

# DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE AR COMPRIMIDO PARA UMA EMPRESA DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS PESADAS.

SILVA, João Paulo Silveira da <sup>1</sup>  
BEZERRA, Thiago Castro <sup>2</sup>  
VASCONCELOS, Jessica Hipólito de <sup>3</sup>  
SANTOS, Fábio de Sousa <sup>4</sup>  
LOLI, Adriana Cristina <sup>5</sup>

## RESUMO:

Este trabalho apresenta características de uma rede de ar comprimido, visão sobre o uso e demanda desses sistemas na atualidade, bem como os principais pontos necessários para o dimensionamento de um sistema para uso industrial ou empresas de médio porte. Apresenta-se desde a seleção do compressor até o dimensionamento das linhas de distribuição, discute-se o melhor caminho a tomar, visando economia e eficácia do projeto. Convém neste trabalho um estudo de caso de uma empresa de manutenção de máquinas pesadas de Cantagalo-Pr, que necessita de uma rede de ar comprimido em suas instalações, assim utiliza-se a demanda de ferramentas pneumáticas da empresa e os devidos pontos de alimentação necessários para que modele-se o layout de toda a estrutura. O dimensionamento utiliza nomogramas, para a seleção de compressores e conexões de tubulações e também métodos analíticos, observando-se os melhores caminhos a percorrer no dimensionamento das redes de ar, sendo viável economicamente e em conformidade com o ponto de vista técnico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ar comprimido, Compressores, Layout de rede de distribuição de ar.

## 1 INTRODUÇÃO

O ar comprimido atualmente é muito utilizado, vem ganhando muito espaço nas indústrias e empresas de diferentes portes, de forma geral o dimensionamento da rede de distribuição de ar comprimido é o cálculo entre comprimento total da linha, vazão e pressão em que os equipamentos operam. Já o dimensionamento do compressor é

---

<sup>1</sup> Graduado de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Campo Real.

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

<sup>4</sup> Graduado em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Professor no Centro Universitário do Campo Real.

<sup>5</sup> Graduada em Licenciatura em Matemática. Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Professora no Centro Universitário do Campo Real.

a seleção do modelo do próprio e seu reservatório de ar, assim apresenta-se dados para um projeto bem sucedido.

As redes de distribuição de ar normalmente são feitas de tubos de aço inox, alumínio ou PPR (Polipropileno Copolímero Random), onde tem seu início no compressor e seguem até pontos de ancoragem para as ferramentas pneumáticas. Facilitam o trabalho das pessoas que operam os equipamentos, pois tem suas saídas em locais estratégicos de modo a gerar maior eficiência e organização no espaço de trabalho, também pensando na segurança dos trabalhadores por evitar mangueiras de ar espalhadas pelo ambiente de serviço.

A partir dessas afirmações surge a opção de implementação das redes de distribuição, que neste caso será dimensionada a rede de ar comprimido para as ferramentas utilizadas na manutenção de tratores de grande porte e seus implementos. Para a realização do projeto pesquisa-se sobre o local de implementação do sistema, buscando saber sobre os equipamentos que já estão em uso e observando necessidades futuras da empresa.

Em uma empresa de pequeno porte tem-se poucos equipamentos, mas neste caso é planejado uma expansão de serviços, com isso será preciso maior número de máquinas, tais como: pistolas pneumáticas, macacos, calibradores, engraxadeiras, etc. O problema surge neste ponto onde deve-se conciliar os equipamentos já em uso e também os novos. A importância de prever um aumento do consumo de ar comprimido é que muitas vezes o sistema passa a ficar sobrecarregado ao longo do tempo, trabalhando acima da capacidade do projeto inicial onde causam perdas e baixas pressões no sistema.

Como objetivo geral apresenta-se a implementação da rede de ar comprimido completa utilizando os equipamentos novos e os já existentes, suprimindo a taxa de aumento prevista para a empresa, onde a mesma está situada na cidade de Cantagalo-Pr. Os objetivos específicos são: elaboração de um memorial de cálculo e projeto de engenharia para instalação de um sistema de ar comprimido, realizando o desenho em 3D que apresente o layout para maior interesse por conta dos empresários envolvidos com a execução do projeto.

Nas indústrias sabe-se que um projeto deste é de suma importância, pois evita ter vários compressores espalhados ou até mesmo mangueiras em meio ao ambiente de serviço. Com as redes de distribuição de ar tem-se um ambiente de trabalho mais

seguro, tanto para os funcionários quanto para as máquinas, sendo que os funcionários não ficam diretamente expostos a toda a linha ou aos ruídos constantes dos compressores. Com a existência de válvulas em cada saída de ar. Como parte importante dentro da sociedade essas redes de distribuição juntamente com um acessório para o tratamento do ar são muito utilizadas na maioria dos hospitais, onde tem suas saídas em algumas salas pré-selecionadas e pode ser acionada por meio de válvulas quando houver necessidade.

