



## **Análise Local das Interferências de Vizinhanças nas Distribuições de Pressões nas Fachadas Devido ao Vento**

<sup>1</sup>Douglas Maia Martins      <sup>2</sup>Thiarly Feitosa Afonso Lavôr      <sup>3</sup>José Luís Vital de Brito

<sup>1</sup> Universidade de Brasília – PECC – SG-12, 70910-900, Brasília-DF- e-mail: [engenheirodouglas25@gmail.com](mailto:engenheirodouglas25@gmail.com) , [thiarlycz@hotmail.com](mailto:thiarlycz@hotmail.com) , [jlbrito@unb.br](mailto:jlbrito@unb.br)

### **Resumo**

O fenômeno da interferência de vizinhança pode ser descrito como a mudança aerodinâmica devido à presença de algum obstáculo nas proximidades que influencie de forma favorável ou desfavorável as pressões geradas nas fachadas de um edifício. A determinação dos esforços devido ao vento é de grande complexidade, pois não apresentam padronizações precisas, tendo seu escoamento classificado como turbulento ou não turbulento, em que cada tipo de escoamento pode estar sujeito a efeitos de vizinhança distintos, necessitando, portanto, de uma avaliação para cada tipo de vizinhança, afim de se obter os coeficientes de pressões para cada fachada. O escoamento do vento gera na estrutura esforços horizontais nas fachadas, os quais podem ser classificados como sobrepessões ou sucções, e podem interferir diretamente no dimensionamento estrutural do edifício, sendo, portanto, de grande interesse para engenharia dos ventos uma análise mais precisa dos efeitos nas fachadas. A NBR 6123:1988 descreve os coeficientes de pressões de cada fachada de modo global, mas pôde-se observar a partir deste estudo uma distribuição de pressões distintas para cada área da fachada de acordo com a vizinhança apresentada, tendo, portanto, efeitos diferentes em cada região. O estudo realizado analisou localmente de forma experimental os coeficientes de pressões para os 280 pontos de tomada das fachadas do edifício afim de se determinar a interferência das vizinhanças apresentadas e obter uma comparação normativa com a experimental, a qual observou-se valores divergentes dos apresentados com o modelo experimental isolado e com os valores normativos para algumas configurações de vizinhança. Apresentando em algumas situações comportamentos distintos, pontos que pela norma estão sujeitos a sobrepessão e quando verificados os resultados experimentais com uma vizinhança o mesmo ponto passa a estar sujeito a esforços de sucção.

### **Palavras-chave**

Efeitos de vizinhança; Vento; Túnel de vento; Ações do vento

### **Introdução**

O estudo da influência do vento teve início a partir de 1930 quando pesquisadores observaram a interferência de edificações vizinhas no edifício a ser analisado apresentando a necessidade de uma avaliação mais minuciosa. Esse tipo de pesquisa se mostrou muito complexa devido aos vários parâmetros que deviam e devem ser considerados para uma análise precisa como, por exemplo: tipo do terreno, densidade urbana, aumento de ventos extremos, falta de dados técnicos sobre a velocidade do vento, variação dos ângulos sobre os quais o vento é predominante, tipo de escoamento (se turbulento ou não). A NBR 6123:1988 apresenta em tabelas as características e os parâmetros para a determinação do coeficiente dinâmico que possibilita efetuar os cálculos das velocidades características do vento.

Após uma sucessão de estudos realizados, notou-se uma grande interferência nas distribuições de pressões nas fachadas devido à vizinhança, o que tornava algumas análises iniciais subdimensionadas. Bailey e Kwok (1985) realizaram um estudo em que a esteira de turbulência de um edifício que está sujeito inicialmente a esforços de sucção, pode passar a ter esforços de sobrepessão com a inserção



de outro edifício a sotavento induzindo um efeito de ressonância mesmo com pequenas velocidades de escoamento do vento. Esse estudo apresentou relevância demonstrando que não são apenas altas velocidades de vento que podem gerar desconforto ou danos. Portanto, para uma estrutura ter um bom desempenho estrutural, quanto à resistência aos esforços devido ao vento é necessária uma análise da característica de vizinhança, geometria do edifício, frequência natural e outros fatores que devem ser levados em consideração.

