
DAS TELAS PARA O LABORATÓRIO: COMPREENDENDO FORÇAS DOS ESCOAMENTOS COM O VELEIRO DE NEWTON

Filipe Barbosa Nogueira¹, Pedro Salerno de Carvalho², Malú Grave³

Resumo:

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um experimento didático baseado em um episódio do desenho animado "Papa-Léguas", no qual o personagem Coiote tenta se impulsionar com um ventilador, uma vela e patins, mecanismo conhecido como veleiro de Newton. A proposta foi utilizada na disciplina de Fenômenos de Transporte como ferramenta para aproximar conceitos teóricos da prática, explorando a conservação da quantidade de movimento. O protótipo foi construído com materiais acessíveis e testado em diferentes configurações de vela (reta, côncava e convexa). Os resultados mostraram como a geometria da vela influencia diretamente o deslocamento do sistema, permitindo avaliar quais cenários são fisicamente plausíveis. A atividade promoveu o aprendizado ativo e o desenvolvimento de habilidades em experimentação, análise crítica e comunicação científica, reforçando a importância de relacionar conteúdos curriculares a situações lúdicas e cotidianas. A iniciativa demonstrou ser uma estratégia eficaz para o ensino de conceitos de dinâmica dos fluidos

Palavras-chave: Dinâmica dos fluidos, Veleiro de Newton, Experimento Didático, Aprendizagem Ativa.



Recebido em: 15/05/2025

Aceito em: 08/04/2026

Publicado em: 15/06/2026

¹ Monitor do TER da Universidade Federal Fluminense. E-mail:filipenogueira@id.uff.br

² Monitor do TER da Universidade Federal Fluminense. E-mail:salernopedro@id.uff.br

³ Professora do TEC da Universidade Federal Fluminense. E-mail:malugrave@id.uff.br

Introdução

Com o avanço tecnológico e a crescente capacidade de edição de vídeos e imagens, torna-se cada vez mais desafiador distinguir a veracidade e a viabilidade física das informações divulgadas nas mídias digitais. Esse fenômeno também se estende a filmes e desenhos animados, nos quais ideias, por vezes fundamentadas na física (ou não), são exploradas para permitir que personagens se movimentem em diversas situações. Dado que a disciplina de Fenômenos de Transporte abrange as leis fundamentais da física aplicadas a fluidos, surge a oportunidade de investigar e desmistificar diversas situações retratadas nesses vídeos.

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é recriar alguns dos mecanismos por vezes utilizados em filmes, desenhos e mídias digitais. São realizados experimentos que permitem demonstrar aos alunos da disciplina se essas ideias são funcionalmente viáveis e explicar os motivos por trás disso baseados na teoria da disciplina. Os monitores envolvidos neste projeto planejaram, projetaram e desenvolveram os novos experimentos.

Um dos experimentos desenvolvidos foi inspirado em um episódio do desenho animado "Papa-Léguas", em que o personagem Coiote tenta impulsionar-se utilizando um sistema composto por um ventilador, uma vela e um par de patins. A proposta aparentemente simples levanta uma questão interessante: o mecanismo criado pelo Coiote seria funcional do ponto de vista da física? Para investigar essa possibilidade, os monitores da disciplina projetaram e construíram um protótipo experimental composto por um carrinho equipado com um ventilador e uma vela, de modo a simular a situação retratada na animação. Este problema é conhecido como veleiro de Newton. A análise do desempenho do sistema foi então conduzida com base nos conceitos de conservação de quantidade de movimento permitindo uma avaliação crítica da eficiência do dispositivo.

Além do caráter investigativo, a atividade também reforça a importância de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem. Ao aliar experimentação e ludicidade, os alunos tornam-se protagonistas do próprio aprendizado, desenvolvendo autonomia, pensamento crítico e capacidade de relacionar conceitos teóricos com situações práticas. Essa abordagem favorece o engajamento e torna o aprendizado mais significativo, estimulando o interesse pela ciência e pela experimentação.

