ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

A ventilação natural em edifícios com elementos côncavos (h e c): uma revisão

Natural ventilation in buildings with concave elements (H and C): a review

Talita Andrioli Medinilha de Carvalho
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | talitamedinilha@gmail.com
Lucila Chebel Labaki
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | lucila@fec.unicamp.br

Resumo

Elementos côncavos em planta são comuns na arquitetura; devido a seu perímetro recortado, possibilitam mais aberturas para o exterior. Edifícios com forma de "C" e "H" são exemplos de projetos deste tipo, o segundo sendo o mais recorrente no Brasil e muito usado para a habitação social multifamiliar. Porém, em muitos casos tais edifícios não apresentam boa ventilação natural, estratégia altamente recomendada para melhorar o conforto térmico em climas quentes, bem como a qualidade do ar. Neste sentido, foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre a ventilação natural de edifícios com reentrâncias côncavas ("H" e "C") com objetivo de compreender o comportamento dos ventos ao redor destes edifícios e o impacto da sua forma na ventilação. Em sínteses, resultados indicam que o formato em "C" foi menos eficiente que um retângulo na remoção de poluentes. Visando um bom fluxo de ar foi sugerido construir prédios com elementos côncavos mais baixos; além disso as reentrâncias devem ser largas, rasas e a barlavento. Por fim, foi identificado que conjuntos numerosos de prédios em "H" apresentam maior resistência ao vento e prejudicam a ventilação dos edifícios a sotavento.

Palavras-chave: Ventilação natural, Qualidade do ar, Geometria côncava, Planta "H", Planta "C".

Abstract

Concave elements in floor plan are common in architecture; their larger perimeter, allows more openings to the outside. "C" and "H" shaped buildings are examples of design with concave elements, the second being the most recurrent in Brazil and widely used for multifamily social housing. However, many of them do not have good natural ventilation, which is a recommended strategy to improve thermal comfort and air quality in hot climates. In this regard, it was conducted a systematic review of the literature on natural ventilation of buildings with concave bay ("H" and "C") to understand the behavior of wind flow around these buildings and the impact of their shape on ventilation. In syntheses, results indicate that the "C" shape was less efficient than a rectangular in removing pollutants. It is recommended to design low-rise buildings with concave elements; also, the recesses should be wide, shallow, and windward.

Comentado [IA1]: Sugestão: use apenas "floor".

Comentado [IA2]: Sugetão: "Concave elements in floor-plan are common in architecture; ~~due to~~ their larger perimeter~~, they allow~~ **allows** more openings to the outside."

Comentado [IA3]: Sugestão: "... and "C") ~~in order to~~ **to** understand..."

Comentado [IA4]: Sugestão: "wind flow"

Comentado [IA5]: Retirar espaço.

Comentado [IA6]: Sugestão: "It is recommended to design low-rise buildings with concave elements; also, the recesses should be wide, shallow, and ~~at~~ windward."

Como citar:
CARVALHO, T. A. M., LABAKI, L. C. A ventilação natural em edifícios com elementos côncavos (h e c): uma revisão. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Finally, it was identified that dense neighborhoods composed of "H" shaped buildings have greater wind resistance, causing a decrease in the leeward ventilation in those buildings.

Keywords: Natural ventilation, Air quality, Concave geometry, "H" floor-plan, "C" floor-plan.

Comentado [IA7]: Sugestão: "Finally, it was identified that dense ~~neighborhood~~ **neighborhoods** composed ~~by~~ **of** "H" shaped buildings have greater wind resistance, causing a decrease in the leeward ventilation in those buildings."

INTRODUÇÃO

Elementos côncavos em planta são usados na arquitetura para compor projetos conferindo a vantagem de um maior perímetro, de maneira que é possível planejar mais divisões internas com aberturas para o exterior [1]. Dois formatos de edifícios com estes elementos e comuns na arquitetura são o "C" e o "H", sendo o segundo o mais recorrente no Brasil [2].