Em 1973, foi inaugurado o Túnel de Vento construído pelo professor Joaquim Blessmann, localizado no Rio Grande do Sul, o primeiro túnel de vento do Brasil que se tornou referência na América Latina e possibilitou uma série de estudos relacionados à influência do vento em estruturas ao favorecer a análise apurada dos esforços gerados a partir do vento. A partir de estudos realizados no Túnel de Vento, foi possível a elaboração da NBR 6123:1988, na qual constam os coeficientes aerodinâmicos para as pressões geradas nos edifícios. Posteriormente o túnel de vento passou a ser chamado de túnel de vento professor Joaquim Blessmann.

Com o avanço da urbanização, da tecnologia e a otimização da área horizontal urbana para maior área construída, está cada vez mais frequente a construção de grandes edifícios em centros urbanos cujos métodos construtivos consistem em atingir a maior altura possível com o menor custo e menor peso o que resulta em uma estrutura esbelta, a qual tem os esforços horizontais gerados pelo vento impactando em seu dimensionamento de forma significativa, necessitando de uma abordagem mais abrangente. Embora a NBR6123:1988 seja utilizada para a determinação dos esforços horizontais ocasionados pelo vento, ela não é suficiente para abordar as diferentes variações de esforços e efeitos que podem ser gerados pelo vento em decorrência da diversificação de vizinhança ao redor de um edifício.

Estudos recentes em túneis de vento, como o de Hui et al. (2013), foram realizados em edifícios vizinhos com variação de posicionamento, a fim de avaliar os resultados de pressões obtidas no modelo analisado, e o estudo de Kim et al.(2015) mostrou a variabilidade dos esforços do vento de acordo com a vizinhança. Por meio destes e de outros estudos apresentados anteriormente, ficou evidente a interferência da vizinhança nos esforços produzidos em edifícios altos.

A realização de ensaios em túnel de vento para cada novo empreendimento é algo inviável pela mudança constante de vizinhança, alto custo de ensaios, necessidade de tempo e de profissionais capacitados. Assim, a partir dessa grande complexidade de análise da interferência da vizinhança que este trabalho estudará a variação dos coeficientes de pressões locais de cada fachada de um edifício alto (Edifício padrão CAARC) para determinadas configurações de vizinhança.

### **Desenvolvimento do estudo**

Com o intuito de obter comparações entre os estudos realizados em túneis de vento por diversos centros de pesquisa e assim aumentar a confiabilidade dos estudos, o Commonwealth Advisory Aeronautical Research Council (CAARC) desenvolveu em 1969 um modelo que a partir de então seria utilizado no desenvolvimento de estudos em túnel de vento (MELBOURNE 1980 p.73). Este modelo foi então denominado CAARC Standard Tall Building, e a partir de sua utilização nos estudos foi possível fazer comparações entre diversos estudos pelo mundo.

A escala utilizada no modelo reduzido para ensaios no túnel de vento Joaquim Blessmann descrito na figura 1 é de 1:406,4, portanto as medidas reais do modelo utilizado são: seção transversal  $a=112,5\text{mm}$  por  $b=75\text{mm}$  e altura  $h=450\text{mm}$ . Representando o edifício de dimensões geométricas de  $a=45,72\text{m}$  (150ft) por  $b=30,48$  (100ft) e altura  $h= 182,88\text{m}$  (600ft).

