

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CUSTO DE UMA REDE DE AR COMPRIMIDO

L. M. T. Carvalho, lidiamary17@hotmail.com¹
L. N. M. de Araújo, lucianenmenezes@live.com¹
L. H. A. Portela, luis_henrique92@hotmail.com¹
R. C. Soares, eng.mec.ricardocardoso@gmail.com¹
A. F. C. Fortes, Anderson.fortesem@ifpi.edu.br²

¹Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua Brito Melo, 2558-Lourival Parente-Teresina-PI

¹Instituto Federal do Maranhão (IFMA)-Campus Coelho Neto, Rua da Saudade, 4180-Parque das Esplanadas-Teresina

¹Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua Mundinho Ferraz, 3875-Morada do Sol-Teresina-PI

¹Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua Desembargador Berilo Mora, Q 129-C 7-Dirceu 1

²Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua David Caldas, 1361-Vermelha-Teresina-PI

Resumo: Algumas vantagens do ar comprimido como meio de transporte de energia, diante de outros meios, como baixo custo de manutenção, uso prolongado dessa ferramenta sem superaquecimento, tem feito as indústrias optarem por essa ferramenta em seus processos industriais. Porém, o uso indevido do ar comprimido acarreta em alguns custos financeiros para a indústria que o utiliza. No uso do ar comprimido, o compressor, responsável por comprimir o ar, é de indispensável importância quando se diz respeito a seu dimensionamento, de acordo com produção da indústria que o mesmo alimenta. Estes equipamentos requerem uma atenção especial, em virtude do grande consumo de energia necessário para o seu funcionamento, podendo em alguns casos chegar a representar 40% do custo da energia elétrica de uma instalação. Da mesma maneira, o reservatório de ar, que comporta o ar comprimido, precisa ser adequadamente dimensionado, uma vez que seu subdimensionamento ou superdimensionamento afeta diretamente o trabalho do compressor da rede. Até as tubulações, que levam o ar comprimido do reservatório até a ferramenta pneumática ou equipamento, devem estar devidamente dispostas na rede de ar comprimido e ter seus diâmetros bem dimensionados, para não haver grande perda de carga, que, também, afetaria o trabalho do compressor. Com base nos dados da literatura e nos dados colhidos na rede de ar comprimido analisada, este presente trabalho pretende esboçar os custos de uma rede de ar comprimido, observando os principais contribuintes para um aumento de custos na rede, e uma das melhores alternativas para a rede analisada, para diminuir custos de energia elétrica.

Palavras-chave: Ar comprimido, custos, energia, dimensionamento

1. INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energias renováveis no meio industrial vem crescendo no decorrer do tempo. Pois energia renovável diminui custos, como reutilização da água em usinas hidrelétricas, utilização do ar como meio de transporte de energia, além de colaborar como energia limpa. Por outro lado, com a crise energética cada vez mais alarmante, o aprimoramento da utilização de energias, sendo ou não renovável, tem-se mostrado muito importante para a indústria.

Uma dessas utilizações de energia é o próprio ar comprimido, uma ferramenta muito utilizada nos parques fabris como meio de transporte de energia renovável. Porém os gastos que esses sistemas geram, representam uma parcela significativa da conta de energia elétrica, podendo em muitos casos atingir 40% do valor da conta (Soluções em Ar Comprimido Schulz, 2014). As indústrias que utilizam essa ferramenta acaba por sofrer modificações em algum momento, essas modificações irão influenciar diretamente nas unidades compressoras de ar e nos reservatórios presentes na unidade fabril. Podendo estar subdimensionado, é importante dimensionar o reservatório da unidade de acordo com o crescimento da mesma, deixando uma faixa de segurança, delimitando as modificações do sistema de ar comprimido, de acordo com reservatório e compressores.

Quando se projeta uma rede de ar comprimido, deve-se almejar que o ar opere em toda sua linha de produção. Logo deve-se levar em consideração as modificações no sistema, pois estas podem alterar o funcionamento das unidades compressoras, assim como alteram a dimensão do reservatório, uma vez que um subdimensionamento do sistema é indesejável. São a essas questões que as indústrias devem estar atentas, para não perderem em eficiência energética. Por

essa razão, estudos voltados ao funcionamento do compressor deve ser feito pelas indústrias que utilizam o ar comprimido como meio de transporte de energia.

