



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB

Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos

Polo: Quaraí

ESTUDO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PNEUMÁTICA NO SISTEMA DE
ABERTURA DE PORTAS DE VEÍCULOS DE TRANPOSITE DE PASSAGEIROS
“ÔNIBUS”

FERRONATO, Ângelo¹

MARTINS, Geomar²

¹ Engenheiro Industrial Mecânico. Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS

² Dr. Engenharia Elétrica. Professor Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

RESUMO

Na pneumática, o caminho para uma maior eficiência energética vai de uma cuidadosa engenharia para configurar as soluções baseadas nas necessidades reais, à implementação consistente das metas de eficiência energética nas aplicações. O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo de oportunidades de melhorias nos circuitos de ar comprimido, nos ônibus de uma empresa de Novo Hamburgo, a fim de proporcionar ganhos em eficiência energética e disponibilidade operacional dos equipamentos dos ônibus evitando o desperdício de energia pneumática nos componentes pneumáticos. O uso da energia pneumática talvez seja uma das aplicações mais comuns nos ônibus e apesar de tão comum, poucas atentam para o fato do desperdício de energia que pode existir em função do uso inadequado, já que no ônibus o ar comprimido não é só utilizado em abrir e fechar portas. Este assunto tem grande relevância, pois a forma de tratamento do ar comprimido, tanto na sua geração e em sua rede de atuação quanto no seu consumo, tem um impacto imediato na conservação dos equipamentos e o envolvimento de mão-de-obra reflete automaticamente no financeiro da indústria, em vista disso deve ser usada de maneira correta e racional. Assim a proposta feita neste trabalho de um "checklist" para a detecção de vazamentos nos circuitos pneumáticos vem a contribuir para a redução do desperdício energético e que compromete o desempenho dos veículos.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Ar comprimido, Pneumática.

ABSTRACT

In pneumatics, the path to greater energy efficiency will careful engineering to configure the solutions based on real needs, the implementation of consistent energy efficiency targets in applications. The aim of this study is to conduct a study of opportunities for improvement in air circuits, the coach of a Novo Hamburgo company, to provide increased energy efficiency and operational availability of the bus equipment avoiding the waste of energy in air pneumatic components. The use of pneumatic energy is perhaps one of the most common applications on buses and though so common, few pay attention to the fact that the energy waste that can exist due to the inappropriate use, since the bus compressed air is not only used in opening and closing doors. This subject is of great importance, since the form of

compressed air treatment, both in its generation and its network of operations as in its consumption, has an immediate impact on the maintenance of equipment and the involvement of hand labor automatically reflected in financial industry, a view that should be used in a correct and rational way. Thus the proposal made in this work a "checklist" for the detection of leaks in pneumatic circuits is to contribute to the reduction of energy waste and compromising vehicle performance. **Keywords:** Energetic efficiency. Compressed air. Pneumatics.

1 INTRODUÇÃO

A pneumática utiliza-se do ar como fonte de energia para o acionamento de seus automatismos. Esse ar, entretanto necessita ser colocado em determinadas condições apropriadas para a utilização e o caminho para uma maior eficiência energética vai de uma cuidadosa engenharia para configurar as soluções baseadas nas necessidades reais, à implementação consistente das metas de eficiência energética nas aplicações. O uso da energia pneumática talvez seja uma das aplicações mais comuns nos ônibus e apesar de tão comum, poucas atentam para o fato do desperdício de energia que pode existir em função do uso inadequado, já que no ônibus o ar comprimido não é só utilizado em abrir e fechar portas.

Como o papel da Conservação de Energia tem assumido um papel importante no cenário Mundial, à falta de um projeto adequado e de uma manutenção regular provoca redução no desempenho caracterizando uma fonte constante de desperdícios.

Este assunto tem grande relevância, pois a forma de tratamento do ar comprimido, tanto na sua geração e em sua rede de atuação no seu consumo, tem um impacto imediato na conservação dos equipamentos e o envolvimento de mão-de-obra reflete automaticamente no financeiro da indústria, em vista disso deve ser usada de maneira correta e racional. Nos circuitos pneumáticos dos ônibus todos os componentes devem estar configurados com base nas necessidades específicas e isto está ligada diretamente à eficiência energética.

O uso incorreto dos componentes pneumáticos acarreta em grandes perdas de energia e conseqüentemente a custos mais elevados dos projetos, e no veículo o aumento do tempo de parada gerando gastos inadequados de combustível.

Portanto, uma maior eficiência energética é uma forte ferramenta para o funcionamento do sistema e redução sustentável dos custos operacionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA

Conforme Vecchia (2010), a energia é a base da vida, sem ela não existiria nenhuma forma de sobrevivência no planeta. A energia esta presente nos alimentos, nas maquinas, no Sol, nas plantas, nos animais e em todos os seres humanos. Para qualquer atividade se usa alguma forma de energia.

Para Vianna e Bortoni (2012), a energia está presente em nossa vida de diversas maneiras. Por exemplo, quando usamos motores ou músculos, quando acendemos o queimador de um fogão, quando nos alimentamos ou mesmo quando nos informamos pela televisão ou nos jornais, que freqüentemente se refere a alguma questão energética no Brasil ou no mundo. Por tal diversidade, o campo dos estudos energéticos é vasto, cobrindo desde o uso dos recursos naturais até os aspectos relacionados ao desempenho das modernas tecnologias, permitindo uma abordagem que considere apenas os temas de caráter técnico ou envolva seus componentes sócio-econômicos e ambientais, inclusive quanto à sua evolução histórica e suas perspectivas futuras.

2.2 FORMAS DE ENERGIA

Conforme Viana e Bortoni (2012), A energia se apresenta de diversas formas, que podem ser convertidas entre si. É importante observar ainda que apenas nos processos de conversão se identifica a existência de energia, que surge na fronteira do sistema como calor ou como trabalho. De forma sucinta, calor é definido como o fluxo energético decorrente de diferença de temperatura, enquanto trabalho se entende como todo processo análogo à elevação de um peso.

Para Pereira (2009), dentre as fontes de energia, a elétrica, gasolina, óleo diesel, gás natural e álcool são as que mais interessam a sociedade atual e sem duvidas não seria possível executar qualquer atividade, seja residência ou industrial. São necessárias para funcionamento desde pequenos aparelhos, como lâmpadas e televisores, passando por veículos, ate equipamentos complexos de fabrica.

Em nível atômico, podem ser identificados as energias nuclear e atômica fundamental para os processos básicos de conversão energética no Universo. No interior das estrelas, inclusive no Sol, a energia nuclear resulta da fusão dos núcleos de átomos de hidrogênio, ocorrendo uma diferença (déficit) de massa, entre os reagentes e os produtos de reação, que corresponde a significativas quantidades de energia liberada.

A energia térmica, às vezes equivocadamente denominada de calor, pode apresentar-se essencialmente de duas formas: radiação térmica ou energia interna. Como já comentado, o calor corresponde a um fenômeno observável apenas na fronteira de um sistema onde existe uma diferença de temperaturas. (VIANNA e BORTONI, 2012)

Hinrichs e Kleinbach (2011), comenta que o uso da energia solar para aquecimento pode ser rastreada de volta a antiguidade. Arquimedes comprovadamente utilizou espelhos para direcionar os raios solares e atacar uma frota hostil em 210 A.C. incendiando suas velas a uma distancia de algumas centenas de pés.

Como radiação térmica, por exemplo, na radiação solar, a energia térmica não apresenta qualquer meio material de suporte, pois se trata de uma radiação eletromagnética. A energia interna está associada à agitação térmica de um material, que pode ser medida por sua temperatura. Quanto maior a temperatura de um material, mais energia interna ele contém. (VIANNA e BORTONI, 2012)

Para Pereira (2009), o uso controlado das reações nucleares para obter energia vem crescendo nos últimos tempos. É umas das alternativas menos poluentes e produz muita energia, sem necessidade de grandes áreas de instalações.

Outra forma energética, com importantes variações, é a energia mecânica, que pode ser potencial ou cinética. No primeiro caso, a energia mecânica associa-se diretamente a uma força estática e pode ser potencial elástico, tal como se acumula em molas ou em gases comprimidos ou ainda no sistema gravitacional, dependendo da posição de uma massa em um campo gravitacional. Um exemplo desta última forma de energia é a energia hidráulica na água acumulada em uma represa. A energia mecânica cinética, que se associa à inércia das massas em movimento, pode considerar velocidades lineares, como é o caso da energia eólica,

ou movimentos rotacionais, como dos volantes de inércia. (VIANNA e BORTONI 2012)

2.3 RECURSOS ENERGÉTICOS

Conforme Vianna e Bortoni (2012), denominam-se recursos energéticos as reservas ou fluxos de energia disponíveis na Natureza e que podem ser usados para atender às necessidades humanas, podendo ser classificadas essencialmente como recursos fósseis ou como recursos renováveis. No primeiro caso, referem-se aos estoques de materiais que armazenam energia química, acumulada primariamente a partir da radiação solar em épocas geológicas, como é o caso do petróleo, carvão mineral, turfa, gás natural, xisto betuminoso, bem como podendo acumular energia atômica na forma de material físsil, por exemplo o urânio e o tório.

