



ATUADORES HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS – UMA BREVE ANÁLISE SOBRE ATUADORES DENTRO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Mylena Corrêa Cardoso¹ (mylena.cardoso@fatec.sp.gov.br)

Maria Fernanda Oliveira² (maria.sabino01@fatec.sp.gov.br)

Marcus Vinicius Juvencio³ (marcus.juvencio@fatec.sp.gov.br)

Mariana Aparecida Santos¹ (mariana.santos110@fatec.sp.gov.br)

Keven Barbosa² (keven.barbosa@fatec.sp.gov.br)

Sergio Tenorio dos Santos Neto¹ (sergio.tenorio@unesp.br)

¹Faculdade de tecnologia de Guaratinguetá

Resumo

Os atuadores pneumáticos e hidráulicos exercem um papel essencial na automação industrial ao converter energia de fluidos (ar comprimido ou óleo pressurizado) em movimento mecânico linear ou rotativo. Este trabalho tem como objetivo apresentar a importância da aplicação desses atuadores nos processos industriais, destacando sua contribuição para o aumento da eficiência, precisão e produtividade em sistemas automatizados. Os atuadores pneumáticos se destacam por sua simplicidade construtiva, baixo custo e resposta rápida, sendo indicados para tarefas leves e repetitivas, como linhas de montagem e sistemas de transporte. Já os atuadores hidráulicos apresentam maior robustez e capacidade de gerar forças elevadas com alta precisão, sendo amplamente utilizados em prensas industriais, escavadeiras e equipamentos de construção civil. A análise comparativa evidenciou que a escolha entre os dois tipos de atuadores depende de fatores como carga, velocidade, ambiente de trabalho e custo. Adicionalmente, a evolução tecnológica tem permitido avanços em ambos os sistemas, com a introdução de sensores inteligentes, válvulas proporcionais e integração com tecnologias da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Automação, Pneumáticos, Hidráulicos, Indústria.



Abstract

Pneumatic and hydraulic actuators play a fundamental role in industrial automation by converting fluid energy (compressed air or pressurized oil) into linear or rotary mechanical motion. This study aims to highlight the importance of applying these actuators in industrial processes, emphasizing their contribution to enhancing efficiency, precision, and productivity in automated systems. Pneumatic actuators are characterized by their simple construction, low cost, and fast response, making them ideal for light and repetitive tasks such as assembly lines and transport systems. In contrast, hydraulic actuators offer greater robustness and force capacity, being widely used in industrial presses, excavators, and heavy-duty equipment. The comparative analysis revealed that the choice between both actuator types depends on technical factors such as load, speed, work environment, and cost. Technological advancements have also improved the performance of these systems through the implementation of intelligent sensors, proportional valves, and integration with Industry 4.0 technologies.

Keywords: Automation; Pneumatic; Hydraulic; Industry.

Resumen

Los actuadores neumáticos e hidráulicos desempeñan un papel esencial en la automatización industrial al convertir la energía de fluidos (aire comprimido o aceite presurizado) en movimiento mecánico lineal o rotativo. Este trabajo tiene como objetivo presentar la importancia de la aplicación de estos actuadores en los procesos industriales, destacando su contribución al aumento de la eficiencia, precisión y productividad en sistemas automatizados. Los actuadores neumáticos se destacan por su simplicidad constructiva, bajo costo y respuesta rápida, siendo indicados para tareas ligeras y repetitivas, como líneas de montaje y sistemas de transporte. Por su parte, los actuadores hidráulicos presentan mayor robustez y capacidad de generar fuerzas elevadas con alta precisión, siendo ampliamente utilizados en prensas industriales, excavadoras y equipos de construcción civil. El análisis comparativo evidenció que la elección entre los dos tipos de actuadores depende de factores como la carga, la velocidad, el ambiente de trabajo y el costo. Adicionalmente, la evolución tecnológica ha permitido avances en ambos sistemas, con la introducción de sensores inteligentes, válvulas proporcionales e Integración.



Palabras clave: Automatización, Neumáticos, Hidráulicos, Industria.

1. Introdução

Os atuadores Pneumáticos e Hidráulicos são responsáveis por converter a energia proveniente do ar comprimido (no caso dos sistemas pneumáticos) ou de fluidos pressurizados (nos sistemas hidráulicos) em ações físicas, como empurrar, puxar, girar ou levantar componentes mecânicos.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da aplicação dos atuadores nos processos industriais, evidenciando como eles são fundamentais para o funcionamento de diversos equipamentos automatizados e como contribuem para o aumento da eficiência, precisão e produtividade.