Convém neste projeto um estudo de caso de uma indústria que necessita da implementação de um sistema de ar comprimido, visando a organização e maior eficiência no trabalho. O objeto de estudo é o dimensionamento desta rede de distribuição que será realizado através de pesquisas bibliográficas, em catálogos de fabricantes de materiais, livros, e artigos desenvolvidos na área e aplicação de um estudo de caso.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 AR COMPRIMIDO**

Com uma alta eficiência energética, o ar comprimido vem a ser uma forma de energia muito bem utilizada onde não tem necessidades de causar reações químicas para sua produção, apenas utiliza o ar ambiente, como afirma Metalplan (2017, p.8) “O ar comprimido é uma importante forma de energia, insubstituível em diversas aplicações e resultado da compressão do ar ambiente, cuja composição é uma mistura de oxigênio (~20,5%), nitrogênio (~79%) e alguns gases raros.”, isso vem a ser uma das principais vantagens, porém vem a desvantagem quando apresenta-se sistemas mal projetados ou mal executados, gerando grande impacto no meio ambiente por conta de gastos excessivos com energia elétrica, esses gastos são explicados por vazamentos, “Todos os sistemas de ar comprimido estão sujeitos a vazamentos e não são raras perdas de até 40% de todo o ar comprimido produzido.” (METALPLAN, 2017, p. 9).

Percebe-se que no ambiente de trabalho com ferramentas pneumáticas o que manda é a pressão, um termo abstrato porém de fácil compreensão, assim “Em termos de pneumática, define-se pressão como a força exercida em função da

compressão do ar em um recipiente por unidade de área interna dele. (FIALHO, 2011, p. 19).

Observando as várias perdas de ar comprimido, Metalplan (2017, p.8) esclarece que o uso da energia pneumática alcança um custo mais alto do que a energia elétrica, porém com algumas de suas vantagens, seu uso pode-se tornar mais compensativo.

Em função das perdas decorrentes da transformação de energia, o ar comprimido (energia pneumática) pode custar de sete a dez vezes mais do que a energia elétrica para realizar uma aplicação similar, embora isso seja normalmente compensado pelas vantagens de flexibilidade, conveniência e segurança proporcionadas pela energia pneumática.

## 2.2 GERAÇÃO DO AR COMPRIMIDO

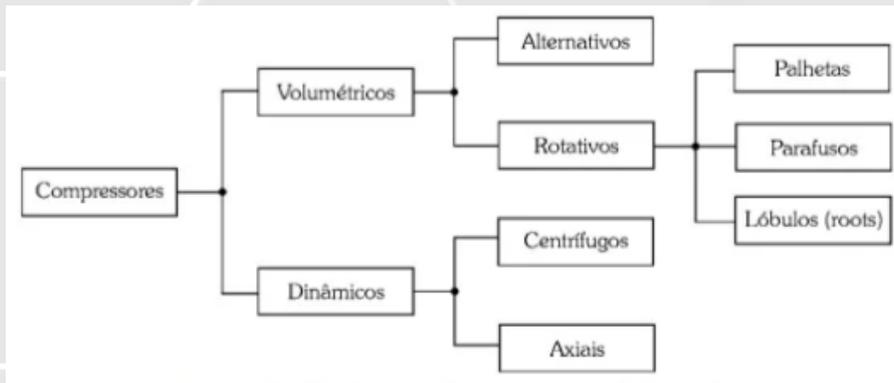
Em seu estado natural o ar atmosférico a nível do mar está a uma pressão de 1 ATM (1,01325 Bar), para comprimi-lo precisa-se de um compressor de ar. Atualmente encontra-se vários modelos no mercado, convém neste projeto selecionar corretamente o melhor para a empresa.

Antes do dimensionamento do compressor é realizado o dimensionamento da rede de distribuição, baseada no volume de ar e nas pressões requisitadas pelo sistema, a partir disso o volume de ar fornecido, tipos de acionamento, entre outras características, apresentam o ideal para a seleção do compressor para o projeto.

### 2.2.1 TIPOS DE COMPRESSORES.

Na Figura 1, observa-se os diversos modelos de compressores industriais para a classificação, “os compressores de maior uso na indústria são os alternativos, de palhetas, de parafuso, de lóbulos, centrífugos e axiais.” (FIALHO, 2011, p. 42).

Figura 1 – Quadro geral de compressores industriais.

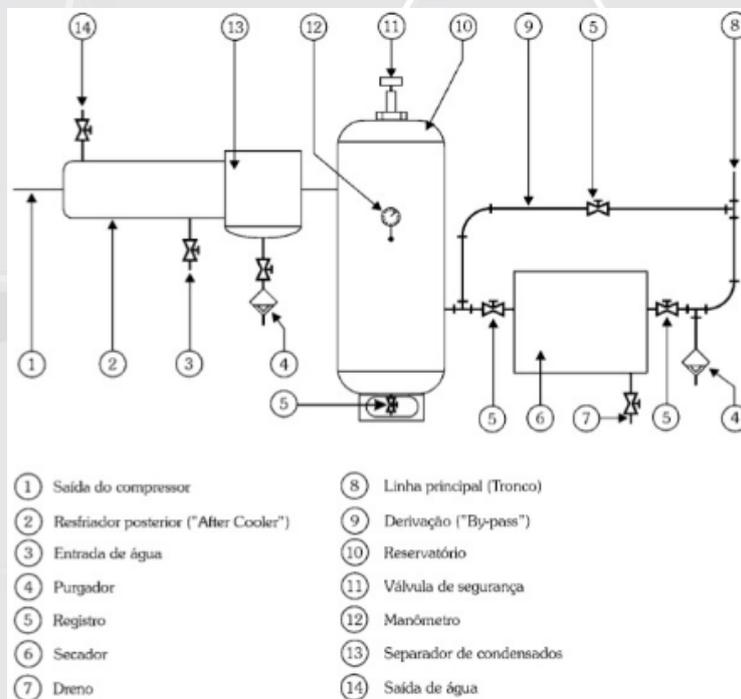


Fonte: Fialho (2011, p. 42.)

