

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

INFLUÊNCIA DE UM DISPOSITIVO ELETRO-HIDRODINÂMICO SERRILHADO NO ESCOAMENTO DE UMA CAMADA LIMITE EM BAIXO REYNOLDS

LUIZ DONIZETE PAULINO JUNIOR¹, JOSÉ ANTONIO GARCIA CROCE.²

Graduando em Bacharelado de Engenharia Aeronáutica, Bolsista CNPq, IFSP, Campus São Carlos, Luiz.donizete@aluno.ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.12.01.00-8 Aerodinâmica

RESUMO:

Este artigo apresenta uma investigação experimental sobre a influência de um dispositivo eletro-hidrodinâmico (EHD) do tipo descarga por barreira dielétrica e com geometria serrilhada no escoamento de uma camada limite em baixos números de Reynolds. A pesquisa focou em medir e analisar os perfis de velocidade na camada limite, com o objetivo de verificar a capacidade do dispositivo em alterar o regime de escoamento. A etapa experimental foi parcialmente concluída, com medições realizadas em um túnel de vento. Embora os perfis de velocidade na presença da descarga elétrica tenham sido registrados, não foi observada a alteração esperada no escoamento. A suspeita recai sobre a baixa resolução dos equipamentos de medição utilizados, o que pode ter limitado a identificação das mudanças no fluxo. Os resultados sugerem a necessidade de refinamentos nas técnicas de medição para explorar melhor o potencial do dispositivo EHD em modificar o escoamento na camada limite.

PALAVRAS-CHAVE: Eletro-hidrodinâmica (EHD); Descarga por barreira dielétrica; Geometria serrilhada; Camada limite; Perfis de velocidade.

INFLUENCE OF A SERRATED ELECTROHYDRODYNAMIC DEVICE ON BOUNDARY LAYER FLOW AT LOW REYNOLDS NUMBER

ABSTRACT: This paper presents an experimental investigation on the influence of a dielectric barrier discharge (DBD) electrohydrodynamic (EHD) device with a serrated electrode geometry on the boundary layer flow at low Reynolds numbers. The research focused on measuring and analyzing the velocity profiles within the boundary layer to assess the device's ability to alter the flow regime. The experimental phase was partially completed, with measurements conducted in a wind tunnel. Although velocity profiles in the presence of the electrical discharge were recorded, the expected flow alteration was not observed. It is suspected that the low resolution of the measurement equipment may have limited the detection of flow changes. The results suggest the need for improvements in measurement techniques to better explore the potential of the EHD device in modifying the boundary layer flow.

KEYWORDS: Electrohydrodynamics (EHD); Dielectric barrier discharge; Serrated geometry; Boundary layer; Velocity profiles.

INTRODUÇÃO

As forças eletro-hidrodinâmicas são ideais para induzir escoamento em dispositivos eletro-hidrodinâmicos por meio de descargas elétricas de alta intensidade geradas por eletrodos estrategicamente posicionados. Pesquisas vêm explorando a influência da geometria dos eletrodos no controle do escoamento da camada limite, com ênfase em configurações serrilhadas (DURSCHER e ROY, 2021; CROCE, 2014; GABRIEL SILVA, 2019; THOMAS et al., 2009). No entanto, a maioria dos estudos se concentra em configurações básicas, como destacado por Visbal (2010), e ainda há uma lacuna na compreensão do impacto de diferentes geometrias no comportamento do fluxo. Portanto, é necessário ampliar as investigações para identificar os fenômenos associados. Uma abordagem experimental foi realizada em túnel de vento, utilizando descarga elétrica por barreira dielétrica e eletrodos serrilhados, visando medir os perfis de velocidade na camada limite sobre uma superfície plana. Os resultados esperados devem contribuir para a compreensão de como a descarga elétrica pode alterar as características do escoamento, especialmente na transição do regime de fluxo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados na câmara de ensaio do túnel de vento do laboratório. O procedimento consistiu em medir o perfil de velocidades da camada limite desenvolvida ao longo da placa, utilizando um tubo de Pitot especialmente confeccionado e posicionado a 600 mm do bordo de ataque da placa. A Figura 1 apresenta uma visão esquemática do experimento. Foram medidos os valores de velocidade em intervalos de 1 mm, iniciando na superfície da placa até a fronteira da camada limite.

