

## DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4123

Luciana Lima Monteiro - lucianamonteiro@recife.ifpe.edu.br  
IFPE

Evelyn Melissa Serino Monteiro - evelynm0103@gmail.com  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco

JOSÉ ANGELO PEIXOTO DA COSTA - angelocosta@recife.ifpe.edu.br  
IFPE

**Resumo:** Neste artigo apresenta-se uma proposta de metodologia adotada no ensino de válvulas pneumáticas através da Simulação Computacional Fluidodinâmica como alternativa para o aprendizado na disciplina de "Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos". Sabe-se que o processo de ensino-aprendizagem está passando por grandes transformações e um dos desafios na Engenharia é fazer com que os alunos tenham dimensão das problemáticas apresentadas em forma de cálculos e sintam-se motivados para resolver dificuldades reais, diante disso, a utilização da Simulação Computacional Fluidodinâmica auxilia os estudantes no entendimento do funcionamento de válvulas pneumáticas. Para tal, visto o conteúdo teórico e prático sobre válvulas pneumáticas definiu-se a válvula direcional 5/2 vias com duplo solenoide como objeto de estudo. A partir do software educacional usado no laboratório, realizou-se a simulação fluido dinâmica da válvula pneumática que seguiu as etapas de modelagem da estrutura interna da válvula, geração da malha, definição dos parâmetros físicos envolvidos e análise dos resultados, tornando-se possível evidenciar o comportamento do fluido no interior da válvula. Desta forma, os estudantes passam a entender melhor o funcionamento das válvulas, o que facilita sua aprendizagem. Assim, esta solução torna-se uma excelente ferramenta para apoiar o ensino em sala de aula.

**Palavras-chave:** Aprendizado. Válvulas Pneumáticas. Simulação

# DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS

## 1 INTRODUÇÃO

No cenário industrial moderno, há cada vez mais necessidade de automatizar processos, devido ao desenvolvimento tecnológico exponencial. Sistemas pneumáticos estão cada vez mais presentes em vários segmentos do mercado, sendo utilizados amplamente na indústria devido ao seu baixo custo, segurança e versatilidade em aplicações de processo (SCHLÜTER, 2018). Essa tecnologia é muito utilizada em máquinas-ferramentas, máquinas de envasamento e sistemas de movimentação e transporte de peças. Logo, o aprendizado acerca desses sistemas torna-se indispensável na formação de um profissional que precisa dominar processos integrantes da indústria 4.0.

De uma forma geral, a pneumática pode ser definida como um conjunto de aplicações que utilizam a energia armazenada e transmitida pelo ar comprimido, podendo realizar acionamentos lineares ou rotativos (FIEGENBAUM et al., 2014). Os principais grupos de um circuito que utiliza ar comprimido são: grupo de geração, composto principalmente por compressores, reservatórios, filtros e lubrificantes; grupo de controle, formado pelas válvulas direcionais, reguladoras, de bloqueio e de pressão; grupo de atuação, composto por atuadores, motores, ventosas, entre outros.

O componente curricular de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos é lecionado nos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Controle e Automação. Esse componente faz parte da subárea de automação e envolve dimensionamento de componentes e manutenção de circuitos pneumáticos. Geralmente, nos laboratórios das instituições de ensino, existem bancadas didáticas para a montagem dos circuitos; no entanto, há um alto custo para mantê-las em funcionamento adequado. Sendo assim, os simuladores e softwares são ferramentas que facilitam o entendimento do funcionamento dos componentes e a interpretação dos circuitos.

Os simuladores pneumáticos são instrumentos que proporcionam um melhor aprendizado nessa área, uma vez que, de acordo com Silva (2008), através deles, os estudantes podem vivenciar experiências entre a manipulação abstrata dos conceitos e a forma como são aplicados na prática. Além disso, as exigências geradas pelas mudanças na educação, principalmente no que se refere à formação por competência, exigem uma nova forma de desenvolvimento das aulas (SILVA, 2008). Assim, o uso da tecnologia a favor da educação e com metodologias ativas é algo fundamental nessa Era da Informação.