### 2.3 TRATAMENTO DO AR COMPRIMIDO.

O ar atmosférico quando entra no reservatório do compressor tem características não desejadas dentro das ferramentas pneumáticas, por exemplo umidade em forma de vapor de água e micro impurezas como sujeiras e materiais abrasivos. Como solução utiliza-se equipamentos para tratar e preparar o ar, deixando-o próprio para o uso em ferramentas pneumáticas.

Figura 2 – Central de tratamento e armazenamento do ar comprimido.



Fonte: Fialho (2011, p. 62).

A Figura 2 exemplifica o caminho em que o ar comprimido percorre, com início do seu trajeto na saída do compressor (1), passando por um resfriador (2) que retira o calor quente do ar, resultante da compressão rápida que se ocasionou no compressor, de acordo com Bosch (2008, p.14) “as normas de prevenção de acidentes especificam que a temperatura de saída de compressão não deve exceder um valor definido (normalmente entre 160°C e 200°C). Por essa razão, a maior parte do calor de compressão deve ser dissipada.”, seguindo para o separador de condensados (13) que retira partículas diferentes do ar e também o excesso de água ou líquidos presentes no ar, assim com menor nível de umidade e sem fragmentos de sujeira pode entrar no reservatório (10). Quando o ar comprimido chega ao secador (6), onde tem o restante da umidade removida, o ar comprimido fica próprio para o uso industrial, segundo Bosch (2008, p. 15) tem 3 métodos para a secagem: o primeiro é chamado de condensação que é a secagem do ar pela separação da água com temperatura mais baixa que a do ponto de vapor, o segundo é difusão onde a secagem ocorre pela transferência de moléculas, e o último método é por absorção que ocorre através da desumidificação do ar. Com a secagem aplicada tem-se maior durabilidade tanto para a linha de distribuição, quanto para as ferramentas pneumáticas utilizadas no sistema.

## 2.4 REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE AR.

As redes de distribuição servem para facilitar o trabalho com ferramentas pneumáticas nas indústrias e fábricas da atualidade, são criadas de modo a interligar um ou mais reservatórios de ar a pontos de alimentação dispersos pelo ambiente de trabalho.

Existem três tipos de sistemas de distribuição, redes em circuito aberto, circuito fechado, e circuito misto que vem a ser a junção dos dois sistemas anteriores.

## 2.5 DIMENSIONAMENTO DA TUBULAÇÃO.

A parte mais importante do projeto de uma rede de ar comprimido é a questão das dimensões dos tubos, é aqui onde consegue-se definir todas as medidas, levando

em consideração as normas de segurança para que não haja problemas de linhas fracas, e também as possíveis ampliações que possam ocorrer no futuro.

Alguns itens devem ser observados na hora do dimensionamento da linha tronco, tais como:

- Vazão (Q) [m<sup>3</sup>/h].
- Comprimento total da linha tronco (Lt) [metros].
- Queda de pressão admissível ( $\Delta P$ ) [kgf/cm<sup>2</sup>].
- Número de pontos de estrangulamento e pressão de regime (P) [kgf/cm<sup>2</sup>].

O comprimento total da linha (Lt) é a soma do comprimento da tubulação principal com o comprimento equivalente, que vem a ser o comprimento das singularidade dos pontos de estrangulamento (curvas, registros, tês, etc) (FIALHO, 2011, p. 63, 64, 65).

Para obter o diâmetro mínimo para a demanda das variáveis referidos no parágrafo anterior, tem-se um equacionamento que terá como resultado o diâmetro interno [d] em milímetros, que é:

Equação 1:

$$d = 10 \sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1,85} \cdot Lt}{\Delta P \cdot P}}$$

Esta equação serve tanto para a linha principal quanto para as linhas secundárias, segundo Fialho (2011, p. 67) “No caso das linhas secundárias, sendo todas de mesmo comprimento, divide-se o volume de ar corrente pelo número de linhas secundárias, e procede-se ao cálculo, ajustando também a valor da variável comprimento (Lt).” Com isso podemos realizar o dimensionamento correto do sistema total de ar comprimido.

## 2.6 TIPOS DE TUBULAÇÕES.

O ponto crucial para encontrar economia e eficácia é na escolha do material da tubulação, estando diretamente ligado aos vazamentos e a qualidade do ar comprimido. Deve-se analisar os tipos de tubos e suas diferentes características, escolhendo o mais apropriado para o projeto.

Os materiais comumente utilizados nas tubulações são: alumínio, aço inoxidável, aço carbono, aço galvanizado e plásticos, um material que cada vez vem sendo mais utilizado é o PEAD (polietileno de alta densidade).

Segundo Neuplast (2020) o PEAD é um dos materiais mais utilizados por conta do seu custo benefício, pois oferece dureza, resistência térmica, mecânica e química, é atóxico, leve e de fácil corte. Isso tudo tem influência sob o projeto, tornando a instalação mais simples sem correr o risco de vazamentos prematuros ou falhas de grande porte.

