2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DA VENTILAÇÃO NATURAL COMO CONDICIONANTE DA FORMA URBANA[1]

XAVIER, Ana Clara de Almeida (1); GREGORIO, Arthur Sato (2); LUKIANTCHUKI, Marieli Azoia (3)

(1) Universidade Estadual de Maringá (UEM), anaclaraxavier48@gmail.com
(2) Universidade Estadual de Maringá (UEM), arthursatog@gmail.com
(3) Universidade Estadual de Maringá (UEM), malukiantchuki2@uem.br

RESUMO

O adensamento urbano das cidades é, em geral, resultante de legislações que priorizam o mercado imobiliário em detrimento dos indispensáveis parâmetros climáticos locais. Dessa forma, as alterações ocasionadas nas correntes de ar impactam diretamente na qualidade ambiental urbana, principalmente em países com predominância de climas quentes e úmidos, como o Brasil. O objetivo da pesquisa é avaliar a influência da morfologia urbana no desempenho da ventilação natural no ambiente urbano em Maringá – PR. O método foi dividido em 5 etapas: (1) caracterização climática de Maringá; (2) caracterização do estudo de caso; (3) definição do caso proposto; (4) simulação CFD; e (5) análises dos resultados. Os resultados mostram que parâmetros urbanísticos como embasamentos, recuos e gabaritos contribuem para a redução do escoamento do ar e permitem, ao mesmo tempo, zonas de estagnação do ar e zonas com alta velocidade de escoamento. Com soluções projetuais que alteram esses parâmetros urbanísticos, observam-se ganhos na permeabilidade do ar em toda a área, favorecendo a ventilação natural e o conforto térmico dos usuários.

Palavras-chave: *Ventilação natural, forma urbana, simulações CFD.*

ABSTRACT

In general, the urban densification of cities results from legislation that prioritizes the property market over the indispensable local climate parameters. Therefore, modifications in airflows have a direct impact on urban environmental quality, especially in countries with a predominance of hot and humid climates, such as Brazil. That way, the aim of the research is to analyze the influence of urban morphology on the performance of natural ventilation in the urban environment in Maringá – PR. The method was divided into 5 stages: (1) climate characterization of Maringá; (2) characterization of the case study; (3) definition of the proposed case; (4) simulation CFD; and (5) parameters of result analysis. The results show that urban parameters such as foundations, indentations and number of floors contribute to the reduction of airflow and, at the same time, allow for areas of wind stagnation and areas with high flow velocity. With design solutions that change these urban parameters, it is possible to notice improvements in air permeability throughout the area and consequently favor natural ventilation and user´s thermal comfort.

Keywords*: Natural ventilation, urban form, CFD simulation.*

---

[1] Análise da ventilação natural como condicionante da forma urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento e o traçado urbano são definidores de diretrizes construtivas que impactam nos aspectos formais e ambientais das edificações (TORK *et al.*, 2017). Os parâmetros de uso e ocupação do solo definem o adensamento urbano, tendo um impacto significativo na qualidade ambiental urbana e dos edifícios (SILVA, 1999; PRATA, 2005). O escoamento do ar é um parâmetro bastante influenciado pelo desenho urbano. Nota-se que o grande adensamento urbano pode gerar fortes correntes de vento ou zonas de estagnação de escoamento de ar, afetando o conforto térmico dos pedestres e a dispersão dos gases poluentes do tráfego urbano (GIVONI, 1998; LIMA e BITTENCOURT, 2017).

Esse adensamento considerável nas malhas urbanas pode ser reflexo da ausência de regulação do setor público sobre o imobiliário, que, segundo Ferreira (2012), age com poucas restrições em relação à qualidade dos projetos arquitetônicos e urbanos. As diretrizes das leis municipais, códigos de obra e dos parâmetros técnicos são poucos rigorosos com os interesses do setor imobiliário.