Hinrichs e Kleinbach (2011), afirmam que para entender a energia é preciso conhecer os recursos energéticos, suas limitações e seus usos. Deve-se ter ideia do tamanho que cada recurso energético tem e quanto ele vai durar. Ambas as questões são difíceis de responder porque terão de ser feitas pressuposições a respeito das tecnologias futuras de extração destes recursos e preços dos combustíveis e da taxa de crescimento do consumo.

Enquanto as reservas de energia fóssil são necessariamente finitas e se reduzem à medida em que são consumidas, os recursos energéticos renováveis são dados por fluxos naturais, como ocorre na energia solar, em suas distintas formas, como na energia hidráulica, na energia eólica, na energia das ondas do mar e na energia da biomassa, bem como nos fluxos energéticos dependentes do movimento planetário, por exemplo, a energia talassomotriz, associada à variação do nível do mar nas marés e à energia geotérmica, que na escala das realizações humanas existe não deve se esgotar. É importante observar que a utilização inadequada de alguns potenciais energéticos renováveis pode determinar sua exaustão, como acontece em reservatórios geotérmicos sobre explorados ou nos recursos de biomassa, quando explorados além de sua taxa natural de reposição. Assim, se uma reserva florestal for explorada acima de sua taxa típica de renovação sustentável, esse recurso energético perderá seu caráter de renovabilidade. (VIANNA e BORTONI , 2012)

2.4 HISTÓRICO DO AR COMPRIMIDO

Moreira (2012), relata que o primeiro homem que se interessou pela pneumática, pelo emprego do ar comprimido como meio auxiliar de trabalho, foi o grego Ktesibos. Dos antigos gregos provem a palavra “pneuma” que significa fôlego e vento. Embora a pneumática seja um dos mais velhos conhecimentos da humanidade, foi no século XIX que o estudo de seu comportamento e de suas características tornou-se sistemático.

Por volta de três mil anos A.C., quando o homem começou a trabalhar com os metais, foi preciso alcançar temperaturas elevadas, muitas vezes acima de 1000°C. Para isso era necessário muito para a combustão. Os egípcios e sumérios já usavam tubos rudimentares de cerâmica para avivar as chamas.

Depois surgiu o fole manual, introduzido por volta de 1500 A.C. Esses compressores rudimentares, operados, pelos pés, por animais ou por meio de rodas d'água, permaneceram em uso durante mais de 2000 anos e sobreviveram até 1762, quando começaram a ser substituídos pelo invento de John Smeaton. Tratava-se de um equipamento dotado de cilindro e pistão feitos de ferro fundido e acionado por meio de uma roda d'água. Depois disso, o desenvolvimento dos compressores se deu de forma muito rápida.

Parker, (2001) comenta que somente na segunda metade do século XIX é que o ar comprimido adquiriu importância industrial. No entanto, sua utilização é anterior a Da Vinci, que em diversos inventos dominou e usou o ar.

No Velho Testamento são encontradas referências ao emprego do ar comprimido: na fundição de prata, ferro, chumbo e estanho. A história demonstra que há mais de 2000 anos os técnicos construía máquinas pneumáticas, produzindo energia pneumática por meio de um pistão. Como instrumento de trabalho utilizavam um cilindro de madeira dotado de êmbolo.

Os compressores foram evoluindo acompanhando as máquinas a vapor e, posteriormente, dos motores de combustão interna, época em que os compressores alternativos dominaram. Depois disso, no período entre as duas grandes guerras mundiais, surgiram os primeiros compressores dinâmicos. Atualmente, tecnologias mais avançadas permitiram o aperfeiçoamento e a difusão dos compressores rotativos de parafusos.

Os antigos aproveitavam ainda a força gerada pela dilatação do ar aquecido e a força produzida pelo vento.

Em Alexandria (Centro cultural vigoroso no mundo helênico), foram construídas as primeiras máquinas reais, no século III A.C. Neste mesmo período, Ctesibios fundou a Escola de Mecânicos, também em Alexandria, tornando-se, portanto, o precursor da técnica para comprimir o ar. A escola de Mecânicos era especializada em Alta Mecânica, e eram construídas máquinas impulsionadas por ar comprimido. (PARKER, 2001)

2.5 IMPORTÂNCIA DO AR COMPRIMIDO

Nos dias de hoje, o ar comprimido é indispensável na indústria e para a sua utilização nos mais diferentes processos de fabricação, são instalados equipamentos pneumáticos específicos. Por suas qualidades próprias o ar comprimido se destaca como elemento principal ou como recurso auxiliar, que pode ser empregado de forma simples e rentável para solucionar problemas de automação. (MOREIRA,2012)

Conforme Vianna e Bortoni, (2012) o ar comprimido é uma forma de transporte de energia de enorme utilidade e com inúmeras aplicações. Em muitos campos chega a competir com a eletricidade e, em alguns casos particulares, somente ele pode ser usado. Por exemplo, no interior das minas, onde podem existir gases explosivos, ou em trabalhos subaquáticos, onde existe o risco de descargas elétricas.

Nas indústrias, o ar comprimido é muito empregado nas máquinas operatrizes, em motores pneumáticos, equipamentos de movimentação e transporte de materiais, ferramentas manuais, em sistemas de comando, controle, regulagem, instrumentação e na automação de processos. O ar comprimido também é usado nas instalações dos aeroportos, portos, hospitais, obras civis, nas minerações, postos de combustível, nos equipamentos de climatização e em diversos outros locais.

O ar comprimido tem aplicações em:

- a. Equipamentos a pressão de ar – o ar é usado para encher pneus e câmaras,

- b. Equipamentos de jato livre – ejetores, jateamento, pulverização, bicos de limpeza.
- c. Equipamentos de percussão – martelotes, prensas, bate-estacas, vibradores.
- d. Motores a ar comprimido – de pistões, de palhetas, de engrenagens, etc.
- e. Automação de operações industriais – sensores, atuadores, controles, processos.

Parker (2001) cita como principais vantagens do uso do ar comprimido: o ar está sempre disponível; ele pode ser armazenado e distribuído sem isolamento; não oferece riscos de incêndio ou de explosão; seu uso se dá de forma versátil e compacta. No entanto, sua maior desvantagem é baixa eficiência energética. Mas isso não impede seu uso face às vantagens que oferece. Por essas razões, a operação dos compressores e utilização adequada do ar comprimido é de extrema importância.

2.6 COMPONENTES PNEUMÁTICOS UTILIZADOS EM ÔNIBUS

Os elementos de comando em um circuito pneumático têm por finalidade alimentar ou descarregar convenientemente, no instante programado, os atuadores pneumáticos.

Para isso, esses componentes têm a capacidade de orientar o escoamento de ar, impor bloqueios, controlar intensidades de vazão e pressão.

Os principais elementos de comando em um circuito de ônibus são cilindros para movimentação de portas e as válvulas pneumáticas, podendo estas serem classificadas de acordo com o tipo de trabalho que são capazes de executar, são elas:

- Válvulas de controle direcional;
- Válvulas de bloqueio;

2.7 VÁLVULA DE COMANDO

Para Stewart (1981) a função da válvula de comando é dirigir o ar às várias partes do sistema. O controle direcional dirige o movimento do ar de maneira que ele possa realizar trabalho.

Para Parker (2006) Os cilindros pneumáticos, componentes para máquinas de produção, para desenvolverem suas ações produtivas, devem ser alimentados ou descarregados convenientemente, no instante em que desejarmos, ou de conformidade com o sistema programado. Portanto, basicamente, de acordo com seu tipo, as válvulas servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios, controlar suas intensidades de vazão ou pressão.

Moreira (2012) separa para facilidade de estudo, as válvulas pneumáticas nos seguintes grupos:

- Válvulas de Controle Direcional
- Válvulas de Bloqueio (Anti-Retorno)
- Válvulas de Controle de Fluxo
- Válvulas de Controle de Pressão

Segundo Oliveira e Ribeiro (2005), cada grupo se refere ao tipo de trabalho a que se destina mais adequadamente.

As válvulas têm por função orientar a direção que o fluxo de ar deve seguir, a fim de realizar um trabalho proposto. Para um conhecimento perfeito de uma válvula direcional, deve se levar em conta os seguintes dados:

- Posição Inicial
- Número de Posições
- Número de Vias
- Tipo de Acionamento (Comando)
- Tipo de Retorno
- Vazão

Segundo Parker (2000), além destes, ainda merece ser considerado o tipo Construtivo. O número de posições é a quantidade de manobras distintas que uma válvula direcional pode executar ou permanecer sob a ação de seu acionamento.

Nestas condições, a torneira, que é uma válvula, tem duas posições: ora permite passagem de água, ora não permite.

- Normas para representação:

- CETOP - Comitê Europeu de Transmissão Óleo - Hidráulica e Pneumática.
- ISO - Organização Internacional de Normalização.

As válvulas direcionais são sempre representadas por um retângulo.

- Este retângulo é dividido em quadrados.