Outro material muito utilizado para redes de ar comprimido, é o aço carbono Astm A120, com um custo mais baixo do que materiais plásticos, atende muito bem o sistema, porem tem sua instalação mais complicada, por conta das soldas para fixações e cuidado redobrado com vazamentos nas conexões.

Tubos de aço inoxidável são muito viáveis em redes de ar comprimido, porÉm tem um custo mais elevado de instalação, pelo fato de que devem ser soldados aos seus suportes e com maiores cuidados na hora de adicionar os acessórios, mas em instalações profissionais a possibilidade de vazamentos é quase que descartada, também por ser resistente a corrosão, promete uma vida útil longa.

### 3 METODOLOGIA

A demanda deste projeto vem do crescente aumento de manutenção em máquinas pesadas de uma empresa de Cantagalo-Pr, com isso é preciso um número maior de ferramentas pneumáticas, tornando-se viável o dimensionamento da rede de distribuição do ar comprimido.

Convêm neste projeto um estudo de caso tendo em vista a estrutura da empresa e suas demandas, realizando o dimensionamento que gere maior eficiência no trabalho e menores custos de instalação do sistema. Através de estudos das demandas, procurou-se os meios mais acessíveis que atendam às exigências do dimensionamento da rede de ar comprimido.

Primeiramente para realizar o dimensionamento, calcula-se o diâmetro da linha tronco, que é obtido através da EQUAÇÃO – 1, nesta equação primeiramente utiliza-se os dados de comprimento ignorando os comprimentos das singularidades, sendo apenas os dados de comprimento retilíneo. O consumo de ar total também é uma variante utilizada para o cálculo do diâmetro, a partir da demanda dos equipamentos deve ser feita uma tabela na qual apresente dados sobre cada equipamento a ser utilizado e a vazão total do sistema.

Executando os cálculos, tem-se o resultado do diâmetro nominal da linha principal. Com isso, observa-se o catalogo do fabricante de tubos que apresenta os diâmetros comerciais, tendo em vista que o mesmo deve ser igual ou maior que o nominal, isso para que a rede consiga suprir as necessidades do consumo de ar.

Com o diâmetro comercial analisa-se um determinado quadro fornecido pelo fabricante dos tubos, que mostra o comprimento das singularidades para o mesmo. Para o recálculo do diâmetro nominal, utiliza-se o comprimento retilíneo somado ao comprimento das singularidades, tendo como resultado o diâmetro nominal final da linha tronco, a fim da seleção do diâmetro comercial dos tubos a serem utilizados no projeto.

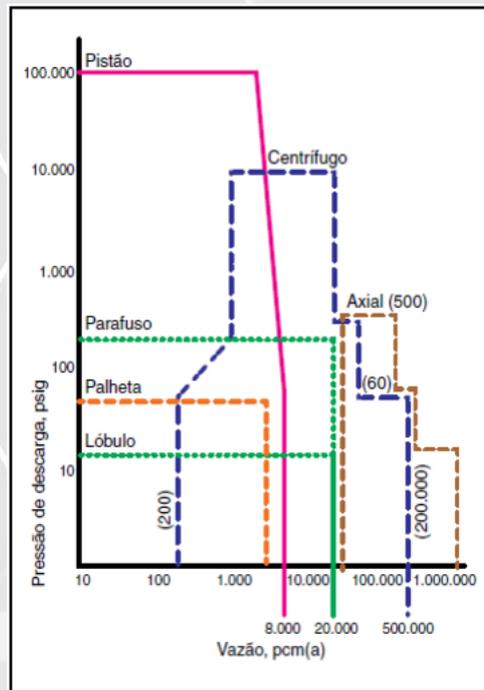
Para o dimensionamento das redes de alimentação novamente utiliza-se a importante EQUAÇÃO - 1, porém com algumas alterações nos dados. O comprimento a ser considerado é o comprimento linear da linha de alimentação maior, já a vazão total deve ser dividida pela quantidade de linhas secundárias existentes no sistema, assim tem-se a vazão que pode atuar em cada ponto de alimentação. As linhas secundárias (quando existentes nos sistema) são calculadas iguais as linhas de alimentação, utilizando na equação o comprimento da linha mais longa.

Seguindo o passo-a-passo da linha tronco observa-se o catalogo do fabricante escolhendo o diâmetro comercial, seguindo a regra de que o diâmetro comercial deve ser maior ou igual ao nominal. Determinado quadro fornecido pelo fabricante apresenta os respectivos comprimentos das singularidades para o diâmetro comercial escolhido. Com a soma do comprimento retilíneo ao das singularidades aplica-se na EQUAÇÃO – 1 tendo como resultante o diâmetro final das linhas secundárias ou de alimentação, sendo feito posteriormente a seleção do seu diâmetro comercial.

Com os diâmetros comerciais definidos o dimensionamento das linhas de distribuição está pronta, possibilitando o dimensionamento e escolha do compressor do sistema.

Pode-se dizer que um dos principais componentes do sistema de ar comprimido é o compressor, equipamento que realiza a transformação da energia elétrica em energia mecânica através da pressão do ar.

Figura 3 – Diagrama para seleção de compressores.



Fonte: Parker Training, 2006, p. 19.

Com o diagrama que apresenta linha e coluna contendo pressão e vazão, utiliza-se as informações do sistema para realizar a escolha do modelo correto de compressor. Ao cruzar as informações no diagrama gera-se um ponto específico, onde aponta o melhor tipo de compressor para a rede estudada.

