leva 119 segundos para encher o reservatório e o reservatório consegue alimentar a oficina por um período de 117 segundos considerando a necessidade de ar de 75.59 l/s .

Com o novo compressor e o reservatório dimensionado, espera-se corrigir o mau funcionamento do sistema de ar.

As despesas com energia são de importância para a empresa. A potência do compressor actual é de 4 kW e estima-se que este trabalha 5 horas por dia, o seu consumo energético será de 20 kWh/dia. Enquanto que, a potência do compressor proposto é de 4 kW e assume-se que este trabalhará 2 horas por dia, seu consumo energético será de 8 kWh/dia. Esta redução é considerável e será de grande vantagem para a redução de custos.

A implementação do Resfriador de ar e Separador de condensados, é benéfica a medida que permitirá a redução de temperatura interna de trabalho no reservatório e tubulação, e também a eliminação de grande parte da humidade que pode prejudicar o funcionamento íntegro do sistema de ar.

5.10. Plano de Manutenção

O papel fundamental da manutenção é o de estabelecimento de condições de trabalho seguras para os operadores e equipamentos. Um dos mais importantes objectivos da manutenção é de manter sob controlo o bom funcionamento do equipamento durante o ciclo de vida do mesmo.

Assim sendo, foi elaborado um plano de manutenção para os equipamentos, como se pode observar na tabela abaixo:

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Tabela 30- Plano de Manutenção dos Equipamentos.; fonte: (Autor)

Manutenção	Equipamento	Acção
Mensal	Compressor	Medição da pressão de sucção e descarga
		Verificação do nível de óleo
		Verificação das conexões
	Secador de ar	Inspeção da temperatura de secagem
	Resfriador de ar	Verificar funcionamento e conexões
	Reservatório	Drenagem de água
Trimestral	Compressor	Verificação do estado do óleo
	Secador de ar	Limpeza do condensador
		Verificação do nível do fluido refrigerante
	Resfriador de Ar	Verificação de termostato e válvula
		Limpeza de filtros
		Verificar a tensão e corrente do motor
	Filtros	Realização de limpeza
Semestral	Compressor	Verificação do isolamento eléctrico
		Verificação de ruídos
	Reservatório	Inspeção da parte interna
	Mangueiras e conexões	Verificação do estado geral
	Filtros	Verificação do estado e troca

5.11. Estimativa de Orçamento

Para a melhoria das condições do sistema de ar comprimido, será necessário um investimento por parte da empresa, que trará benefícios a curto, médio e longo prazo.

Os equipamentos poderão ser adquiridos no mercado internacional.

Tabela 31- Estimativa do custo dos equipamentos.; fonte: (Autor)

Equipamento	Valor [Mts]
Compressor	585.000,00
Resfriador	189.000,00
Separador de condensados	279.200,00

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Filtros e Reguladores	63.200,00
Total	1.116.400,00

A manufactura do reservatório poderá ser feita também em empresas do mercado nacional. Abaixo temos a cotação baseada na empresa Belutécnica S.A, que representa o custo para manufactura do reservatório de ar.

Tabela 32- Estimativa do custo do reservatório.; fonte: (Autor)

Item	Valor [Mts]
Reservatório considerando: <ul style="list-style-type: none">• Custo dos materiais• Consumíveis• Pintura• Mão-de-Obra	310.000,00

O custo total para a implementação do projecto é de 1.426.400,00 Mts

5.12. Políticas de Uso da Instalação

Para melhor utilização e garantia de um funcionamento adequado dos equipamentos e da instalação são recomendados os seguintes pontos:

- Efectuar a manutenção dos equipamentos consoante o plano de manutenção do fabricante ou da empresa;
- Ao manter contacto com os equipamentos o operador deve portar EPI's e pautar pelo seguimento às normas de HST;
- Instruir aos operários sobre a essência dos sistemas de compressão e como manuseá-los de forma segura.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Terminado o projecto pode-se consolidar a importância dos sistemas de ar comprimido e da sua utilidade imprescindível para realização de diversas tarefas laborais. Estes são sistemas cujo custo de montagem e manutenção são altos, mas em contrapartida eles têm elevada vida útil e trazem bastante produtividade.

Com base nos objectivos definidos chegou-se as seguintes conclusões:

- O compressor utilizado não se encontra nas condições óptimas e o reservatório não correspondia a necessidade de ar da oficina, por isso, se tem um funcionamento contínuo;
- Com um compressor apropriado e reservatório dimensionado se consegue suprir a necessidade de ar comprimido da oficina de forma eficiente;
- Com a implementação do resfriador, secador e filtros de ar será diminuída a humidade e eliminados os resíduos que colocariam em causa a qualidade do sistema;
- Com a melhoria será reduzido o número de accionamentos do compressor uma vez que o reservatório prevê picos da demanda de ar.

