

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO E DA DISPERSÃO DE CO EM ÁREA URBANA REAL DO CENTRO DE VITÓRIA/ES

Noemy Lacerda dos Santos¹, Sanuel R. Zechinelli², Fernanda Capucho Cezana³

Engenharias

Introdução e Objetivo

O crescimento urbano desordenado e o aumento da frota veicular intensificam a poluição atmosférica, sendo o monóxido de carbono (CO) um dos principais poluentes devido à sua alta toxicidade. Mais de 99% das emissões urbanas de CO são atribuídas aos veículos automotores (ECOSOFT, 2019), representando riscos à saúde, como doenças respiratórias e cardiovasculares (IPEA, 2015). A dispersão desses poluentes depende do padrão de escoamento do ar, fortemente influenciado pela geometria urbana (Goulart et al., 2019). Simulações numéricas utilizando a Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD – Computational Fluid Dynamics) têm se mostrado uma técnica importante para compreender esse processo em cenários reais (Ioannidis et al., 2024).

Diante disso, o objetivo desta pesquisa é analisar, por meio de simulação CFD, o padrão de escoamento e a dispersão de monóxido de carbono na região central de Vitória/ES, considerando a direção predominante de vento nordeste. A investigação busca compreender como a interação entre o padrão de escoamento e a morfologia urbana influencia a concentração de poluentes, suprimindo a carência de estudos em cenários realistas.

Método e Metodologia

Este estudo foi realizado por meio de simulações numéricas e computacionais utilizando o Ansys Fluent com o objetivo de analisar o padrão de escoamento do ar em uma região urbana da cidade de Vitória, no Espírito Santo, e como esse comportamento influencia a dispersão de poluentes. A região selecionada engloba trechos das avenidas Jerônimo Monteiro e Princesa Isabel, no centro da cidade, caracterizada pela intensa movimentação de veículos e pela presença de edificações altas e próximas entre si, fatores que afetam diretamente a dinâmica do escoamento. A análise concentrou-se exclusivamente na direção de vento nordeste, escolhida

¹Graduanda em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, noemylacerda831@gmail.com;

²Graduando em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, zechisam@gmail.com;

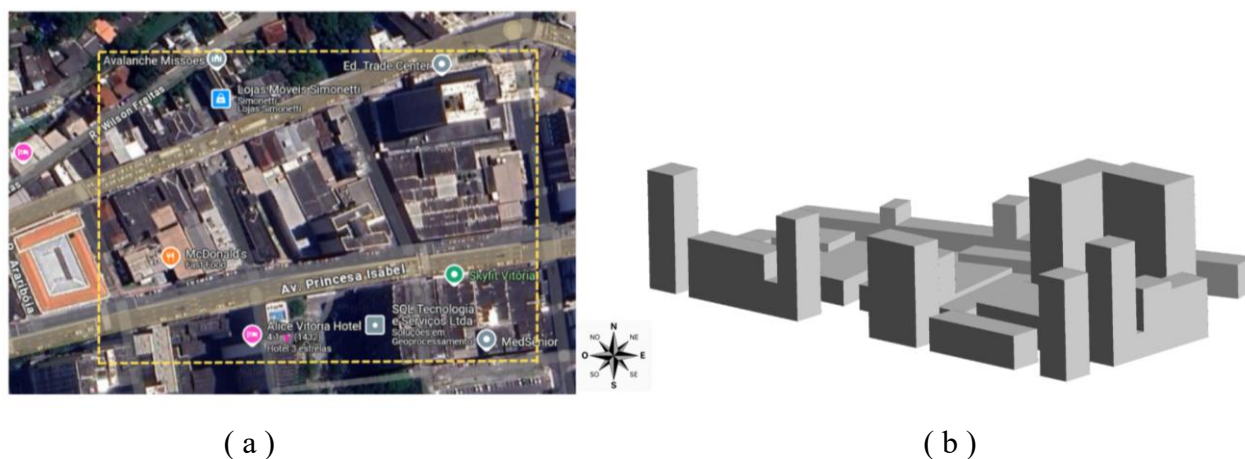
³ Doutora em Engenharia Ambiental, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, fecezana@ifes.edu.br;

por ser a mais frequente na área estudada, garantindo assim maior representatividade dos resultados.