Portanto, compreender o funcionamento e as características desses atuadores é indispensável para a análise e o desenvolvimento de sistemas automatizados mais modernos.

Os atuadores pneumáticos e hidráulicos são fundamentais na automação industrial, pois transformam a energia em movimento. Os pneumáticos se destacam pela rapidez e baixo custo, ideais para tarefas leves e repetitivas, enquanto os hidráulicos oferecem força e precisão, sendo usados em aplicações que exigem alta potência.

2. Fundamentação Teórica

No contexto da Engenharia de Controle e Automação, o conhecimento de sistemas pneumáticos e hidráulicos é crucial para a compreensão e o desenvolvimento de soluções eficientes em automação industrial, considerando diversos cenários de aplicação. Esses sistemas utilizam fluidos líquidos ou gasosos para gerar, controlar e transmitir potência, sendo amplamente empregados em máquinas e equipamentos onde a precisão e a força são essenciais (ESPOSITO, 2013).

Os sistemas hidráulicos e pneumáticos possuem uma ampla gama de aplicações em diversas indústrias, incluindo a automotiva, aeroespacial, manufatureira e de construção civil. Eles são

essenciais para a operação eficiente e segura de máquinas e equipamentos, oferecendo soluções robustas e confiáveis para as necessidades industriais (CUNDIFF, 2002)

Enquanto os sistemas hidráulicos são preferidos em aplicações que requerem alta força e precisão, como prensas industriais e equipamentos de construção, os sistemas pneumáticos são ideais para aplicações que necessitam de velocidade e flexibilidade, como linhas de montagem e dispositivos de manipulação (MAJUMDAR, 1995).

No livro *Pneumatic Systems: Principles and Maintenance*, S. R. Majumdar (1995) destaca que os cilindros pneumáticos são componentes fundamentais em sistemas de automação industrial, convertendo a energia do ar comprimido em movimento linear. Ele diferencia os cilindros de ação simples, que utilizam o ar comprimido para mover o pistão em uma direção e uma mola para o retorno, dos cilindros de ação dupla, que empregam ar comprimido em ambas as extremidades para controlar o movimento em duas direções. Essa distinção é crucial para a seleção adequada do atuador conforme a aplicação desejada. Segue exemplo de um atuador pneumático na figura 1.



Figura 1 – Atuador Pneumático

Fonte: WERK SCHOTT, 2025

Para uma compreensão mais aprofundada dos atuadores hidráulicos, Majumdar (1995) também escreveu *Oil Hydraulic Systems: Principles and Maintenance*, onde explora os princípios de operação, componentes e técnicas de manutenção dos sistemas hidráulicos industriais. Essa obra

complementa o estudo dos atuadores, oferecendo uma visão abrangente das tecnologias de acionamento utilizadas na automação.

Tabela 1 – Vantagens e Desvantagens do Uso de Atuadores Pneumáticos

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Velocidade de operação: resposta rápida em processos automatizados.	Menor força de atuação: comparado aos atuadores hidráulicos, são adequados para cargas leves.
Custo reduzido: tanto na implementação quanto na manutenção.	Menor precisão: controle de movimento menos preciso devido à compressibilidade do ar.
Segurança e limpeza: uso de ar comprimido, eliminando riscos de vazamentos de fluidos.	Sensibilidade a variações de pressão: pode afetar o desempenho em aplicações críticas.
Facilidade de manutenção: estrutura simples e de fácil acesso.	

Fonte: Elaborado pelos autores

Além disso, Majumdar (1995) enfatiza a importância da manutenção preventiva para garantir a eficiência e a longevidade dos atuadores pneumáticos. Ele recomenda inspeções regulares para detectar vazamentos, desgaste de vedações e acúmulo de contaminantes, que podem comprometer o desempenho do sistema. A adoção de práticas de manutenção adequadas contribui para a operação segura e eficiente dos sistemas pneumáticos. Segue abaixo exemplo de atuador hidráulico figura 2.