Construções em "H" representam uma parcela significativa dos residenciais multifamiliares [2], sendo esta a planta mais adotada em projetos de habitação de interesse social [3]. Considerando que programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, entregou 3.828.054 unidades habitacionais populares entre 2009 e 2020 [4], fica clara a magnitude destas construções no pais. Apesar disso, existem poucas pesquisas sobre a ventilação de edifícios em "H". Devido à similaridade entre as plantas em "H" e "C", ambas foram objeto de estudo desta pesquisa para trazer informações mais abrangentes sobre ventilação em edifícios com reentrâncias côncavas [2].

A planta em "H" vem se disseminando pelo Brasil desde os anos 50 sob os financiamentos do IAPC (Instituto de Aposentadorias e Pensões dos Comerciários) e BNH (Banco Nacional de Habitação) [5], porém se popularizou com o Programa Minha Casa Minha Vida [6]. Este incentivou a padronização dos projetos com a publicação de uma cartilha incluindo um modelo em "H" [7], replicado largamente pelo país [6]. Este continua sendo uma tendência persistente [3], embora a CAIXA não indique mais o projeto em "H" como exemplo.

O projeto do edifício em "H" é interessante para as construtoras, pois representa uma boa relação entre área útil e construída [8]. No entanto, este apresenta um desafio para o conforto térmico [3], pois devido à disposição do pavimento pelo menos 50% dos apartamentos não terão orientação solar [5] e posicionamento de aberturas ideais [9].

Na região de Campinas (SP) o principal critério usado para a implantação de edifícios em H de baixa altura, até 4 pavimentos [10], foi o aproveitamento do terreno [9], assim nem sempre adotaram a melhor orientação com relação a incidência solar e aproveitamento dos ventos, assim muitos os apartamentos apresentaram ventilação insuficiente [9].

Já edifícios altos neste formato apresentaram estagnação do movimento do ar na reentrância formada pelo "H" [11]; além de uma maior incidência de problemas respiratórios em moradores de prédios neste formato do que em outros [11][12]. Por outro lado, em edifícios altos com planta em "C", obteve-se bom desempenho na diluição de poluentes, dependendo do sentido dos ventos e da posição da fonte de poluentes [13][14][15][16]

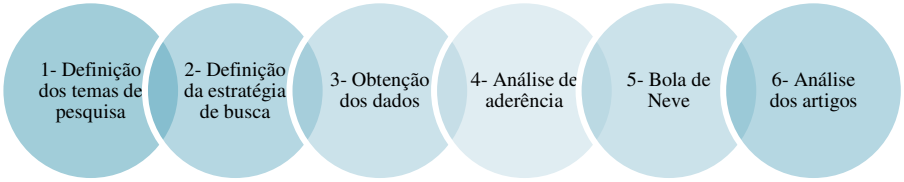
A ventilação natural é uma estratégia passiva recomendada para a maioria das regiões do pais [17], proporcionando conforto térmico [18][19] e benefícios para saúde [20].

A falta de ventilação natural nestes edifícios pode ter grande impacto na qualidade de vida/saúde de muitos brasileiros.
Em face destas evidencias, o escopo desta pesquisa foi realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a ventilação natural de edifícios com reentrâncias côncavas, abrangendo plantas no formato de "H" e "C", com o objetivo de compreender o comportamento dos ventos ao redor destes edifícios.

MÉTODO

A pesquisa se deu em 6 (seis) etapas: (1) definição das questões a serem investigadas, (2) escolha das bases e palavras chaves para a pesquisa, (3) busca efetiva nas bases de dados e sistematização dos dados, (4) análise de aderência dos artigos encontrados com relação aos temas da pesquisa, (5) inclusão de novos textos citados nos artigos aderentes (método bola de neve), e por fim, (6) a análise dos textos selecionados (Figura 1).

Figura 1 - Etapas da pesquisa de artigos para a revisão bibliográfica.



Fonte: Produção autoral (2023)

Comentado [IA8]: Corrigir formatação para concordar com o *template* do evento.

Como estratégia de pesquisa para a obtenção dos dados foi definido um *"String"* de busca pensando em palavras-chave que fossem abrangentes o suficiente para englobar todas as questões desta investigação, porem restritivas a fim de evitar encontrar artigos fora do escopo da revisão. Assim, a *"string"* de busca ficou: *"((ventilation OR wind) AND building AND (shape OR section))"*.