A ventilação natural é uma das estratégias de resfriamento passivo mais recomendada para o Brasil, devido ao clima quente e úmido na maior parte do seu território, pois possibilita o conforto térmico, a salubridade dos ambientes e o resfriamento das envoltórias externas. Dessa forma, parâmetros que definem a configuração urbana, tais como altura, dimensão e espaçamento das edificações, orientações das ruas e distribuição de áreas livres, devem possibilitar a sua permeabilidade entre as edificações (GIVONI, 1998).

Nesse contexto, apesar das principais normas disponíveis (ASHRAE, 1978; BS 5925, 1991; CIBSE, 1997) reconhecerem a influência urbana sobre o comportamento do ar nas edificações, essas não contêm informações suficientes sobre o assunto. Além disso, a ventilação natural no contexto urbano é relativamente abordada em pesquisas, mas a maneira em que a forma urbana interfere nesse parâmetro ainda demanda maior aprofundamento (CHEUNG; LIU, 2011).

Para a avaliação do desempenho da ventilação natural, existem diversos métodos que podem ser adotados durante a concepção do projeto, tais como: 1) túnel de vento; 2) mesas d'água; 3) experimentos em tamanho real; 4) simulação computacional por CFD e 5) fórmulas analíticas e semi-empíricas (CHEN, 2009). Dentre estes, diversas pesquisas relevantes têm utilizado as simulações CFD tanto para análises urbanas (COSTA, 2001; PRATA-SHIMOMURA, 2005; LEITE, 2010) como em edificações (CÓSTOLA, 2006; LUKIANTCHUKI, 2015; ANDRADE, 2013), comprovando a eficiência do método.

Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da morfologia urbana no desempenho da ventilação natural no ambiente urbano.

2 METODOLOGIA

O método foi dividido em 5 etapas: (1) caracterização climática de Maringá; (2) caracterização do estudo de caso; (3) definição do caso proposto; (4) simulação computacional CFD; e (5) parâmetros de análises dos resultados.

2.1 Caracterização climática de Maringá

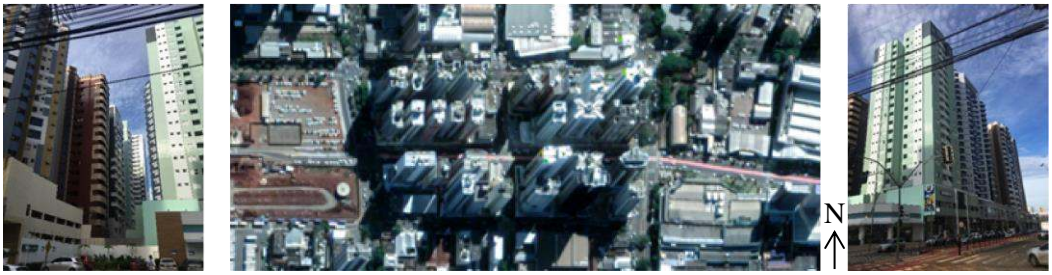
A cidade de Maringá está localizada no norte do Paraná, com latitude -23° 25', longitude -51° 56' e altitude de 596m. De acordo com Koppen (1948), tem um clima

tipo Cfa, subtropical úmido de altitude, possibilitando verões quentes, alto nível de radiação solar ao longo do ano, concentração de chuvas nos meses mais quentes e sem estação seca definida (TAMANINI, 2002). A direção predominante dos ventos está entre leste e nordeste, com velocidades entre 0 e 4,0m/s, sendo 2,0m/s predominante (PROJETEEE, 2019).

2.2 Caracterização do estudo de caso

A seleção da área de estudo considerou uma região com maior potencial construtivo e alta densidade: Zona Especial 1, gleba B, que corresponde ao novo centro da cidade. Essa zona tem como uso do solo comércio, serviços centrais e ocupação multifamiliar. Foram analisadas quatro quadras, com edifícios de alto gabarito (cerca de 60m de altura), recuos mínimos e coeficiente máximo de aproveitamento igual a 6 (figura 1) (Lei 935, 2012).