- O número de quadrados representados na simbologia é igual ao número de posições da válvula, representando a quantidade de movimentos que executa através de acionamentos como mostra a figura 1.

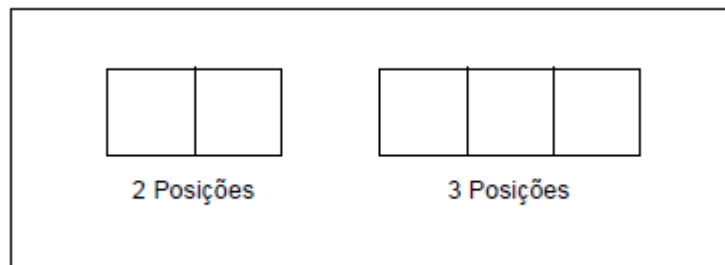


Figura 1 – Posições válvulas.
Fonte: Parker (2000).

Reis (1995) afirma que, o número de vias de uma válvula representa o número de conexões de trabalho, tais como entrada de pressão, utilização ou escape. As direções de fluxo são indicadas por setas, as passagens bloqueadas por sinal de bloqueio e as conexões de escape e alimentação, indicadas por triângulos. A figura 2 mostra essas representações gráficas.

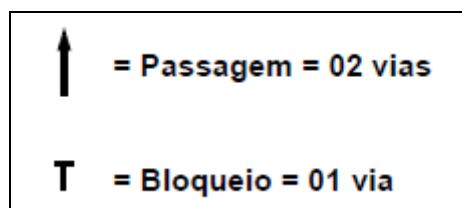


Figura 2 – Fluxo e bloqueio representação
Fonte: Parker (2000).

Segundo Parker (2000), as normas ISO 1219: 1991 e DIN 24300 estabelecem padrões com letras e números para que seja possível uma uniformização das conexões de trabalho de uma válvula, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Padrão de trabalho das válvulas. Fonte: Parker (2000)

Orifício Norma DIN 24300			Norma ISO 1219			
Pressão	P			1		
Utilização	A	B	C	2	4	6
Escape	R	S	T	3	5	7
Pilotagem	X	Y	Z	10	12	14

É usual representar uma válvula direcional pela simbologia 3/2, 4/2, 5/2 ou 5/3, por exemplo. Nestes casos, o algarismo antes da barra representa o número de vias e o após o número de posições. Para que uma válvula mude de posição é necessário que um agente externo forneça energia para movimentar o carretel. (REIS, 1995).

A força pode ser aplicada diretamente (acionamento direto) ou em um dispositivo intermediário, o qual será responsável por liberar o comando principal (acionamento indireto).

Estes acionamentos das válvulas podem ser:

- Musculares;
- Mecânicos;
- Pneumáticos;
- Elétricos;
- Combinados.

Os acionamentos musculares, mostrados na figura 3, são geralmente utilizados em válvulas de painel que são utilizadas para o início e fim de uma cadeia de operações e também como emergência. Podem ser do tipo botão, alavanca e pedal. (PARKER, 2000)

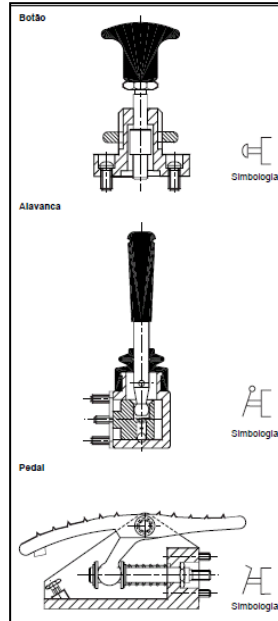


Figura 3 – Tipos de acionamento mecânicos
Fonte: Parker (2000).

Para Parker (2000), o acionamento mecânico é conseguido por meio de um contato mecânico sobre o acionamento, colocado estrategicamente ao longo de um movimento qualquer. Os contatos mecânicos podem ser observados na Figura 4, por apresentarem estas características, as válvulas equipadas com este tipo de acionamento recebem também o nome de válvulas fim de curso.

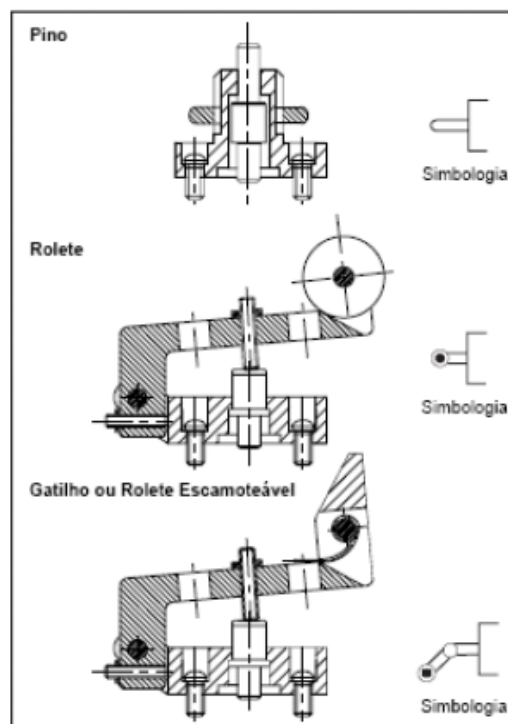


Figura 4 – Contato mecânico das válvulas
Fonte: Parker (2000).

2.8 ATUADORES PNEUMÁTICOS

Atuadores Pneumáticos são conversores de energia capazes de transformar a energia pneumática contida no ar comprimido em energia mecânica ou trabalho, isso se dá pelo fato de os atuadores estarem ligados mecanicamente à carga. Assim, quando influenciados pelo ar comprimido, sua energia é convertida em torque, e então transferida à carga (REIS, 1995).

Para Stewart (1981), o cilindro é componente do sistema pneumático que recebe o fluido sob pressão de uma linha de alimentação. No cilindro, o fluido atua sobre um pistão para realizar trabalho numa direção retilínea.

2.9 CLASSIFICAÇÃO DOS CONVERSORES DE ENERGIA

Conforme Parker (2000) os cilindros estão divididos em três grupos:

- Os que produzem movimentos lineares
- Os que produzem movimentos rotativos
- Os que produzem movimentos oscilantes

- LINEARES

São constituídos de componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou angular. São representados pelos Cilindros Pneumáticos. Vistos na figura 5.

Dependendo da natureza dos movimentos, velocidade, força, curso, haverá um tipo mais adequado para a função.

- ROTATIVOS

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento tursor contínuo.

- OSCILANTES

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento tursor limitado por um determinado número de graus.

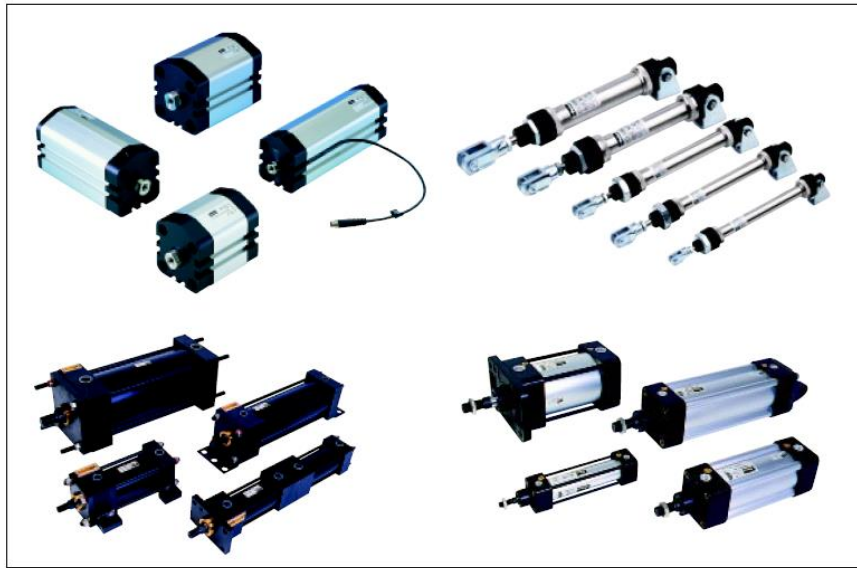


Figura 5– Atuadores pneumáticos
Fonte: Parker (2000).

2.10 TIPOS DE CILINDROS PNEUMÁTICOS

Conforme Reis (1995), os cilindros se diferenciam entre si por detalhes construtivos, em função de suas características de funcionamento e utilização.

Basicamente, existem dois tipos de cilindros:

- Simples Efeito ou Simples Ação - S.A.
- Duplo Efeito ou Dupla Ação – D.A., com e sem amortecimento.

Além de outros tipos de construção derivados como:

- Cilindro de D.A. com haste dupla
- Cilindro duplex contínuo (Tandem)
- Cilindro duplex geminado (múltiplas posições)
- Cilindro de impacto
- Cilindro de tração por cabos

2.11 CILINDROS SIMPLES AÇÃO

Oliveira e Lutz (2005), definem que recebe esta denominação cilindros de simples ação porque utilizam ar comprimido para conduzir trabalho em um único sentido de movimento, seja para avanço ou retorno.