O escoamento e a dispersão de poluentes na atmosfera são modelados pelas equações de conservação de massa, de quantidade de movimento e de espécie química. Além disso, para modelar os efeitos da turbulência, aplicou-se a formulação RANS com o modelo *Realizable k- ϵ* , adequado para escoamentos dominados por cisalhamento.

Para a aplicação das condições de contorno, adotou-se um domínio computacional circular ao redor da área de interesse. As edificações foram representadas de forma simplificada, respeitando suas proporções e posições reais, de modo a preservar as principais características do ambiente urbano e garantir maior realismo às análises conforme Figura 1.

Figura 1: (a) Mapa com as Avenidas Jerônimo Monteiro e Princesa Isabel e (b) Região de estudo.



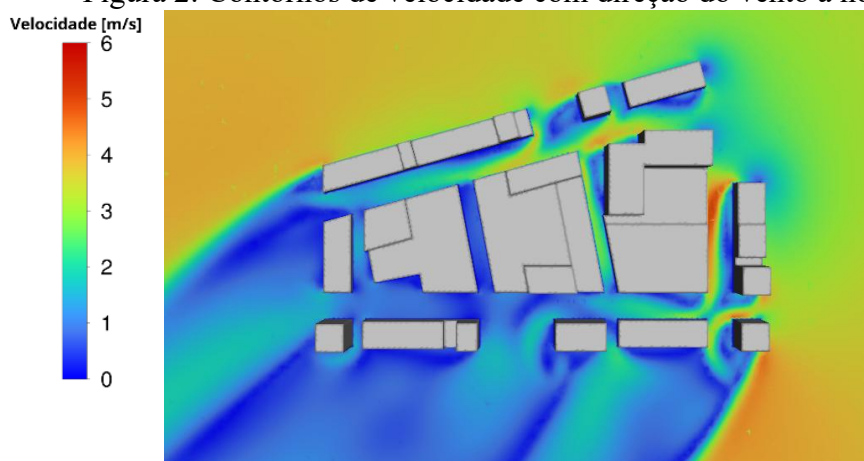
Fonte: (a) Google Maps, 2025 e (b) Autor.

A malha utilizada foi do tipo poly-hexcore, em que a qualidade foi avaliada considerando os parâmetros assimetria, razão de aspecto e ortogonalidade, conforme recomendado pela *ANSYS Inc.* (2023).

Discussão e Resultados

Nos contornos de velocidade a 1,6 metros do solo (altura média da população), a Figura 2 evidencia que as maiores zonas de baixa velocidade se concentram principalmente na região sudoeste do domínio. Embora o vento incida diretamente sobre os edifícios da Rua Jerônimo Monteiro, a configuração geométrica da área urbana não foi suficiente para impedir a formação de zonas de recirculação. Essas regiões tornam-se particularmente evidentes junto às fachadas dos prédios alinhados e nas estruturas que apresentam “quinas” voltadas para a direção do vento.

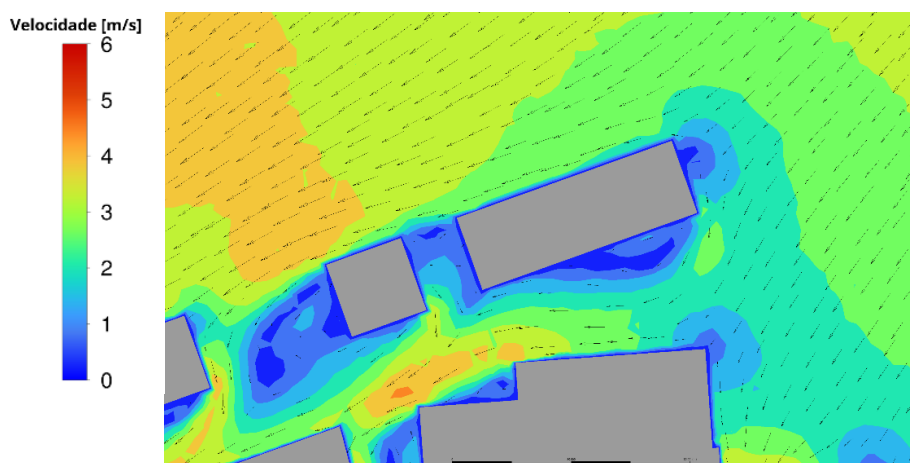
Figura 2: Contornos de velocidade com direção do vento à nordeste.