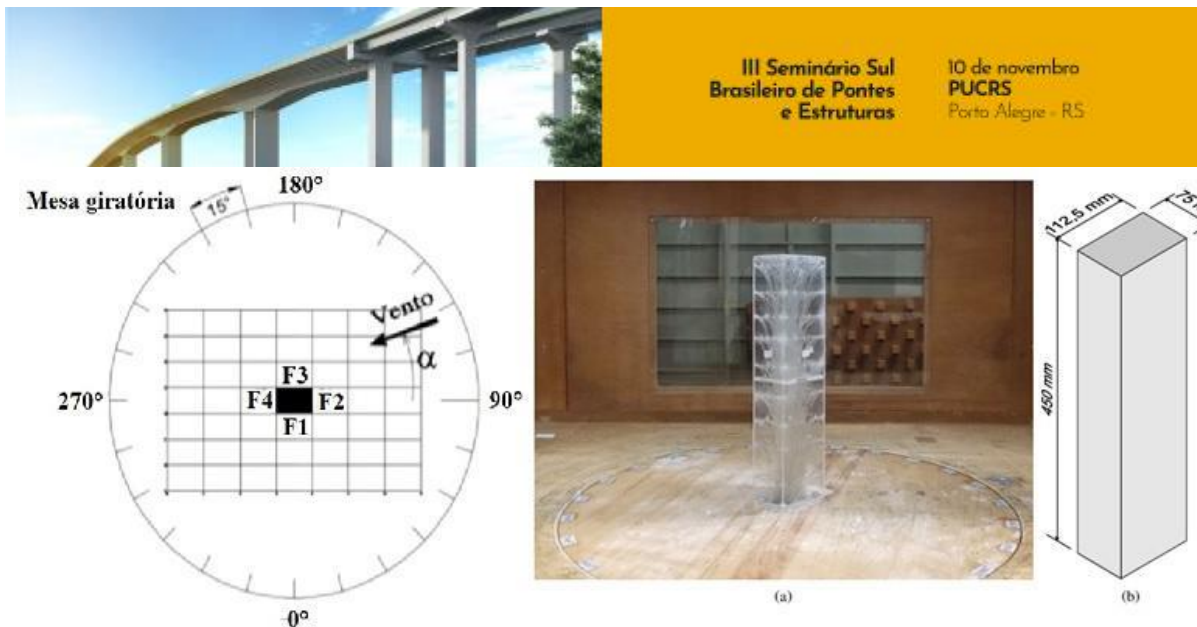


Figura 1- a) Modelo Real CAARC (com sensores) b) Dimensões reais do modelo. Lavôr(2023)

Thepmongkorn et. al.(2002), demonstraram que edifícios altos possuem concepções semelhantes ao do CAARC em sua geometria, frequência natural, peso específico, dentre outras características, tornando os ensaios experimentais válidos para diversas estruturas reais apesar de não possuírem as mesmas dimensões do CAARC.

A figura 2 apresenta a distribuição de tomadas de pressões do modelo padrão CAARC, o qual é instrumentado com 280 pontos de tomadas de pressões que são aferidas nos ensaios por sensores, cada fachada possui 70 tomadas de pressões, das quais são subdivididas em zonas de 1 a 10 (distribuídas da base ao topo do edifício), e, portanto, 7 pontos por zona distribuídos na horizontal conforme a imagem abaixo.