Este tipo de cilindro possui somente um orifício por onde o ar entra e sai do seu interior, comandado por uma válvula. Na extremidade oposta à de entrada, é dotado de um pequeno orifício que serve de respiro, visando impedir a formação de contrapressão internamente, causada pelo ar residual de montagem.

O retorno, em geral, é efetuado por ação de mola e força externa. Quando o ar é exaurido, o pistão (haste + êmbolo) volta para a posição inicial.

O retorno também pode ser efetuado por meio de um colchão de ar comprimido, formando uma mola pneumática.

Este recurso é utilizado quando os cursos são longos e a colocação de uma mola extensa seria inconveniente. Neste caso, utiliza-se um cilindro de dupla ação, onde a câmara dianteira é mantida pressurizada com uma pressão pré-calculada, formando uma mola que, porém, está relacionada diretamente com a força que o cilindro deve produzir, sem sofrer redução.

Para Parker (2000), os cilindros que possuem retorno por mola contrapressão ou avanço por mola podem ser montados em qualquer posição, pois independem de outros agentes. Deve-se notar que o emprego de uma mola mais rígida para garantir um retorno ou avanço vai requerer uma maior pressão por parte do movimento oposto, para que o trabalho possa ser realizado sem redução.

No dimensionamento da força do cilindro, deve-se levar em conta que uma parcela de energia cedida pelo ar comprimido será absorvida pela mola.

Em condições normais, a mola possui força suficiente para cumprir sua função, sem absorver demasiada energia.

Os cilindros de S.A., visto na figura 6, com retorno por mola são muito utilizados em operações de fixação, marcação, rotulação, expulsão de peças e alimentação de dispositivos; os cilindros de S.A. com avanço por mola e retorno por ar comprimido são empregados em alguns sistemas de freio, segurança, posições de travamento e trabalhos leves em geral. (REIS, 1995)

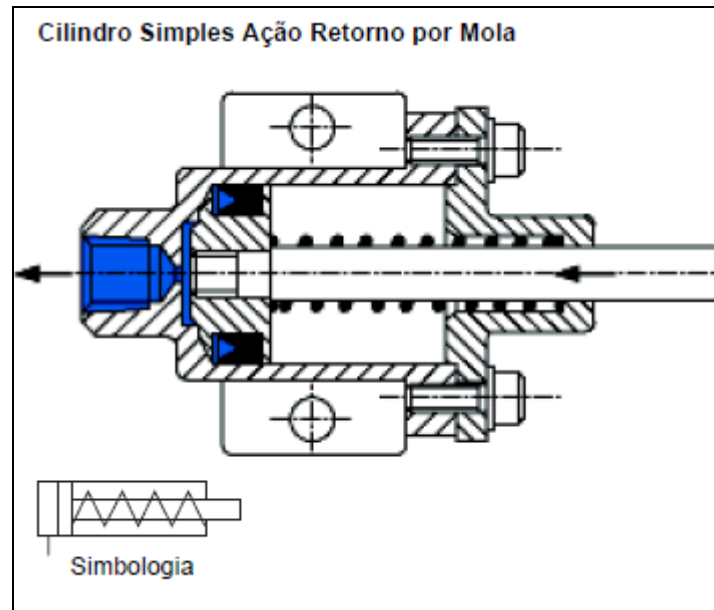


Figura 6 – Cilindro simples ação
Fonte: Parker (2000).

2.12 CILINDROS DE DUPLA AÇÃO

Conforme Reis (1995), cilindro de Duplo Efeito ou Dupla Ação se caracteriza quando um cilindro pneumático utiliza ar comprimido para produzir trabalho em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno), diz-se que é um cilindro de Dupla Ação, o tipo mais comum de utilização. Sua característica principal, pela definição, é o fato de se poder utilizar tanto o avanço quanto o retorno para desenvolvimento de trabalho.

Moreira, (2012) afirma que esses cilindros podem ter curso limitado, porém deve-se levar em consideração as possibilidades de deformação da haste por flexão e flambagem.

Conforme Parker (2000) existe, porém, uma diferença quanto ao esforço desenvolvido, as áreas efetivas de atuação da pressão são diferentes; a área da câmara traseira é maior que a da câmara dianteira, pois nesta há que se levar em conta o diâmetro da haste, que impede a ação do ar sobre toda a área. O ar comprimido é admitido e liberado alternadamente por dois orifícios existentes nos cabeçotes, um no traseiro e outro no dianteiro que, agindo sobre o êmbolo, provocam os movimentos de avanço e retorno.

Quando uma câmara está admitindo ar à outra está em comunicação com a atmosfera. Esta operação é mantida até o momento de inversão da válvula de

comando alternando a admissão do ar nas câmaras, o pistão se desloca em sentido contrário, figura 7.

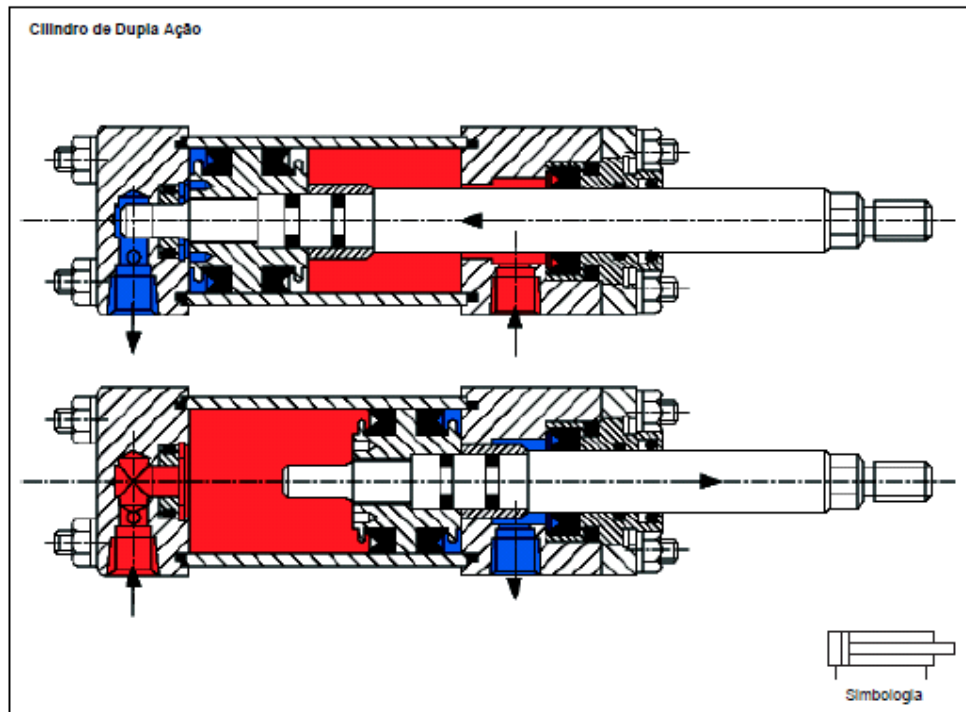


Figura 7 – Cilindro dupla ação
Fonte: Parker (2000).

Oliveira e Lutz (2005), definem que cilindros Pneumáticos, são dispositivos constituídos de componentes capazes de converter energia pneumática em movimento, esse movimento deve ter natureza linear para que o equipamento seja considerado um cilindro pneumático, eles recebem este nome por sua carcaça, na maioria das vezes, ter um formato cilíndrico.

Dentre os tipos construtivos, podemos citar basicamente dois, o cilindro de simples efeito ou simples ação e o de duplo efeito ou dupla ação, os quais possuem alguns tipos derivados.

Segundo Parker (2000), em relação aos cilindros de duplo efeito, podemos citar, por exemplo, algumas derivações:

- Cilindro com Amortecimento;

Projetado para controlar movimentos de grandes massas e desacelerar o pistão nos fins de curso, ele tem a sua vida útil prolongada em relação aos tipos sem amortecimento.

O amortecimento é criado pelo aprisionamento de certa quantidade de ar no final do curso.

Porém existem os inconvenientes de o tempo gasto para se completar cada ciclo se tornar maior e existirem perdas a cada desaceleração do pistão.

Este cilindro pode ser observado na Figura 8.

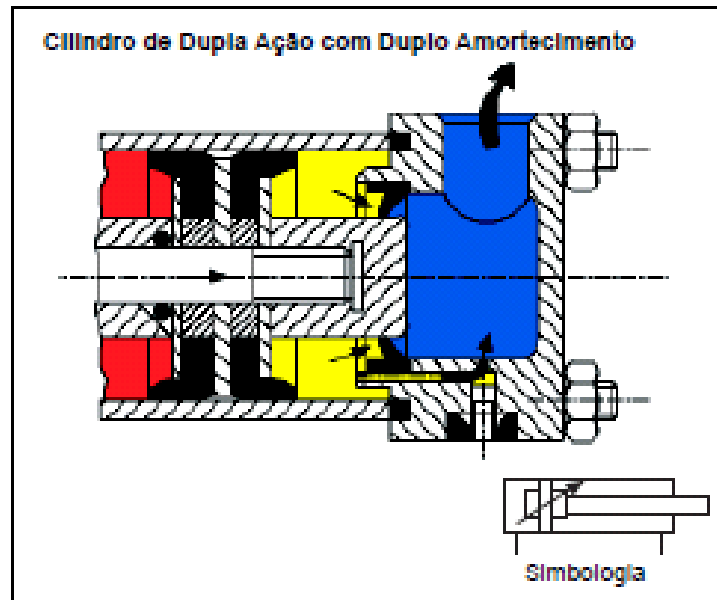


Figura 8 – Cilindro duplo amortecimento.
Fonte: Parker (2000).