Comentado [IA9]: Manter em uma mesma linha, como continuidade do texto.

Então esta *"String"* de busca foi usada para a pesquisa nas bases de dados relevantes para a área: *Web of Science, Scopus, Science Direct*; restringindo-se aos campos: título, resumo e palavras-chave. Não foram aplicados filtros de data, pois como o número de artigos relevantes foi escasso, optou-se por uma busca abrangente.
Então foi realizada a análise de aderência ao tema, a partir de leitura dos títulos, resumos, ou até artigos na integra. Os critérios utilizados para esta triagem podem ser encontrados no Quadro 1.
Apesar de nesta revisão estarmos considerando os formatos "H" e "C" como objeto de estudo, foi incluído nas buscas o formato "U", pois foi identificado que esta nomenclatura também é utilizada para se referir a planta "C"; foi verificado também que, nos casos encontrados nesta revisão não houveram diferenças formais entre os modelos denominados "U" e "C".
Assim, foram eliminados artigos que não tratassem dos tópicos e área de interesse da revisão. Apesar da análise das cargas devido ao vento não ser objeto da pesquisa, alguns artigos foram considerados aderentes por apresentarem informações sobre a

pressão do vento. Análises das cargas estruturais, porém, não serão detalhadas nesta revisão.

Outro critério de exclusão foi o método de simulação da ventilação: não foram incluídos trabalhos que adotaram camada limite laminar, ou seja, sem elementos para criar turbulência atmosférica. Além disso, não foram selecionados artigos que abordaram condições de ventilações atípicas, como por exemplo tufões.

Quadro 1 - Critérios de análise da aderência dos artigos ao tema da pesquisa

Comentado [IA10]: Corrigir formatação para concordar com o *template* do evento.

	Inclusão	**Exclusão**
Tópico	Fluxo do vento Coeficiente de pressão Cargas devido ao vento Ventilação por ação dos ventos Qualidade do ar Edificação	Biologia Acústica Análise de componentes estruturais Condições de ventilação atípicas Hidráulica
Objeto de estudo	"H" e "C"	Não contém forma côncava Não analisa as faces da cavidade
Método	Modelagem da camada limite atmosférica	

Fonte: Produção autoral (2023)

Comentado [IA11]: Corrigir formatação para concordar com o *template* do evento.

Concluindo a análise de aderência, foi verificada a qualidade científica dos artigos (revisão bibliográfica, metodologia de pesquisa e rigor científico, e possibilidade de generalização dos resultados). A seguir foi aplicada a técnica da Bola de Neve, analisando na bibliografia dos artigos aderentes as citações recorrentes e que atendessem os critérios estabelecidos no Quadro 1.

ASPECTOS BIBLIOMÉTRICOS

Na sequência será apresentada uma análise dos aspectos bibliométricos encontrados no mapeamento da literatura. O primeiro ponto analisado foi o número de artigos resultantes de cada etapa da revisão, redução de 99% da busca inicial (2375) para o número de artigos considerados aderentes (apenas 18). Isso demonstra que o assunto apresenta poucos trabalhos relevantes, já apontando para uma área de estudo.

Logo, foi observado o país de origem dos artigos, é importante mencionar que alguns artigos envolvem pesquisadores de diversos países, assim a soma dos números citados a seguir é maior que o total de artigos considerados aderentes. A grande maioria das pesquisas foram realizada na China (onze), a seguir vem a Índia (três), Alemanha (dois), já a produção da Austrália, Grécia, Turquia, e Espanha apresentaram proporções iguais (um estudo cada). Justificando a prevalência de investigações sobre prédios altos, já que a China possui cidades com alta densidade demográfica, compondo meio urbano diferente do brasileiro.

Comentado [IA12]: Esta formatação está bem semelhante a indicação de citação e pode ser confundida.