6.2. Recomendações

Ciente de que o projecto é de carácter didático com o objectivo de propor melhoria para o sistema de ar comprimido da oficina 01 da empresa Entreposto Auto S.A, existem certos pontos que podem complementar este estudo, sendo destacados os seguintes:

- Realização de um estudo do sistema de distribuição (tubalação);
- Realização de um estudo da viabilidade económica da implantação;
- Elaboração de um plano de manutenção mais detalhado e que se enquadre com a capacidade da empresa;
- Realização de um estudo e proposta de sistema de redução de custos de energia através de fontes renováveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASME. (2019). *ASME Section VIII Div. 1- Rules for Construction of Pressure Vessels*.
2. ASME. (2019). *ASME Section VIII Div. 2- Rules for Construction of Pressure Vessels- Alternative Rules* .
3. Bednar, H. H. (1986). *Pressure vessel design handbook*. Florida: Krieger.
4. BS. (1997). *BS-5500 - British Standard Specifications for Unfred Fusion Welded Pressure Vessels*.
5. Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2006). *Termodinâmica*. The McGraw-Hill Companies.
6. Companhia Siderúrgica de Tubarão. (1997). *Mecânica Lubrificação*. Espírito Santo: SENAI.
7. Comstock, W. S. (2017). *ASHRAE Handbook of fundamentas: SI edition*. Ashrae technical commitee.
8. De Souza, A. L. (2015). *Projecto básico de um vaso separador trifásico de gás, água e óleo de acordo com o código ASME VIII Div. II*.
9. Frauches-Santos, C., Albuquerque, M. A., & Oliveira, M. A. (2013). A Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. *Revista Virtual de Química*, 293-309.
10. Gresh, M. T. (2001). *Compressor performance: aerodynamics for the user* (2a ed.). Woburn: Butterworth-Heinemann.
11. Invest Nothern Ireland. (n.d.). *Compressed Air Systems: a guide to the design, operation and maintenance of compressed air systems*. Belfast.
12. Machado, I. G. (1996). *Soldagem e Técnicas Conexas: Processos*. Porto Alegre.
13. MetalPlan. (2017). *Manual de ar comprimido* (6a ed.).
14. Parker Hannifin Ind. (2006). *Dimensionamento de redes de ar comprimido: Apostila 1004 BR*. São Paulo: Parker Training.
15. Rollins, J. P. (2004). *Manual de ar comprimido e gases*. São paulo: Prentice Hall.
16. Telles, P. C. (2007). *Vasos de Pressão* (2a ed.). Rio de Janeiro: LTC.

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

17. Vieira, M. F. (2012). *Projecto Mecânico e Construção de Vasos de Pressão*.

ANEXOS

Anexo 1



Model	Bolt size mm	Square drive in	Torque range		Max torque		Impacts per min	Free speed r/min	Weight		Length excl. anvil mm	CS dist- ance mm	Air con- sumption under load		Rec. hose size mm	Air inlet thread in	Air inlet thread in	Ordering No.
			Nm	ft lb	Nm	ft lb			kg	lb			l/s	cfm				
LMS18 HR13	10	1/2 ^a	10-110	7-81	150	110	1500	8100	1.45	3.2	144	26	8.5	18	10	1/4	8434 1180 00	
LMS18 HR10	10	3/8 ^a	10-90	7-66	120	88	1650	8100	1.45	3.2	148	26	6.5	14	10	1/4	8434 1180 01	
LMS18 HR13/F	10	1/2 ^c	10-110	7-81	150	110	1500	8100	1.45	3.2	144	26	8.5	18	10	1/4	8434 1180 02	
LMS18 HR10/F	10	3/8 ^c	10-90	7-66	120	88	1650	8100	1.45	3.2	148	26	6.5	14	10	1/4	8434 1180 03	
LMS28 HR13	12	1/2 ^a	30-210	22-155	390	287	1500	9500	1.85	4.1	146	29	8.5	18	10	3/8	8434 1280 00	
LMS28 HR13/F	12	1/2 ^c	30-210	22-155	390	287	1500	9500	1.85	4.1	146	29	8.5	18	10	3/8	8434 1280 01	
LMS38 HR13	14-16	1/2 ^a	40-375	29-276	850	627	1350	8000	2.6	5.7	167	29	10	21	10	3/8	8434 1380 00	
LMS38 HR13/F	14-16	1/2 ^c	40-375	29-276	850	627	1350	8000	2.6	5.7	167	29	10	21	10	3/8	8434 1380 01	
LMS48 HR20	16-18	3/4 ^b	100-550	74-405	1375	1014	1100	6500	3.3	7.3	173	38	12	25.2	12.5	3/8	8434 1480 00	
LMS58 HR25	20-22	1 ^b	300-800	221-590	1900	1401	900	5500	4.8	10.6	210	42	14.5	30.5	12.5	3/8	8434 1580 00	
LMS58 HR20	18-20	3/4 ^b	300-800	221-590	1900	1401	900	5500	4.8	10.6	210	42	14.5	30.5	12.5	3/8	8434 1580 01	
LMS68 HR25	22-30	1 ^b	600-1800	442-1400	4450	3282	780	5000	9.8	21.5	252	55	28	58.9	16	1/2	8434 1680 01	