Assim, os objetivos específicos deste trabalho são:

- Reproduzir experimentalmente o mecanismo do veleiro de Newton apresentado em um episódio do desenho animado "Papa-Léguas", utilizando materiais acessíveis.
- Avaliar, por meio de testes controlados, o comportamento do sistema ventilador-vela em termos de movimento e eficiência.
- Discutir os princípios físicos envolvidos no experimento, com base nos conceitos da

disciplina de Fenômenos de Transporte.

- Desenvolver nos alunos habilidades de planejamento experimental, análise de resultados e comunicação científica.

Desenvolvimento

O projeto teve início com reuniões entre os alunos e a orientadora, nas quais foram discutidos os conceitos fundamentais envolvidos no estudo das interações das forças aplicadas por fluidos, com ênfase nas diferentes geometrias de velas. O objetivo principal dessas reuniões foi compreender como o escoamento do ar influencia o desempenho de velas de distintas formas, tomando como base as equações integrais da quantidade de movimento linear.

Para embasar o desenvolvimento experimental, os alunos realizaram uma revisão bibliográfica e buscaram recursos multimídia que abordassem o problema proposto. Dentre os materiais consultados, destacam-se vídeos educativos (Fox; Pritchard; McDonald, 2000) e livros (White, 1988; Yeanyscience, 2017).

Com as referências bibliográficas bem definidas, os alunos realizaram reuniões semanais no Laboratório de Hidráulica da UFF (HidroUFF) para elaborar o protótipo. O objetivo era demonstrar a facilidade de replicação do experimento utilizando materiais simples. O protótipo foi confeccionado com os seguintes materiais:

- Base: Placa de acrílico servindo como estrutura principal.
- Rodas: Rolamentos e lápis, permitindo o deslocamento do carrinho.
- Sistema de propulsão: Circuito composto por um Arduino, baterias e um motor
- Velas: Construídas utilizando arames, palitos de picolé e acetato de vinila (EVA), permitindo a criação de velas retas e côncavas.

O protótipo criado pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 - Protótipo desenvolvido

Para a análise do comportamento do veleiro de Newton, foi utilizada a Equação Integral da Conservação da Quantidade de Movimento Linear para escoamentos permanentes e com fluxos uniformes nas entradas e saídas, apresentada pela Equação (1):

$$\sum \vec{F} = \pm \sum_{SC} \vec{v} \dot{m}$$

Onde:

- F: Soma das forças externas atuando sobre o volume de controle, incluindo forças de superfície (pressão e atrito) e de corpo (como a gravidade).

- m : vazão mássica..
- v : Vetor velocidade do fluido.
- SC : Superfície de controle que delimita o volume de controle analisado.
- O termo a direita da igualdade soma todos os efeitos de entradas e saídas, sendo positivo nas saídas e negativo nas entradas do volume de controle.

Essa equação é uma generalização da Segunda Lei de Newton para volumes de controle e é amplamente utilizada na Mecânica dos Fluidos para descrever como as forças externas influenciam o movimento de um fluido.

Resultados e Discussão

Foram realizados quatro experimentos distintos, cada um com uma geometria de vela diferente, com o objetivo de analisar o impacto da forma da vela na eficiência do deslocamento do protótipo. As variáveis observadas foram a distância percorrida e a estabilidade do movimento, considerando que o único mecanismo de propulsão era o jato de ar oriundo do ventilador acoplado.

Nos quatro cenários analisados, não há fluxo de entrada no volume de controle, uma vez que o escoamento é gerado exclusivamente pelo ventilador acoplado ao próprio protótipo. Isso significa que o ar é impulsionado para fora do sistema. Toda a força resultante que atua sobre o protótipo está associada ao jato de saída do ar, sendo responsável pelo seu deslocamento de acordo com a direção e distribuição do escoamento produzido. Por simplificação, vamos considerar análises bidimensionais deste problema.

3.1) Cenário 1 – Sem vela acoplada

O primeiro cenário consiste no protótipo sem nenhuma vela, com o ventilador direcionado para a frente do carrinho. Nesse caso, como ilustrado na Figura 2, o escoamento gerado pelo ventilador se propaga livremente para frente, sem encontrar nenhuma superfície que redirecione o fluxo. De acordo com o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento, esse jato de ar, ao ser expelido para frente, gera uma força de reação no sentido oposto, resultando no deslocamento do protótipo para trás.