O túnel de vento foi um método muito popular entre os autores pesquisadores como meio de obtenção dos dados, sendo adotado por 94% da amostra (17 artigos). Vale destacar que 50% dos autores (9) aplicam dois métodos para fins de validação (CFD e

túnel de vento); além disso, muitos usam dados de outras publicações como referência, para demonstrar a confiabilidade da simulação em CFD.
A quantidade dos trabalhos sobre edifício em “C” (9) praticamente se equipara com o número de estudos sobre o “H” (10). Além disso, os modelos são em sua maioria altos (11) sendo apenas 7 estudos sobre edifícios de baixa altura, porem muitos derivam da mesma pesquisa, assim foram estudados apenas 2 modelos baixos diferentes e 8 altos.
Os temas de estudo mais recorrentes encontrados foram estudo da distribuição da pressão (8), qualidade do ar (7) e seguido por análises das cargas devido ao vento (3). Apesar desta classificação por tema, alguns estudos apresentam resultados em mais de uma categoria e serão citados na síntese dos resultados.

SÍNTESE DOS RESULTADOS

A análise das principais contribuições dos artigos selecionados foi dividida em três categorias, de acordo com o tema abordado: estudo estrutural das cargas devido ao efeito dos ventos, análises da qualidade e fluxo de ar, e por fim, estudos da pressão nas faces dos modelos devido à ação do vento.

CARGAS DEVIDO AO VENTO

Estudos que analisaram este tema identificaram que a cavidade dos edifícios em “H” e “C” tem baixa influência nas cargas devido à ação dos ventos em edifícios altos [21][22], e foi considerada insignificante na maioria dos casos [22].
Um aspecto referente ao método, que pode ter interferido nestas conclusões, é que, na maioria das análises realizadas por estes autores, foi utilizada a média de todos os pontos medidos, o que poderia esconder alterações pontuais de pressão. Em abordagem mais detalhada, pesquisas identificaram uma exceção na situação com direção normal dos ventos (incidência perpendicular à cavidade), onde foi encontrada uma redução expressiva das cargas *“across-wind”* (até 70%) em edifícios altos com planta “H”, se comparado ao de planta retangular [21][23]. Esta carga *“across-wind”* se refere ao componente perpendicular da força exercida pelo vento (causada pela pressão nas faces laterais do edifício) [22][23].
Um ponto relevante a se destacar com relação a estes achados é que os três estudos mencionados adotaram edifícios altos, relação de altura/largura = 6, [21][23]; nestes casos, a região côncava poderia ser considerada rasa dado a altura do prédio. Neste caso forma-se uma área de ar estagnado quando a cavidade se encontra na região de sotavento [11], reduzindo o impacto da cavidade no fluxo de ar em volta do modelo, diminuindo seu efeito nas cargas devido ao vento.

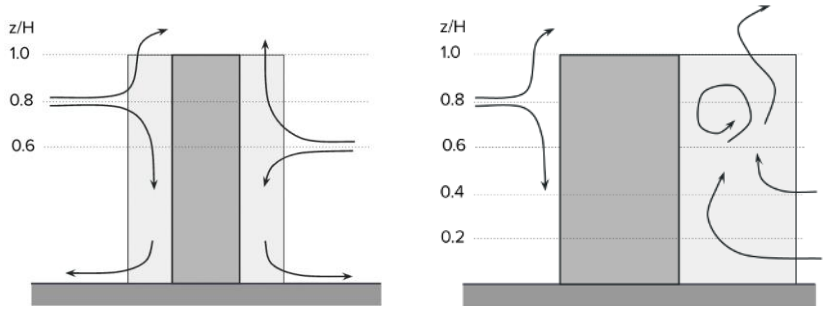
QUALIDADE E FLUXO DE AR

Pesquisadores [11] também buscaram compreender como as reentrâncias de um edifício “H” afetam a qualidade do ar, com base em simulação CFD. Para isso foi simulada uma fonte de poluentes do tipo escalar passiva. Então, notando poucas alterações no fluxo de ar devido à reentrância da planta de edifícios altos, apenas em um recorte mais aproximado da imagem foi possível notar a perturbação no fluxo de ar devido à geometria [11].