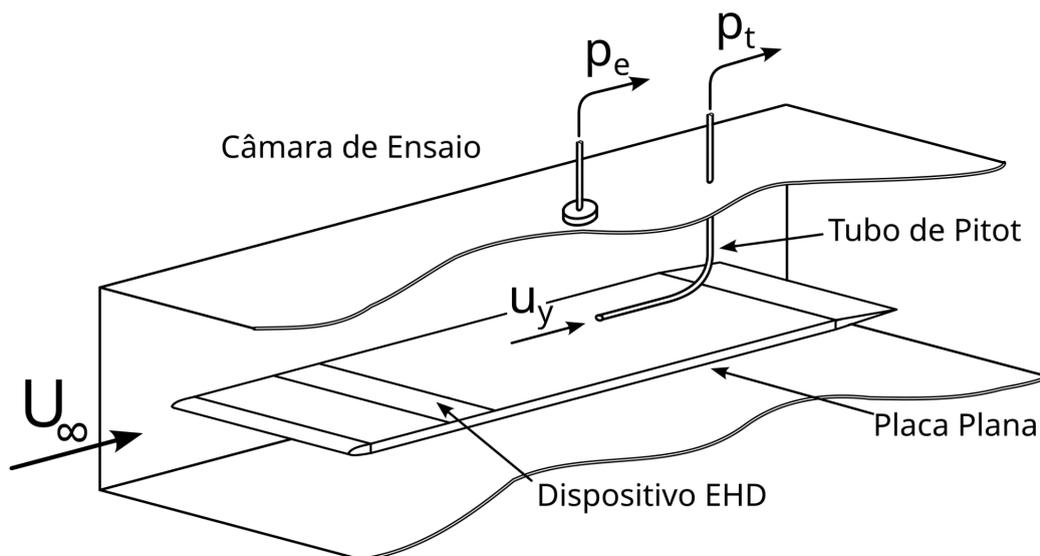


FIGURA 1. Representação esquemática dos ensaios que serão realizados.

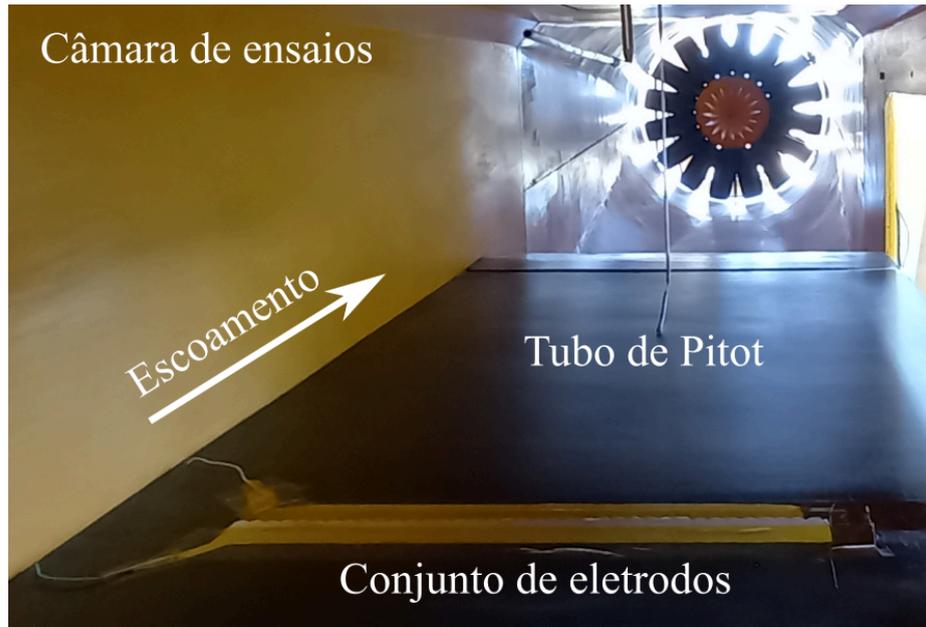
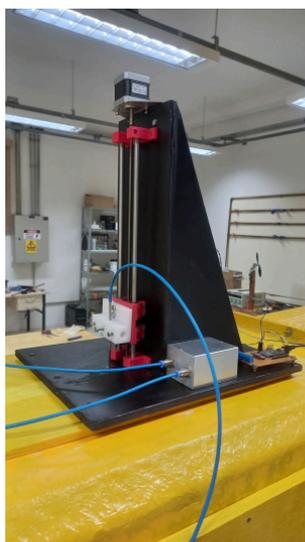
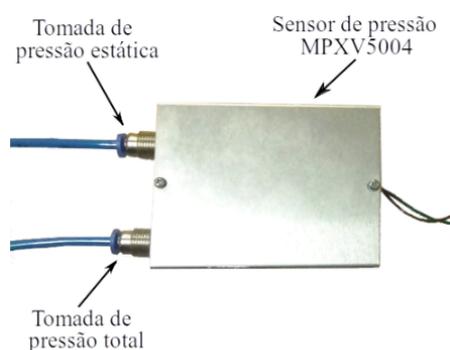


FIGURA 2. Placa plana com os eletrodos fixados montada no interior da câmara de ensaio do túnel de vento.