Figura 1 – Área de estudo selecionada

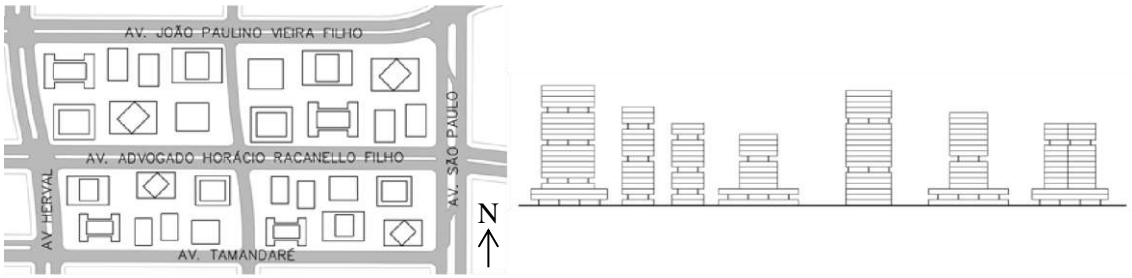


Fonte: Acervo dos autores (2019).

2.3 Definição do caso proposto

Após a avaliação da situação real, algumas mudanças foram propostas visando melhorar o desempenho da ventilação natural. Na nova proposta, como é uma área de crescimento e expansão, a verticalização foi mantida. As modificações realizadas foram (figura 2): pilotis nos embasamentos e em alguns pavimentos da torre, visando uma construção mais permeável; distintos alinhamentos prediais; torres rotacionadas e gabaritos com diferentes alturas.

Figura 2 – Planta (à esquerda) e corte (à direita) do caso proposto



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

2.4 Simulação computacional CFD

Para as simulações computacionais foi utilizado o *software* Ansys na versão 19.2. Para a confecção do modelo 3D foi utilizado o *software* AutoCAD, da Autodesk. Como o objetivo é a análise do contexto urbano, as edificações ficaram vedadas. Além disso, por mais que se compreenda que a vegetação urbana é um parâmetro que influencia no fluxo de vento da área, ela foi desconsiderada para simplificação da

simulação, ressaltando a importância de sua análise em estudos futuros. O domínio da simulação é o meio pelo qual o fluido irá escoar, sendo modelado no formato retangular, cujas dimensões seguiram Harries (2005): distância à barlavento e das laterais de 5H, a altura de 6H e à sotavento de 10H, onde H corresponde à altura da maior edificação analisada (75m). Posteriormente, definiu-se a malha computacional, que influencia na precisão dos resultados, tendo maior refinamento nas arestas do chão e das laterais, conforme se distanciava do solo.

As condições de contorno da simulação foram definidas como: entrada como INLET e saída como OUTLET, as laterais e o topo como WALL *free slip wall* (sem atrito), o chão como GROUND *no slip wall* (com atrito *smooth wall*) e as edificações *no slip wall* (com atrito *rough wall*). O fluido utilizado foi o ar nas condições isotérmicas de 25ºC e o modelo de turbulência utilizado foi o K-epsilon (*first order* – intensidade de turbulência média: 5%). Na condição de entrada, a velocidade do fluxo de ar foi adotada como 2m/s. A simulação decorreu em regime permanente com parâmetros de controle de convergência de 600 iterações e nível de convergência RMS de 10^{-4}.

2.5 Parâmetros de análises dos resultados

Para as análises dos resultados, foram realizados dois cortes horizontais (1,2m e 16m a partir do solo, analisando a corrente de ar na escala do pedestre e na altura das torres) e um corte vertical (no centro, com elevado adensamento). Nesses planos, vetores de intensidade e direção do fluxo de ar foram plotados, utilizando uma escala em que cada cor representa um valor de velocidade. Ressalta-se que a análise dos resultados nesse artigo teve um caráter qualitativativo. Valores quantitativos são de grande importância e devem ser acrescentados em estudos futuros, visando complementar as análises aqui apresentadas.