2.13 UNIDADE DE TRATAMENTO DO AR

Após passar por todo o processo de produção, o ar comprimido deve sofrer um último condicionamento, antes de ser colocado para trabalhar, a fim de produzir melhores desempenhos (OLIVEIRA E LUTZ, 2005).

Neste caso, o beneficiamento do ar comprimido consiste no seguinte: filtragem, regulagem da pressão e introdução de uma (certa) quantidade de óleo suficiente para a lubrificação de todas as partes mecânicas dos componentes pneumáticos.

A utilização desta unidade de serviço é indispensável em qualquer tipo de sistema pneumático, do mais simples ao mais complexo. Ao mesmo tempo em que permite aos componentes trabalharem em condições favoráveis, prolongando a sua vida útil (REIS, 1995).

Parker (2000), afirma que uma duração prolongada e um funcionamento regular de qualquer componente em um circuito dependem, antes de mais nada, do

grau de filtragem, da isenção de umidade, da estabilidade da pressão de alimentação do equipamento e da lubrificação das partes móveis.

Isso tudo é literalmente superado quando se aplicam nas instalações dos dispositivos, máquinas, etc. os componentes de tratamento preliminar do ar comprimido após a tomada de ar Filtro, Válvula Reguladora de Pressão (Regulador) e Lubrificador, que reunidos formam a Unidade de Condicionamento ou Lubrefil, figura 9.



Figura 9 – Lubrefil
Fonte: Parker (2000).

2.14 FILTRAGEM DO AR

Segundo Reis (1995), os sistemas pneumáticos são sistemas abertos, o ar, após ser utilizado, é exaurido para a atmosfera, enquanto que a alimentação aspira ar livre constantemente. Para Stewart (1981), o filtro deve remover todos os corpos estranhos e deve permitir que o ar limpo seco flua livremente sem resistência. Conforme Parker (2006), este ar, por sua vez, está sujeito à contaminação, umidade e às impurezas procedentes da rede de distribuição. A maioria destas impurezas é retida, nos processos de preparação, mas partículas pequenas ficam suspensas e são arrastadas pelo fluxo de ar comprimido, agindo como abrasivos nas partes móveis dos elementos pneumáticos quando solicitada a sua utilização.

A filtragem do ar consiste na aplicação de dispositivos capazes de reter as impurezas suspensas no fluxo de ar, e em suprimir ainda mais a umidade presente, portanto, necessário eliminar estes dois problemas ao mesmo tempo. A presença de

contaminação sólida e líquida no fluxo de ar reduz a capacidade do ar comprimido de realizar trabalho em até 15% chegando a 30% em casos extremos.

O equipamento normalmente utilizado para este fim é o Filtro de Ar, que atua de duas formas distintas:

- Pela ação da força centrífuga.
- Pela passagem do ar através de um elemento filtrante, de bronze sinterizado ou malha de nylon.

A alta eficiência na remoção de umidade devido ao sistema de defletores, a água e as partículas sólidas contidas no ar comprimido são totalmente separadas.

A grande superfície do elemento filtrante garante baixa queda de pressão e aumento de sua vida útil (PARKER, 2006).

2.15 REGULAGEM DE PRESSÃO

Para Stewart (1981) a válvula de regulagem de pressão é utilizada para reduzir a pressão em parte do sistema para uma pressão inferior. Uniformiza os pulsos, e pode ser regulada em pequenos estágios para fornecer a pressão reduzida desejada

Parker (2006), diz que normalmente, um sistema de produção de ar comprimido atende à demanda de ar para vários equipamentos pneumáticos. Em todos estes equipamentos está atuando a mesma pressão. Isso nem sempre é possível, pois, se estivermos atuando um elemento pneumático com pressão maior do que realmente necessita, estaremos consumindo mais energia que a necessária. Por outro lado, um grande número de equipamentos operando simultaneamente num determinado intervalo de tempo faz com que a pressão caia, devido ao pico de consumo ocorrido.

Conforme Reis (1995), estes inconvenientes são evitados usando-se a Válvula Reguladora de Pressão, ou simplesmente o Regulador de Pressão, que tem por função:

- Compensar automaticamente o volume de ar requerido pelos equipamentos pneumáticos.
- Manter constante a pressão de trabalho (pressão secundária), independente das flutuações da pressão na entrada (pressão primária)

quando acima do valor regulado. A pressão primária deve ser sempre superior à pressão secundária, independente dos picos.

- Funcionar como válvula de segurança.

Parker (2006), os reguladores foram projetados para proporcionar uma resposta rápida e uma regulação de pressão acurada para o maior número de aplicações industriais.

Para uma melhor eficiência de uma rede de ar, será necessário que as pressões nos pontos de consumo sejam inferiores a 20% da pressão gerada pelos compressores, ou seja, não devemos levar em consideração a pressão disponível na rede, mas sim a pressão disponível no ponto de consumo, como medida da redução de custos e segurança operacional.

2.16 LUBRIFICAÇÃO

Os sistemas pneumáticos e seus componentes são constituídos de partes possuidoras de movimentos relativos, estando, portanto, sujeitos a desgastes mútuos e constante utilização. Para diminuir os efeitos desgastantes e as forças de atrito, a fim de facilitar os movimentos, os equipamentos devem ser lubrificados convenientemente, por meio do ar comprimido. (REIS, 1995)

Lubrificação do ar comprimido é a mescla deste com uma quantidade de óleo lubrificante, utilizada para a lubrificação de partes mecânicas internas móveis que estão em contato direto com o ar. Essa lubrificação deve ser efetuada de uma forma controlada e adequada, a fim de não causar obstáculos na passagem de ar, problemas nas guarnições etc. Além disso, esse lubrificante deve chegar a todos os componentes, mesmo que as linhas tenham circuitos sinuosos. Isso é conseguido desde que as partículas de óleo permaneçam em suspensão no fluxo, ou seja, não se depositem ao longo das paredes da linha. O meio mais prático de efetuar este tipo de lubrificação é através do lubrificador (PARKER, 2006).

2.17 VANTAGENS E LIMITAÇÕES NO USO DO AR COMPRIMIDO

Para Oliveira e Lutz (2005), as vantagens e limitações no uso da pneumática são decorrentes basicamente de duas importantes propriedades físicas, são elas:

- Compressibilidade;
- Baixa viscosidade.

2.17.1 VANTAGENS

Conforme Fialho (2003), a pneumática é sem dúvida o elemento mais simples, de maior rendimento e de menor custo que pode ser utilizado na solução de muitos problemas de automatização.

São apontadas como características vantajosas na utilização do ar comprimido e da tecnologia pneumática, dentre outras:

- O ar pode ser encontrado em quantidades ilimitadas em praticamente todos os lugares;
- É facilmente transportável por tubulações;
- O ar pode ser armazenado em reservatórios;
- Funcionamento seguro, mesmo quando exposto a variações na temperatura;
- Não apresenta perigo de explosão ou de incêndio;
- O ar comprimido é limpo, não poluindo o ambiente;
- O ar comprimido permite alcançar velocidades de trabalho relativamente altas;

2.17.2 LIMITAÇÕES

Para Stewart (1981), a fim de que o sistema possa ter excelente rendimento, como uma prolongada vida útil de seus componentes o ar requer uma boa preparação de qualidade de ar, isento de impurezas e umidade.

Reis (1995), aponta como desvantagens na utilização do ar comprimido:

- O ar comprimido requer uma boa preparação, impurezas e umidade devem ser evitadas, pois provocam desgastes indesejados;

- Devido à alta compressibilidade do ar não é possível manter uniformes e constantes as velocidades dos pistões;
- Limitação das forças máximas de trabalho;
- O escape de ar é ruidoso;
- O ar comprimido é uma fonte de energia que possui um custo de produção elevado, apesar de o ar ser facilmente encontrado na natureza.

2.18 VAZAMENTOS NOS CIRCUITOS

Segundo Parker (2006), as quantidades de ar perdidas através de pequenos furos, acoplamentos com folgas, vedações defeituosas, etc., quando somadas, alcançam elevados valores. A importância econômica desta contínua perda de ar torna-se mais evidente quando comparada como consumo de um equipamento e a potência necessária para realizar a compressão conforme mostrado no quadro 2.

Quadro 2– Vazamentos em função do diâmetro do furo. Fonte: Parker (2006)

Diâmetro do Furo			Escape do Ar em		Potência Necessária para Compressão	
			588,36 kPa	85 psi	Cv	kW
Tamanho Real	mm	pol	m ³ /s	c.f.m		
•	1	3/64	0,001	2	0,4	0,3
●	3	1/8	0,01	21	4,2	3,1
●	5	3/16	0,027	57	11,2	8,3
●	10	3/8	0,105	220	44	33

Desta forma, um vazamento na rede representa um consumo maior de energia, que pode ser verificado através do quadro apresentado no quadro 3.