Figura 1 – Atuador Hidráulico

Fonte: CONAIR, 2025

Os atuadores pneumáticos e hidráulicos desempenham um papel fundamental na automação industrial, pois convertem a energia da potência fluida em movimento mecânico linear ou rotativo. De acordo com Yeaple (2009), os sistemas hidráulicos são particularmente vantajosos quando se exige alta força e precisão, enquanto os pneumáticos se destacam pela simplicidade, baixo custo e resposta rápida. A correta seleção e controle desses atuadores são essenciais para garantir eficiência e segurança nos processos industriais, exigindo o entendimento aprofundado dos princípios apresentados em *Fluid Power Circuits and Controls: Fundamentals and Applications*.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos sistemas hidráulicos

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta força de atuação: capacidade de suportar cargas pesadas.	Custo elevado: investimento inicial e manutenção mais caros.
Precisão e controle: possibilidade de ajustes finos na pressão do fluido.	Manutenção complexa: necessidade de cuidados regulares com o fluido hidráulico e verificação de vazamentos.



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

Robustez e durabilidade: operações confiáveis em ambientes adversos.	Riscos ambientais: possibilidade de contaminação em caso de vazamentos.
Operação suave: capacidade de amortecer e absorver choques, protegendo a maquinaria.	

Fonte: Elaborado pelos autores

3. Métodos

A presente pesquisa foi desenvolvida com base em uma abordagem de revisão bibliográfica sistemática, combinada com uma análise comparativa de caráter técnico e qualitativo. O objetivo metodológico é estruturar o conhecimento existente sobre atuadores pneumáticos e hidráulicos, a fim de fornecer uma análise clara de suas características, aplicações e tendências evolutivas no contexto da automação industrial. Os procedimentos foram divididos em três etapas principais:

3.1. Levantamento e Seleção de Fontes

A primeira etapa consistiu em um levantamento bibliográfico abrangente nas seguintes bases de dados científicas e portais de pesquisa: IEEE Xplore, ScienceDirect, Scopus e Google Scholar. Os termos de busca utilizados, em português e inglês, foram: "atuadores pneumáticos" (pneumatic actuators), "atuadores hidráulicos" (hydraulic actuators), "automação industrial" (industrial automation), "sistemas de controle" (control systems), e "eficiência energética em atuadores" (actuator energy efficiency). Foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão:

- Artigos publicados nos últimos 10 anos, para garantir a relevância e atualidade das informações.
- Artigos de periódicos revisados por pares e anais de conferências de relevância na área.
- Manuais técnicos e catálogos de fabricantes líderes de mercado para obtenção de dados de desempenho.
- Trabalhos que abordassem diretamente a aplicação, comparação ou inovação em atuadores para fins industriais.



Foram excluídos materiais de caráter puramente opinativo, literatura obsoleta e trabalhos focados em aplicações não industriais (como robótica móvel de pequena escala ou aplicações biomédicas), exceto quando os princípios de funcionamento apresentados fossem diretamente transferíveis.

3.2. Análise e Sistematização dos Dados

Após a seleção das fontes, os dados foram extraídos e organizados por meio de uma análise de conteúdo. As informações foram categorizadas com base em um framework comparativo, que considerou os seguintes parâmetros técnicos e operacionais:

- Princípio de Funcionamento: Conversão de energia e componentes essenciais.
- Capacidade de Força e Torque: Faixas de operação e densidade de potência.
- Velocidade e Precisão: Resposta dinâmica, controle de posição e repetibilidade.
- Custo: Custo de aquisição, instalação e manutenção.
- Eficiência Energética: Consumo de ar comprimido ou fluido hidráulico e perdas do sistema.
- Robustez e Adequação Ambiental: Tolerância a condições adversas (temperatura, contaminação) e requisitos de segurança.
- Complexidade e Controle: Facilidade de implementação e integração com sistemas de controle modernos (CLPs, Indústria 4.0).

3.3. Elaboração da Análise Comparativa

Na terceira e última etapa, os dados sistematizados foram utilizados para construir uma análise comparativa detalhada. Argumentos sobre as vantagens e desvantagens de cada tipo de atuador foram desenvolvidos, correlacionando suas características técnicas com as demandas de processos industriais específicos (ex: linhas de montagem, prensas, máquinas-ferramenta). Adicionalmente, foi realizada uma síntese sobre as tendências tecnológicas identificadas na literatura, como a integração de sensores inteligentes, o uso de válvulas proporcionais e os avanços em direção a sistemas mais sustentáveis e conectados.