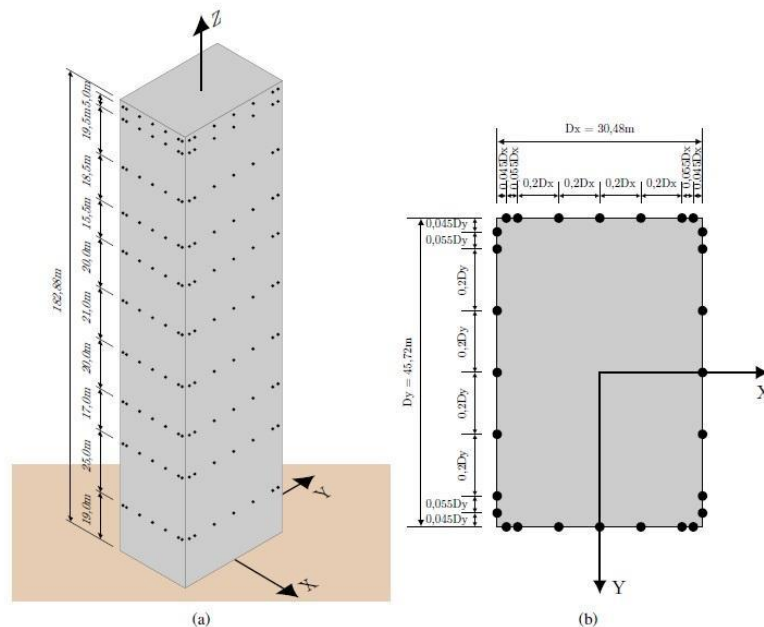


Figura 2- Distribuições de tomadas de pressões a) ao longo da altura b) Em nível. Lavôr(2023)

São instalados no túnel de vento equipamentos experimentais (transdutores eletrônicos de pressão), que registram e medem as pressões dos ventos nas 280 tomadas de pressões do CAARC, em que é medido uma série temporal de pressões, com taxa de aquisição de 512Hz, que corresponde a 8192 leituras de pressões, durante um intervalo aproximado de 16 segundos. No ensaio feito por Lavôr(2023) foi utilizado o método de integração de pressões de alta frequências HFPI(*High Frequency Pressure Integration*) para se estimar com precisão as respostas estáticas e dinâmicas em



estruturas com cargas aerodinâmicas. A partir dos dados coletados é possível analisar o conforto e bem-estar de usuários, assim como os carregamentos estáticos gerados para fins de dimensionamento estrutural.

Cada tomada de pressão representa uma área de influência, na qual se adota a mesma pressão obtida na tomada. Esta área é determinada a partir dos segmentos médios entre a tomada de pressão considerada e as tomadas de pressão a ela adjacentes conforme a figura 3. Em casos da tomada ser adjacente à borda, considerasse  $d_1$  como a largura da tomada e da borda da fachada.

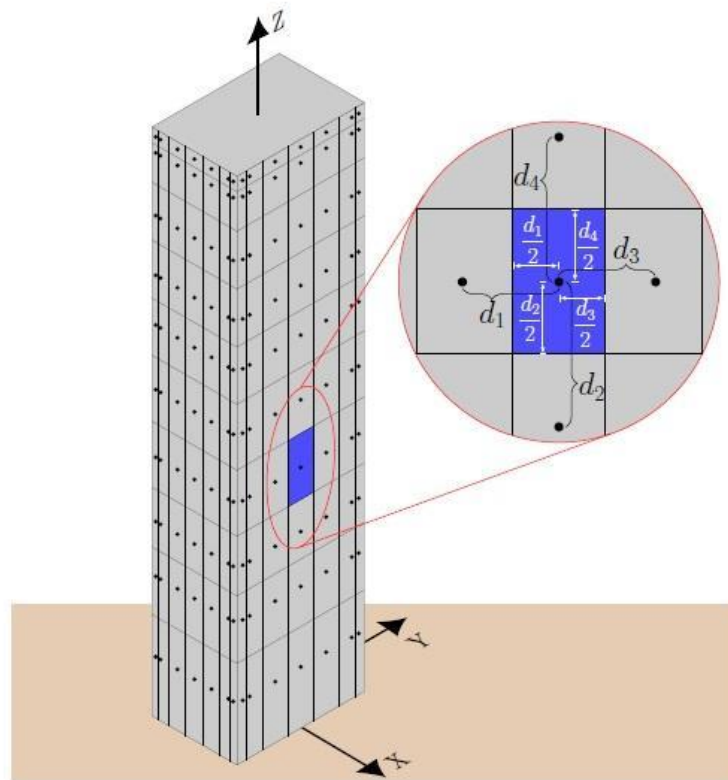


Figura 3-Área de influência da tomada de pressão. Lavôr(2023)