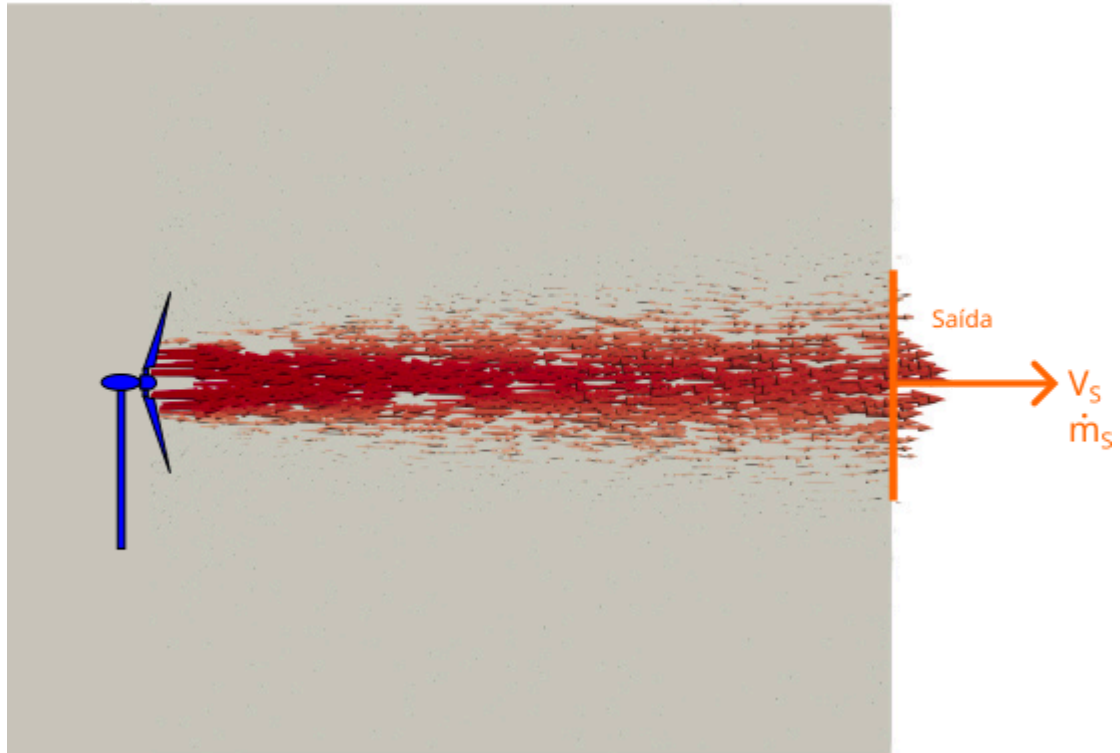


Figura 2 - Protótipo sem vela acoplada.

A seguir, apresentam-se as componentes da Equação da Quantidade de Movimento Linear nos três eixos cartesianos, conforme a decomposição da equação integral para volumes de controle fixos e com regime permanente:

$$F_x = V_s \dot{m}_s \quad (\text{direção } x)$$

$$F_y = 0 \quad (\text{direção } y)$$

onde V_s é a velocidade na saída, que para este caso aponta apenas para a direção X, F_x é a reação no sentido X que o protótipo faria para se manter parado e F_y é a reação no sentido Y que o protótipo faria pra se manter parado. . No eixo Y, não há variação de velocidade ou escoamento significativo, ou seja, não há contribuição de forças nesses eixos para o deslocamento do protótipo.

Como resultado, foi possível observar que o protótipo se deslocou no sentido oposto ao da direção do fluxo.

3.2) Cenário 2 - Vela reta

O segundo cenário apresenta a mesma configuração do motor utilizado anteriormente, contudo com a adição de uma vela reta posicionada perpendicularmente à direção do fluxo gerado pelo ventilador, conforme mostrado na Figura 3.