Na maioria das instalações dos compressores de ar, a energia elétrica corresponde a 73% do custo na vida de um sistema de ar comprimido (Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido, 2008).

2. METODOLOGIA

Para o estudo do custo de uma rede de ar comprimido, foi analisado um sistema de uma indústria de bicicletas. Onde foi analisada a influência do dimensionamento do reservatório de ar, a potência das unidades compressoras, distribuição de ar e temperatura do ar aspirado pelos compressores.

2.1. Reservatório de Ar

Primeiramente foi feito um dimensionamento do reservatório de ar, pois o mesmo deve estar devidamente dimensionado para armazenar o ar comprimido para o uso na produção, e para eventuais picos de produção. Caso contrário, os compressores deverão trabalhar mais, para suprir os picos de produção, consumindo assim mais energia elétrica, consequentemente gerando mais custos. Os compressores da unidade avaliada são rotativos, dessa forma, para compressores rotativos, segundo Macintyre (1997), o volume do reservatório deve ser:

$$V = \frac{1\sqrt{5xQ}}{2} \quad (1)$$

Onde Q é a vazão em m³/min de ar livre aspirado.

O reservatório influencia diretamente no sistema de carga-álvio dos compressores, por conta disso, essa análise também foi feita. Segundo o manual de compressores GA VSD da Atlas Copco, o sistema carga-álvio funciona de acordo com a demanda de ar comprimido. Como há na unidade analisada, compressores VSD, a análise de carga-álvio foi feita, mostrando que quanto maior a demanda, menos o compressor trabalhará em alívio.

De acordo com os dados colhidos das unidades compressoras, da indústria analisada, foi encontrada uma vazão (Q) de 30,1 m³/min, esta sendo a vazão máxima que os compressores alcançam. A vazão real da indústria foi calculada baseada no consumo dos setores, conforme Tab. 1.

Tabela 1. Consumo por Setores da Unidade em m³/min.

Preparação	3,6360
Solda	2,3820
Ferramentaria	0,1000
Aro	6,6120
Montagem	8,4900
Pintura	3,2400
Total	24,4600

Com esse valor de vazão obtida, foi feito um dimensionamento do reservatório para se verificar se os dois reservatórios presentes no parque fabril, condiz com a real necessidade. Com um volume necessário de 6,13 m³, foi identificado um sub dimensionamento dos reservatórios de ar, pois o reservatório maior presente na indústria é de 2 m³.

O consumo total do sistema, de 24,46 m³/min, mostra que os dois reservatórios da unidade, podem sobrecarregar o trabalho dos compressores, uma vez que o consumo está bem próximo da vazão total das unidades do sistema. A implicância de mais potência dos compressores, diz respeito ao fato de não haver volume de reservatório suficiente para comportar a demanda de ar que o sistema pede.

De acordo com os dados da fábrica, o compressor passa 12,45 minutos em alívio e 2,15 minutos em carga. Com um reservatório já dimensionado para a necessidade da fábrica, com um novo TC (tempo de carga) e TD (tempo de descarga), a unidade compressora passaria mais tempo em alívio, economizando potência do compressor e, consequentemente, energia elétrica.

O tempo de descarga (TD), mostra, indiretamente, o quanto de energia o sistema está economizando, pois esse TD é equivalente ao reservatório, quanto maior o reservatório mais ele vai comportar ar comprimido e assim o compressor trabalhará menos em cada intervalo. Por outro lado, o tempo de carga (TC), mostra o compressor funcionando ativamente, com potência máxima. Logo, quanto maior o tempo de descarga, mais economia tem o sistema, de energia e consequentemente, financeira.

2.2. Potência dos Compressores

Saber qual a potência consumida das unidades compressoras dispostas em uma indústria é de suma importância, para saber o impacto no consumo de energia que as mesmas podem causar (Coradi, 2011).

Segundo Coradi (2011), a potência útil (P_u), em watts, em um sistema trifásico pode ser calculada pela equação (2):

$$P_u = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2)$$

Onde, V é a voltagem, em volts, I é a corrente em ampere e $\cos \phi$ é o fator de potência indicado na placa do compressor, dado do fabricante.

