



APLICAÇÃO DO EFEITO VENTURI NA ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO: UM ESTUDO DE HIDRODINÂMICA APLICADA À SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA

SOUSA NASCIMENTO, Gleyce Kelly 1
DA SILVA SANTOS, Esdras 2
OLIVEIRA DE BRAGA, Samuel 3
OLIVEIRA DE FREITAS, Vagner Luiz 4

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a análise de um protótipo de injetor Venturi de baixo custo, fundamentado nos princípios da mecânica de fluidos, especificamente na Equação de Bernoulli e no Princípio da Continuidade. O objetivo central é demonstrar a viabilidade da sucção passiva de fluidos (fertirrigação) sem a necessidade de fontes externas de energia elétrica, utilizando apenas o diferencial de pressão gerado pelo estreitamento de uma seção transversal de tubulação. A metodologia seguiu a abordagem STEAM e CTSA, partindo da construção de um duto com geometria convergente-divergente em PVC. Testes experimentais foram realizados para correlacionar a velocidade de escoamento principal com a taxa de sucção do soluto. Os resultados preliminares indicam que a queda de pressão estática na garganta do tubo é suficiente para a automação da dosagem de nutrientes, promovendo uma alternativa sustentável para a agricultura familiar. O projeto conclui que a aplicação de conceitos fundamentais da física clássica pode mitigar o desperdício hídrico e reduzir custos operacionais, unindo rigor acadêmico à responsabilidade socioambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito Venturi. Princípio de Bernoulli. Irrigação de Precisão. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias que otimizem o uso de recursos naturais, especialmente a água. Nesse contexto, a engenharia de irrigação desempenha um papel fundamental ao propor soluções que aumentem a produtividade agrícola sem comprometer o meio ambiente. Entre os princípios físicos aplicáveis a essas soluções, destaca-se o Efeito Venturi, que descreve a redução da pressão de um fluido em escoamento ao passar por uma região de



estreitamento em um tubo. Esse fenômeno está diretamente relacionado à Equação de Bernoulli e ao Princípio da Continuidade, fundamentos da mecânica dos fluidos que permitem compreender a relação entre pressão, velocidade e área de escoamento. A aplicação desses conceitos possibilita o desenvolvimento de dispositivos simples e eficientes, como injetores Venturi, capazes de realizar a sucção de fertilizantes sem o uso de energia elétrica. Essa técnica, conhecida como fertirrigação, contribui para a automação da dosagem de nutrientes, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de um protótipo de injetor Venturi de baixo custo, destacando sua aplicação na agricultura familiar e sua contribuição para práticas sustentáveis.

2 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como experimental e aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida a partir das perspectivas educacionais STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) e CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Inicialmente, foi realizado um levantamento teórico sobre os princípios da mecânica dos fluidos, com foco no funcionamento do efeito Venturi. Em seguida, foi construído um protótipo de injetor utilizando tubos de PVC, configurado com uma geometria convergente-divergente, formando uma região de estreitamento (garganta), responsável pela variação de pressão.

O sistema experimental consistiu em:

- Um reservatório de água;
- Tubulação principal para escoamento;
- Dispositivo Venturi acoplado à tubulação;
- Um recipiente contendo solução fertilizante conectado à entrada lateral do injetor.

Durante os testes, variou-se a vazão do fluido principal para observar a influência na taxa de sucção do fertilizante. Foram analisadas variáveis como:

- Velocidade do escoamento;
- Pressão na região da garganta;
- Volume de fluido succionado.



Os dados coletados permitiram correlacionar o aumento da velocidade do fluido com a redução da pressão estática, confirmando o comportamento previsto pelos modelos teóricos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais confirmam a eficiência do Efeito Venturi na geração de sucção passiva em sistemas de irrigação. A redução da pressão estática observada na região da garganta do dispositivo está em conformidade com as previsões da Equação de Bernoulli, evidenciando que o aumento da velocidade do fluido implica diretamente na diminuição da pressão interna, criando condições favoráveis à aspiração de soluções externas.

A relação entre a vazão do fluido principal e a taxa de sucção demonstrou comportamento proporcional, indicando que o sistema pode operar de forma autorregulada. Esse aspecto é particularmente relevante para a fertirrigação, pois permite que a dosagem de nutrientes acompanhe automaticamente a demanda hídrica da cultura, reduzindo erros humanos e promovendo maior uniformidade na distribuição dos insumos.