Quadro 3 - Fluxo vazamento em pés³/min. Fonte: Parker (2006)

Ø (mm)	psi											
	30	44	58	72	87	100	116	145	174	217	290	434
0,1	0,009	0,012	0,015	0,019	0,022	0,027	0,028	0,035	0,041	0,050	0,066	0,098
0,2	0,038	0,051	0,064	0,076	0,089	0,099	0,114	0,140	0,165	0,203	0,266	0,392
0,3	0,086	0,115	0,143	0,172	0,200	0,229	0,258	0,315	0,371	0,459	0,601	0,887
0,5	0,240	0,320	0,399	0,477	0,558	0,636	0,717	0,876	1,03	1,06	1,66	2,46
1,0	0,961	1,28	1,59	1,91	2,23	2,54	2,86	3,50	4,13	5,09	6,64	9,86
1,5	2,16	2,88	3,60	4,31	5,23	5,72	6,47	7,88	9,29	11,42	15,02	22,17
2,0	3,85	5,12	6,40	7,67	8,91	10,18	11,45	14,00	16,54	20,33	26,69	39,24
3,0	8,66	11,52	14,35	17,22	20,08	22,94	25,81	31,50	37,12	45,96	60,11	88,75
4,0	15,41	20,47	25,56	30,58	35,71	40,66	45,96	56,04	66,12	74,25	106,78	157,35
5,0	24,08	32,00	39,95	47,73	55,89	63,64	71,78	87,69	104,31	127,31	166,89	246,10
6,0	33,38	46,10	57,63	68,95	80,26	91,93	103,25	126,23	149,21	183,16	240,44	353,6
8,0	61,88	82,03	102,19	122,34	142,85	163,36	183,51	224,18	265,20	325,31	427,85	629,40
10,0	96,17	128,0	159,82	191,29	223,12	254,94	286,76	350,06	413,71	509,18	664,76	986,54
12,0	138,61	184,57	229,84	275,10	321,42	367,74	413,00	505,64	597,58	731,951	961,79	1417,9
15,0	216,75	288,18	360,67	431,39	502,11	572,83	645,32	788,52	929,96	1142,1	1502,8	2217,0
20,0	385,42	512,72	665,12	767,31	891,07	1018,3	1145,6	1400,2	1654,8	2033,2	2699,6	3924,9
25,0	601,12	799,13	997,15	1195,1	1396,7	1591,2	1792,7	2188,7	2584,8	3182,4	4172,4	-
30,0	866,32	1152,7	1435,6	1722,0	2008,4	2294,8	2581,2	3150,5	3712,8	4596,8	-	-
35,0	1251,7	1569,9	1955,4	2344,3	2733,3	3139,9	3511,2	4278,5	5091,8	-	-	-
40,0	1470,9	2047,3	2556,5	3058,6	3571,3	4066,4	4596,8	5622,2	-	-	-	-
45,0	1951,8	2591,9	3228,3	3889,6	4526,0	5162,5	-	-	-	-	-	-
50,0	2408,0	3200,0	3995,6	4773,6	-	-	-	-	-	-	-	-
55,0	2913,0	3871,9	4808,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60,0	3468,8	46109,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Conforme Oliveira e Lutz (2005), os vazamentos devem ser reduzidos ao máximo, comum à manutenção preventiva do sistema, de 3 a 5 vezes por ano, sendo verificados, por exemplo: substituição de juntas de vedação defeituosa, engates, mangueiras, tubos, válvulas, aperto das conexões, restauração das vedações nas uniões roscadas, eliminação dos ramais de distribuição fora de uso e outras que podem aparecer, dependendo da rede construída.

2.19 LIGAÇÃO ENTRE TUBOS.

Conforme Parker (2006), as ligações processam-se de diversas maneiras, rosca, solda, flange, acoplamento rápido, devendo apresentar a mais perfeita vedação. As ligações roscadas são comuns, devido ao baixo custo e facilidade de

montagem e desmontagem. Para evitar vazamentos nas roscas é importante a utilização da fita Teflon, devido às imperfeições existentes na confecção das roscas.

Para Reis (1995), a união realizada por solda oferece menor possibilidade de vazamento, se comparada à união roscada, apesar de um custo maior. As uniões soldadas devem estar cercadas de certos cuidados, as escamas de óxido têm que ser retiradas do interior do tubo, o cordão de solda deve ser o mais uniforme possível.

Para instalações provisórias, o ideal é o acoplamento rápido conforme figura 10, também estanque. Na desmontagem não existem perdas de tubo e não há necessidade de fazer cortes para a remoção.

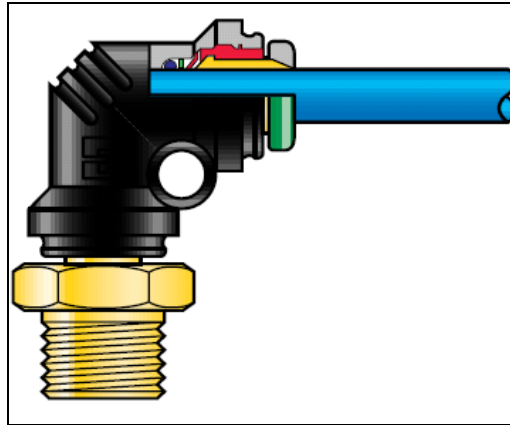


Figura 10 – Conexão instantânea
Fonte: Parker (2006)

2.20 CURVATURA DA TUBULAÇÃO.

Segundo Parker (2006), as curvas devem ser feitas no maior raio possível, para evitar perdas excessivas por turbulência. Evitar sempre a colocação de cotovelos 90°. A curva mínima deve possuir na curvatura interior um raio mínimo de duas vezes o diâmetro externo do tubo, conforme figura 11.

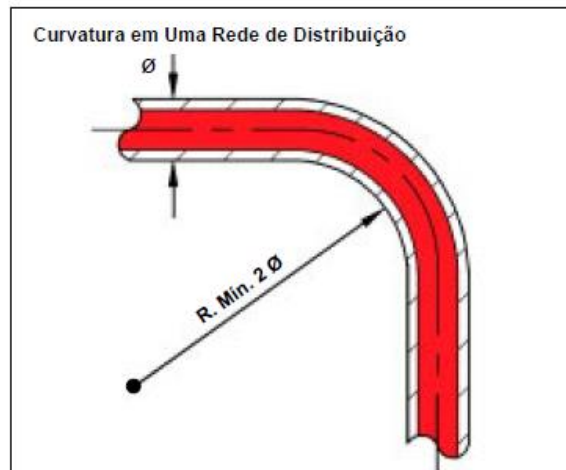


Figura 11 – Curvatura tubo
Fonte: Parker (2006)

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo de oportunidades de melhorias nos circuitos de ar comprimido, nos ônibus de uma empresa instalada no município de Novo Hamburgo, RS, a fim de proporcionar ganhos em eficiência energética e disponibilidade operacional dos equipamentos dos ônibus evitando o desperdício de energia pneumática

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos estão associados com a conservação de energia, apresentação de melhorias e adequação no circuito pneumático e componente do veículo:

- a) Coletar evidências no circuito pneumático dos ônibus da empresa.
- b) Elaborar uma tabela de verificação de detecção de vazamentos dos componentes para reparos para evitar o desperdício de energia;
- c) Propor melhorias no circuito pneumático para melhorar a eficiência;

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AVALIAÇÕES PNEUMÁTICAS NOS ÔNIBUS

A metodologia aplicada foi de analisar as condições dos sistemas pneumáticos de um grupo de oito ônibus da viação, que permanecem estacionados na garagem da empresa aguardando o horário de entrar em atividade. As análises foram divididas em quatro formas:

- Vazamentos de ar nos componentes;
- Lubrificação e preparação de ar dos componentes;
- Mangueiras de ligação do circuito pneumático.
- Regulagens

4.2 VAZAMENTO DE AR NOS COMPONENTES

Identificar, eliminar e reduzir os vazamentos de ar comprimido é uma das maneiras mais simples e eficientes de economizar energia.

A primeira etapa foi avaliar os cilindros e válvulas instalados nos ônibus. Cada carro possui quatro cilindros dois em cada bandeja da porta frente e na traseira do veículo e cinco válvulas sendo duas de emergência e três para acionamento de abertura dos cilindros nas portas. A figura 12 mostra como geralmente são instalados os componentes.