A partir dos dados obtidos pode-se fazer uma análise média (estática), em que se obtém para cada tomada a pressão efetiva média  $(\Delta p_{ei})_{med}$ , e seu coeficiente de pressão médio  $(C_{p,i})_{med}$ , definidos respectivamente como:

$$(\Delta p_{ei})_{med} = \frac{(\Delta p_{ei})}{n_{leitur\ a}} \quad \text{Eq. 1.1}$$

$$(C_{p,i})_{med} = \frac{(\Delta p_{ei})_{med}}{q} \quad \text{Eq. 1.2}$$

Para a elaboração deste artigo foram utilizados os dados coletados do ensaio em túnel de vento prof. Joaquim Blessmann do doutor Lavôr(2023), que foram realizados com incidência do vento a  $0^\circ$  (vento incidente na maior fachada F1) e a  $90^\circ$  (vento incidente na menor fachada F2), rugosidade do terreno de 0,11 ( $p=0,11$ ) de acordo com a NBR 6123:1988. As configurações do ensaio ocorreram com variações de vizinhança, em que o modelo CAARC esteve inicialmente de forma isolada à  $0^\circ$  e  $90^\circ$  e posteriormente foram simuladas situações com um ou dois modelos de vizinhança a barlavento do CAARC.

Os ensaios realizados geraram dados de pressões instantâneas ao longo de aproximadamente 16 segundos equivalente a 1 hora de vento na estrutura real, estes dados foram processados por uma





rotina de cálculo de programa numérico para organização e obtenção do coeficiente de pressão média, da pressão média, do desvio padrão e de outros parâmetros necessários em cada uma das 280 tomadas. A figura 4 apresenta as posições dos vizinhos e do CAARC que foram utilizados no ensaio experimental para simular três situações possíveis com variações de posições ou vizinhos em cada uma das situações.

A primeira situação foi realizada com o CAARC na posição  $0^\circ$  (vento incidente na fachada F1) e com a variação de angulação para  $90^\circ$  (vento incidente na fachada F2) da mesa giratória, ambos com o modelo isolado, sem vizinho totalizando duas combinações.

A segunda situação expôs os ensaios do CAARC variando a angulação de  $0^\circ$  ou  $90^\circ$  em relação a incidência do vento, com a implementação de um vizinho para cada ensaio, e estes vizinhos em duas configurações possíveis, vizinho a  $0^\circ$  (vento incidente na maior fachada do vizinho) ou  $90^\circ$  (vento incidente na menor fachada do vizinho), sendo os vizinhos A1/A2/B1/C1/C2/C3/C6/C7/C8, totalizando portanto 36 combinações do CAARC com os vizinhos.

A terceira situação expôs novamente os ensaios do CAARC variando a angulação de  $0^\circ$  ou  $90^\circ$  em relação a incidência do vento, com a implementação agora de dois vizinhos, em que o vizinho D2 será fixo para todas as situações, e os dois vizinhos estando em uma angulação de  $0^\circ$  ou  $90^\circ$ , sendo os vizinhos, D2\_A1; D2\_A2; D2\_B1; D2\_C1; D2\_C2; D2\_C3; D2\_C6; D2\_C7; D2\_C8, totalizando novamente 36 combinações possíveis do CAARC com vizinhos.

A figura 4 expõe as posições e distâncias dos vizinhos em relação ao CAARC, em que  $b$  equivale a 30,48 metros, portanto o vizinho mais próximo do CAARC está a 60,96m de distância de eixo a eixo dos edifícios.