^a Pin retainer
^b Through hole
^c Friction ring

Figura A. 1-Pistola de impacto.; fonte: (Atlas Copco)

Anexo 2



Model	Torque range soft joint		Free speed r/min	Weight		Length mm	CS distance mm	Air consumption at free speed		Rec. hose size mm	Air inlet thread in	Ordering No.
	Nm	In lb		kg	lb			l/s	cfm			
With trigger start												
LUD12 HRX2	1-2.5	8.8-22.1	1600	0.5	1.1	115	16	6.5	14	8	1/8	8431 0278 77
LUD12 HRX5	2-5	17.7-44.2	850	0.5	1.1	125	16	6.5	14	8	1/8	8431 0278 78
LUD12 HRX8	3.5-8	31.0-70.8	500	0.5	1.1	125	16	6.5	14	8	1/8	8431 0278 79
LUD22 HR3	1.5-2.8	13.3-24.8	3600	0.65	1.4	125	18	8	17	8	1/4	8431 0269 17
LUD22 HR5	2.8-5.5	24.8-48.7	1650	0.65	1.4	125	18	8	17	8	1/4	8431 0269 18
LUD22 HR12	5-12	44.2-106.2	750	0.75	1.7	143	18	8	17	8	1/4	8431 0269 19
LUF34 HRD04	8.0-18.0	71-160	440	1.2	2.6	212	20	9	19	10	1/4	8431 0311 22
LUF34 HRD08	8.0-11.0	71-97	750	1.2	2.6	212	20	9	19	10	1/4	8431 0311 24
LUF34 HRD16	4.0-8.0	35-71	1600	0.9	2.0	179	20	9	19	10	1/4	8431 0311 26
Reversible drill, tapper and screwdriver												
COMBI22 HR2	2.0-2.7	18-24	3600	0.9	2.0	205	20	7	15	8	1/4	8431 0255 89
COMBI22 HR5	2.7-5.7	24-50	1600	0.9	2.0	205	20	7	15	8	1/4	8431 0255 80
COMBI22 HR10	5.0-10.0	44-89	800	1.1	2.4	240	20	7	15	8	1/4	8431 0255 62
COMBI34 HR04	8.0-18.0	71-160	400	1.5	3.3	228	20	9	19	10	1/4	8431 0311 32
COMBI34 HR08	8.0-11.0	71-97	750	1.3	2.9	218	20	9	19	10	1/4	8431 0311 34
COMBI34 HR16	4.0-8.0	35-71	1600	1.0	2.2	179	20	9	19	10	1/4	8431 0311 36

All models: Are reversible.
 Are equipped with a 1/4" female hexagon drive for bits.

Figura A. 2-Parafusadora.; fonte: (Atlas Copco)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 3