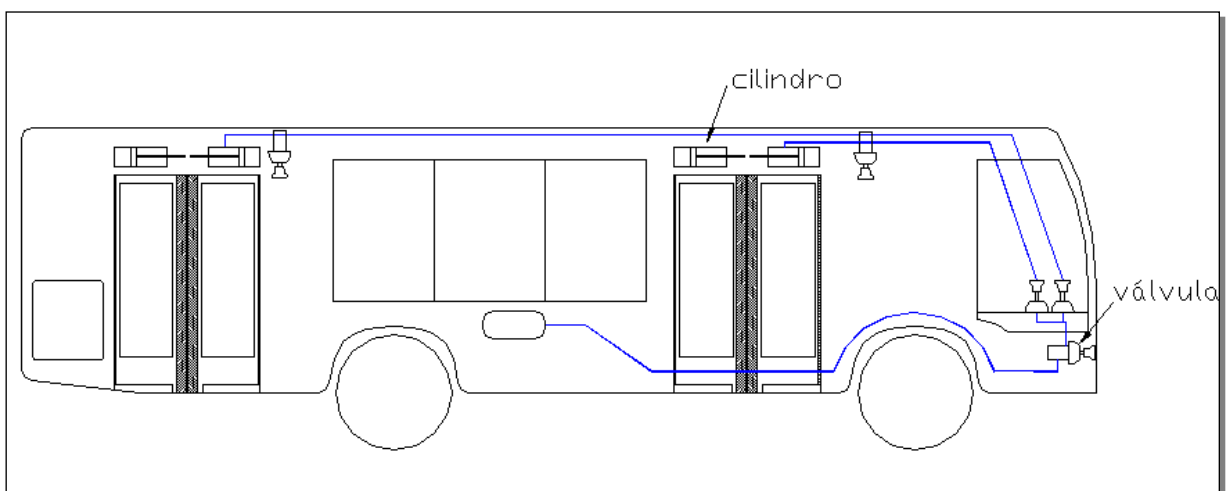


Figura 12- Circuito Ônibus
Fonte: Elaborado pelo autor

A partir do quadro 3 desenvolvido para o trabalho, foram registrados os vazamentos e tamanho do vazamento conforme no quadro 4, com isto evidenciar a quantidade de ar perdida através dos furos, acoplamento com folga nas conexões, vedações defeituosas.

Os vazamentos foram classificados em três classes:

- ϕ 0,1mm: gotas contáveis de ar.
- ϕ 0,5mm: fluxo de ar constante.
- ϕ 0,1mm: fluxo de ar constante, com ruído.

Quadro 4 – Análise de vazamentos Fonte: Elaborado pelo autor

Componentes pneumáticos	Ônibus 1	Ônibus 2	Ônibus 3	Ônibus 4	Ônibus 5	Ônibus 6	Ônibus 7	Ônibus 8
Válvula porta dianteira	x	x	0,1	x	0,5	x	x	x
Válvula porta traseira	0,1	x	X	x	x	0,1	x	0,1
Válvula da Grade	x	0,5	0,5	0,1	x	x	0,5	x
Válvula emergência. Porta dianteira.	x	x	X	x	x	x	x	x
Válvula emergência porta traseira	x	x	0,5	x	x	x	x	x
Cilindro direito porta dianteira	0,1	x	x	0,5	0,5	0,1	0,1	0,5
Cilindro esquerdo porta dianteira	x	x	0,1	x	x	x	x	x
Cilindro direito porta traseira	x	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	x	0,1
Cilindro esquerdo porta traseira	0,1	X	X	0,1	0,1	X	X	X
Comprimento mangueira (m)	1,2	0,8	1,8	1,2	1,1	0,9	1	0,8
Total de válvulas com vazamento	3	2	5	4	5	3	4	3
Fluxo livre de ar comprimido através de orifícios em pés ³ /min 10bar	0.105	0.911	1.857	0.981	1.822	0.105	0.911	0.946
litros por segundo(L/s)	0,04955	0,42994	0,8764	0,4629	0,8598	0,04955	0,42994	0,4464

O compressor é o componente responsável por fornecer ar comprimido para o sistema de freios pneumáticos e outros acessórios do veículo, como embreagem hidropneumática, portas de ônibus, molas pneumáticas, descarga de banheiro e acionamento de TV retrátil. O ar é sugado da atmosfera, passa pelo filtro de ar e ao mesmo tempo em que vai para o motor, chega também ao compressor.

Danos nos compressores são mais comuns de acontecer em veículos urbanos (ônibus), pois trabalham num regime mais rigoroso de temperatura e pressão por mais tempo as características técnicas do compressor está no quadro 5.

Quadro 5 - Características técnicas compressor.

Fonte: <http://www.omecanico.com.br/modules/revista.php?recid=314>. Acessado em 28 de outubro de 2014

Aplicação	
LK3811	MWM Série 10
LK3818	MWM 229
LK3814	MWM229
Características técnicas	
Deslocamento	225 cm ³
Pressão de serviço	10 Bar
Rotação máxima	3000 rpm 10% (momentânea)
Tipo de lubrificação	forçada
Meio lubrificante	óleo especificado pelo fabricante para o motor
Tempo de carregamento	de 3 a 6 Bar a 3000 rpm
Volume do reservatório (l)	20 40 60 80
Tempo de enchimento (s)	20 30 40

Os compressores da Knorr-Bremse LK 3811, que equipa os modelos da Volkswagen de caminhões e ônibus dotados de motores MWM Série 10, têm capacidade de reservatório de 40 litros e o tempo estimado para encher é de 30 segundos, calculando a vazão em 1,33 L/s. Na tabela de vazamentos pode evidenciar que os ônibus 3 e 5 estão com os índice de vazamentos acima de de 0,8L/s um índice de 60% da vazão desperdiçada do compressor ao encher o reservatório, desconsiderando o acionamento de comando que o circuito esta efetuando, um índice bastante alto podendo interferir no sistema de freio dos ônibus e principalmente na segurança dos passageiros.

4.3 LUBRIFICAÇÃO E PREPARAÇÃO DE AR DOS COMPONENTES

Nos carros do Frotista não são utilizados preparação de ar (filtro e lubrificação) no começo do circuito pneumático. Determinar a ordem de grandeza dos prejuízos causados pela contaminação do ar comprimido não é simples, embora o impacto desses danos seja facilmente percebido pela ineficiência do sistema contaminado e não lubrificado. A vida útil dos componentes é reduzida e os custos com a reparação e substituição das válvula e cilindros é inevitável.

A presença da contaminação sólida e líquida no fluxo de ar reduz a capacidade do ar comprimido realizar seu trabalho em até 15% chegando a 30% em casos extremos. A instalação de uma preparação de ar é essencial, a figura 13 mostra em que parte do circuito deve ser instalado.

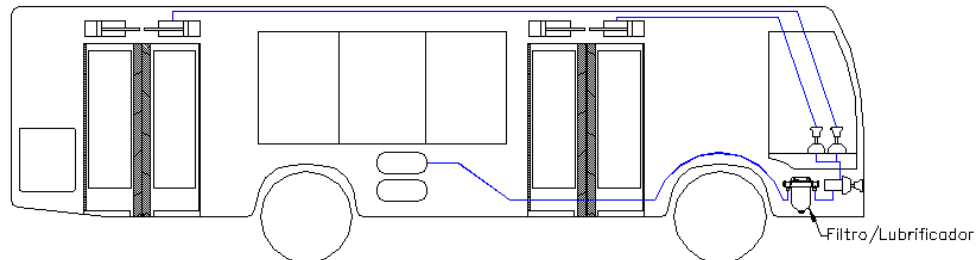


Figura 13: Circuito Ônibus Filtro/Lubrificador

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 MANGUEIRAS DE LIGAÇÃO DO CIRCUITO

As mangueiras também foram analisadas de acordo com o padrão em milímetro ou polegada em conformidade com a conexão utilizada. Foram encontradas conexões não adequadas para a mangueira ocasionando vazamentos, e também mangueiras que foram conectadas e desconectadas varias vezes com a extremidade danificada e gasta que também apresentavam vazamentos.

Mangueiras dobradas estrangulando o fluxo de ar dos cilindros foram encontradas e com conseqüência deixando os componentes lentos para efetuar o trabalho.

Em alguns carros haviam o comprimento das mangueiras excessivas conforme quadro 4, mas principalmente o carro analisado número 3 teve o maior comprimento de mangueira com sobra no circuito, 1,8 metros. A figura 14 mostra o circuito com a evidencia analisada criando um volume extra e com isto precisando mais volume de ar no fornecimento para o circuito.



Figura 14- Mangueiras com comprimento excessivo

Fonte: Arquivo Empresa, 2014

4.5 REGULAGEM DOS COMPONENTES

Economias maiores muitas vezes podem ser obtidas com medidas relativamente simples como regular e ajustar os componentes individualmente de forma adequada, o que ajuda a economizar energia do sistema.

Para melhor eficiência sugere-se diminuir 20% da pressão do circuito do ônibus, de 10 bar para 8 bar, para melhor funcionamento dos componentes sem perda operacional, e também para o sistema não trabalhar no limite da pressão do reservatório, já que no ônibus o freio estacionário é liberado com 6 bar.

Muitos cilindros estavam com a regulagem de controle de fluxo mal regulada deixando o cilindro lento na sua atuação deixando as portas fora de sincronismo nos movimentos de abrir e fechar, figura 15.



