



SIMULAÇÃO DO FLUXO DE AR PARA O POSICIONAMENTO DE UM DISPOSITIVO SENSOR PIEZORESISTIVO DE CO₂¹

Lucas Schwertner², Luiz Antonio Rasia³,

¹ Pesquisa desenvolvida na Unijuí; financiado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PIBIC/CNPq.

² Bolsista CNPq; Bacharel em Engenharia Mecânica pela UNIJUÍ.

³ Professor orientador da UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e urbano, embora tenha impulsionado a economia e melhorado a qualidade de vida em diversos aspectos, demandou e ainda demanda quantidades gigantescas de energia, fornecida inicialmente pelo carvão e, posteriormente, pelo petróleo. A queima destes combustíveis fósseis liberou massivas quantidades de gases, como CO₂, CO, SO₂, e NO_x, que, além de serem responsáveis pelas mudanças climáticas a longo prazo, estão relacionados, a curto prazo, com doenças respiratórias.

Os efeitos desses gases na saúde, principalmente em cidade, é difícil de mensurar. Para tal, é necessário monitorar as concentrações de gases na cidade, por meio da criação de um mapa de qualidade do ar, que, posteriormente, pode ser cruzado com as informações do Sistema Público de Saúde a respeito da incidência de doenças respiratórias, permitindo assim a criação de estratégias eficientes e direcionadas para a prevenção, identificação e tratamento destas doenças.

Portanto, é necessário coletar dados da qualidade do ar, em diversos pontos e horários diferentes, a fim de permitir a criação de um mapa de qualidade do ar representativo. Essa coleta de dados, exige sensores de gases precisos, e, para minimizar a quantidade de sensores necessários para que a coleta seja suficiente, uma boa alternativa é tornar os sensores móveis, aproveitando a infraestrutura de transporte público, fazendo a instalação nos veículos de transporte de passageiros.

Para que a leitura dos sensores seja precisa, é necessário que haja uma renovação do ar na região do sensor, caso a taxa de renovação do ar for demasiadamente grande, o sensor pode não ser capaz de realizar medições precisas, sendo assim, para que os dados obtidos



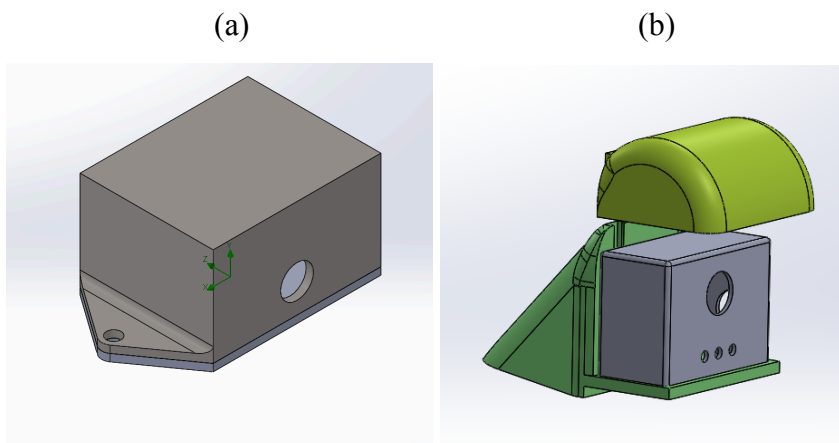
sejam precisos, é fundamental projetar um sistema de captação de dados, que garanta a renovação do ar, sem que o fluxo seja excessivo, além de proteger o sensor e demais equipamentos de intempéries, como a radiação UV e a chuva.

Utilizamos uma ferramenta de simulação CFD - *Computational Fluid Dynamics* para verificar a eficiência do sistema e aprimorar a geometria, garantindo as melhores condições possíveis para a leitura dos níveis de gases pelos sensores. Esta abordagem está alinhada com a ODS 11 da ONU, que visa tornar as cidades e comunidades mais sustentáveis, inclusivas e resilientes, promovendo um ambiente urbano mais saudável e seguro para todos.

METODOLOGIA

Primeiramente foram avaliadas as características físicas e geométricas dos componentes eletrônicos que fazem parte do sistema de aquisição e transmissão de dados do sensor de gases. Após, foi modelada uma maquete eletrônica 3d utilizando o *software* SolidWorks do alojamento apresentado na Figura 1 (a).