Diante disso, percebe-se que a necessidade de implementação de materiais virtuais alternativos, como ferramentas para o aprendizado do sistema Hidráulico e Pneumático, é crescente. A partir dessa perspectiva, essa pesquisa teve como finalidade trazer uma proposta de metodologia eficaz para o ensino de válvulas pneumáticas, através da Simulação Computacional Fluidodinâmica e, de forma alternativa, contribuir para um aprendizado ainda mais completo do componente curricular de "Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos".

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Simulação CFD (Computational Fluid Dynamics) é uma ferramenta CAE (Computer-Aided Engineering) utilizada para analisar diversos problemas que envolvem o

escoamento de fluidos. Fenômenos de transporte, como os que são encontrados na pneumática, podem ser objetos de estudo dentro do ambiente virtual, uma vez que o escoamento do ar é estudado através de parâmetros como pressão, temperatura e vazão mássica. O software é uma ferramenta muito útil, pois promove a análise crítica de projetos e possibilita a interação social entre grupos para discussão, além de desenvolver a autonomia do aluno, tornando-o protagonista de seu próprio aprendizado. É importante ressaltar que, de acordo com Santos *et al.* (2012), a simulação deve ser abordada como um recurso pedagógico, visando aprimorar as habilidades básicas de análise teórica, análise estatística e capacidade de tomada de decisão.

Um ponto considerável que afeta o ensino da pneumática, segundo Lisboa e Vieira (2012), é a falta de bancadas didáticas em algumas instituições, o que impossibilita a realização de aulas práticas em laboratórios de pneumática. Diante disso, ao relacionar esse tipo de recurso com a simulação, é um fato que esta última se sobressai, devido à possibilidade de alteração, agilidade e abertura para investigações, enquanto a experimentação laboratorial demanda mais tempo e custo financeiro. Hoje, a simulação computacional oferece a oportunidade de realizar projetos de engenharia e otimizá-los por meio de modelos numéricos eficientes e de baixo custo (RODRIGUES *et al.*, 2016). No entanto, ainda é válido ressaltar que a combinação entre ambas as formas tem um potencial maior quando se trata da aprendizagem.

Nesse contexto, uma prática comum realizada é a utilização de simuladores pneumáticos específicos. Apesar dessas ferramentas tecnológicas apresentarem grande potencial didático, percebe-se que o foco está mais relacionado à aprendizagem do circuito, das simbologias e dos mecanismos para o funcionamento geral. Em contrapartida, a simulação fluidodinâmica permite a visualização de estruturas internas e melhor compreensão da física envolvida por meio de recursos dinâmicos, para a obtenção de um entendimento mais aprofundado sobre o funcionamento de um componente.

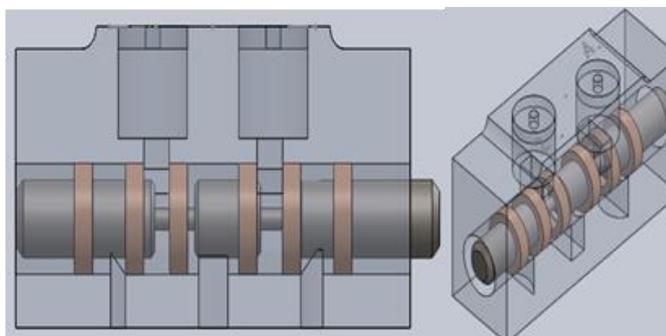
### 3 METODOLOGIA

O método do trabalho desenvolveu-se a partir da simulação computacional de uma válvula pneumática direcional 5/2 vias da *FESTO®* modelo MEH-3-0,9, realizada por uma aluna do curso de Engenharia Mecânica durante seu projeto de pesquisa. Do mesmo modo, nesse processo, a válvula também foi montada numa bancada didática e foram verificadas as condições de operação, pressão e temperatura, para efeito de comparação e realização de possíveis ajustes, a fim de obter uma simulação eficiente.