Figura 15-Regulagem de fluxo cilindro

Fonte: Arquivo da Empresa, 2014

A inclusão de um regulador de pressão no início do circuito junto com a preparação de ar é uma opção ideal para a redução do consumo de ar e conseqüentemente de energia, evitando que a pressão caia, devido ao pico de consumo ocorrido deixando os cilindros de movimentação das portas lentos.

4.6 LISTA DE VERIFICAÇÃO NO SISTEMA

Foi criada uma lista de verificações e cuidados dos componentes pneumáticos para a equipe de manutenção se orientar e alinhar os componentes na instalação no carro para maior eficiência possível na verificação de possíveis reparos a fazer.

4.6.1 LISTA DE VERIFICAÇÃO - CILINDROS

1. Ajuste a pressão do ar comprimido do sistema, limitando a mesma ao máximo de 10 bar.
2. Verifique se todas as conexões dos cilindros estão conectadas com os tubos de forma correta até as válvulas de acionamento.

3. Verifique se as hastes dos cilindros não estão batendo em nenhum componente próximo ao cilindro. Para tanto, estes devem ser acionados para abrir e fechar, só assim será possível confirmar se há interferências.
4. Verifique se, ao acionar os cilindros, as hastes não estão riscadas, pintadas ou danificadas. Caso exista um dos fatores, os cilindros apresentarão vazamento com pouco tempo de uso.
5. Verifique se as ponteiras estão bem fixadas na estrutura e se existem folgas excessivas nas buchas. OBS: folgas excessivas provocam ruídos e falta de regulação no fechamento e abertura do sistema.
6. Verifique se a linha de ar comprimido possui filtro de ar. OBS: a ausência de filtros pode permitir que impurezas atinjam os cilindros e provoquem problemas de vazamento ou emperramento.
7. Utilize somente óleos de lubrificação recomendados.

QUADRO 6- Causas e soluções para defeitos comuns. Fonte: Elabora pelo autor

PROVÁVEIS DEFEITOS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Vazamento em um dos lados do cilindro	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste ou cortes no reparo de vedação • Vazamentos na válvula 	<ul style="list-style-type: none"> • Trocar o reparo e guarnição • Testar válvula
Vazamento nos cabeçotes	<ul style="list-style-type: none"> • Afrouxamento das varetas • Cortes dos anéis de vedação • Trincas nos cabeçotes 	<ul style="list-style-type: none"> • Reapertar porcas das varetas • Substituir os anéis de vedação • Substituir os cabeçotes
Vazamento nas conexões dos tubos	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos mal conectados • Conexões mal rosqueadas ou sem vedante na rosca 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar o tubo e cortar a ponta reta • Aplicar veda-rosca nas conexões
Vazamento entre a haste e a guarnição	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste ou corte na guarnição • Haste riscada, 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir a guarnição • Substituir a haste

	pintada ou danificada	
Cilindro trepida ao ser acionado	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamentos no conjunto • Pouca pressão disponível • Desalinhamento na montagem 	<ul style="list-style-type: none"> • Descobrir vazamento e corrigi-lo • Verificar a pressão do sistema • Alinhar montagem da haste
Cilindro não se movimenta Ao ser acionado	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos desconectados • Válvula com retorno ou acionamento entupidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar tubos • Verificar válvula • OBS: para liberar o cilindro, retirar o tubo do lado que estiver com pressão.

4.6.2 LISTA DE VERIFICAÇÃO - VÁLVULAS

1. Verifique a pressão do ar comprimido do sistema, limitando a mesma ao máximo de 10 bar. OBS: um bom indicativo para isto é o medidor da pressão do freio no painel de instrumentos.
2. Verifique se todas as conexões da válvula estão conectadas com os tubos de forma correta até os cilindros.
3. Verifique se a linha de ar comprimido possui filtro de ar. OBS: a ausência de filtros pode deixar impurezas atingirem a válvula e provocar problemas de vazamento.
4. Verifique se a válvula está bem fixada junto ao painel ou estrutura.

QUADRO 7- Causas e soluções para defeitos comuns. Fonte: Elaborado pelo autor

PROVÁVEIS DEFEITOS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Vazamento interno pelas vias de escape	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste ou cortes nos anéis de vedação 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir os anéis de vedação

	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste do eixo da válvula 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir a válvula
Vazamento externo nas tampas	<ul style="list-style-type: none"> • Afrouxamento das tampas • Cortes dos anéis de vedação • Trincas nas tampas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reapertar parafusos das tampas • Substituir os anéis de vedação • Substituir as tampas
Vazamento nas conexões dos tubos	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos mal conectados. • Conexões mal rosqueadas ou sem vedante na rosca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar o tubo, cortar as pontas retas • Aplicar veda-rosca nas conexões e reapertá-las
Vazamento entre o eixo e o corpo	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste ou corte nos anéis de vedação • Substituir os anéis de vedação • Desgaste do eixo da válvula 	<ul style="list-style-type: none"> • Substituir a válvula • Substituir os anéis de vedação
Válvula não aciona o cilindro	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos desconectados ou ligados erradamente • Válvula com retorno ou acionamento entupidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar tubos corretamente • Verificar retornos e acionamentos da válvula <p>OBS: para liberar o cilindro, retirar o tubo do lado que estiver com pressão.</p>

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pretendido inicialmente, esse trabalho buscou avaliar o circuito pneumático dos ônibus da viação do município de Novo Hamburgo reduzindo o desperdício de energia. Na intenção de obter esses resultados, foram realizados importantes levantamentos na instalação e reparos nos componentes.

Para atingir este objetivo foram consultadas diversas obras literárias sobre estes assuntos, além do conhecimento específico e técnico do produto da empresa, sendo feita a análise descritiva dos resultados baseado nos dados coletados.

Neste mesmo pensamento pode-se dizer que com pequenas ações de eficiência energética no circuito do ônibus teremos retornos bastante significativos, os sistemas apresentaram em média um ganho na velocidade de resposta de aproximadamente de três segundos.

Eficiência Energética é uma ótima ação contra o desperdício de energia em sistemas pneumáticos e uma ferramenta de aprendizado simplificado e eficaz em qualquer tipo de unidade consumidora, seja ela residencial, ou industrial.

Desta forma através deste estudo foi possível alcançar os objetivos propostos e relacionar a realidade observada com o referencial teórico.

O estudo propôs melhorias na instalação dos componentes no circuito para evitar o desperdício de energia e garantir o melhor funcionamento e segurança dos usuários.

Como limitação deste estudo pode-se destacar a necessidade de um instrumento para medição de vazão para melhor coleta de dados e a privação de informações referente à manutenção, por ter vários tipos de componentes de diferentes empresas no mesmo ônibus, portanto detalhes técnicos e características funcionais não foram mostrados no estudo de caso.

A pesquisa sobre eficiência energética nos ônibus não se encerra aqui, sugerem-se novas análises dos métodos com medidor de vazão, comparando a eficiência nos carros com a melhoria no circuito realizada.

REFERÊNCIAS

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**: para uso dos estudantes universitários. 3ª . ed. São Paulo, SP: McGraw-Hill, 1983. xiii, 249 p.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação pneumática**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. 6a. ed. São Paulo, SP: Érica, 2009. 324 p.

HINRICHS, Roger; KLEINBACH, Merlin. **Energia e meio ambiente**. São Paulo, SP: Cengage Learning, c2011. xx, 708 p.

MOREIRA, Ilo da Silva. **Sistemas pneumáticos**. São Paulo, SP: SENAI - SP, 2012. 222, [2] p. (Série informações tecnológicas)

OLIVEIRA, Luis Carlos; LUTZ, Aury da Silva. **Informações Tecnológicas-Mecânica**. 11.ed. Porto Alegre, RS, Agosto, 2005.

PARKER, **Pneumática Industrial**. Apostila M1001 BR, São Paulo: agosto, 2000.

PARKER, **DiEletropneumática Industrial**. Apostila M1002-2 BR, São Paulo: agosto, 2001.

PARKER, **Dimensionamento de redes de ar comprimido**. Apostila M1004 BR, São Paulo: setembro, 2006.

PEREIRA, Mario Jorge. **Energia: eficiência & alternativas**. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna, 2009. xvi, 197, [3] p.

PORTAL O MECÂNICO: Compressores de ar, Acessado em 28 de outubro de 2014. Disponível em: <http://www.omecanico.com.br/modules/revista.php?recid=314>.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Manual de metodologia científica**. 2a. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2002. 69 p.

REIS, Bernardo. **Pneumática- Comandos Pneumáticos**. 1a. ed. Porto Alegre, RS, 1995. 101p.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 17.ed. Petrópolis: Vozes, 1992. 120 p.

STEWART, Harry L. **Pneumática e hidráulica**. [3a. ed.] São Paulo, SP: Hemus, [1981]. 481 p.

VECCHIA, Rodnei. **O meio ambiente e as energias renováveis**: instrumentos de liderança visionária para a sociedade sustentável. 1a. ed. Barueri, SP: Manole, 2010. xxv, 334 p.

VIANNA, BORTONI. **Eficiência energética fundamentos e aplicações** Campinas Fundação Christiano Ottoni, 2012, 1ª edição.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 205 p.