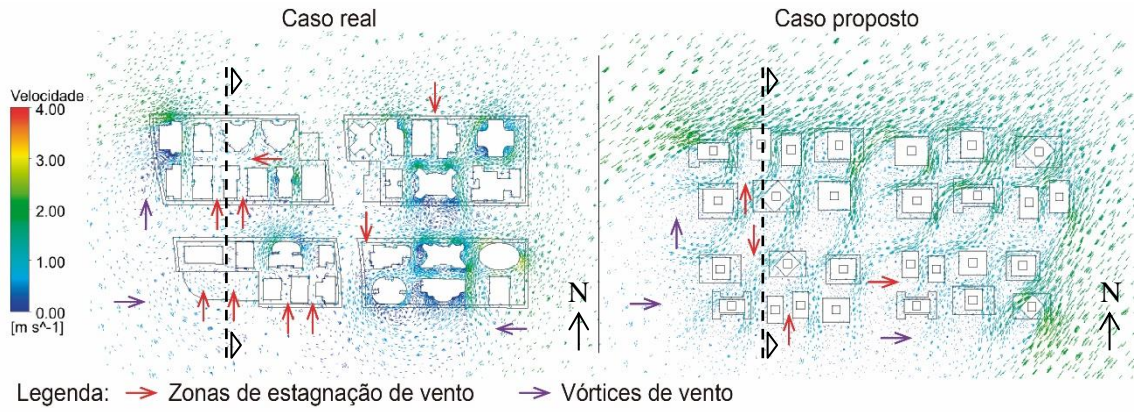
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O traçado urbano é um fator determinante no desempenho dos espaços construídos e, assim, a ventilação natural destaca-se dentre as variáveis climáticas que são impactadas pela morfologia urbana, tendo a sua velocidade e direção afetadas em função da ocupação e do adensamento das edificações, resultando em diversos efeitos aerodinâmicos (GANDEMER, GUUYOT, 1976). Dentre os principais efeitos observados nas simulações, os que mais se destacaram foram: 1) efeito de barreira; 2) efeito de esquina; 3) efeito de canalização e 4) efeito de Venturi.

O efeito de barreira é um fenômeno que ocorre quando o edifício funciona como uma barreira à passagem do vento, criando um desvio em espiral e uma zona de estagnação de vento. Ainda, as áreas de abertura entre as barreiras são zonas críticas de correnteza e pode ocasionar o desconforto dos pedestres e dos usuários das edificações (LEITE, 2008). De acordo com as simulações, nota-se que no caso real há uma grande ocorrência de áreas de estagnação de vento, com baixas velocidades e recirculação de ar, em todas as quadras, com predominância das quadras a sudoeste. Já no caso proposto, devido aos pavimentos permeáveis e o aumento dos recuos das torres, é possível notar que houve um decréscimo dessas áreas e, por mais que elas ainda ocorram, as suas características se configuram melhor do que no caso real, apresentando uma maior velocidade e circulação de ar. Além disso, percebe-se que a distribuição do ar é muito mais homogênea no caso proposto do que no caso real, tornando a região mais agradável por não haver oscilações bruscas na velocidade do vento. Quanto aos vórtices formados pela região adensada, nota-se que no caso real a região a sotavento apresenta uma

movimentação de fluxo de ar quase nula, enquanto que no caso proposto, por mais que ainda tenha vórtice, a velocidade da movimentação do ar é maior. Por conta disso, é possível afirmar que houve uma melhora significativa no efeito de barreira com a adoção das condicionantes citadas anteriormente (Figura 3).