Model	Free speed r/min	Chuck capacity mm	Weight with chuck		Air consumption at free speed		Hose size		Air inlet thread BSP	Power W	hp	Stall torque Nm	With chuck Ordering No.	Without chuck	
			kg	lb	l/s	cfm	mm	in						Model	Ordering No.
Non-reversible drills with air supply through handle															
LBB16 EP-003 ^a	300	10	0.7	1.5	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	-	8421 0108 01	003-U	8421 0108 02
LBB16 EP-005 ^a	500	10	0.7	1.5	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	21.6	8421 0108 06	005-U	8421 0108 07
LBB16 EP-005-U-AL ^c	500	10	0.7	1.5	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	21.6	8421 0108 16	-	-
LBB16 EP-010	1000	10	0.7	1.5	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	7.8	8421 0108 10	010-U	8421 0108 11
LBB16 EP-010-U-AL ^c	1000	10	0.7	1.5	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	7.8	8421 0108 15	-	-
LBB16 EP-024 ^a	2400	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	4.2	8421 0108 20	024-U	8421 0108 21
LBB16 EP-024-AL ^c	2400	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	4.2	8421 0108 19	-	-
LBB16 EP-033 ^a	3300	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	3.4	8421 0108 30	033-U	8421 0108 31
LBB16 EP-033-AL ^c	3300	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	3.4	8421 0108 18	-	-
LBB16 EP-045 ^a	4500	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	2.0	8421 0108 40	045-U	8421 0108 41
LBB16 EP-045-AL ^c	4500	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	2.0	8421 0108 04	-	-
LBB16 EP-060 ^a	6000	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	1.7	8421 0108 50	060-U	8421 0108 51
LBB16 EP-060-AL ^c	6000	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	1.7	8421 0108 25	-	-
LBB16 EP-200 ^a	20000	6.5	0.8	1.2	8.0	17.0	6.3	1/4	1/4	290	0.4	0.5	8421 0108 60	200-U	-
LBB16 EPX-005 ^b	500	10	0.7	1.5	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	25.2	8421 0108 08	005-U	8421 0108 09
LBB16 EPX-010 ^b	1000	10	0.7	1.5	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	12.3	8421 0108 12	010-U	8421 0108 03
LBB16 EPX-024 ^a	2400	6.5	0.8	1.2	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	4.9	8421 0108 22	024-U	8421 0108 23
LBB16 EPX-033 ^a	3300	6.5	0.8	1.2	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	3.7	8421 0108 32	033-U	8421 0108 33
LBB16 EPX-045 ^a	4500	6.5	0.8	1.2	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	3.0	8421 0108 42	045-U	8421 0108 43
LBB16 EPX-060 ^a	6000	6.5	0.8	1.2	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	2.3	8421 0108 52	060-U	8421 0108 53
LBB16 EPX-200 ^a	20000	6.5	0.8	1.2	9.5	20.0	6.3	1/4	1/4	340	0.45	0.6	8421 0108 82	200-U	8421 0108 83
LBB26 EPX-003 ^b	300	13	0.82	1.8	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	53.5	8421 0500 00	003-U	8421 0500 01
LBB26 EPX-005 ^b	500	13	0.82	1.8	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	31.6	8421 0500 02	005-U	8421 0500 03
LBB26 EPX-007 ^b	700	13	0.82	1.8	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	24.6	8421 0500 04	007-U	8421 0500 05
LBB26 EPX-013 ^{ab}	1300	10	0.79	1.7	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	14.7	8421 0500 06	013-U	8421 0500 07
LBB26 EPX-019 ^a	1900	10	0.79	1.7	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	9.9	8421 0500 24	019-U	8421 0500 25
LBB26 EPX-026 ^a	2600	8	0.69	1.5	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	7.7	8421 0500 08	026-U	8421 0500 09
LBB26 EPX-033 ^a	3300	8	0.69	1.5	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	5.7	8421 0500 10	033-U	8421 0500 11
LBB26 EPX-045 ^a	4500	8	0.69	1.5	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	4.1	8421 0500 12	045-U	8421 0500 13
LBB26 EPX-060 ^a	6000	8	0.69	1.5	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	3.3	8421 0500 14	060-U	8421 0500 15
LBB26 EPX-200 ^a	22000	6.5	0.69	1.5	14.5	31.8	10.0	3/8	1/4	500	0.7	0.8	8421 0500 28	200-U	8421 0500 29
LBB36 H005 ^b	500	-	1.2	3.3	16.5	34.9	10	3/8	3/8	700	0.9	43.8	-	-H005U	8421 0408 03
LBB36 H007 ^b	700	13	1.8	3.5	16.5	34.9	10	3/8	3/8	700	0.9	37.2	8421 0408 07	-H007U	8421 0408 05
LBB36 H013 ^a	1300	10	1.5	3.3	16.5	34.9	10.0	3/8	3/8	700	0.9	19.5	8421 0408 15	-H013U	8421 0408 13
LBB36 H026 ^a	2600	10	1.2	2.5	16.5	34.9	10.0	3/8	3/8	700	0.9	10.3	8421 0408 33	-H026U	8421 0408 31
LBB36 H033 ^a	3300	10	1.2	2.5	16.5	34.9	10.0	3/8	3/8	700	0.9	8.6	8421 0408 41	-H033U	8421 0408 39
LBB36 H060 ^a	6000	6.5	1.2	2.5	16.5	34.9	10.0	3/8	3/8	700	0.9	5.0	8421 0408 49	-H060U	8421 0408 47
LBB36 H200 ^a	22000	6.5	1.0	2.2	16.5	34.9	10.0	3/8	3/8	700	0.9	1.3	8421 0408 55	-H200U	8421 0408 53
LBB37 H006	600	13	1.2	2.5	20.5	44.0	10.0	3/8	3/8	820	1.1	48.0	8421 0608 06	-H006U	8421 0608 14
LBB37 H015	1500	10	1.5	3.3	20.5	44.0	10.0	3/8	3/8	820	1.1	22.5	8421 0608 05	-H015U	8421 0608 15
LBB37 H037	3700	10	1.2	2.5	20.5	44.0	10.0	3/8	3/8	820	1.1	9.2	8421 0608 13	-H037U	8421 0608 16