Nota-se que compressores de pistão tem uma área muito vasta de utilização, indo até a pressão mais alta, de 100.000 psig com uma vazão de até 7000 pcm, por isso o uso de compressores de pistão é mais comum. Compressores axiais também são bastante utilizados, porém tem maior concentração nas fábricas e indústrias de grande porte, pelo fato de trabalhar em uma margem maior de vazão, sendo assim, tornam-se inviáveis para o uso em empresas de menor porte.

Segundo Fialho (2011, p. 141), para definir o dimensionamento do compressor com clareza, observa-se os seguintes aspectos: consumo de ar comprimido, pressão necessária, qual a aplicação do ar comprimido, a intensidade e frequência de uso, qual o local disponível para instalação, se irá trabalhar fixo ou móvel, se haverá aumento da demanda de ar em curto, médio ou longo prazo, qual a tensão da rede e por fim se o ar precisará de tratamento.

Após a análise de todos esses pontos, juntamente com o diagrama para seleção de compressor, não esquecendo do mais importante, orçamento disponível da empresa, tem-se o necessário para o dimensionamento do compressor. Com o

compressor e as linhas primárias, secundárias (se houver) e de alimentação dimensionadas, basta apresentar o projeto juntamente com o layout da rede para o interessado, ficando a seu critério a implementação ou não.

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Primeiramente verificou-se as ferramentas pneumáticas já em uso na empresa, após isso foram coletadas as medidas dos barracões e casa do compressor para o layout, assim partindo para a modelagem da rede, apontando a linha tronco e linhas de alimentação. As linhas de alimentação foram definidas a partir da demanda de novos equipamentos pneumáticos, sendo estrategicamente posicionadas em pontos chave, de modo a gerar maior eficiência no trabalho.

Observando os catálogos de cada fabricante tem-se as vazões e pressões dos equipamentos desejados no sistema, a partir desses dados tem-se o volume total de ar que o sistema precisa. Levando em consideração que a empresa está crescendo acentuadamente, realiza-se o cálculo do volume total somando 50% de volume de ar para ampliações futuras e 10% para os indesejáveis mas não descartados vazamentos, para que assim não influenciem grandemente no funcionamento dos equipamentos.

Com a pretensão de utilizar 1 parafusadeira pneumática ½", 1 parafusadeira 1", 1 macaco pneumático, 1 bico pulverizador, 1 retifica, 1 pistola de pintura, 1 engraxadeira, tem-se um total de 8 ferramentas, cujas descritas na tabela abaixo com as devidas propriedades:

Quadro 1 – Tabela de características de equipamentos.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	PRESSÃO[kgf/cm2]	CONSUMO [m³/h]	CONSUMO TOTAL [m³/h]
Parafusadeira ½"	1	6,32	8,40	8,40
Parafusadeira 1"	1	6,32	24,00	24,00

Macaco 32T	1	9,00	16,99	16,99
Calibrador	1	8,20	25,00	25,00
Bico Pulverizador	1	2,04	18,00	18,00
Retifica reta 1/4	1	6,32	22,20	22,20
Pistola de pintura	1	2,04	16,80	16,80
Engraxadeira	1	7,14	13,59	13,59
TOTAL	8	---	---	144,98

Fonte: Manuais dos equipamentos.

Como vazão total dos equipamentos em m<sup>3</sup>/h tem-se o total de 144,98 [m<sup>3</sup>/h], levando em consideração a adição de 50% por conta de futuras ampliações e 10% de perdas por vazamentos, o projeto apresenta uma vazão de 232,00 [m<sup>3</sup>/h], ou 136,5 [PCM].

Analisando o designer do barracão que deseja-se implementar o sistema, torna-se mais viável a utilização de uma rede em circuito aberto, gerando um gasto menor de materiais e ainda assim suprindo a demanda.

As dimensões do barracão principal são 20 metros de largura por 15 metros de comprimento e 5 metros de altura livre. No layout apresenta-se com clareza o comprimento de tubos a serem utilizados no sistema, porem para fins do dimensionamento da rede devemos utilizar o comprimento retilíneo da tubulação. A linha tronco tem um comprimento retilíneo total de 74,00 metros.

Fialho (2011, p. 157) relata sobre a queda de pressão admissível “Fialho (2003) comenta que um desempenho satisfatório da rede de distribuição não pode exceder 0,3 kgf/cm<sup>2</sup> ( $\Delta P$ ). No caso de grandes redes, esse desempenho pode atingir 0,5 kg/cm<sup>2</sup>.” Assim considera-se a rede do presente projeto como sendo de pequeno porte, pois não excede 500 metros retilíneos, tem-se a queda de pressão admissível  $\Delta P = 0,3 \text{ kgf/cm}^2$ .

O sistema opera a uma pressão de regime de 10 bar ou 10,2 kgf/cm<sup>2</sup>, sendo a pressão no reservatório de ar. Com essa pressão de regime mesmo com a queda de pressão admissível o sistema estará suprindo a demanda dos equipamentos.

O layout da rede de distribuição é indispensável para o projeto, mas primeiramente precisa-se da planta baixa da construção civil para observar os pontos estratégicos do sistema. Pelo fato do local a ser implementado o sistema não possui uma planta baixa, utilizou-se o programa SolidWorks para produzir o modelo da construção.