A simulação fluidodinâmica foi feita no *ANSYS®*, usando o programa *CFX®*, através da licença educacional. O software é de fácil acesso e é possível obter uma grande versatilidade para as simulações, que são compostas por três processos básicos: O pré-processamento, processamento e pós-processamento.

No pré-processamento foi realizada a modelagem da válvula referida, conforme apresentada na Figura 1 com suas estruturas internas e a simplificação da geometria foi feita na posição de avanço, ou seja, passagem livre do fluido da linha de pressão para uma das linhas de utilização.

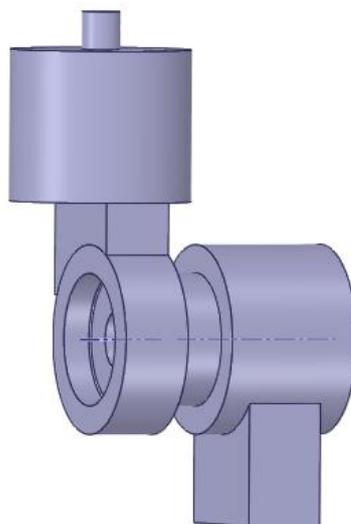
Figura 1 – Modelagem da válvula direcional 5/2 vias.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 2 apresenta o domínio do fluido transportado da linha de pressão para uma das linhas de utilização que é conectada com o orifício do atuador para o movimento de avanço. No término dessa etapa, foi realizada a geração da malha que serve para a resolução numérica do problema através do método dos elementos finitos, conforme apresentada na Figura 3.

Figura 2 – Domínio do fluido.

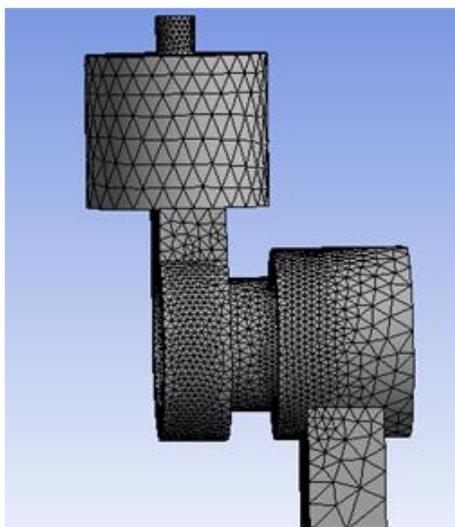


Fonte: Autoria Própria.

Durante o processamento é feito o Setup, ou seja, é definida toda física envolvida no problema, nessa etapa é onde o estudante tem contato com os cálculos e modelos físicos, tanto no domínio quanto nas condições de contorno. São adicionados parâmetros na entrada do fluido e na saída, bem como em todo o percurso do fluido. Durante a aula prática foi montada um circuito na bancada com um atuador de dupla ação e a válvula citada anteriormente e através de um manômetro foi feita a seguinte leitura: a pressão do ar 7 bar na entrada da válvula e 6,3 bar na saída da válvula; a transferência de calor foi desconsiderada por não ter relevância na situação apresentada e a temperatura fixada em 25°C nas Condições Normais de Temperatura e Pressão; o modelo de turbulência foi o k- $\epsilon$ , muito usado em fluxos turbulentos, que é complementado por equações diferenciais que já estão contidas no programa CFX® e o fluido definido foi o gás ideal de acordo com a

equação de continuidade. Após isso, é ativado o *solver* e o programa efetua os cálculos com o número de interações pré-definida, o valor escolhido foi de 100 interações. Já na última etapa, é possível fazer a análise dos resultados.

Figura 3 – Geração da malha computacional.



Fonte: Autoria Própria.