A potência reativa (P_r), em watts:

$$P_r = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (3)$$

Onde $\sin \phi$ é obtido pela notação matemática $\cos^2 \phi + \sin^2 \phi = 1$.

Soma-se as duas potências para se descobrir a potência nominal. Uma vez descoberta a P_n (potência nominal), pode-se encontrar a quantidade de energia consumida pelo compressor, através da seguinte equação, em kWh, segundo Coradi (2011):

$$E_c = P_n \times H \quad (4)$$

Onde, P_n é a potência nominal do equipamento em W e H é o número de horas trabalhadas pelo compressor. Para saber o custo que o compressor representa em função do seu consumo de eletricidade, em reais:

$$C_c = P_n \times C_{kWh} \quad (5)$$

Onde, P_n é a potência nominal do equipamento e C_{kWh} é o custo médio do kW em reais. Quanto o compressor representa na conta mensal de energia elétrica, em porcentagem:

$$R_c = \left(\frac{C_c}{C_{el}} \right) \times 100 \quad (6)$$

Onde, C_c é o custo da energia consumida pelo Compressor e em reais e C_{el} é a conta de energia elétrica em reais.

Segundo a Procel (2005), a vazão volumétrica aspirada, a pressão de descarga e a relação de compressão são os parâmetros que restringem a aplicação de cada tipo de compressor pelo seu próprio princípio construtivo. Esses parâmetros variam de acordo com cada fabricante.

Foram utilizados, também, os dados dos manuais dos compressores da fábrica. Na sala dos compressores, estão dispostas as seguintes unidades compressoras:

- Compressor tipo parafuso GA45-100FF:
Ano de fabricação: 1998
Pressão final máxima: 7,2 bar
Descarga livre efetiva (DLE): 8,1 m³/min
Potência do motor: 60 hp / 45 kW
- Compressor tipo parafuso modelo ZT75 VSD-FF, compressor isento de óleo e resfriado a ar, com acionamento de velocidade variável (VSD).
Ano de fabricação: 2009
Pressão final máxima: 9 bar
Descarga livre efetiva (DLE): 4,5 - 13,2 m³/min
Potência do motor: 75 hp / 55 kW
- Compressor tipo parafuso modelo GA55 VSD-FF, compressor com acionamento de velocidade variável (VSD)
Ano de fabricação: 1991
Pressão final máxima: 7 bar
Descarga livre efetiva (DLE): 10,5 m³/min
Potência do motor: 75 hp / 55 kW
- Compressor tipo parafuso modelo GA37 FF, compressor utilizado no sistema como *stand by*.
Ano de fabricação: 1991
Pressão final máxima: 7,4 bar
Descarga livre efetiva (DLE): 7 m³/min
Potência do motor: 50 hp / 37 kW

Considerando os valores apresentados de descarga livre, as unidades compressoras juntas dispõem de 30,10 m³/min de vazão.

Algumas planilhas no Excel com dados encontrados em visitas à unidade auxiliaram também nesses métodos. E, para a estimativa de custo anual, os cálculos foram feitos para um período de 15 horas por dia, 20 dias por mês e 12 meses por ano, de funcionamento dos compressores.

Os fatores de potência das unidades compressoras foram mencionados nos manuais das mesmas, segundo Tab. 2. A partir dos valores de todos os cálculos da metodologia, foram feitas as análises de custo do ar comprimido do sistema em relação às unidades compressoras.

Tabela 2. Fator de Potência dos Compressores do Sistema Avaliado ($\cos\Phi$).

GA45-100FF	0,85
ZT75 VSD-FF	0,88
GA55 VSD-FF	0,88
GA37 FF	0,85

Usando a Eq. (2) e a Eq. (3), tem-se cálculo da potência útil e reativa em carga:

$$P_u = 81,09 \text{ KW}$$

$$P_r = 44,23 \text{ KW}$$

Com as mesmas equações, mudando apenas a corrente em alívio, tem-se:

$$P_u = 50,97 \text{ KW}$$

$$P_r = 27,80 \text{ KW}$$

A somatória escalar da potência útil e reativa, é a chamada potência nominal, que nesse caso é da ordem de 204,09 KW. Sabendo esse valor de potência do sistema e que o sistema funciona 15 horas por dia durante 20 dias por mês, pode-se calcular o consumo que o compressor gera em relação à energia, utilizando a Eq. (4):