Figura 1. Encapsulamentos para alojar o sensor de gás.



Fonte: Autores.

Em sequência, o modelo apresentado na Figura 1 (a) foi simulado utilizando a ferramenta de CFD - *Computational fluid dynamics* do SolidWorks que permite a simulação do escoamento de fluidos, facilitando a compreensão do comportamento dos gases ao escoar próximos ao alojamento, assim como as características deste escoamento, como velocidade e pressão do fluido e também forças superficiais causada pelo escoamento.



Para a simulação CFD é necessário definir as condições de contorno ou *boundary conditions*. Conforme abordado por BLAZEK (2015), às condições de contorno podem ser físicas ou numéricas, elas descrevem o tipo de simulação, se é interna ou externa, propriedades das paredes, como rugosidade, temperatura e condutividade térmica, parâmetros de entrada e saída do sistema, como tipo de fluido, viscosidade, velocidade, temperatura, pressão entre outros. De forma geral, todas as propriedades encontradas na equação de Navier-Stokes são condições de contorno, e servem para descrever o ambiente no qual a simulação está sendo realizada.

A simulação CFD envolve três etapas genéricas que incluem o Pré-processamento, etapa que inicia com o projeto físico em 2D ou 3D do dispositivo em análise com a geração da malha ou discretização, seguido da solução interativa usando o Solver que consome um tempo de processamento e finalmente o pós-processamento o qual permite analisar e visualizar os resultados da simulação de forma qualitativa e quantitativa.

Utilizando o módulo de simulação CFD do SolidWorks, avaliamos o escoamento do fluxo no entorno do primeiro modelo de alojamento apresentado na Figura 1 - (a) e criamos outro modelo Figura 1 - (b), buscando um otimizar o comportamento aerodinâmico do sistema e melhorar as características do fluxo de ar próximo ao sensor de gases.

As condições de contorno utilizadas foram as seguintes:

Tipo de escoamento: Externo;

Fluido: Ar atmosférico; Pressão: 101325 Pa; Temperatura: 293,2 K;

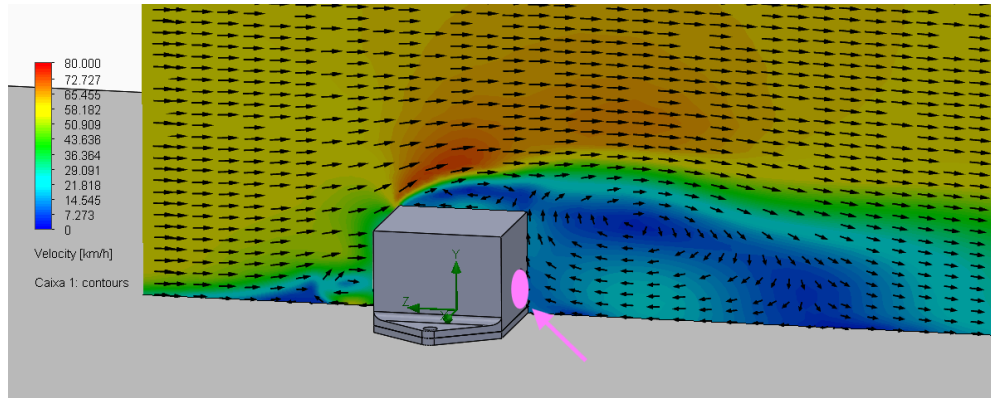
Velocidade do ar na entrada: 60 km/h (16,667 m/s);

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o resultado da simulação do primeiro modelo, a partir de um gráfico de calor com base na velocidade do fluxo de ar, onde a escala vai de 0 km/h a 80 km/h, sendo 0 km/h representado na cor azul e 80km/h representado pela cor vermelha. Sobreposto no gráfico, está representada na forma de setas os vetores da velocidade, sendo assim, podemos visualizar que, um vórtice com velocidade aproximada de 14 km/h se forma na parte posterior da caixa, onde o sensor fica posicionado. Na parte frontal, também é possível identificar um pequeno vórtice, gerado pela dificuldade do escoamento do ar.