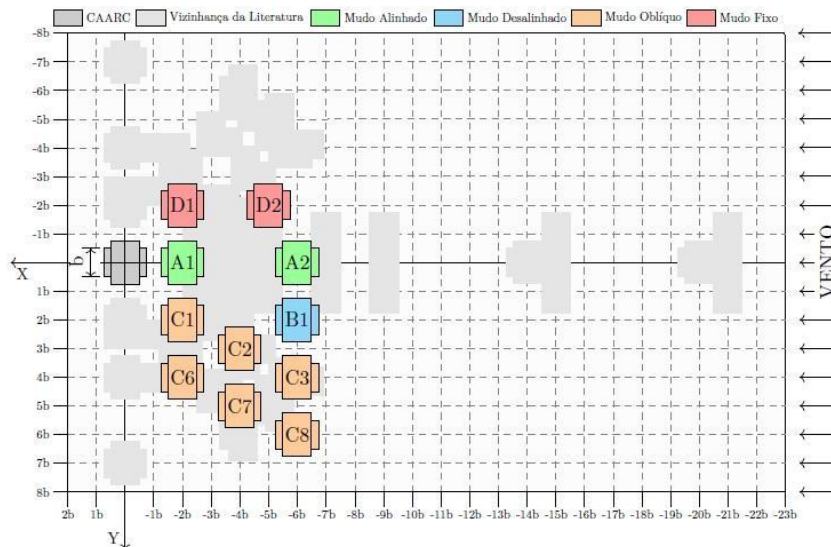


Figura 4 - Configurações de vizinhanças utilizadas em ensaio. Lavôr (2023)

Os dados obtidos a partir dos ensaios foram processados por uma rotina de cálculo de programa numérico para obter os coeficientes de pressões médios para cada tomada das fachadas nas combinações de vizinhança possíveis, em que para a apresentação dos resultados obtidos foram selecionadas duas configurações de vizinhança, CAARC à  $0^\circ$  com os vizinhos D2 e B1 à  $90^\circ$  (C0\_V90\_D2B1) e uma segunda comparação do CAARC à  $90^\circ$  com os vizinhos D2 E A2 à  $90^\circ$  (C90\_V90\_D2A2) para comparação normativa da NBR6123:1988 e com o ensaio do modelo isolado a  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Para a exposição dos coeficientes de pressões médios dos ensaios, foram utilizados dois tipos de gráficos, sendo um com gradiente dos coeficientes de pressões das fachadas e outro gráfico de barras para cada uma das tomadas de pressões. Com o gráfico de gradiente é possível observar a variação dos coeficientes de pressões ao longo das fachadas e, portanto, obter uma análise mais precisa do comportamento do escoamento do vento, em que se pode observar quais pontos ou faixas da fachada passam a ser mais solicitadas após a inclusão de vizinhança. O gráfico de gradiente possui



duas cores básicas de representação, sendo o vermelho correspondente a sobrepressões (pressões positivas), em que quanto maior o valor do coeficiente mais intenso é a tonalidade vermelha, e possui também o azul que corresponde a sucções (pressões negativas), em que quanto menor o valor do coeficiente mais intenso é a tonalidade do azul, e para valores próximos de zero a tonalidade fica próximo do branco. Portanto cada fachada está representada por 70 pontos de tomadas com distribuição de cores em gradiente para melhor análise.

O gráfico de barras tem o aspecto comparativo para identificar pontos de tomada, zonas ou faixas verticais que sofrem alterações ou que possuem valores acima do normativo. Cada barra vertical representa uma tomada de pressão e cada conjunto de 7 barras representa uma zona que varia de 1 (base do edifício) à 10 (topo do edifício). A barra horizontal representa o valor normativo máximo para cada fachada analisada, em que a fachada a barlavento  $C_p=0,80$  (sobrepressão), fachadas laterais  $C_p= -1,0$  (sucção) e fachada a sotavento  $C_p= -0,60$  (sucção).

Os dois modelos de gráficos foram apresentados em duas colunas, em que a primeira coluna representa os valores para o CAARC isolado com o vento a  $0^\circ$  (vento incidindo na maior fachada F1) e o vento a  $90^\circ$  (vento incidindo na menor fachada F2), na segunda coluna foi incluído dois vizinhos D2 E B1 à  $90^\circ$  com o CAARC a  $0^\circ$  e na segunda combinação os vizinhos D2 E A2 à  $90^\circ$  com o CAARC a  $90^\circ$ .