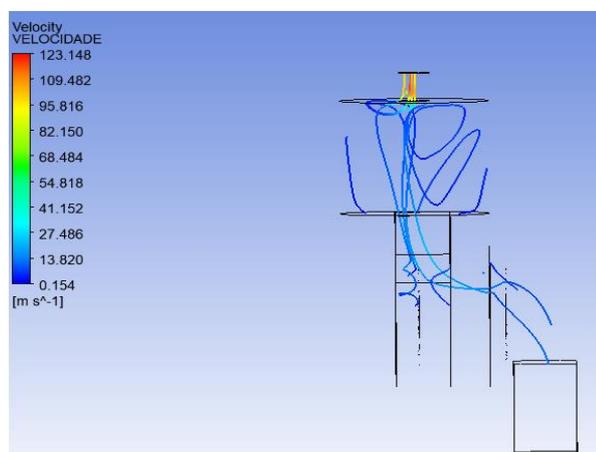
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No componente curricular Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, estuda-se as válvulas pneumáticas suas características e funcionalidades, dentro deste contexto através da simulação fluidodinâmica, a estudante conheceu o comportamento da válvula pneumática para entender o seu funcionamento. À princípio, a simulação mostrou erros com a modelagem da geometria nas partes internas da válvula, uma vez que não foram colocadas as buchas de vedação, cuja função é limitar a passagem de ar para outras regiões da válvula, com isso, percebeu-se uma distorção no resultado para valores de velocidade, os quais estavam muito superiores aos do som, chegando até 900 m/s. Dessa forma, foi evidenciada a necessidade das buchas com dimensões corretas e posições corretas nas válvulas, isso contribuiu bastante para o entendimento da geometria da válvula.

Verificou-se, também, a necessidade de alteração nas pressões de entrada e de saída na simulação, que havia sido definida como 6 *bar* e 5 *bar*, respectivamente. A temperatura também foi alterada de 30°C para 25°C e colocada como fixa pela passagem de ar. Além disso, colocar o fator de compressibilidade do ar, mesmo sendo baixo, foi muito importante para o estudo. Os modelos físicos de transporte e turbulência implementados foram suficientes para um resultado coerente.

Os valores obtidos para a velocidade do fluido, conforme apresentada na Figura 4, foram compatíveis com situações práticas, visto que na saída do ar a velocidade é mais alta, podendo associar ao barulho no escape da válvula para atmosfera, enquanto, durante o percurso, muitas vezes pode haver até recirculação do ar ocasionando uma velocidade baixa. Apesar disso, sabe-se ainda que um maior refinamento da malha (neste contexto, limitada à licença educacional) contribui significativamente no aumento dessa compatibilidade.

Figura 4 – Faixa de velocidade no interior da válvula.



Fonte: Autoria Própria.

Para confirmar se os resultados obtidos na simulação estavam coerentes, a estudante comparou estes resultados com artigos que tratam de simulações de válvulas compatíveis com a estudada, como o de Witthead, Slaouti e Taylor (2007), que também teve experimentação laboratorial, e o de Jiang *et al.* (2008) que simulou uma válvula proporcional, ambos chegaram a valores semelhantes, já o dos autores Blasiak, Laski e Takosoglu (2014) apresentaram resultados um pouco mais distantes, sendo reflexo de algumas diferenças no Setup e na estrutura geométrica, o componente simulado neste último, tratou-se de uma válvula direcional 3/2 vias.

O outro parâmetro estudado foi a pressão onde se manteve dentro do padrão estipulado, com uma variação menor que o esperado, conforme apresentado na Figura 5. Na prática observou-se uma variação um pouco maior - cerca de 0,4 bar - conforme medida no circuito montado na bancada.