$$E_c = 734724 \text{ KWh (anual)}$$

Verifica-se também o custo propriamente dito dos compressores, custo por hora, com a Eq. (5):

$$C_c = \text{R\$ } 154296,00 \text{ (anual)}$$

A partir dessas informações, pode-se verificar qual a porcentagem do custo do compressor na conta de energia elétrica, sabendo que a indústria paga em torno de R\$ 45000,00 por mês, de acordo com a Eq. (6):

$$R_c = 28,57\%$$

Esse valor em porcentagem equivale a R\$ 12856,50 por mês em custo do compressor sobre a energia elétrica. Resultando em um custo anual sobre o valor pago anualmente de R\$ 154278,00.

2.3. Distribuição e Aspiração do Ar

Na indústria de bicicletas em questão, a rede de distribuição de ar foi projetada quando não havia muita demanda de maquinário. Na medida em que foram ocorrendo às ampliações da unidade, as redes de ar também foram sendo ampliadas sem o planejamento adequado. Para se analisar a rede de ar com a chegada das ampliações, elaborou-se um esboço das tubulações de alguns setores da indústria estudada.



Figura 1. Layout da Unidade de Preparação, Indústria Analisada em 2015.

As linhas em magenta da “Fig. 1” indicam a tubulação principal. Enquanto as linhas em ciano indicam a tubulação secundária. Par se ter uma noção do planejamento inadequado da rede de ar, a tubulação varia de diâmetro em alguns pontos da instalação e nas descidas em pontos de alimentação, constatou-se acessórios demasiados, que podem gerar uma maior perda de carga. A tubulação principal mede 2” e a tubulação secundária 1”.

Outro fator a ser analisado na rede de distribuição é o diâmetro da tubulação, que deve ser escolhido de maneira que, mesmo com um consumo de ar crescente, a queda da pressão, do reservatório até o consumidor, não ultrapasse 0,1 bar (Parker, 2006). Segundo Macityre (1997), o diâmetro da tubulação pode ser calculado da seguinte maneira:

$$d = \left(\frac{0,842 \times l_t \times Q^2}{R \times h_p} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (7)$$

Onde d é o diâmetro interno (cm), l_t é o comprimento total da tubulação (m), Q é a vazão (m^3/min), R é a relação de compressão e h_p é a perda de carga.

Com os dados da Tab. 3 e Tab. 4 foi calculado o diâmetro ideal da tubulação do sistema, principal e secundária, com a vazão de $24,46 \text{ m}^3/\text{min}$, demanda da indústria, e razão de compressão igual a 7.

Tabela 3. Comprimento Total das Tubulações Principais e Secundárias da Rede de Distribuição

Comprimento Total das Tubulações Principais (m)	1077,55
Comprimento Total das Tubulações Secundárias (m)	957,72

Tabela 4. Diâmetros Internos das Tubulações Principais (maior) e Secundárias (menor) em cm.

$\varnothing_{\text{maior}}$	$\varnothing_{\text{menor}}$
5,72	4,2

Segundo Procel (2005), quanto mais baixa for a temperatura de aspiração de um compressor, menor será a energia necessária para sua compressão. Como indicação, pode-se dizer, aproximadamente, que: para cada 4°C de aumento na temperatura do ar de aspiração, o consumo de energia aumenta em 1% para obter o mesmo volume gerado; e para cada 3°C de redução da temperatura do ar aspirado, verifica-se aumento de 1% da capacidade do compressor para o mesmo consumo.

Portanto, é importante evitar que os compressores aspirem ar no interior do recinto onde estão instalados, cuja temperatura é sempre mais alta que a do ar atmosférico externo. Nesse sentido, podem-se providenciar tubulações ligando a aspiração de ar do compressor a uma tomada de ar do exterior da sala de máquinas (Procel, 2005). A seguinte tabela nos mostra porque é tão importante essa preocupação com a temperatura de aspiração do compressor, em termos financeiros e de eficiência.

Tabela 5. Variação do Consumo com a Temperatura de Aspiração, segundo Procel (2005).