De forma geral, tanto edifícios em forma de "H" [11] quanto em forma de "C" [14][24] apresentam baixas velocidades do ar na região da cavidade. Considerando-se a incidência dos ventos a 0° (Figura 2-a), pouco ar adentrou a cavidade, tanto a barlavento quanto a sotavento [11]; além disso, quanto mais alto o edifício, menor o fluxo de ar e eficácia da remoção de poluentes (principalmente em recuos profundos); observou-se também que plantas com cavidades mais largas possuem melhor ventilação. Porém, quando a incidência dos ventos é paralela (90°), a cavidade fica na região de sotavento e a ventilação em seu interior é indireta. Assim, o tempo para a diluição dos poluentes foi mais elevado do que na situação com incidência normal dos ventos. Além disso, cavidades mais profundas apresentaram ventilação pior.

A Figura 2-b mostra que em edifícios altos na forma de "C" com incidência dos ventos a 0° (reentrância à sotavento), observa-se que o vento incide na cavidade pela porção inferior (40% da altura), escoando para fora do recuo apenas pela cobertura [14]. Este comportamento se difere do observado em um edifício "H" (Figura 2-a) [11], onde o ar adentra a cavidade a sotavento em 60% da sua altura e o fluxo é dividido escoando para cima e para baixo, então retoma a direção no sentido dos ventos.

Figura 2. Síntese esquemática do fluxo dos ventos em modelos "H" (a) e "C" (b), incidência dos ventos à 0°.



(a) (b)

Fonte: elaborada pelas autoras baseado em [11] (a) e [14] (b).

Outros pesquisadores estudaram a capacidade de dissolução de poluentes de edifícios em "C". Considerando uma fonte de poluentes posicionada no centro da cavidade (a sotavento), o principal meio de dispersão de gases foi devido ao vórtice formado em seu interior [13][15]; além disso, esta situação foi 24% mais eficaz na dissolução dos gases [25]. Já com a cavidade a barlavento (mesma posição da fonte), os autores relataram que a ventilação foi mais eficiente (porém ainda inferior ao retângulo). Estes dados são coerentes com as conclusões de sobre um edifício alto em "H" [11].

Por outro lado, com a fonte de poluentes sobre a cobertura a ventilação foi de 30 a 60% melhor no modelo em "C" que um edifício de planta retangular [13].

Então, no caso da emissão de gases na oposta ao recuo, os autores obtiveram resultados similares ao modelo retangular na maioria das incidências do vento; exceto quando a cavidade está a barlavento, neste caso o "C" foi aproximadamente 60% mais eficiente [13].

Comentado [IA13]: Acredito que a incidência normal (ou perpendicular) corresponde geralmente a 0°, sendo a direção paralela correspondente a 90°.

Comentado [IA14]: Sugestão: incide, penetra, adentra.

Comentado [IA15]: Corrigir formatação para concordar com o *template* do evento.

ESTUDO DA PRESSÃO

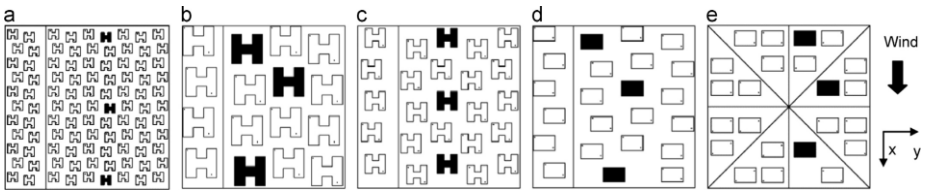
Em estudos sobre a pressão nas faces dos edifícios, uma métrica muito usada foi o coeficiente de pressão do vento (Cp), que é calculado através da divisão da pressão dinâmica no ponto de interesse pela pressão dinâmica do fluxo de ar (vento) não perturbado tomado a altura do edifício [11].

Assim, um estudo de caso de um edifício “H”, com a incidência dos ventos à 0°, mostrou um Cp positivo (0.9 ou maior) na cavidade a barlavento e junto ao ar estagnado (a 80% da altura) este valor cai, até se aproximar do solo quando recupera a pressão; então a sotavento o coeficiente de pressão é uniforme, em média - 0.4 [11]. Além disso, edifícios em forma de "C" com recessos profundos apresentaram valores de pressão do vento mais baixos nas superfícies a sotavento do que aqueles com uma cavidade rasa [26].