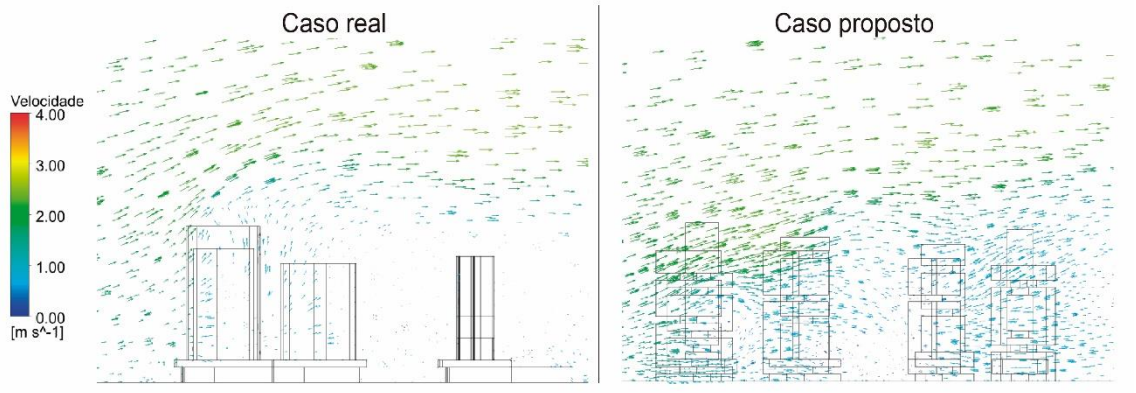
Figura 3 – Corte horizontal a 16m mostrando o efeito barreira



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Isso é reforçado pelos cortes verticais, onde verifica-se que no caso real, o efeito de barreira provocado pelo adensamento faz com que um reduzido fluxo de ar penetre entre os prédios. Já no caso proposto, como há pavimentos abertos com pilotis, é possível perceber o aumento da permeabilidade da corrente de ar em toda a sua extensão (figura 4).

Figura 4 – Corte vertical exemplificando a permeabilidade entre os edifícios



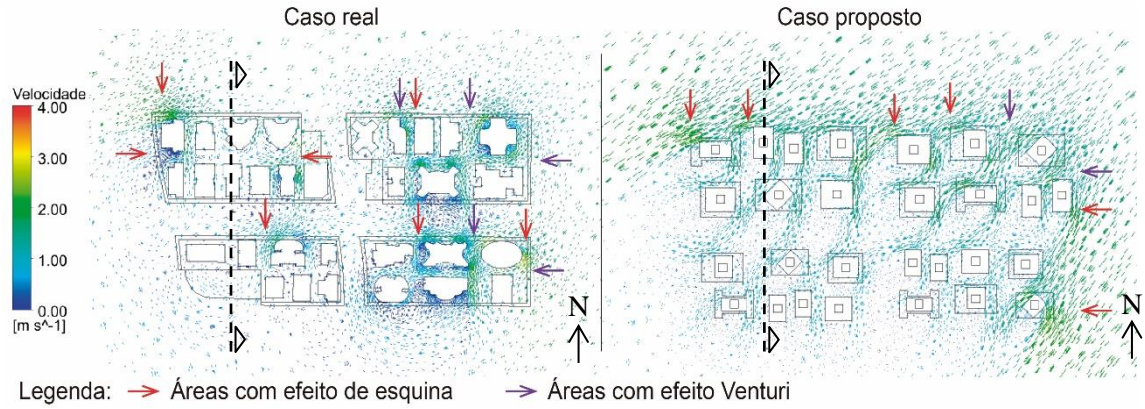
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

O efeito de esquina ocorre devido a aceleração da velocidade do vento nas quinas dos edifícios. Esse fenômeno deve ser evitado em áreas muito adensadas porque pode gerar um desconforto aos pedestres que transitam pela área (ROMERO, 2000). Esse efeito pode ser percebido tanto no caso real quanto no caso proposto, entretanto com diferenças consideráveis entre eles. No caso proposto é possível perceber que os efeitos de esquina apresentam uma baixa velocidade se comparadas com o caso real, uma vez que a nova configuração eliminou grandes áreas muradas, como o embasamento e também aumentou o espaçamento entre as torres. Com isso, criaram-se áreas com situações mais atrativas e confortáveis, principalmente, a nível do pedestre, uma vez que o fluxo de vento no recorte é mais homogêneo e constante (figura 5).