4. Discussão e Resultados



Anais do Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção (SAEPRO) da EEL-USP

IX SAEPRO – 25 e 26 de novembro de 2025

A análise comparativa entre os atuadores pneumáticos e hidráulicos evidenciou que ambos desempenham papéis cruciais em diferentes contextos da automação industrial, cada um com características técnicas que os tornam mais adequados a determinadas aplicações.

Durante a avaliação dos dois sistemas, verificou-se que os atuadores pneumáticos se destacam pela agilidade, simplicidade construtiva e menor custo, sendo amplamente utilizados em processos que exigem movimentos rápidos e repetitivos com baixa ou média carga, como linhas de montagem, sistemas de transporte leve e manipulação de materiais. A utilização de ar comprimido, uma fonte limpa e amplamente disponível, também contribui para a popularidade desses atuadores em setores onde a higiene é fundamental, como na indústria alimentícia e farmacêutica.

Por outro lado, os atuadores hidráulicos demonstraram ser mais eficientes em situações que exigem alta força, robustez e precisão, como no acionamento de prensas, braços mecânicos de escavadeiras e equipamentos de construção civil. Embora apresentem um custo mais elevado de instalação e manutenção, esses atuadores compensam por sua capacidade de operar em ambientes severos, com alta confiabilidade e controle preciso de movimento, especialmente em operações contínuas e pesadas.

Além disso, é importante destacar que a evolução tecnológica tem promovido melhorias significativas em ambos os sistemas, como o desenvolvimento de válvulas proporcionais, sensores de posicionamento e sistemas de controle inteligentes, que ampliam as possibilidades de uso, eficiência energética e integração com outras tecnologias da Indústria 4.0. Portanto, os atuadores pneumáticos e hidráulicos não devem ser vistos como tecnologias concorrentes, mas como soluções complementares, cuja escolha depende da necessidade funcional e do contexto operacional em que serão aplicados. Segue abaixo exemplo das aplicações de um atuador.

Tabela 3 – Aplicações dos Atuadores na Indústria

SETOR DE APLICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Automação Industrial	Processos de montagem, embalagem, soldagem e pintura.
Sistemas de Transporte	Movimentação de objetos em esteiras transportadoras e sistemas de correia.
Sistemas de Energia	Aplicações em turbinas eólicas, geradores hidrelétricos e estações de tratamento de água.

Indústria Automotiva	Processos de estampagem, pintura e montagem de peças.
Indústria Alimentícia e Farmacêutica	Processos de enchimento, rotulagem e empacotamento, devido à capacidade de operar em ambientes úmidos e corrosivos.

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados observados na pesquisa apontam que a decisão pela aplicação de um sistema pneumático ou hidráulico deve considerar critérios técnicos específicos, como carga, velocidade, precisão, ambiente de trabalho, segurança e custo.

4.1 Análise comparativa entre sistemas pneumáticos e hidráulicos

Os sistemas de automação industrial podem empregar distintas tecnologias de atuação, sendo os sistemas pneumáticos e hidráulicos amplamente utilizados, devido às suas características operacionais específicas. A escolha entre essas tecnologias deve considerar fatores como tipo de aplicação, carga envolvida, precisão requerida, bem como os custos de implementação e manutenção.

A Tabela 1 apresenta as principais vantagens e desvantagens dos sistemas pneumáticos. Entre os benefícios, destacam-se a elevada velocidade de operação, o baixo custo, além da segurança e limpeza proporcionadas pelo uso do ar comprimido, que elimina riscos associados a vazamentos de fluidos. Adicionalmente, a facilidade de manutenção e a simplicidade estrutural tornam esse sistema atrativo para aplicações industriais com menores exigências de força e precisão. Em contrapartida, a baixa força de atuação, a menor precisão no controle de movimento e a sensibilidade a variações de pressão constituem limitações importantes em contextos que demandam maior desempenho e estabilidade.

Por sua vez, os sistemas hidráulicos, conforme ilustrado na Tabela 2, destacam-se pela alta força de atuação e precisão de controle, sendo adequados para aplicações que exigem movimentação de grandes cargas ou ajustes finos na pressão do fluido. Tais sistemas apresentam também elevada robustez e durabilidade, com funcionamento confiável em ambientes adversos, e oferecem uma operação suave, protegendo a maquinaria contra choques. Entretanto, entre as desvantagens estão o

custo elevado, a manutenção complexa, além dos riscos ambientais decorrentes do uso de fluidos que podem contaminar o ambiente em caso de vazamentos.