Do ponto de vista técnico, o desempenho do protótipo mostrou-se satisfatório mesmo com materiais simples, como o PVC, o que reforça a viabilidade de implementação em contextos de baixa disponibilidade de recursos. No entanto, algumas limitações foram observadas, como a dependência direta da pressão da linha de água e possíveis variações na eficiência de sucção em condições de baixa vazão. Isso indica a necessidade de ajustes no dimensionamento do sistema, especialmente na geometria da garganta e no diâmetro da tubulação.

Além disso, fatores como perdas de carga ao longo da tubulação, presença de bolhas de ar e variações na viscosidade do fluido também podem influenciar o desempenho do dispositivo.

Sob a perspectiva da sustentabilidade, o sistema apresenta vantagens significativas. A ausência de consumo de energia elétrica reduz custos operacionais e impactos ambientais, tornando a tecnologia acessível para agricultores familiares e



regiões com infraestrutura limitada. Esse aspecto dialoga diretamente com propostas de desenvolvimento sustentável, ao integrar eficiência produtiva com responsabilidade ambiental.

Outro ponto relevante é a contribuição pedagógica do projeto. A utilização de uma abordagem baseada em CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) permite que o estudo ultrapasse o campo técnico, promovendo reflexões sobre o papel da ciência na resolução de problemas sociais reais. Já a integração com a abordagem STEAM favorece o aprendizado interdisciplinar, estimulando a construção de conhecimento a partir da prática experimental.

Por fim, a aplicação do injetor Venturi evidencia como conceitos clássicos da física podem ser reinterpretados e aplicados em soluções inovadoras e de baixo custo. Essa conexão entre teoria e prática fortalece não apenas a formação acadêmica, mas também a capacidade de desenvolver tecnologias socialmente relevantes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou, de forma consistente, a viabilidade da aplicação do Efeito Venturi na engenharia de irrigação, evidenciando como princípios fundamentais da mecânica dos fluidos podem ser utilizados na criação de soluções tecnológicas acessíveis e sustentáveis. A análise do protótipo desenvolvido confirmou que a redução da pressão estática, conforme previsto pela Equação de Bernoulli, é suficiente para promover a sucção passiva de fertilizantes, viabilizando o processo de fertirrigação sem a necessidade de energia elétrica externa.

Os resultados obtidos reforçam a importância da integração entre teoria e prática, demonstrando que conceitos clássicos da física mantêm alta relevância quando aplicados a problemas contemporâneos, como a otimização do uso da água e a redução de custos na produção agrícola. Nesse sentido, o sistema proposto apresenta-se como uma alternativa eficiente, de baixo custo e de fácil implementação, especialmente adequada para a agricultura familiar e para regiões com infraestrutura limitada.

Do ponto de vista ambiental, a tecnologia analisada contribui significativamente para a sustentabilidade, uma vez que promove o uso racional dos



recursos hídricos e reduz o desperdício de insumos agrícolas. Além disso, ao dispensar o uso de energia elétrica, o sistema diminui impactos ambientais associados ao consumo energético, alinhando-se a práticas de produção mais limpas e responsáveis.

Entretanto, é importante destacar que o desempenho do dispositivo está diretamente relacionado a variáveis operacionais, como a vazão do fluido e a pressão da rede de abastecimento. Dessa forma, sua eficiência pode ser limitada em condições de baixa pressão, o que indica a necessidade de ajustes no dimensionamento do sistema e de estudos complementares para otimização do projeto.

Como perspectiva futura, recomenda-se o aprofundamento das análises experimentais, incluindo o estudo de diferentes geometrias de injetores, materiais alternativos e condições reais de campo. Também se sugere a integração do sistema com tecnologias de monitoramento, visando aumentar o controle e a precisão na aplicação de nutrientes.

Por fim, este trabalho evidencia que a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade, conforme proposto pela abordagem CTSA, é fundamental para o desenvolvimento de soluções inovadoras e socialmente relevantes. A aplicação do efeito Venturi na irrigação não apenas contribui para avanços técnicos, mas também fortalece uma visão de ciência comprometida com o desenvolvimento sustentável e com a melhoria das condições de vida no meio rural..

REFERÊNCIAS

ROJAS, R.N.Z. Desenvolvimento e avaliação de dois injetores de fertilizantes tipo Venturi. Piracicaba, 1995. 67p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São

Paulo FERREIRA, J.O.P. Caracterização hidráulica de dois injetores de fertilizantes do tipo Venturi. Piracicaba, 1993. 76p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo

BRAGA, Benedito et al. Introdução à Engenharia Ambiental. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.



BERNARDO, Salassier. Manual de Irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fernando. Irrigação: Princípios e Métodos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015..