Figura A. 3-Berberquim.; fonte: (Atlas Copco)

Anexo 4



DATI TECNICI	TECHNICAL DATA	TECHN. SPEZIFIKATIONEN	DOMNEES TECHNIQUES	DATOS TÉCNICOS	G7645.22 G7645I.22 G7645V.22 G7645N.22 G7645O.22 G7645D.22	G7646.26 G7646I.26 G7646V.26 G7646N.26 G7646O.26 G7646D.26
Motore	Motor	Drehstrommotor	Moteur	Motor	0,75 Kw - 230/400V (50-60Hz) - 3ph 0,75 Kw - 200/265V (50-60Hz) - 1ph (D versions) 0,8/1,1 Kw - 230/400V (50Hz) - 3ph (V versions)	
Velocità di rotazione mandrino (rpm/min)	Chuck rotation speed (rev/min)	Sperrvorrichtungsgeschwindigkeit (U./min.)	Vitesse de rotation du mandrin (tours/min.)	Velocidad de rotación mandrill (rev./min.)	7,3 rpm / 6,5/13 rpm (V VERSION) 0-16 rpm (D VERSION)	
Coppia max al mandrino	Max. torque to chuck	Max. Sperrvorrichtungsmoment	Couple max. au mandrin	Par máx al mandrill	1200 Nm (885 FtLbs)	
Bloccaggio dall'esterno	External clamping	Ausserspannung	Blocage extérieur	Bloqueo exterior	10"-22"	
Bloccaggio dall'interno	Internal clamping	Innenspannung	Blocage intérieur	Bloqueo interior	12"-24,5"	
Campo lavoro utensile	Tool working span	Arbeitsbereich des Montagekopfes	Capacité de travail	Campo de trabajo del útil	8"-32"	
Diametro max pneumatico	Max. tyre diameter	Max. Reifendurchmesser	Diamètre max. du pneu	Díametro máx neumático	1143 mm (45")	
Larghezza max cerchio	Max. rim width	Max. Felgenreite	Largeur max. de la jante	Anchura máx llanta	431 mm (17")	
Forza stallonatore a 12 bar	Reel breaker cylinder power at 12 bar	Kraft des Abdrückvorrichtungszylinders: 12 bar	Force du cylindre décolle-pneus à 12 bars	Fuerza del cilindro destalonador de 12 bar	3600 kg (8000 lbs)	

Figura A. 4-Máquina de Pneus.; fonte: (Ravaglioli)

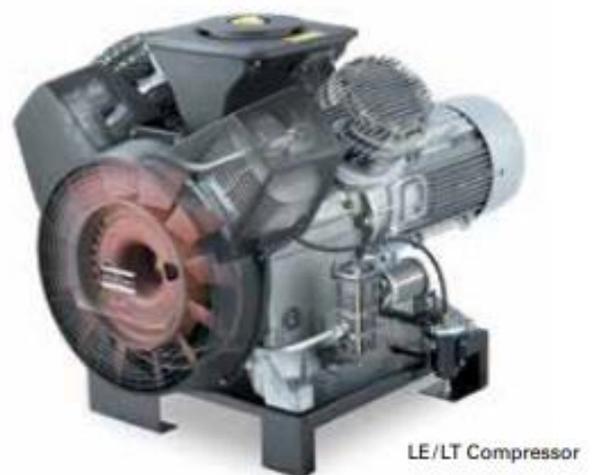
“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 5



Figura A. 5-Elevador Electro-Pneumático.; fonte: (Ravaglioli)

Anexo 6



Type	Maximum working pressure	Capacity FAD ⁽¹⁾		Motor rated power	Noise level ⁽²⁾	Container volume ⁽¹⁾	Approx. Weight	Dimensions L x W x H	
	bar	l/s	m ³ /min	kW	db(A)	L	kg	mm	
LE/LT – Piston compressors									
LE 2-10/90	10	3.40	0.20	1.5	80	65	90	85	1118 x 510 x 1017
LE 3-10/90	10	4.40	0.26	2.2	81	66	90	89	1118 x 510 x 1017
LE 5-10/250	10	8.40	0.50	4.0	81	66	250	150	1852 x 510 x 1082
LE 7-10/250	10	11.70	0.70	5.5	82	70	250	191	1852 x 592 x 1162
LE 10-10/250	10	15.70	0.94	7.5	83	70	250	203	1852 x 592 x 1162
LE 15-10/250	10	18.60	1.12	11.0	86	-	250	330	1852 x 790 x 1200