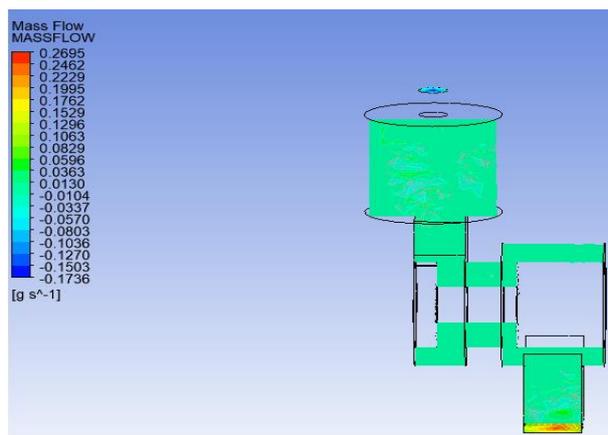
Figura 5 – Faixa de pressão no plano frontal da válvula.



Fonte: Autoria Própria.

Em relação ao fluxo de massa, observou-se que se manteve homogêneo durante todo o percurso, conforme apresentado na Figura 6. Além disso, verificou-se que quando se modificava outros parâmetros, o fluxo de massa variava ao longo da estrutura interna da válvula e que posteriormente, através de mais estudos, seria possível observar este comportamento detalhadamente.

Figura 6 - Fluxo de massa de ar.



Fonte: Autoria Própria.

Ao comparar os resultados obtidos na aula prática com aqueles apresentados pela simulação, constata-se que ambos são coerentes. No entanto, alguns parâmetros na simulação foram modificados para obter os valores medidos no circuito montado na bancada. Além disso, ficou evidente a importância de compreender os conceitos dos fenômenos dos transportes e da mecânica dos fluidos.

## 5 CONCLUSÃO

O uso da tecnologia como suporte desde o início da pandemia foi fundamental para a construção do conhecimento sobre válvulas pneumáticas, um tema abordado na disciplina de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos. Sem aulas práticas, os estudantes enfrentam dificuldades para compreender o funcionamento estrutural e prático dessas válvulas. A simulação CFD, realizada da maneira apresentada, mostrou-se uma alternativa promissora para o processo de aprendizado, permitindo a exploração da geometria, funcionalidade das válvulas pneumáticas e melhor entendimento dos processos físicos envolvidos.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, verificou-se que essa abordagem pode ser combinada com outros simuladores existentes para o ensino desses componentes em circuitos pneumáticos. Isso possibilita a compreensão do funcionamento geral dos circuitos e da simbologia, ao passo que a simulação fluidodinâmica é utilizada para um aprofundamento e uma interação mais próxima com a prática industrial.

No processo de estudo, os conceitos de fenômenos de transporte e mecânica dos fluidos desempenharam um papel fundamental na análise crítica dos resultados à medida que possibilitaram uma maior conexão com outras disciplinas. A leitura de artigos foi

utilizada para e avaliação dos resultados, além de enriquecer o conhecimento na área de forma abrangente, especialmente no que diz respeito ao funcionamento das válvulas direcionais pneumáticas. Por fim, através da comparação entre os resultados da simulação e da prática laboratorial, foi possível melhorar a coerência com o funcionamento experimental do componente.

## REFERÊNCIAS

ANSYS®. Site oficial ANSYS®. Disponível em: <https://www.ansys.com/>. Acesso em: 02/07/2023.

BŁASIAK, Sławomir; TAKOSOGLU, Jakub E.; ŁASKI, Paweł A. **Flow rate analysis of 3/2 directional pneumatic valve by means of Ansys Cfx software**. 2014. Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Mechanical Series, v. LX., n. 2, 2014.

CARDOSO, Gisele da Silva *et al.* **Aprendizagem ativa e o ensino híbrido: uma alternativa para cursos de engenharia**. 2019. Tese (Mestrado) – Curso Tecnologias da Informação e Comunicação. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/214712/PTIC0063-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y#page=37&zoom=100,90,494>. Acesso em: 25/03/2021.

CAVALCANTE, Fernando P. L.; SOUZA, Marcelo E. de. **Ensino-Aprendizagem nas Engenharias: uma proposta para formar mais e melhores engenheiros no país**. In: XXXIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2013, Salvador. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_tn\\_sto\\_186\\_057\\_22070.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_sto_186_057_22070.pdf). Acesso em: 29/03/2021.