Utilizando o mesmo programa, desenvolveu-se o layout da rede de distribuição de ar. Conforme a demanda de pressão e vazão do sistema, juntamente com os principais pontos que requerem alimentação, optou-se por uma linha de distribuição aberta, conseguindo suprir os postos de trabalho sem gerar um custo excessivo.

O layout completo do sistema está representado no APÊNDICE A, que retrata a planta civil e também demarca as linhas de distribuição.

#### 4.1 DIMENSIONAMENTO DA LINHA TRONCO

Com as devidas informações sobre vazão, comprimento total da linha, queda de pressão admissível e pressão de regime em mãos, apresenta-se todos em uma tabela para que não haja erro na coleta dos dados, gerando assim maior confiabilidade nos cálculos.

Quadro 2 – Dados da linha tronco.

Vazão total de ar [Q] + 60%	232,00 m <sup>3</sup> /h
Comprimento retilíneo [L1]	74,00 metros
Queda de pressão admissível [ΔP]	0,3 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão de regime [P]	10,2 kgf/cm <sup>2</sup>

Fonte: Coleta de dados do texto.

Para o resultado do diâmetro nominal da linha tronco utiliza-se a EQUAÇÃO 1.

$$d = 10 \left[ \sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot 232^{1,85} \cdot 74}{0,3 \cdot 10,2}} \right]$$
$$d = 39,46 \text{ mm.}$$

Como resultado do dimensionamento da linha tronco tem-se o diâmetro nominal interno do tubo com 39,46 mm, que apresenta o diâmetro comercial dos tubos de aço galvanizado ASTM A 120 escolhe-se o diâmetro com valor de 40,9 mm, 1.1/2” (uma polegada e meia).

A partir do diâmetro comercial selecionado analisa-se a tabela QUADRO 3 abaixo onde especifica-se os valores das singularidades presentes no sistema.

Quadro 3 – Comprimento das Singularidades dos tubos 1.1/2 polegadas.

Singularidades	Quantidade	Comprimento [m]	Comprimento Total
Curva 90° raio longo rosqueada	4	1,0	4,0
Tê fluxo em linha rosqueado	2	1,7	3,4
Válvula gaveta rosqueada	1	0,37	0,37
Comprimento total L2 [m]			7,77

Adicionando o comprimento das singularidades ao valor do comprimento retilíneo da linha tronco, L1 + L2 tem-se o total Lt para o cálculo final do diâmetro interno da linha tronco.

$$\begin{aligned} L_t &= L_1 + L_2 \\ L_t &= 74,0 + 7,77 \\ L_t &= 81,77 \text{ metros.} \end{aligned}$$

Novamente insere-se os valores com o reajuste do comprimento na EQUAÇÃO

1.

$$d = 10 \left[ \sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot 232^{1,85} \cdot 81,77}{0,3 \cdot 10,2}} \right]$$

$$d = 40,26 \text{ mm}$$

Com resultado do diâmetro nominal interno de 40,26 mm, utiliza-se o valor de diâmetro comercial interno 40,9 mm e diâmetro externo de 48,3 mm ou 1.1/2 polegadas com parede de 3,8 mm para a linha tronco, estando completo o dimensionamento da linha principal.

## 4.2 DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS DE ALIMENTAÇÃO.

Para o dimensionamento das linhas de alimentação divide-se a vazão total pelo número de linhas, admitindo que todas as linhas possam ser utilizadas ao mesmo tempo com uma mesma vazão. Como não está especificada onde cada equipamento pneumático será utilizado, o dimensionamento deve ser feito igualmente para todas as linhas de alimentação.

Dividindo a vazão total 232,00 m<sup>3</sup>/h pela quantidade de linhas de alimentação existentes que são 8 unidades, resulta na vazão de 29,00 m<sup>3</sup>/h por linha de alimentação, considerando que cada uma tenha um comprimento de 3,8 metros.

Quadro 4 – Dados das linhas de alimentação.

Vazão de ar [Q]	29,00 m <sup>3</sup> /h
Comprimento retilíneo [L1]	3,8 metros
Queda de pressão admissível [ΔP]	0,3 kgf/cm <sup>2</sup>
Pressão de regime [P]	10,2 kgf/cm <sup>2</sup>

Fonte: Coleta de dados do texto.

Utilizando a EQUAÇÃO 1 com os dados das linhas de alimentação:

$$d = 10 \left[ \sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot 29^{1,85} \cdot 3,8}{0,3 \cdot 10,2}} \right]$$
$$d = 10,09 \text{ mm}$$

Como resultado do diâmetro nominal tem-se 10,09 mm, O que apresenta o diâmetro comercial mais adequado de 12,6 mm ou 3/8 polegadas. Assim pode-se analisar o comprimento das singularidades das linhas de alimentação. Pelo fato das tabelas dos comprimentos das singularidades, não apresentarem o valor para a medida 3/8 polegadas, considera-se os valores mais próximos a essa medida, no caso 1/2 polegada.

Quadro 5 – Comprimento das Singularidades dos tubos 1.1/2 polegadas.