Comparando o coeficiente de pressão nas faces do modelo em “H” com uma planta quadrada são vistas diferenças significativas quanto à distribuição de pressão na região da cavidade (principalmente na face a sotavento), porém poucas mudanças na pressão nas faces laterais com relação ao prédio de referência [23].

Já outros pesquisadores [27][28][29][30][31] analisaram o impacto da forma na ventilação em um cenário urbano, considerando um conjunto de edifícios em H de baixa altura e formando vários layouts (Figura 3). Utilizando como métricas: o coeficiente de diferença de pressão (Cpd) e o coeficiente de descarga (Cd). O primeiro representa a diferença entre o Cp médio frontal e posterior do modelo; já o segundo representa a resistência que um obstáculo oferece ao vento.

Figura 3. Planta esquemática com o layout para os vários casos; os modelos preenchidos em preto foram medidos. São nomeados: (a) H1, (b) H2, (c) H3, (d) R1, (e) R2.



Fonte: [27], tradução livre.

Com relação ao Cpd nota-se que as isolinhas nas faces dos modelos em H são mais verticalizadas que no edifício de planta retangular, indicando uma menor constância na pressão do “H”; esta característica também é observada no Cp [23], porém de forma mais marcada. Isso poderia indicar que edifícios mais altos e com reentrâncias possuem maior variação entre a pressão nas laterais e o centro da face a barlavento, ou poderia ser um efeito amenizado pela diferença das pressões (Cpd); esta situação poderia ser mais investigada em trabalhos futuros.

Comentado [IA16]: “...edifícios mais altos e com reentrâncias...

Neste sentido, se considerarmos os edifícios mais desobstruídos [27][28][29][30][31] o “H” tem um Cpd mais baixo no centro, onde se localiza a cavidade. Isso significa que, se fossem posicionadas aberturas no centro das duas cavidade, ou seja, em faces opostas, o “H” teria um menor potencial de ventilação natural. Já nos modelos centrais

Comentado [IA17]: ???

e posteriores, a redução do Cpd é grande, e com valores na segunda casa decimal em ambos os casos, sugerindo baixo fluxo de ar [27][28][29][30][31].

Também foi comparado por estes autores os casos H3 (Figura 3-c, planta em "H") e o R1 (Figura 3-d, planta retangular), que possuem configurações semelhantes (área total de obstrução frontal, distribuição do layout, número de módulos). Neste sentido, o "H" apresenta um Cd total 34% maior que o retângulo, bem como uma atenuação da força de descarga ligeiramente maior (2% a mais). Edifícios altos com a mesma planta também criaram uma maior resistência ao fluxo de ar, resultando em uma redução no Cp médio de até 50% [32]. Assim, demonstrando que a cavidade aumenta a resistência imposta ao vento independente da sua altura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática investigou a ventilação natural em edifícios com reentrâncias côncavas, como o "H" e "C". Neste sentido, buscou-se compreender questões bibliométricas da amostra coletada. Por fim, foram sintetizadas as principais contribuições dos artigos que pudessem ajudar a compreender a ventilação natural nestes edifícios e a sua relação a forma concava.

Dentre os artigos selecionados, observou-se que o país com maior número de trabalhos foi a China. Com base nos textos aderentes, o túnel de vento foi o método mais adotado para obtenção dos dados, porém nos casos em que se aplicou o CFD, sempre foi utilizado o túnel de vento como referência para a sua validação.

A eficiência da ventilação de edifícios côncavos, sob a ótica da qualidade do ar, depende não apenas da forma, mas também da posição da emissão dos poluentes e da direção dos ventos, sendo em alguns casos bem ventilada. Porém, a cavidade pode criar áreas de ar estagnado resultando em: baixa ventilação, aumento de riscos de incêndio e prejuízo à saúde de seus moradores e da vizinhança. Com relação à forma, foi recomendado adotar edifícios mais baixos, com cavidades largas e pouco profundas; além disso, o "C" é uma forma indicada para boa diluição dos gases no caso de fontes localizadas na cobertura deste prédio (como chaminés).

Comentado [IA18]: ...forma, mas...

Comentado [IA19]: Ajustar espaços.

Comentado [IA20]: ...na cobertura...