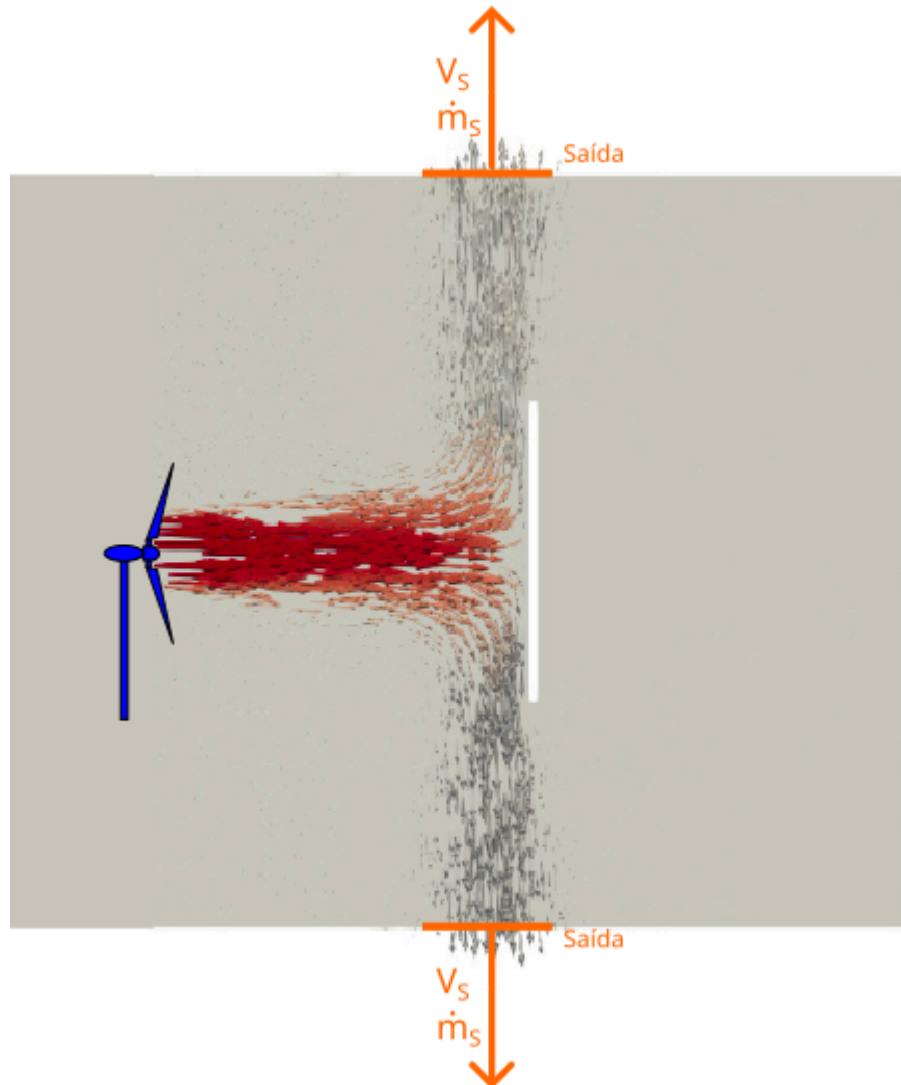


Figura 3 - Protótipo com vela reta acoplada

Como observado na Figura 3, o fluxo de saída é direcionado apenas para o sentido Y, e as equações que descrevem esse caso são:

$$F_x = 0 \quad (\text{direção } x)$$

$$F_y = V_s \dot{m}_s - V_s \dot{m}_s = 0 \quad (\text{direção } y)$$

Como resultado, foi possível observar que o protótipo não se desloca com essa configuração, visto que não há velocidade no sentido X e que no sentido Y as velocidades de saída para cima e para baixo acabam se anulando.

3.3) Cenário 3 - Vela côncava

Neste terceiro cenário, foi utilizada uma vela com concavidade voltada para o ventilador, como representado na Figura 4.