TEMPERATURA DO AR DE ASPIRAÇÃO	POTÊNCIA ECONOMIZADA OU INCREMENTADA
(°C)	Temperatura de referência 21°C
-1,0	7,5 % (economizado)
4,0	5,7 % (economizado)
10,0	3,8 % (economizado)
16,0	1,9 % (economizado)
21,0	0,0
27,0	1,9 % (incrementado)
32,0	3,8 % (incrementado)
38,0	5,7 % (incrementado)
43,0	7,6 % (incrementado)
49,0	9,5 % (incrementado)

Assim, quanto mais baixa for a temperatura de entrada do ar, menor será o trabalho de compressão (Çengel, 2006):

$$FRP = \frac{(w_{ci} - w_{ce})}{w_{ce}} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{T_{interior}} = \frac{1 - T_{exterior}}{T_{interior}} \quad (8)$$

Onde, FRP é o fator de redução de potência, T interior é a temperatura do ar ambiente dentro da instalação em K, T exterior é a temperatura do ar ambiente fora da instalação em K, Wci é o trabalho do compressor com sucção do ar no interior da instalação em kj, Wce é o trabalho do compressor com sucção do ar exterior da instalação em kj.

Assim, é aconselhável a instalação de um duto de admissão e/ou exaustão para que o ar seja fornecido a uma temperatura mais fria ao compressor. Isso reduzirá o consumo de energia do compressor, uma vez que é preciso menos energia para comprimir certa quantidade de ar frio do que a mesma quantidade de ar quente (Coradi, 2011).

Para saber-se o quanto de trabalho do compressor pode ser economizado, uma análise da curva de trabalho pode ser feita. Calculada segundo Çengel (2006):

$$\frac{P_x}{P_1} = \frac{P_2}{P_x} \quad (9)$$

Onde P₁ é a pressão de entrada no compressor, P₂ é a pressão de saída do compressor, P_x é a pressão média de trabalho.

$$w = \frac{nRT_1}{n-1} \left[\left(\frac{P_x}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad (10)$$

Onde n é o expoente do processo politrópico, R é a constante universal dos gases em kJ/kg.K, T₁ é a temperatura de entrada do fluido no compressor em K.

A Fig. 4 mostra como se comporta um processo de compressão politrópica com resfriamento intermediário. A curva nos mostra a relação das pressões em função da pressão média de trabalho.

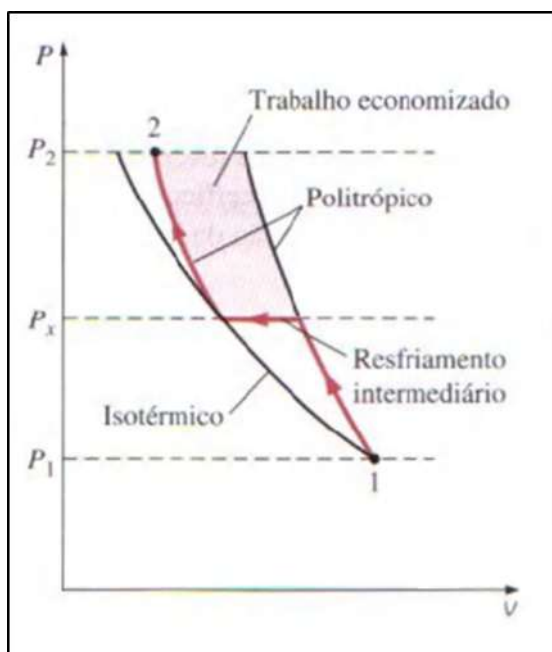


Figura 2. Compressão com Resfriamento Intermediário, segundo Çengel (2006).