Fonte: Autor.

A análise do campo vetorial nesse ponto mostra que o vento incide diretamente sobre a quina do edifício, ocasionando a separação do escoamento e a consequente formação de vórtices ao longo da fachada (Figura 3). Um fenômeno semelhante é observado na região com a faixa de prédios interligados (Figura 4), onde se identificam zonas de baixa velocidade próximas às paredes (localizada na rua Jerônimo Monteiro). Nessas áreas, a reduzida circulação de ar favorece o acúmulo de poluentes, uma vez que a dispersão se torna limitada.

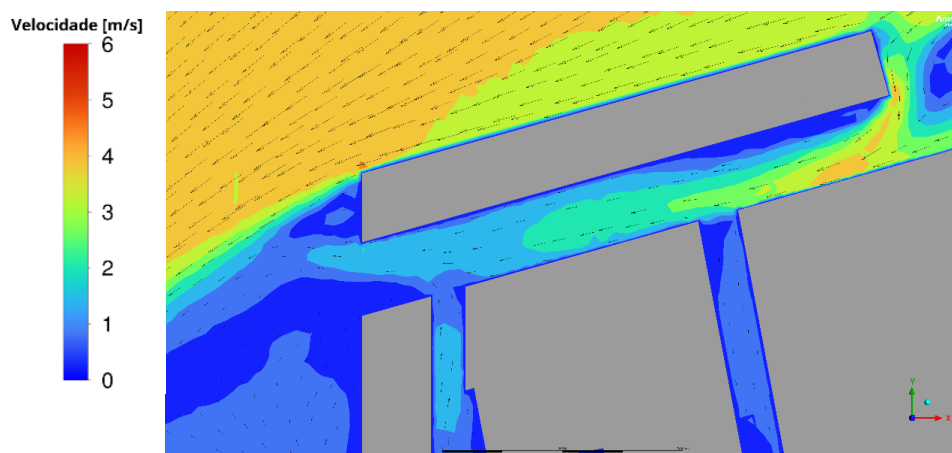
Figura 3: Vetores e contorno de velocidade na porção nordeste da geometria.



Fonte: Autor.

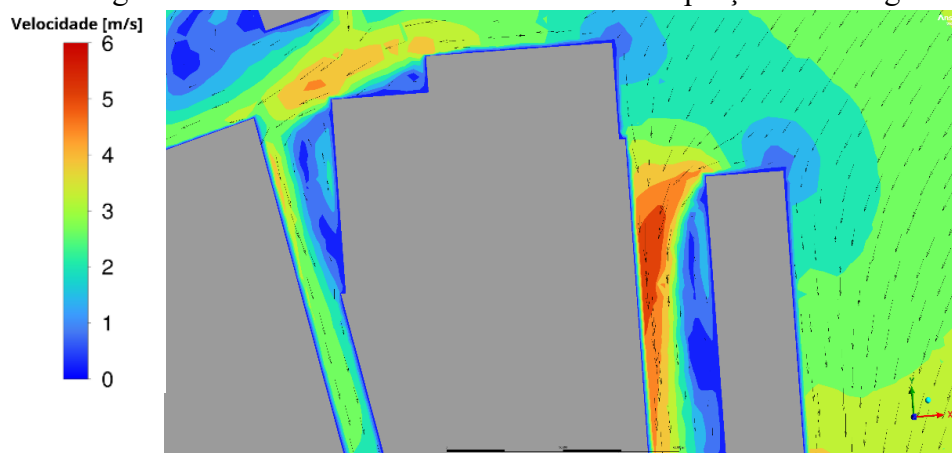
Na região próxima à quina do prédio maior, nota-se uma concentração de velocidades elevadas. Isso indica que o vento, ao incidir diretamente na quina do edifício, sofre uma aceleração local devido ao efeito de canalização. Essa separação do escoamento provoca a formação de vórtices que se estendem ao longo da fachada do prédio adjacente, conforme Figura 5.