Singularidades	Quantidade	Comprimento [m]	Comprimento Total
Curva 180° raio longo rosqueada	1	1,1	1,1
Tê fluxo em ramal rosqueado	1	1,3	1,3
Válvula gaveta rosqueada	1	0,17	0,17
Comprimento total L2 [m]			2,57

Com a medida das singularidades, pode-se somar ao comprimento retilíneo, totalizando em 6,37 metros, assim insere-se os valores na EQUAÇÃO 1.

$$d = 10 \left[ \sqrt[5]{\frac{1,663785 \cdot 10^{-3} \cdot 291,85 \cdot 6,37}{0,3 \cdot 10,2}} \right]$$

$$d = 11,19 \text{ mm}$$

Com o resultado do diâmetro nominal de 11,19 mm, pode-se considerar o valor do diâmetro comercial final de 12,6 mm ou 3/8 polegada, diâmetro externo de 17,2 mm, com parede de 2,31 mm. A partir desses dados tem-se a tubulação da rede de distribuição totalmente definida.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DO COMPRESSOR.

O dimensionamento do compressor deve ser cuidadosamente realizado, observando o maior número de informações possíveis para que não haja falha, ou seja, não ocorra que o sistema tenha uma vazão menor que a necessária, ou que a rede de energia não consiga suprir a demanda do motor do compressor, ou até mesmo realizar o dimensionamento de um compressor que seja maior do que o local projetado para a fixação.

Sabe-se que na empresa a ser implementado o sistema, contém uma rede de luz trifásica suprimdo a demanda de energia de um compressor de pequeno ou médio

porte, o ar não necessita de tratamento por conta do uso ser para ferramentas robustas, prevê um aumento na demanda de ar comprimido de 50% ao longo de 5 anos, sendo que este valor já está incluso na vazão total que é 232,00 m<sup>3</sup>/h, ou 136,5 PCM, e pressão máxima necessária de 9 kgf/cm<sup>2</sup>, ou 128,01 lbf/pol<sup>2</sup>.

Quadro 6 – Vazão e pressão do sistema.

VAZÃO	PRESSÃO
232,00 m <sup>3</sup> /h	9 kgf/cm <sup>2</sup>
136,5 PCM	128,01 lbf/pol <sup>2</sup>

Fonte: Dados do texto.

Analisando a FIGURA 6 tem-se duas opções de compressor, sendo elas o modelo parafuso e o modelo pistão. Seguindo essa base de informações, o compressor selecionado é um compressor de pistão MOTOMIL cmav-20/200 com 5 hp de potência e 175 lbf/pol<sup>2</sup>, que irá suprir as necessidades totais da rede de distribuição, tendo um ótimo custo benefício.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de todo o estudo realizado, chega-se à conclusão de que o dimensionamento da rede de distribuição de ar é muito importante nas empresas, seja ela de pequeno ou médio porte, tendo em vista que em uma empresa de grande porte é indiscutível a realização ou não.

Para este projeto é necessário um vasto conhecimento de engenharia, visando buscar a melhor maneira de adaptar um sistema à determinado local, sendo cada caso um caso, o desafio vem maior ainda.

Através das fontes possíveis de informações chega-se a um resultado final, sendo ele o composto pelo layout da rede de ar comprimido dentre as construções já existentes, definido como um sistema de rede aberta, o dimensionamento da linha principal com diâmetro de 1.1/2 polegadas. Sem ter linhas secundária, diretamente com linhas de alimentação com diâmetro de 3/8 polegadas. Todo esse sistema com um compressor de ar já existente na empresa, sendo de modelo com pistão com 5 hp de potência e 175 lbf/pol<sup>2</sup>, suprimindo toda a demanda dos equipamentos utilizados.

Toda pessoa busca seu crescimento, seja ele intelectual ou profissional, com as empresas também, cada uma busca ter um nome renomado dentre os outros. Atualmente com grandes concorrências cada um deve se dedicar e investir ao máximo, com esse intuito as empresas observam seus próprios defeitos ou oportunidades de melhorias. As redes de distribuição de ar vem para inovar em um local de trabalho, onde era “poluído” com mangueiras de ar espalhadas pelo local de trabalho, a partir da implementação garante-se um ambiente de trabalho mais harmonioso, eficiente e sempre com segurança.

O conhecimento adquirido através deste projeto é imensamente importante, pelo fato de trabalhar diversos temas, tais como: desenvolvimento de projetos, tipos de materiais disponíveis no mercado, pesquisas sobre empresas que implantaram esse sistema, informações sobre os equipamentos pneumáticos, coleta de dados para o projeto, comunicação entre cliente e projetista, inovação no mercado, orçamentos de valores, dentre outros tantos tópicos, melhorando como pessoa, em comunicação e entendimento e também contribuindo para as empresas que necessitam de serviços.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de circuitos**. 7 ed. São Paulo: Érica, 2011.

METALPLAN. **Manual de ar comprimido**. 6 ed. 2017.

CORADI, F. E. **Análise energética e econômica na rede de distribuição de ar de uma indústria de autopeças**. Dissertação – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2011.

HANNIFIN, P. **Tecnologia pneumática industrial**. Apostila 1001-1 BR, Jacareí, São Paulo, 2000.