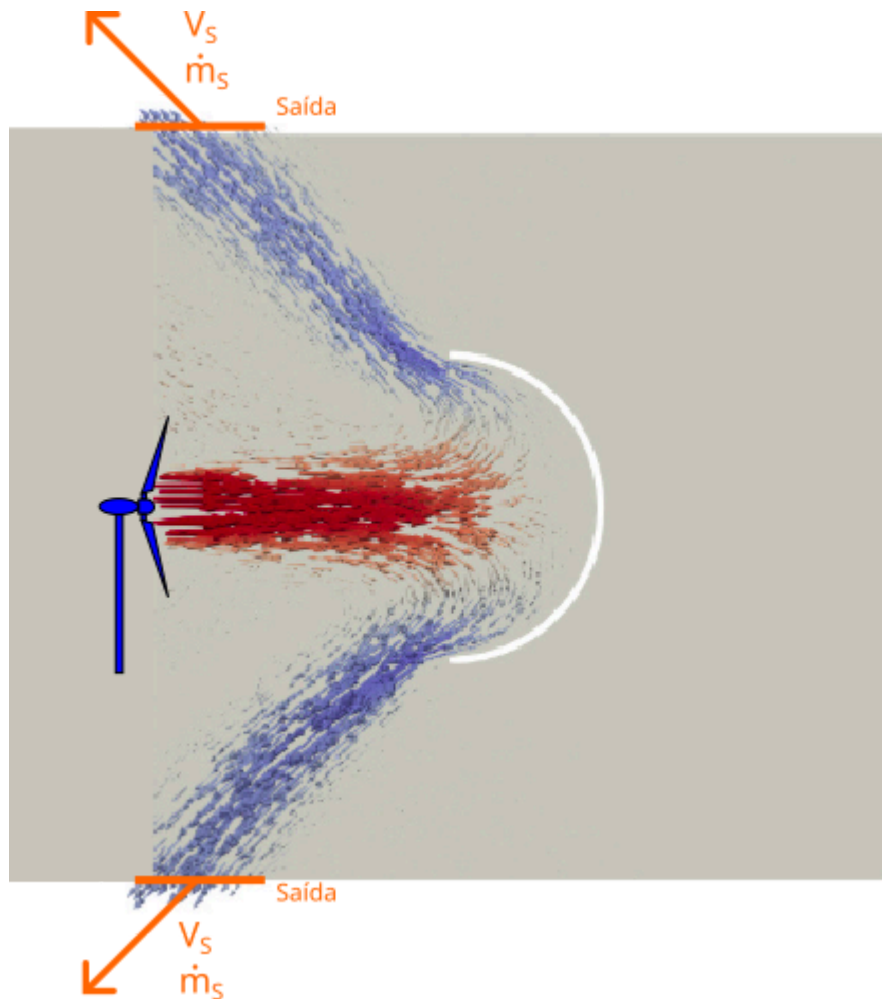


Figura 4 - Protótipo com vela côncava acoplada

Nesse caso, foi possível observar um leve movimento no sentido do fluxo gerado pelo ventilador. Isto se deve ao fato de que ao colidir com a vela, agora côncava, o fluxo retorna em parte no sentido oposto e com uma angulação, causando uma força no eixo X. Na equação 6 descrevemos esse fenômeno. No sentido Y as velocidades de saída se anulam novamente (Equação 7).

$$F_x = -2V_s \cos(\theta) \dot{m}_s \quad (\text{direção } x)$$

$$F_y = V_s \sin(\theta) \dot{m}_s - V_s \sin(\theta) \dot{m}_s = 0 \quad (\text{direção } y)$$

Como F_x representa uma reação do protótipo, a direção da força líquida do escoamento é no sentido contrário, sendo positiva no sentido X. Ou seja, por existir um fluxo retornando, surge uma força contrária a esse fluxo, o que por sua vez, faz com que ocorra movimento para frente.

3.4) Cenário 4 - Vela convexa

Neste cenário, foi utilizada uma vela concavidade virada contrária ao ventilador, como observado na Figura 5