Figura 4: Vetores e contorno de velocidade na porção sudoeste da geometria.



Fonte: Autor

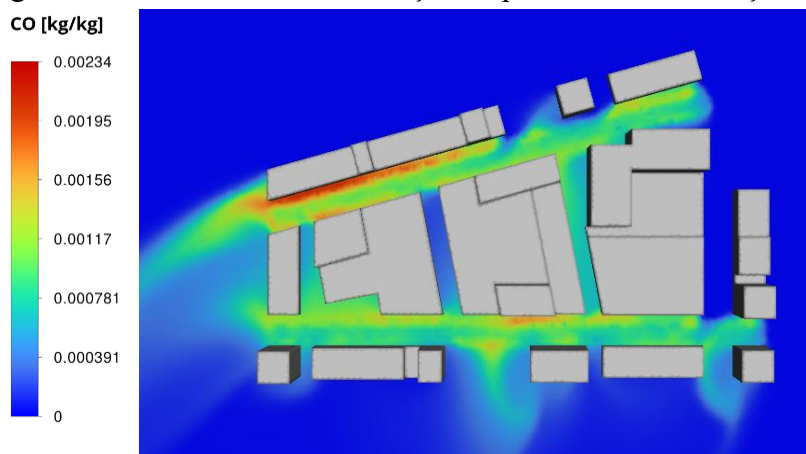
Figura 5: Vetores e contorno de velocidade na porção leste da geometria.



Fonte: Autor.

Analisando os contornos de concentração de poluentes conforme Figura 6, observa-se que, conforme previsto, as regiões de baixa velocidade apresentaram os maiores valores de concentração do poluente. Isso ocorre devido à formação de vórtices, que dificultam a dispersão dos poluentes. Nota-se também que a Avenida Jerônimo Monteiro registrou os maiores níveis de concentração, especialmente ao longo das fachadas dos prédios interligados.

Figura 6: Contornos de concentração de poluentes com direção do vento à nordeste.



Fonte: Autor.

Considerações Finais

Os resultados obtidos mostram que o padrão de escoamento associado à direção nordeste favorece a formação de zonas de recirculação e baixas velocidades, especialmente ao longo da Avenida Jerônimo Monteiro. Nessas regiões, observou-se a maior concentração de poluentes, resultado da dificuldade de dispersão imposta pela presença de edificações altas e alinhadas, que intensificam o aprisionamento dos contaminantes no ambiente urbano.

Esse comportamento mostra a importância de estudar como a geometria urbana tem impacto na dispersão de poluentes. A carência de estudos que abordem cenários realistas de escoamento em geometrias urbanas complexas torna ainda mais relevante o desenvolvimento de pesquisas desse tipo, pois elas possibilitam a elaboração de estratégias de planejamento urbano mais sustentável.

Referências

- ECOSOFT, 2019. “Inventário de emissões atmosféricas da região da grande vitória - ano base 2015”. Technical report, ECOSOFT, Vitória, ES. Relatório técnico.
- Google Maps, 2025. “Google maps”. <https://www.google.com/maps>. Accessed: 30 May 2025.
- ANSYS Inc., 2023. ANSYS Fluent User’s Guide. ANSYS Inc., Canonsburg, PA, USA. Release 2023 R1.
- Goulart, E., Reis, N., Lavor, V., Castro, I., Santos, J. and Xie, Z., 2019. “Local and non-local effects of building arrangements on pollutant fluxes within the urban canopy”. Building and Environment, Vol. 147, pp. 23–34. ISSN 0360-1323. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.023>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318305717>.