Já o efeito Venturi ocorre pelo afunilamento derivado da proximidade considerável

entre dois edifícios e que seus eixos resultam em uma angulação aguda ou reta na direção do vento. Assim, há uma aceleração da velocidade do vento derivada da aproximação entre as edificações (LEITE, 2008). O efeito Venturi no caso real se apresenta em algumas situações pontuais devido, principalmente, à aproximação entre as edificações. Nesse sentido, uma vez que procurou-se configurar um novo adensamento prevendo um maior afastamento entre as edificações, esse efeito no caso proposto teve uma redução significativa. Isso pode ser configurado como um ponto positivo, pois, esse efeito resulta em uma aceleração do fluxo de ar em algumas áreas que ocasionam desconforto, principalmente a nível de pedestre (figura 5).

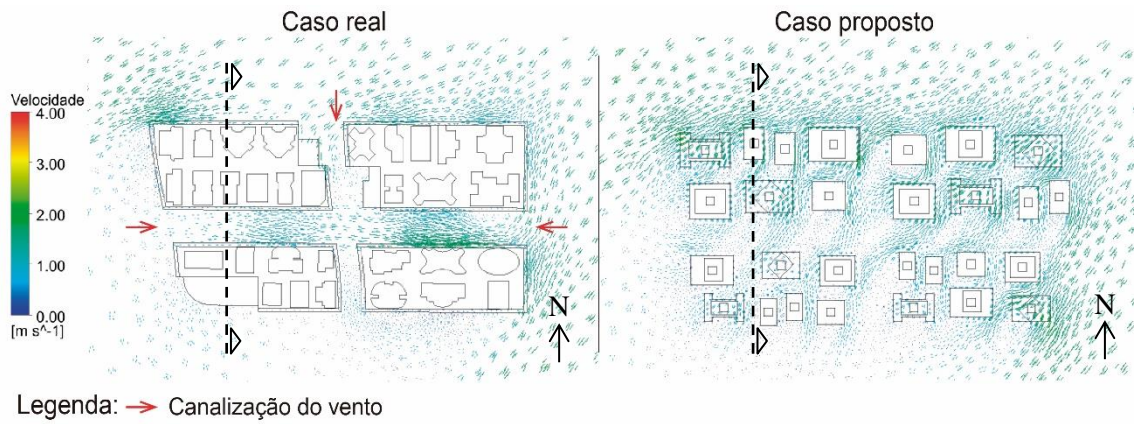
Figura 5 – Corte horizontal a 16m mostrando o efeito de esquina e de Venturi



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Por fim, o efeito de canalização se forma quando a ventilação flui por um canal formado entre as edificações, causando desconforto para os transeuntes, uma vez que a canalização concentra e aumenta a velocidade do vento na escada do pedestre (LEITE, 2008). O efeito de canalização no caso real se configura, principalmente, no sistema viário, onde é possível notar uma grande aceleração da velocidade do vento por conta da presença do embasamento contínuo que se configura como um grande paredão impermeável. Além disso, notam-se alguns efeitos de canalização entre os prédios que apresentam recuos muito pequenos e estão dispostos paralelos entre si. Dessa forma, como foi eliminado o embasamento contínuo no caso proposto, bem como procurou-se implantar as edificações em diferentes alinhamentos, nota-se que o efeito de canalização não ocorre no caso proposto (figura 6).

Figura 6 – Corte horizontal a 1,2m mostrando o efeito de canalização



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

4 CONCLUSÕES

O adensamento urbano é um fenômeno presente na maioria das cidades em desenvolvimento e, nota-se que, constantemente, os aspectos climáticos locais não são considerados na definição dos parâmetros urbanísticos. A partir das análises, foi possível notar que os aspectos urbanísticos referentes ao novo centro de Maringá, como o embasamento, os recuos das torres e o gabarito permitido das edificações contribuem para a redução da qualidade de escoamento do ar no meio urbano e para oscilações bruscas de velocidade do vento, formando áreas de velocidade muito baixa ou quase nula e, ao mesmo tempo, áreas com velocidades altas para o conforto dos usuários. Quando se adotam soluções projetuais como a eliminação do embasamento, bem como a configuração de pavimentos permeáveis, é possível notar um ganho satisfatório de permeabilidade de ar no meio urbano, configurando uma área muito mais homogênea e favorecendo a ventilação natural e o conforto dos pedestres.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE handbook: fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 2005.