Dessa forma, a escolha entre sistemas pneumáticos e hidráulicos deve considerar os requisitos técnicos e econômicos da aplicação. Ambos os sistemas oferecem vantagens relevantes, e sua seleção depende diretamente das necessidades específicas do processo produtivo.

5. Considerações Finais

Os atuadores pneumáticos e hidráulicos desempenham papéis fundamentais na automação industrial, cada um com características específicas que os tornam ideais para diferentes aplicações. Enquanto os atuadores pneumáticos se destacam pela simplicidade, rapidez e baixo custo, os hidráulicos oferecem maior força, precisão e robustez. A escolha entre essas tecnologias depende diretamente das exigências de força, controle e ambiente operacional.

Compreender as vantagens e limitações de cada tipo de atuador é essencial para garantir eficiência e desempenho nos sistemas automatizados. Atuadores pneumáticos são geralmente empregados em sistemas que exigem movimentos rápidos, com cargas leves a moderadas, e onde a segurança e a limpeza são prioridades. Seu funcionamento a partir do ar comprimido permite um ambiente operacional livre de contaminação por fluidos, além de proporcionar uma manutenção mais simples. No entanto, sua limitação quanto à força de atuação e à precisão pode restringir sua aplicação em processos mais exigentes.

Por outro lado, os atuadores hidráulicos são mais adequados para aplicações que exigem forças elevadas, controle de posição rigoroso e resistência a condições adversas. Esses atuadores utilizam fluidos pressurizados, o que permite transmitir grandes potências com precisão. Apesar disso, apresentam desvantagens associadas ao custo de instalação e manutenção, bem como aos riscos ambientais e à necessidade de cuidados constantes com o sistema hidráulico para evitar vazamentos e contaminações.

De modo geral, os atuadores — sejam pneumáticos ou hidráulicos — são componentes indispensáveis nos processos industriais modernos. Eles convertem sinais de controle em movimento, permitindo o funcionamento automático de máquinas com precisão, agilidade e segurança. Essa funcionalidade é determinante para a melhoria da produtividade, da confiabilidade e da eficiência



operacional, especialmente em contextos industriais que demandam alta competitividade e flexibilidade.

Assim, a análise técnica e econômica na seleção do tipo de atuador deve considerar os requisitos da aplicação, visando sempre à melhor relação entre desempenho, custo e segurança operacional.

Referências

CUNDIFF, J. S. (2002). **Fluid Power Circuits and Controls: Fundamentals** and AFONSO, M. H. F., SOUZA, J. V. de ENSSLIN, S. R., & ENSSLIN, L. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo ProKnow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 5(2), 47–62, **2011**.

CUNDIFF, J. S. (2002). **Fluid Power Circuits and Controls: Fundamentals and Applications**. CRC Press. ENSSLIN, L., ENSSLIN, S. R., LACERDA, R. T. de O., & TASCA, J. E. (2010). ProKnow-C, knowledge development process-constructivist. *Processo Técnico Com Patente de Registro Pendente Junto Ao INPI*, 10(4), **2015**

ESPOSITO, A. (2013). **Fluid Power with Applications** (7th ed.). Pearson.

MAJUMDAR, S. R. (1995). **Pneumatic Systems: Principles and Maintenance**. Tata McGraw-Hill Education.

NEGRI, V.J. **Sistemas hidráulicos e pneumáticos para automação e controle**. Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://laship.ufsc.br/site/wp-content/uploads/2013/06/SistHPContAutP2.pdf>. Acesso em: 15 de jun. de **2024**.

NGUYEN TA. **Advance the stability of the vehicle by using the pneumatic suspension system integrated with the hydraulic actuator**. *Lat Am J Solids Struct* **2021**; 18: e403.



N SANTO, D PORTNIKOV, H KALMAN. **Experimental study on particle velocity and acceleration length in pneumatic and hydraulic conveying systems.** Powder Technology, Volume 383, (2021). Pages 1-10, ISSN 0032-5910. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.11.064>. 125

PINCHES, Michael J, CALLEAR, Brian J. **Power pneumatics.** London: Prentice Hall, 1996. 321p. P.46

WANG, H., LU, J. **Research on Fractional Order Fuzzy PID Control of the Pneumatic-hydraulic Upper Limb Rehabilitation Training System Based on PSO.** Int. J. Control Autom. Syst. 20, 310–320 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12555-020-0847-1>