A movimentação do tubo de Pitot foi realizada por um posicionador eletromecânico, capaz de produzir deslocamentos precisos e repetitivos (ver Figura xx). A saída do tubo foi conectada a uma das entradas de um sensor de pressão modelo MPXV5004DP (NXP Semiconductors, 2015), permitindo medir a pressão total na entrada do tubo. Uma tomada de pressão estática foi providenciada por meio de um tubo plástico conectado a um pequeno orifício na parede superior da câmara de ensaios do túnel de vento. Da mesma forma que para o tubo de Pitot, a saída deste tubo foi conectada à outra entrada do sensor de pressão. Assim, foi possível medir a pressão dinâmica pela diferença de pressões lidas pelo sensor, o que permitiu calcular a velocidade do escoamento em cada posição.



(a)



(b)

FIGURA 3. Sistema de movimentação do tubo de Pitot montado no túnel de vento (a). Imagem do sensor de medição de pressão montado no interior de uma caixa metálica com as tomadas de pressão total e estática.

A fim de alimentar os eletrodos foi utilizada uma fonte de alta-tensão e alta frequência desenvolvida e construída especificamente para a alimentação da placa com eletrodos que foi utilizada nos ensaios (Figura 4). Essa fonte pode fornecer uma tensão que varia entre aproximadamente 1kVolts até 20 kVolts, com uma máxima corrente de saída da ordem de 20 mA. Essa fonte de alta-tensão produz tensões sobre a forma de corrente alternada (C.A.) com a frequência variando entre 1 kHz até aproximadamente 10 kHz



FIGURA 4. Fonte de alta tensão (esquerda) e bobina de ignição (direita).

Os ensaios experimentais foram realizados no interior da câmara de ensaio do túnel de vento do laboratório. O procedimento consistiu em medir o perfil de velocidades da camada limite desenvolvida ao longo da placa utilizando um tubo de Pitot posicionado a uma distância de 600 mm do bordo de ataque da placa. Inicialmente, os ensaios serão realizados em um número de Reynolds que permita que o escoamento mantenha-se em regime laminar até a região de medição.

.....



FIGURA 5. Fonte de alta tensão (esquerda) e bobina de ignição (direita).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