Existem várias ramificações e acessórios demasiados. Como tubulação também influencia em custos numa indústria que utiliza ar comprimido, a equação a seguir, nos mostra o valor anual do custo de operação com a tubulação principal atual, admitindo como dado a perda de carga de 0,035 bar/100m da tubulação equivalente a 3500 Pa, a taxa de R\$0,21 do kWh:

$$\text{CET} = 0,035 \times 192 \times 0,21 \times 3600$$

$$\text{CET} = \text{R\$ } 5080,32$$

O diâmetro da tubulação também foi calculado, de acordo com a Eq. (7), tanto da tubulação principal como da secundária.

$$D = 18,58 \text{ cm (Principal)}$$

Para o diâmetro da tubulação secundária, com uma perda de carga de 0,156 bar/100m equivalente a 15600 Pa:

$$d = 13,46 \text{ cm}$$

Com os novos diâmetros, há um novo custo com a tubulação, utilizando o valor da perda de carga da tubulação principal, após o cálculo com o novo diâmetro encontrado, de 0,000973 bar/100m equivalente a 97,3 Pa:

$$\text{CET} = \text{R\$ } 141,23 \text{ (anual)}$$

O diâmetro das tubulações estão subdimensionados, uma vez que o diâmetro da tubulação principal é de 2,3" e o ideal seria de 7,3", equivalente a 18,58 cm, já o diâmetro da tubulação secundária é de 1,7" e o ideal seria de 2,3", equivalente a 13,46 cm. Isso implica em uma estrangulação do ar, causando um aumento da perda de carga, resultando em um aumento da pressão de trabalho dos compressores. O que ocasiona um maior custo em energia elétrica e maior custo com tubulação, de acordo com os cálculos anteriores.

Os diâmetros obtidos a partir das perdas de carga das tubulações são inviáveis, uma vez que são superdimensionados. Para um mais adequado sistema, sugere-se subdividi-lo em três, onde seriam dispostos dois compressores para um reservatório. Para essa proposta, o consumo dos setores foi dividido de acordo com a descarga livre dos compressores, Tab. 6.

Tabela 6. Subdivisão do Sistema, sugerida.

GA45-100 FF (BNT252) (6,018m³/min)	ZT75 VSD-FF (BNT253) (3,34m³/min)	GA55 VSD-FF/GA37 FF (BNT254/BNT251) (11,73m³/min)
Preparação e Solda	Ferramentaria e Pintura	Montagem e Aro

Reservatório 1	Reservatório 2	Reservatório 3
----------------	----------------	----------------

O reservatório 1 seria de 3,18 m³, o reservatório 2 de 2,37m³ e o reservatório 3 de 4,68m³, de acordo com a descarga livre dos compressores. Porém a rede de ar comprimido estudada tem dois reservatórios pequenos, um de 2 m³ e outro de aproximadamente 1 m³. Para o estudo do caso, o reservatório 1 será equivalente ao reservatório maior de 2m³, o reservatório 2 será equivalente ao de aproximadamente 1m³ e o reservatório 3 seria um novo, acrescentado ao sistema, para suprir as necessidades, em torno de 4m³.

Essa subdivisão diminuiria o diâmetro das tubulações, uma vez que os setores seriam alimentados por unidades compressoras diferentes, gerando assim três sistemas interligados. A Fig. 3 e Fig. 4 mostram como ficaria a sala dos compressores, com o novo reservatório acrescentado, e o layout do setor de solda e preparação. Os demais setores, tiveram suas tubulações planejadas, de acordo com a subdivisão da Tab. 6.

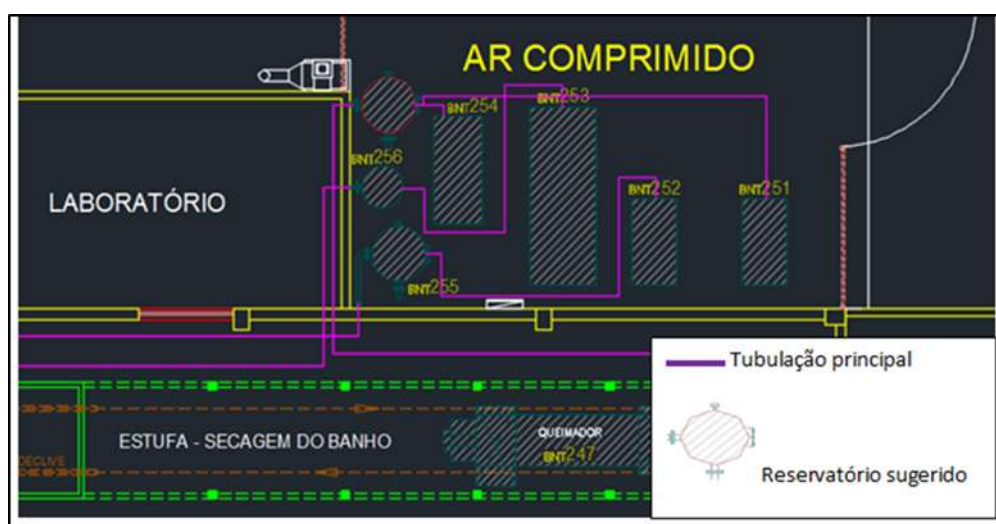


Figura 3. Sala dos Compressores.