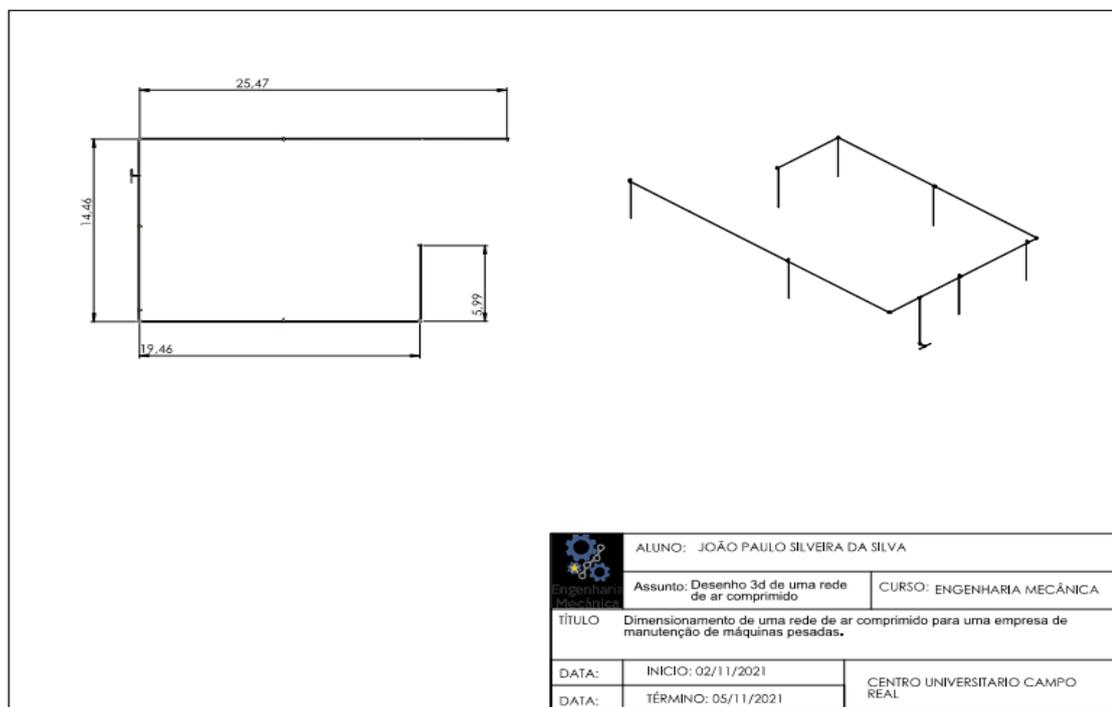
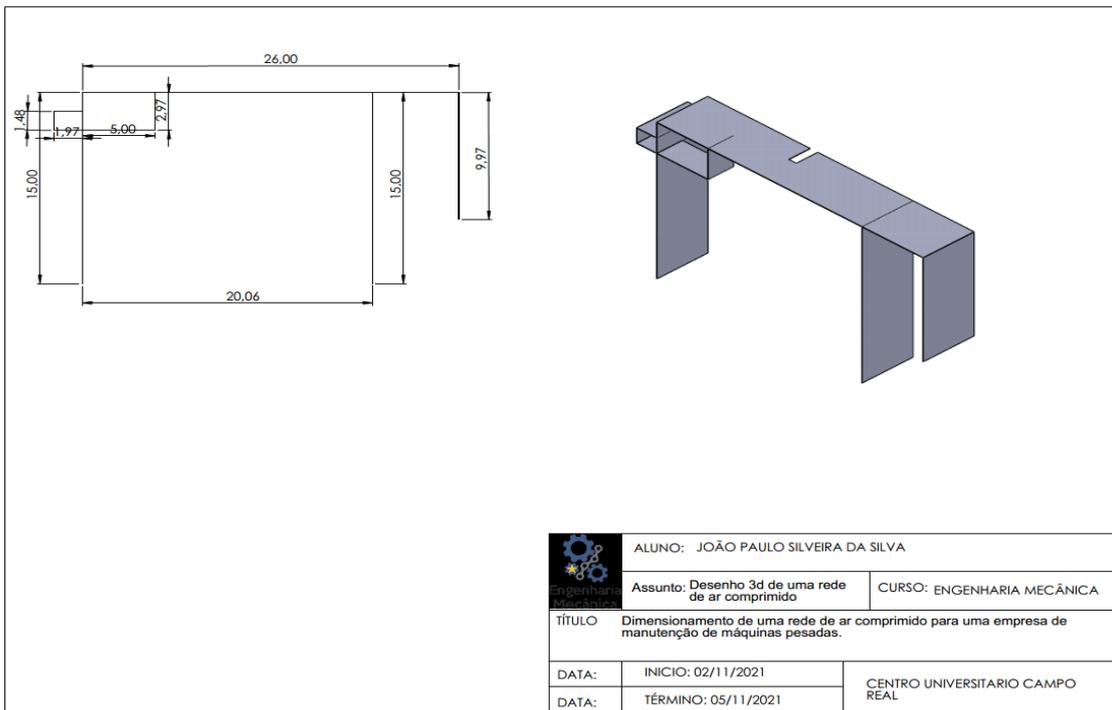
AGOSTINI, N. **Sistemas pneumáticos industriais**. CCA ind., Rio do sul, Santa Catarina, 2008.

BOSCH. **Tecnologia de ar comprimido**. Campinas: Bosch, 2008.

SCHULZ. **Compressor de pistão, acionamento direto**. Manual de instruções, Joinville, Santa Catarina, 2020.

WURTH. **Fichas técnicas**, Cotia, São Paulo, 2021. Disponível em: [wurth.com.br](http://wurth.com.br)  
Acessado em 10 outubro 2021.

## APÊNDICE A – Layout do sistema de distribuição.



Fonte: autoria própria.