Em suma, existem muitas diferenças entre a ventilação de edifícios retangulares e com reentrâncias côncavas, sendo necessário um olhar mais aproximado para se compreender seu comportamento. Para uma boa ventilação foi recomendado planejar prédios côncavos baixos, com reentrâncias largas e rasas tendo incidência direta dos ventos. Além disso, deve ser evitar conjuntos de prédios em "H" numerosos e com pouco distanciamento entre eles, visto que esta forma apresenta maior resistência ao vento.

Por fim, as informações sobre edifícios "H" baixos são escassas e poderiam ser estudadas em trabalhos futuros, considerando que no Brasil os novos residenciais são neste formato.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo fomento à pesquisa (bolsas de números 2021/10256-9, 2021-2022 e 2020/07733-7, 2020-2024).

REFERÊNCIAS

Comentado [IA21]: É preciso corrigir a formatação das referências. O destaque em negrito é obrigatório, varia entre os tipos de referência e esta ausente ou usado incorretamente aqui.

[1] SANKETH, P.; RAO, B. D. V. C. M. Effect of Symmetrical Floor Plan Shapes with Re-Entrant Corners on Seismic Behavior of RC Buildings. **i-manager's Journal on Structural Engineering**, v. 4, n. 2, p. 15–21, 2015a.

[2] TEIXEIRA, C. A. et al. **Levantamento das características de edifícios residenciais brasileiros- Labeee**. Florianopolis: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3e), 2015b.

[3] MONTES, M. A. T. **Abordagem Integrada No Ciclo De Vida De Habitação De Interesse Social Considerando Mudanças Climáticas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016c.

[4] SECRETARIA NACIONAL DA HABITAÇÃO. **Sistema de Gerenciamento da Habitação: Dados Abertos da SNH**. Disponível em: <http://sishab.mdr.gov.br/dados_abertos/sistema_habitacao>. Acesso em: 19 dez. 2022d.

[5] KOURY, ANA PAULA ; BONDUKI, NABIL ; MANOEL, S. K. **Análise Tipológica da Produção de Habitação Econômica no Brasil (1930-1964)**. 5º Seminário DOCOMOMO Brasil. **Anais**...São Carlos: DOCOMOMO Brasil, 2003e. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://docomomobrasil.com/wp-content/uploads/2016/01/115R.pdf>

[6] MORAIS, J. M. S. C.; LABAKI, L. C. **Ventilação natural em edificios multifamiliares do "Programa Minha Casa Minha Vida"**. Campinas: Unicamp, 2013f.

[7] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Cartilha Minha Casa Minha Vida - Moradia para as famílias Renda para os trabalhadores Desenvolvimento para o Brasil**. [s.l.] Caixa Econômica Federal, 2009g.

[8] ORTIZ, H.; BAVARESCO, M. **Metodologia para Elaboração do "Mapa de Tipologias e Sistemas Construtivos"**. Bonn, Alemanha: Secretaria Nacional de Habitação (SNH), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2019h. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/biblioteca_snh/P2_GIZ-EEDUS_Metodologia-Mapa-Tipologias_Relatorio-Final_V0.pdf>.

[9] MORAIS, J. M. DA S. C.; LABAKI, L. C. CFD como ferramenta para simular ventilação natural interna por ação dos ventos: estudos de caso em tipologias verticais do "Programa Minha Casa, Minha Vida". **Ambiente Construído**, v. 17, n. 1, p. 223–244, mar. 2017i.

[10] ASHRAE. **Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings**. USAASHRAE, , 2018j.

[11] CHENG, C. K. C. et al. Wind-induced natural ventilation of re-entrant bays in a high-rise building. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 99, n. 2–3, p. 79–90, 1 fev. 2011k.

[12] HONG KONG GOVERNMENT. **Outbreak at the Amoy Garden.: Report of the Select Committee to inquire into the handling of the Severe Acute Respiratory Syndrome outbreak by the Government and the Hospital Authority**. Hong Kong: Legislative Council of Hong Kong, 2004l. Disponível em: <https://www.legco.gov.hk/yr03-04/english/sc/sc_sars/reports/sars_rpt.htm>.