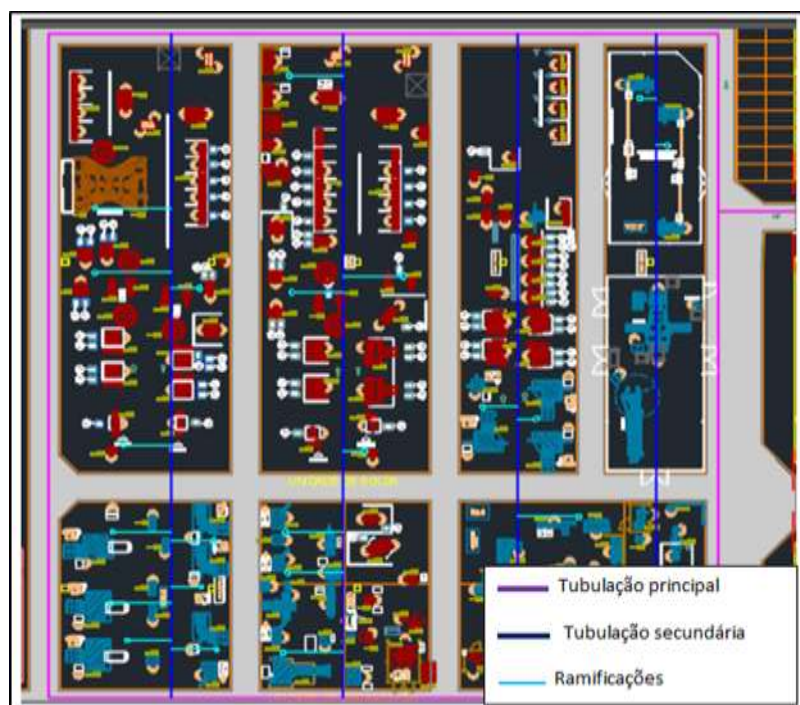


Figura 4. Setor de Preparação e Solda.

Para a subdivisão do sistema foram encontrados novos diâmetros para as tubulações, de acordo com a perda de carga do sistema e sugeridos novos comprimentos de tubulações.

Tabela 7. Novos Comprimentos das Tubulações.

	Tubulação principal (metros)	Tubulação secundária (metros)
Preparação e Solda	285,07	181,64
Pintura e Ferramentaria	180,10	90,70
Montagem e Aro	300,40	200,50

Tabela 8. Novos Diâmetros das Tubulações, em Polegadas.

	Tubulação principal (cm)	Tubulação secundária (cm)
Preparação e Solda	142,24	9,40
Pintura e Ferramentaria	129,54	8,38
Montagem e Aro	144,78	9,91

Esses diâmetros encontrados diminuem os custos, uma vez que será mais viável uma tubulação de 5,6” em vez de 7,3”. A tubulação na dimensão correta, de acordo com a perda de carga do sistema analisado, evitará uma estrangulação do ar, que por sua vez vai reduzir a perda de carga e gerará menos trabalho dos compressores.

Com a nova tubulação, há um ganho na diminuição da perda de carga, verificada com cálculos em planilhas do Excel. A Tab. 9 mostra os novos valores de perda de carga para as tubulações principal e secundária dos setores.

Tabela 9. Nova Perda de Carga.

	Tubulação principal (100kpa/100m)	Tubulação secundária (100kpa/100m)
Preparação e Solda	0,0003	0,0027
Pintura e Ferramentaria	0,0006	0,0048
Montagem e Aro	0,0003	0,0021

A Tab. 9 mostra ganho em perda de carga, com a utilização de uma subdivisão do sistema, uma vez que há redução dos valores das perdas.