ANDRADE, N. C. **Estudo da Ventilação Natural em Edificações Com Captadores de Vento Multidirecionais Por Meio de Ensaios em Túnel de Vento e Simulações Computacionais.** Campinas, 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Code of practice for ventilation principles and designing for natural ventilation: BS 5925**. London, 1991.

CIBSE 1997. **Natural ventilation in non-domestic buildings.** CIBSE Applications Manual AM10. Chartered Institution of Building Services Engineer, London, United Kingdom, 1997.

CHEN, Q. Ventilation Performance Prediction for Buildings: a method overview and recent applications**. Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 848-858, 2009.

CHEUNG, J. O. P; LIU, C. CFD simulations of natural ventilation behaviour in high-rise buildings in regular and staggered arrangements at various spacings. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 5, p. 1149-1158, 2011.

COSTA, F. J. de M. **Ventilação e Prescrições Urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. Natal, 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

CÓSTOLA, D. **Ventilação Por Ação do Vento no Edifício: procedimentos para quantificação.** São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FERREIRA, J. S. W. **Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano. Parâmetros de qualidade para a implementação de projetos habitacionais e urbanos**. São Paulo: LABHAB; FUPAM, 2012.

GANDEMER, J.; GUYOT, A. Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bati. C.S.T.B: **Science des batiments**, Nantes. 1976.

GIVONI, B. **Climate Consideratons in building and urban design**. Canada: Copyright by John Wiley & Sons. 1998.

HARRIES, A. **Notas de aula**. In: Workshop: CFX – FAU/USP. São Paulo, 2005.

KOPPEN, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Economia, 1948. 478p.

LEITE, R. V. **Fortaleza, Terra do Vento: a influência da mudança nos padrões de ocupação do solo sobre a ventilação natural em cidade de clima tropical úmido**. São Paulo, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LEITE, C. G. **Alterações da Ventilação Urbana Frente ao Processo de Verticalização de Avenidas Litorâneas: o caso da avenida litorânea de São Luís/MA**. São Paulo, 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LEITE, R. C. V.; FROTA, A. B. Adensamento urbano e condições ambientais internas: a influência da morfologia urbana sobre a radiação solar e o vento para o conforto no ambiente construído. In: XVI ENTAC, 2016, São Paulo. **Anais**...São Paulo: ANTAC, 2016.

LIMA, R. G.; BITTENCOURT, L. S. A influência de diferentes arranjos construtivos no comportamento da ventilação natural. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Maceió, v. 9, n. 1, p. 425-441, mar. 2017.

LUKIANTCHUKI, M. A. **Sheds Extratores e Captadores de Ar Para Indução da Ventilação Natural em Edificações**. São Carlos, 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

MARINGÁ, PR. **Lei Complementar Nº 935/2012 que altera a Lei Complementar Nº 888/2011, que dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo no Município de Maringá.** Disponível em: <http://sapl.cmm.pr.gov.br:8080/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/11639_texto_integral >. Acesso em: 20 de abril de 2019.

PRATA, A. R**. Impacto da Altura de Edifícios nas Condições de Ventilação Natural no Meio Urbano.** São Paulo, 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PRATA-SHIMOMURA, A. R. **Impacto da Altura de Edifícios nas Condições de Ventilação Natural do Meio Urbano**. São Paulo, 2005. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGICAMENTES EFICIENTES - **PROJETEEE**. Dados Climáticos. Disponível em: < http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=PR+-+Maring%C3%A1&id_cidade=bra_pr_maringa.ap.868990_try.1991>. Acesso em: 09 de março de 2019.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2. ed. São Paulo: Pro Editores, 2000.

SILVA, F. G. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil.** Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TAMANINI, C. A. M. **Avaliação de desempenho térmico de três sistemas construtivos de edificações escolares na cidade de Maringá – PR.** Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TORK, L. D.; TIBIRICÁ, A. C. G.; TIBIRICÁ, A. M. B. Análise de ventilação natural conforme planos diretores: resultados de pesquisa em Belém, PA. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 329-351, jan/mar. 2017.