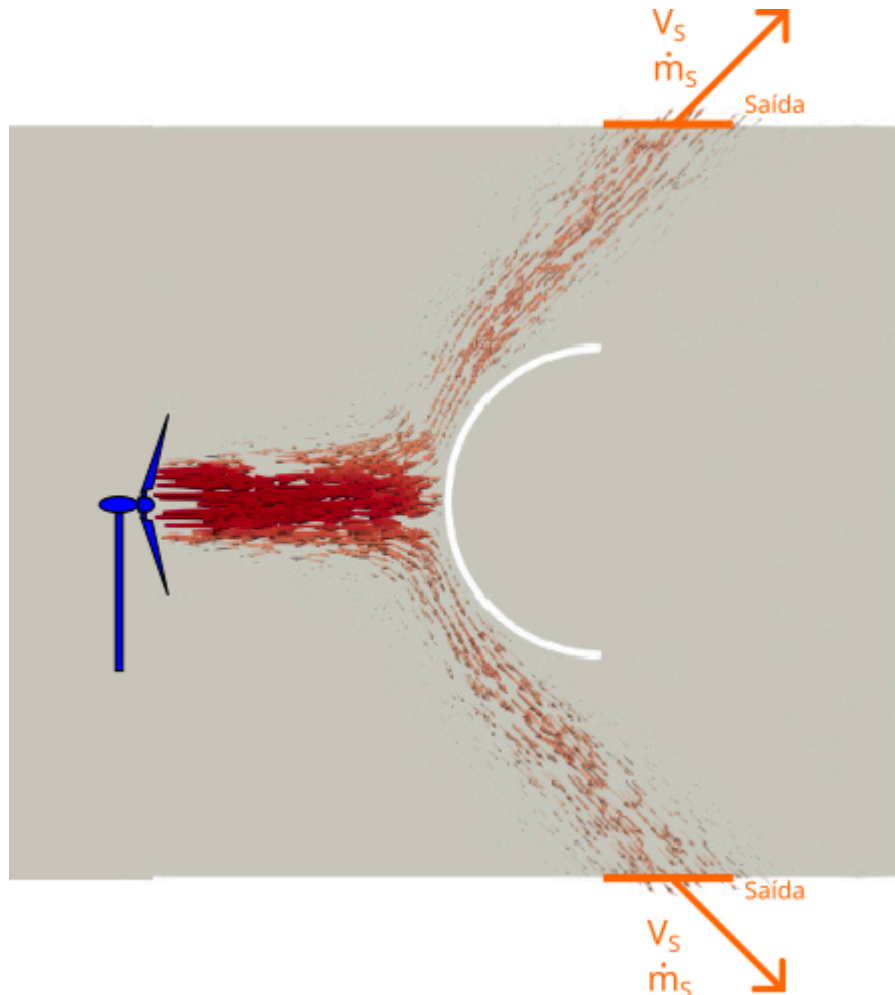


Figura 5 - Protótipo com vela convexa acoplada.

Aqui, foi possível observar um deslocamento do protótipo no sentido contrário ao fluxo. Isto se deve ao fato de que ao colidir com a vela, os fluxos saem no sentido positivo de X com uma inclinação devido a vela. Pela equação de quantidade de movimento linear, temos:

$$F_x = 2V_s \cos(\theta) \dot{m}_s \quad (\text{direção } x)$$

$$F_y = V_s \sin(\theta) \dot{m}_s - V_s \sin(\theta) \dot{m}_s = 0 \quad (\text{direção } y)$$

Assim, se existe fluxo positivo no sentido X, a força resultante será no sentido oposto e por isso observou-se o protótipo andar para trás.

Conclusões

Com base na análise dos princípios da conservação da quantidade de movimento e nos resultados experimentais, conclui-se que a estratégia do Coiote — utilizar vela e ventilador simultaneamente — é ineficaz, pois a propulsão líquida gerada é menor ou até nula, a depender do formato da vela, sendo mais eficiente o uso direto do ventilador como propulsor. O projeto atingiu com êxito seus objetivos, tanto na construção do protótipo quanto na investigação dos fenômenos físicos envolvidos, proporcionando aos monitores uma experiência formativa enriquecedora, que integrou teoria e prática e ampliou a compreensão dos conceitos de Mecânica dos Fluidos por meio de experimentação e simulações computacionais.

Referências

FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T. Introdução à mecânica dos fluidos. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2000.

WHITE, Frank M. Mecânica dos fluidos. Rio de Janeiro: McGraw Hill Brasil, 1988.

YEANYSCIENCE. Fan Cart – Blowing into your own Sail (updated) – part 2. [S.l.]: YouTube, 2017. Disponível em: <https://youtu.be/n9cdfUYkrLY>. Acesso em: 15 maio 2025.