[13] GÖTTING, J. et al. Dispersion of a passive pollutant in the vicinity of a U-shaped building. **International Journal of Environment and Pollution**, v. 8, n. 3–6, p. 718–726, 1997m.
[14] WANG, D. et al. A combination method to generate fluctuating boundary conditions for large eddy simulation. **Wind and Structures**, v. 20, n. 4, p. 579–607, 25 abr. 2015n.
[15] KLEIN, P. et al. **Concentration estimation around point sources located in the vicinity of U-shape buildings**. (P. Baldasano, JM; Brebbia, CA; Power, H; Zannetti, Ed.)International Conference on Air Pollution II. **Anais**...BARCELONA, SPAIN: IT Transactions on Ecology and the Environment, 1994o.
[16] WANG, D. Y. et al. Numerical Prediction of Wind Flow Around Irregular Models. **Journal of Fluids Engineering**, v. 134, n. 7, 1 jul. 2012p.
[17] ABNT. **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações -Parte 1 : Definições , símbolos e unidades.** Rio de Janeiro, BrasilABNT, , 2003q.
[18] RIVERO, R. **Arquitetura e clima**. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 1986r.
[19] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014s.
[20] RUDNICK, S. N.; MILTON, D. K. Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration. **Indoor Air**, v. 13, n. 3, p. 237–245, 2003t.
[21] WONG, S. Y. Y.; LAM, K. M. M. **Effect of recessed cavities on wind-induced loading and dynamic responses of a tall building**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. **Anais**...Elsevier, mar. 2013u. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167610513000044>. Acesso em: 13 out. 2023
[22] LI, Y.-G. Y. Y. et al. Wind loads characteristics of irregular shaped high-rise buildings. **Advances in Structural Engineering**, v. 26, n. 1, p. 3–16, 12 jan. 2022v.
[23] CHENG, L.; LAM, K. M.; WONG, S. Y. POD analysis of crosswind forces on a tall building with square and H-shaped cross sections. **Wind and Structures**, v. 21, n. 1, p. 63–84, 25 jul. 2015w.
[24] MANDAL, S.; DALUI, S. K.; BHATTACHARJYA, S. Influence of Side Ratio on Wind Induced Responses of U Plan Shape Tall Building. In: **Lecture Notes in Civil Engineering**. [s.l: s.n.]. v. 274p. 345–355.
[25] PADILLA-MARCOS, M. Á.; FEIJÓ-MUÑOZ, J.; MEISS, A. Wind velocity effects on the quality and efficiency of ventilation in the modelling of outdoor spaces. Case studies. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 37, n. 1, p. 33–50, 28 jan. 2016y.
[26] GUNAYDIN, T. I. Numerical Study of Wind induced Pressures on Irregular Plan Shapes. **ICONARP INTERNATIONAL JOURNAL OF ARCHITECTURE AND PLANNING**, v. 9, n. 2, p. 646–679, dez. 2021z.
[27] LI, B.; LIU, J.; GAO, J. Surface wind pressure tests on buildings with various non-uniformity morphological parameters. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 137, p. 14–24, 1 fev. 2015aa.
[28] LI, B. et al. Wind tunnel pressure measurement of drag force effects of non-uniform buildings. **Tianjin Daxue Xuebao (Ziran Kexue yu Gongcheng Jishu Ban)/Journal of Tianjin University Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 180–188, 2014ab.
[29] LI, B. et al. Wind tunnel study on influences of morphological parameters on drag coefficient of horizontal non-uniform buildings. **Building and Environment**, v. 207, p. 108412, 1 jan. 2022ac.
[30] LI, B.; LIU, J.; LI, M. Wind tunnel study on the morphological parameterization of building non-uniformity. **Journal of Wind Engineering and Industrial**

Aerodynamics, v. 121, p. 60–69, out. 2013ad.
[31] LI, B. et al. Drag distributions of non-uniform buildings from surface pressure measurements in wind tunnel. **Building and Environment**, v. 143, n. March, p. 618–631, 1 out. 2018ae.
[32] NAGAR, S. K.; RAJ, R.; DEV, N. Experimental study of wind-induced pressures on tall buildings of different shapes. **Wind and Structures, An International Journal**, v. 31, n. 5, p. 441–453, 2020af.