Figura A. 6-Compressor.; fonte: (Atlas Copco)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 7



TABELA SELEÇÃO

Modelo	Vazão		Dimensões básicas (mm)			Conexões entrada/saída	Alimentação elétrica V/Hz/F	Peso Kg
	pcm	Nm³/h	L	P	H			
AC-0150	60	102	630	320	900	3/4" R	220/60/1	18
AC-0400	135	230	750	320	900	1" R	220-380/60/3	38
AC-0500	170	290	900	370	1050	1" R	220-380/60/3	40
AC-0600	225	434	980	370	1100	1 1/2" R	220-380/60/3	45
AC-0700	280	475	1090	370	1190	1 1/2" R	220-380/60/3	52
AC-1000	365	620	1160	400	1250	1 1/2" R	220-380/60/3	58
AC-1200	475	808	1400	400	1400	1 1/2" R	220-380/60/3	105

Condições de referência: temperatura ar comprimido na entrada do resfriador 150°C
temperatura ar comprimido na saída 8°C acima da temperatura ambiente
pressão máxima operação 16 bar

Modelos Especiais Alta vazão Sob consulta	Vazão		Conexões entrada/saída	Alimentação elétrica V/Hz/F
	pcm	Nm³/h		
AC-2000	758	1290	2" R	220-380/60/3
AC-2400	947	1610	2" R	220-380/60/3
AC-4800	1500	2550	3" R	220-380/60/3
AC-8600	3000	5100	3" R	220-380/60/3

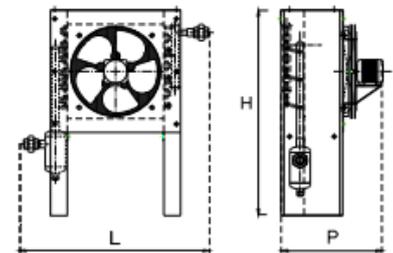


Figura A. 7-Resfriador.; fonte: (Fargon)

Anexo 8

Type	Maximum working pressure bar	Capacity FAD ¹⁾		Pressure loss mbar	Pressure dewpoint approx.°C	Power consumption kW	Refrigerant	Inlet/outlet connections	Approx. weight kg	Dimensions L x W x H mm
		l/s	m³/min							
FX – Refrigerant dryer air-cooled										
FX 1	16	6	0.26	160	3	0.12	R 134 a	G 3/4"	19	260 x 500 x 484
FX 2	16	10	0.60	250	3	0.16	R 134 a	G 3/4"	19	350 x 500 x 484
FX 3	16	14	0.84	250	3	0.19	R 134 a	G 3/4"	20	350 x 500 x 484
FX 4	16	20	1.20	250	3	0.27	R 134 a	G 3/4"	25	350 x 500 x 484
FX 5	16	30	1.80	300	3	0.28	R 134 a	G 3/4"	27	350 x 500 x 484
FX 6	16	39	2.34	320	3	0.61	R 404 a	G 1"	51	370 x 500 x 804
FX 7	13	50	3.00	320	3	0.67	R 404 a	G 1"	51	370 x 500 x 804
FX 8	13	60	3.60	180	3	0.79	R 404 a	G 1 1/2"	61	480 x 560 x 829
FX 9	13	68	4.08	250	3	0.87	R 404 a	G 1 1/2"	68	480 x 560 x 829
FX 10	13	87	5.22	180	3	1.07	R 404 a	G 1 1/2"	73	480 x 560 x 829
FX 11	13	108	6.48	200	3	1.19	R 404 a	G 1 1/2"	90	580 x 560 x 939
FX 12	13	128	7.68	270	3	1.45	R 404 a	G 1 1/2"	90	580 x 560 x 939



Figura A. 8-Secador de Ar.; fonte: (Atlas Copco)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 9

Filtros/Reguladores Conjugados - Séries 06 e 07

Características técnicas	
Conexão	1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" NPT ou G
Vazão (l/min)	Vide informações adicionais
Faixa de temperatura	0 a +52°C (copo de policarbonato) 0 a +80°C (copo metálico)
Faixa de pressão	0 a 10 bar (copo de policarbonato) 0 a 17 bar (copo metálico) 0 a 17 bar (dreno manual) 2 a 12 bar (dreno automático) *
Pressão secundária	0,14 a 8,5 bar 0,35 a 17,0 bar
Capacidade do copo	0,12 l (Série 06) 0,19 l (Série 07)
Granulação do elemento filtrante	5 ou 40 micra
Peso	0,7 kg (Série 06) 1,1 kg (Série 07)