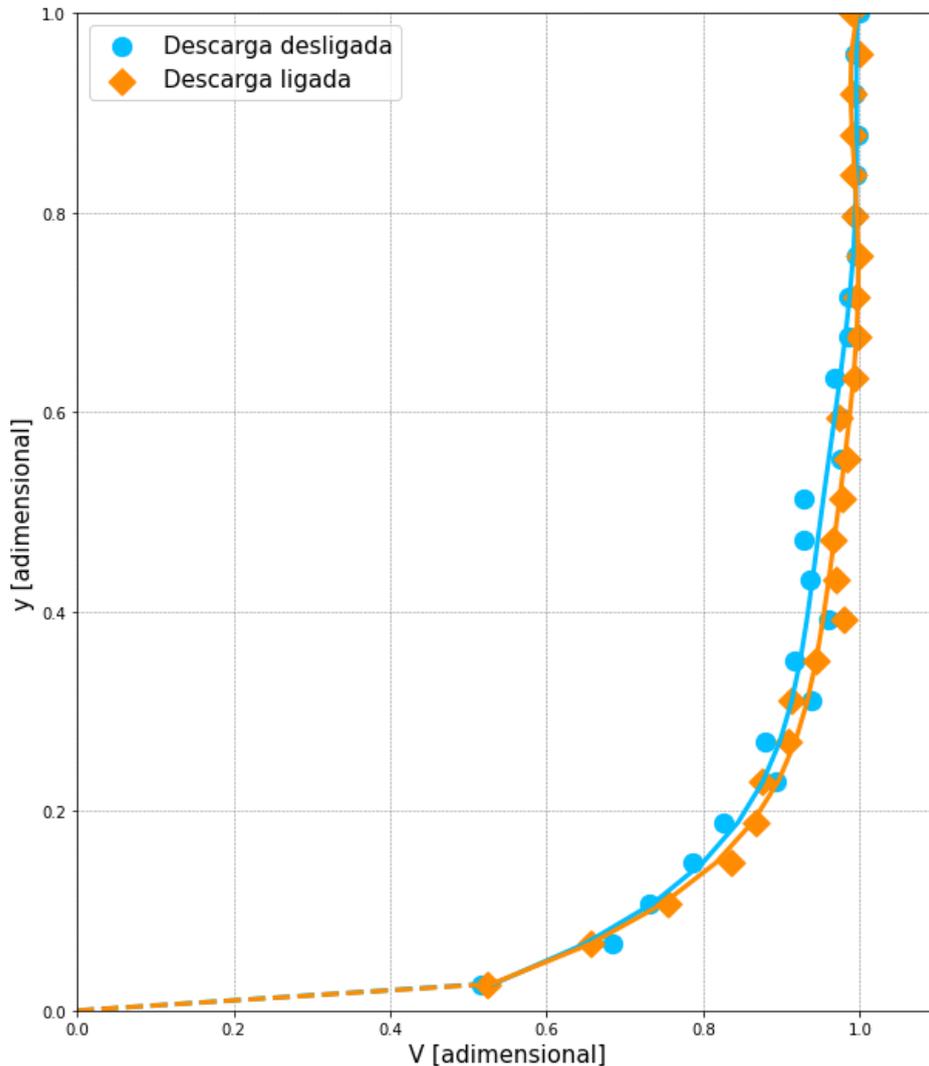


FIGURA 6. Perfis de velocidade adimensionais das camadas limites medidas sem e com a presença da descarga elétrica.

CONCLUSÕES

A coleta de dados sobre os perfis de velocidade da camada limite apresentou resultados que indicam uma possível alteração no escoamento, influenciada pela presença de descarga elétrica gerada pelo dispositivo eletro-hidrodinâmico. A figura que apresenta as duas curvas — uma para a condição com a descarga elétrica ligada e outra para a descarga desligada — mostra que houve uma diferença na distribuição de velocidades ao longo da camada limite, sugerindo que o dispositivo atuou de maneira perceptível no escoamento.

No entanto, devido à baixa resolução dos sensores de medição, a captura precisa dessas alterações no escoamento foi limitada. Os sensores, utilizados para medir a pressão e, conseqüentemente, calcular as velocidades em diferentes posições da camada limite, podem não ter sido sensíveis o suficiente para identificar com clareza todas as mudanças sutis causadas pela descarga elétrica.

A observação de que as duas curvas apresentam diferenças, mesmo que sutis, é significativa. Isso aponta para a capacidade do dispositivo eletro-hidrodinâmico de influenciar o escoamento na

camada limite, modificando as características do fluxo. Entretanto, como as mudanças observadas não foram tão expressivas quanto o esperado, é provável que um equipamento de medição com maior resolução e precisão seja necessário para revelar mais claramente a extensão da influência do dispositivo no escoamento.

Dessa forma, os resultados indicam que o conceito de utilização de descargas elétricas para modificar o escoamento tem potencial, mas o sucesso da aplicação prática depende da melhoria nas técnicas e instrumentos de medição. Um refinamento desses métodos permitirá uma avaliação mais detalhada e precisa da eficácia do dispositivo em alterar o perfil de velocidades na camada limite, especialmente em regimes de baixo Reynolds, onde pequenas mudanças no escoamento podem ser cruciais para o desempenho aerodinâmico de superfícies.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

O autor Luiz Donizete Paulino Junior foi responsável pela revisão bibliográfica e pelo tratamento dos dados coletados. O autor orientador, professor José Antonio Garcia Croce, contribuiu em todas as etapas do projeto, compartilhando seus conhecimentos e orientações para o desenvolvimento do trabalho.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa, ao professor orientador José Antonio Garcia Croce por toda orientação e empenho em compartilhar seu conhecimento e aos técnicos da oficina do IFSP - São Carlos por todo o auxílio.

REFERÊNCIAS

CROCE, José Antônio Garcia. **Aumento da eficiência de um dispositivo eletro-hidrodinâmico através da alteração das características geométricas do eletrodo ativo**. 2014. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, [S. l.], 2014.

DURSCHEER, R., ROY, S., Three-dimensional flow measurements induced from serpentine plasma actuators in quiescent air, **J. Phys. D: Appl. Phys.**, 45:035202. 2012.

SILVA, Gabriel Pereira Gouveia. **Atuadores de plasma de descarga de barreira dielétrica aplicados a dispositivos hipsustentadores para redução de ruído aerodinâmico**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, [S. l.], 2019.

Thomas, Flint & Corke, Thomas & Iqbal, Muhammad & Kozlov, Alexey & Schatzman, David. (2009). Optimization of Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators for Active Aerodynamic Flow Control. **Aiaa Journal - AIAA J.** 47. 2169-2178. 10.2514/1.41588.

VISBAL, Miguel R.. Strategies for control of transitional and turbulent flows using plasma-based actuators. **International Journal Of Computational Fluid Dynamics**, [s.l.], v. 24, n. 7, p.237-258, ago. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10618562.2010.533123>.