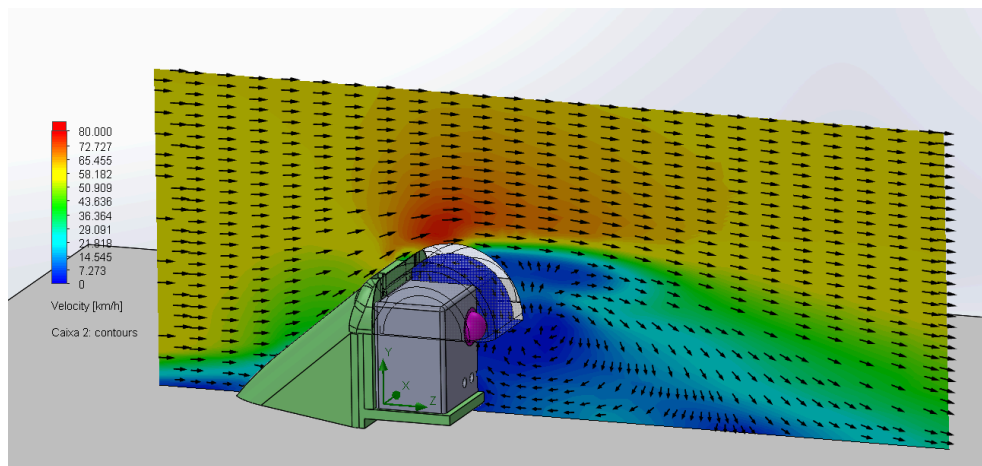
Figura 2 - Resultado da simulação CFD do primeiro modelo.



Fonte: Autores.

A forma de exibição dos resultados na Figura 3, seguem o mesmo princípio da Figura 2, sendo possível visualizar que a geometria mais arredondada da caixa “Figura 1 - (b)” na parte frontal, acarreta em um menor arrasto em comparação com o primeiro encapsulamento assim como o vórtice na parte posterior, tem uma velocidade menor, em torno de 4 km/h, que melhora a precisão da leitura do sensor de gases.

Figura 3 - Resultado da simulação CFD do segundo modelo.



Fonte: Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados destacam a importância de uma abordagem integrada no projeto eficiente de monitoramento de gases, utilizando ferramentas computacionais avançadas como simulação CFD - *Computational Fluid Dynamics*. Este estudo investigou o fluxo de gases



sobre um protótipo modelado em 3D, projetado para abrigar um sensor de gás feito exclusivamente de materiais biodegradáveis. A aplicação de simulações CFD não apenas otimizou o design mecânico do protótipo, mas também contribuiu para alcançar a ODS 12 da ONU, promovendo padrões de produção e consumo sustentáveis representados pelos sensores biodegradáveis de gases, fabricados a partir de grafite e celulose.

Palavras-chave: Simulação Computacional. CFD. Dinâmica de Fluidos. Projetos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS, CNPq e Unijui pela disponibilização dos recursos de bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAZEK, J. Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications. 3rd ed. Oxford: Elsevier, 2015. ISBN 978-0-08-044506-9.

Rasia, L.A., Schwertner, L., Pedrali, P.C., Rasia, J. (2022). Simulation and Prototype of Flexible Sensor Devices Using Graphite on Paper Substrate. In: Figueroa-García, J.C., Franco, C., Díaz-Gutierrez, Y., Hernández-Pérez, G. (eds) Applied Computer Sciences in Engineering. WEA 2022. Communications in Computer and Information Science, vol 1685. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20611-5_31

Rasia, L. A.; SCHWERTNER, L. ; Rasia, J. . BIODEGRADABLE MATERIALS FOR DEVELOPMENT OF SENSOR DEVICES FOR THE INTERNET OF THINGS. In: Leonardo de Carvalho Vidal, Gilmar Gonçalves de Oliveira, Wallace Pereira Neves dos Reis. (Org.). Smart Cities e Smart Factory: insights sobre tendências e padrões. 1ed.São Paulo: Editora Científica Digital, 2023, v. 1, p. 44-54. <https://www.editoracientifica.com.br/books/chapter/biodegradable-materials-for-development-of-sensor-devices-for-the-internet-of-things>

Lucas Schwertner , Luiz Antonio Rasia , Mateus Schmitz Neumann , Rafael Kauã Ceretta. ACIONAMENTO E CONTROLE DE UMA MÁQUINA CNC PARA DEPOSIÇÃO DE SENSORES DE GRAFITE SOBRE POLÍMEROS.v. 9 n. 9 (2023) in: Salão do Conhecimento Unijuí.