Materiais	
Corpo	Zamac
Copo	Policarbonato transparente Zamac (copo metálico)
Haste de ajuste	Aço



Figura A. 9-Pré-filtro.; fonte: (Parker Hannifin)

Anexo 10

Preparação para Ar Comprimido - Série P3A

Características técnicas	
Conexão	1/8" e 1/4" NPT ou G
Vazão (l/min)	Vide informações adicionais
Faixa de temperatura	-10° a +50°C
Faixa de pressão	0 a 10 bar
Capacidade do copo	0,03 l
Granulação do elemento filtrante	Ver página 5
Peso	80 g (filtro) 100 g (regulador) 80 g (lubrificador)

Materiais	
Corpo	Nylon
Copo	Policarbonato transparente
Vedações	NBR



Nota: vide advertência referente a copos de policarbonato na página 64.

Figura A. 10-Pós-filtro.; fonte: (Parker Hannifin)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 11



Detalhes Técnicos

- Espessura máxima de corte: 12,7 mm
- Comprimento máximo: 3200 mm
- Força de corte: 450 N/mm²
- Ângulo de corte: 1° 30'
- Comprimento máximo do batente traseiro: 800 mm
- Número de golpes: 14 min⁻¹
- Distância entre as colunas verticais: 3445 mm
- Comprimento da faca: 3300 mm
- Altura da mesa de trabalho: 810 mm
- Potência do motor principal: 25 hp
- Rotação do motor principal: 1164 rpm
- Potência do motor do batente traseiro: 4 hp
- Rotação do motor do batente traseiro: 1068 rpm
- Vazão da bomba de engrenagens: 50 ml / r
- Pressão da bomba de engrenagens: 32 MPa
- Dimensão (C x L x A): 3225 mm x 1800 mm x 1940 mm
- Peso: 11 ton

Figura A. 11-Guilhotina.; fonte: (Atlasmaq)

Anexo 12

Detalhes Técnicos

- Capacidade: $\varnothing 76 \sim 219$
- Espessura de corte: Menor ou igual a 10mm
- Lâmina de corte: 200×76mm
- Rotação da lâmina: 24rpm
- Potência do motor: 1 hp
- Peso: 93 kg



Figura A. 12-Máquina de cortar tubos.; fonte: (Atlasmaq)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 13



Modell	MB 351	MB 502 E	MB 502	MB 754	MB 1204	RB 127	MB 351 F	MB 202 G
	Feed manual	Feed manual	Feed manual	Feed manual	Feed manual	Feed manual	Feed manual	Feed manual
Technical specifications								
Keyhole sawing max. Ø	-	-	-	-	-	127 mm	-	-
Max. drill Ø / Core drilling	35 mm	50 mm	50 mm	75 mm	120 mm	-	35 mm	35 mm
Max. drilling depth / Core drilling	50 mm	50 mm	75 mm	50 mm	75 mm	-	30 mm	50 mm
Max. drill bit Ø/Full drilling ¹	-	-	-	32 mm	32 mm	-	-	13 mm
Max. drilling depth/Full drilling ¹	-	-	-	150 mm	150 mm	-	-	110 mm
Max. drill bit Ø/Full drilling ²	13 mm	13 mm	16 mm	16 mm	16 mm	-	-	-
Max. drilling depth/Full drilling ²	140 mm	140 mm	110 mm	110 mm	110 mm	-	-	-
Spindle holder	M 27	Fixed	M 27	MK 3	MK 3	5/8"-16	Fixed	Fixed
Weldon shaft holder	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm	19 mm	-	19 mm	19 mm
Speed under load in rpm	330	180/270	230/300	90/120/180/230	120/220/250/450	-	390	330
Motor output	1 100 Watts	1 100 Watts	2 000 Watts	2 000 Watts	2 000 Watts	1 100 Watts	1 100 Watts	1 100 Watts
Electrical connection	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz	230 V/50 Hz
Magnetic foot dimensions	165 x 80 mm	180 x 90 mm	200 x 100 mm	200 x 100 mm	210 x 120 mm	-	165 x 80 mm	180 x 80 mm
Magnetic holding force	15 000 N	17 000 N	32 000 N	32 000 N	32 000 N	-	15 000 N	15 000 N

1) with directly mounted full drill 2) with mounted drill chuck adapter and drill chuck

Figura A. 13-Furadora.; fonte: (Metallkraft)