Fez-se uma análise do ar aspirado pelo compressor, para saber o quanto de potência é desperdiçada pelas unidades compressoras por conta da alta temperatura do ar aspirado. Utilizou-se a Eq. (8), com uma T_i de 38 K e uma T_e de 34K.

Aonde se chegou a um valor de FRP de 1,3% de consumo sobre o consumo total. Ou seja, pode-se reduzir o consumo por parte do compressor em 1,3%, reduzindo a temperatura de aspiração do ar.

Para a obtenção do trabalho economizado, utilizou-se a Eq. (9) e a Eq. (10) e idealizando um processo politrópico com $n= 1,3$, $R=0,287$ kJ/kg.K e 4,56 bar equivalente a 456 Kpa:

$$P_x = 456 \text{ kpa}$$

$$W = 418,25 \text{ kJ/Kg}$$

Este seria o valor de trabalho minimizado durante a compressão de dois estágios, para a pressão média de trabalho encontrada, que seria a pressão ideal.

3. AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu bom Deus, por me manter firme diante das dificuldades, por me dar sustento para a realização deste trabalho e por ser tudo na minha formação de vida.

À minha querida mãe, por ter sido exemplo para mim durante toda a vida, e por me apoiar na minha vida acadêmica.

À equipe da indústria analisada, por ter aberto as portas para este conhecimento, desde a gerência até aos colaboradores da produção, que foi fundamental para este trabalho, bem como a meus orientadores e ao IFPI.

4. REFERÊNCIAS

Çengel, Y. A.; Boles, M. A. 2006. Termodinâmica. 5ª ed. São Paulo: McGraw-Hill.

Centrais E. B. 2005. Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido: Manual Prático. Rio de Janeiro: Eletrobrás. 87 p..

Coradi, F. E. 2011. Análise Energética e Econômica na Rede de Distribuição de Ar de uma Indústria de Autopeças.136f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São João Del Rei. São João Del Rei, 2011.

Ga Vsd. Compi

Mancityre, A. J. 1997. Equipamentos Industriais e de Processos. Rio de Janeiro: LTC.
Schulz. 2014. Soluções em Ar Comprimido. São Paulo. 20p..
Training Parker. 2006. Dimensionamento de Redes de Ar Comprimido. São Paulo. 75 p..

5. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

COST OF A COMPRESSED AIR NETWORK

L. M. T. Carvalho, lidiarmary17@hotmail.com¹
L. N. M. de Araújo, lucianenmenezes@live.com¹
L. H. A. Portela, luiz_henrique92@hotmail.com¹
R. C. Soares, eng.mec.ricardocardoso@gmail.com¹
A. F. C. Fortes, Anderson.fortesem@ifpi.edu.br²

¹Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua Brito Melo, 2558-Lourival Parente-Teresina-PI

¹Instituto Federal do Maranhão (IFMA)-Campus Coelho Neto, Rua da Saudade, 4180-Parque das Esplanadas-Teresina

¹Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua Mundinho Ferraz, 3875-Morada do Sol-Teresina-PI

¹Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua Desembargador Berilo Mora, Q 129-C 7-Dirceu 1

²Instituto Federal do Piauí (IFPI)-Campus Teresina Central, Rua David Caldas, 1361-Vermelha-Teresina-PI

Abstract: Some advantages of compressed air as power transmission medium, before other means such as low maintenance costs, long-term use of this tool without overheating, has made industries opt for this tool in its industrial processes. However, the compressed air misuse brings in some financial costs for the industry that uses it. In the use of compressed air, the compressor, responsible for compressing the air it is of essential importance when it refers to its dimensioning in accordance with industry output that it feeds. These devices require special attention, due to the large energy consumption required for its operation, and in some cases represent up to 40% of the cost of electricity of an installation. Likewise, the air reservoir, which contains compressed air, must be properly dimensioned since its undersize or oversize directly affects the compressor work network. Even the pipes that carry the compressed air reservoir to the air or equipment tool must be properly arranged in the compressed air network and have their well-sized diameters, for no great pressure loss, which also affect the work of the compressor. Based on literature data and data collected in the compressed air network analyzed, the present work aims to outline the costs of a compressed air network, noting the main contributors to increased costs in the network, and one of the best alternatives for network analyzed to reduce electricity costs.

Keywords: Compressed air, cost, energy, design.