FESTO®. Site oficial FESTO® Brasil. Disponível em: [https://www.festo.com/cms/pt-br\\_br/index.htm](https://www.festo.com/cms/pt-br_br/index.htm). Acesso em: 25/04/2021.

FIEGENBAUM, Andrei *et al.* **Aplicação de um controle proporcional em um cilindro pneumático**. In: Encontro Regional de Estudantes de Matemática da Região Sul, 2014, Bagé/RS. ISSN 2177-9139, p. 70-79. Disponível em: [https://eventos.unipampa.edu.br/eremat/files/2014/12/CC\\_FIORI\\_07055720990.pdf](https://eventos.unipampa.edu.br/eremat/files/2014/12/CC_FIORI_07055720990.pdf). Acesso em: 05/04/2021.

LISBOA, Fernando; VIEIRA, Geovane. **Simuladores de circuito pneumático como ferramenta de ensino**. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, n. esp Metalmeccânica, 2012, Florianópolis, ISSN 1983-1838, p. 105-114. Disponível em: <https://doi.org/10.18624/e-tech.v0i0.232>. Acesso em: 02/07/2023.

RIBEIRO, Luis Roberto de Camargo. **Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

RODRIGUES, R. S. *et al.* **Impacto do uso da dinâmica de fluidos computacional no processo ensino-aprendizagem aplicado à fenômenos de transporte**. VII Encontro Científico de Física Aplicada, 2016, Vitória. Blucher Proceedings: v. 3, n. 1, p. 99-104, 2016.

SANTOS, Amélia Moreira *et al.* **O Ensino da Automação Industrial Por Meio de Laboratórios Virtuais.** In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012, Palmas. IFTO, 2012, p. 1-10. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2913/2534>. Acesso em: 11/04/2021.

SCHLÜTER, M. S. **Controle Não Linear Adaptativo com Compensação de Atrito de um Manipulador SCARA com Acionamento Pneumático.** Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SILVA, Gustavo Rodrigues da. **Adequação dos recursos e materiais didáticos utilizados no conteúdo de pneumática nos cursos da EEP Senai Nilo Peçanha para a metodologia didática de competências.** 2008. Curso de graduação programa especial de formação pedagógica para formadores da educação profissional. SENAI - RS, Caxias do Sul, 2008.

WHITEHEAD, Nicholas Paul; AREZKI, Slaouti; HOWARD, Taylor. **Optimisation of Flow Through a Pneumatic Control Valve using CFD Analysis and Experimental Validation.** International Journal of Fluid Power, v. 8, n. 3, p. 31-41, 2007. DOI: 10.1080/14399776.2007.10781284

## DEVELOPMENT OF A DIDACTIC APPLICATION FOR THE STUDY OF PNEUMATIC VALVES

**Abstract:** *This article presents a methodology proposal adopted in the teaching of pneumatic valves through Fluid Dynamics Computational Simulation as an alternative for learning in the "Hydraulic and Pneumatic Systems" course. It is known that the teaching-learning process is undergoing major transformations and one of the challenges in engineering is to make students understand the dimensions of the problems presented in the form of calculations and feel motivated to solve real difficulties. The use of Fluid Dynamics Computational Simulation helps students understand how pneumatic valves work. To this end, considering the theoretical and practical content on pneumatic valves, the 5/2-way directional valve with double solenoid was defined as the object of study. Based on the educational software used in the laboratory, a Fluid Dynamics Computational Simulation of the pneumatic valve was carried out, which followed the stages of modeling the internal structure of the valve, generating the mesh, defining the physical parameters involved, and analyzing the results, making it possible to demonstrate the behavior of the fluid inside the valve. In this way, students begin to better understand the operation of valves, which facilitates their learning. Thus, this solution becomes an excellent tool to support teaching in the classroom.*

**Keywords:** *Learning, Pneumatic Valves, Fluid Dynamics, Computacional Simulation*