Anexo 14



PARÂMETROS TÉCNICOS											
CODE	€	V	Vo	P	0	I2TA	R _u (I _u) 50°	gBX	Kg		
Referência	Preço euro	Voltagem Alimentação	Voltagem Vazio	Potência Nominal KVA	Velocidade Fio m/min	Corrente Soldadura Amperes	Ciclo Funcion. Amp. @%	Fio Aplicável mm	Peso Kg	Dimensões mm	
238987	MIG255	1000.00	230V~1ph	24~45	MIG 12.3	2~8	50-255	120@60%	0.6~1	75 870x310x650	
238999	MIG315-3	1320.00	400V~3ph	16~36	MIG 13	2.5~16	35-315	315@35%	0.8~1.2	108 970x500x750	

Acessórios Opcionais			Consumíveis		Acessórios Incluídos	
Debitometro ARGON Com Rotâmetro Ref: 785212	Fio 15 Kg 1.0mm Ref: 241301 1.2mm Ref: 241302	Máscara Eletrônica POWERED DIN 9-13 Ref: 273780	TOCHA MIG 25	PORTA BICOS 785239 MOLA 238640 BOCAL CILINDRICO 785238 BOCAL CÔNICO 785204 BICOS M6 0.8 785222 BICOS M6 1.0 785200 BICOS M6 1.2 785223	Tocha 25 x 3mt	

Figura A. 14-Máquina de Soldar.; fonte: (EuroED)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 15



Detalhes Técnicos

Diâmetro máximo de chapa: 6mm
Comprimento máximo: 2000mm
Pressão máxima: 245MPa
Diâmetro do rolo superior: 220mm
Diâmetro do rolo inferior: 170mm
Velocidade do rolo: 4.5m/min
Potência do motor principal: 5.5 KW
Dimensão: 3200x1280x810
Peso: 2500

Figura A. 15-Calandra.; fonte: (Atlasmaq)

Anexo 16

Automatic Flanging Machine



Maximum Diameter (D) mm	Head Thickness Mild Steel mm	Head Thickness Stainless mm	Flanger Size / Dia	Recommended Press Press / D	Manipulator Capacity
3000	10	8.5	BF 10/D	PPM 150/D	MA 15
4000	15	13	BF 15/D	PPM 250/D	MA 30
5000	20	17	BF 20/D	PPM 300/D	MA 50
5500	25	22	BF 25/D	PPM 400/D	MA 60
6000	30	26	BF 30/D	PPM 500/D	MA 60
6500	35	30	BF 35/D	PPM 600/D	MA 80
7000	40	35	BF 40/D	PPM 800/D	MA 120
8000	45	39	BF 45/D	PPM 1000/D	MA 240
9000	50	43	BF 50/D	PPM 1500/D	MA 240

Figura A. 16-Rebordadora.; fonte: (Faccin)

“A essência do conhecimento consiste em aplicá-lo, uma vez possuído” - Confúcio

Anexo 17

TINTA EPOXI POLIAMIDA PLUS 4x1

Epóxi catalisado com poliamida em combinação com pigmentos e cargas especiais de alta qualidade. Indicado para aplicação em maquinários em geral, incluindo chapas nuas, ferro fundido, alumínio galvanizado e também superfícies de difícil aderência (azulejos, piso de concreto polido, estruturas metálicas, etc).

TEOR DE SÓLIDOS	SECAGEM	RENDIMENTO	CORES
Por peso: 70 +/- 5% Por volume: 65 +/- 5%	Toque: 3h Manuseio: 8h Cura total: 7 dias	9 a 10 m ² /L/demão Rend. teórico para espessura de 60 micrômetros.	Cores conforme catálogo.

PRIMER SERRALHEIRO

Primer alto desempenho a base de resina alquídica, de secagem rápida com pigmentação anti corrosiva. Proporcionado excelente aderência para pintura de metais de madeiras, com acabamento semi fosco.

TEOR DE SÓLIDOS	SECAGEM	RENDIMENTO	CORES
Por peso: 40 +/- 5% Por volume: 35 +/- 5%	Toque: 30 min Ao manuseio: 6h Final: 72h	35m ² /galão/demão Rend. teórico para espessura de 30 micrômetros.	Preto Vermelho Óxido Cinza *Cores não padronizadas

PRIMER SINTÉTICO

Produto a base de resinas alquídicas especiais, proporcionando uma ótima aderência às superfícies. Indicado para aplicações de fins anticorrosivos em superfície ferrosas, sujeitas a exposição ao intemperismo. **Classificado dentro da NORMA NBR 11702/92 TIPO 4.1.3**

TEOR DE SÓLIDOS	SECAGEM	RENDIMENTO	CORES
Por peso: 60 +/- 5% Por volume: 40 +/- 5%	Toque: 1h Manuseio: 6 a 8h Total: 72h	40m ² /galão/demão Rend. teórico para espessura de 30 micrômetros.	Cinza Laranja Branco

Figura A. 17-Tintas.; fonte: (Tintas Elit)