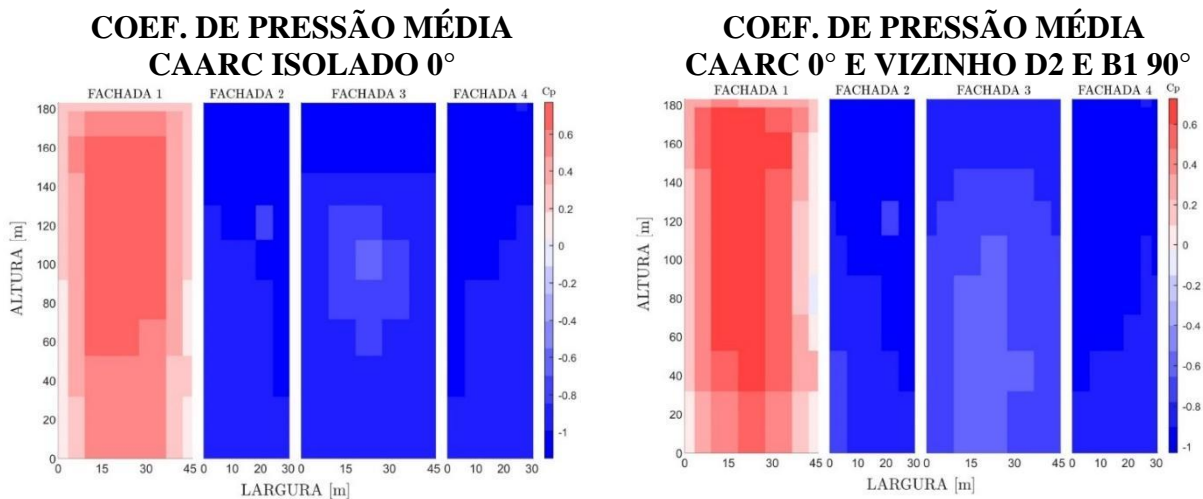


Figura 5 - Gráfico de gradiente dos coeficientes de pressões das fachadas por tomada CAARC  $0^\circ$ .

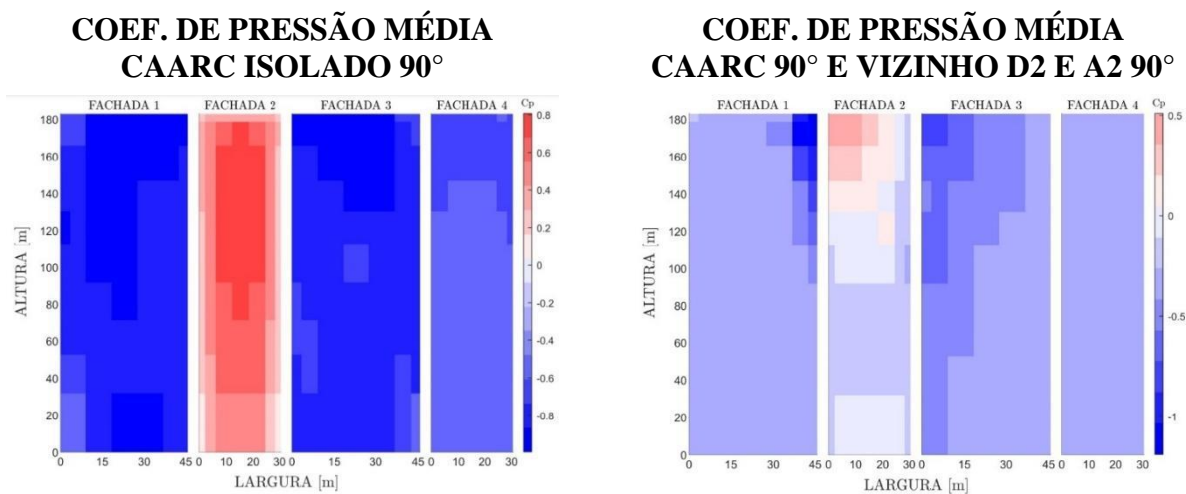


Figura 6 - Gráfico de gradiente dos coeficientes de pressões das fachadas por tomada CAARC  $90^\circ$ .

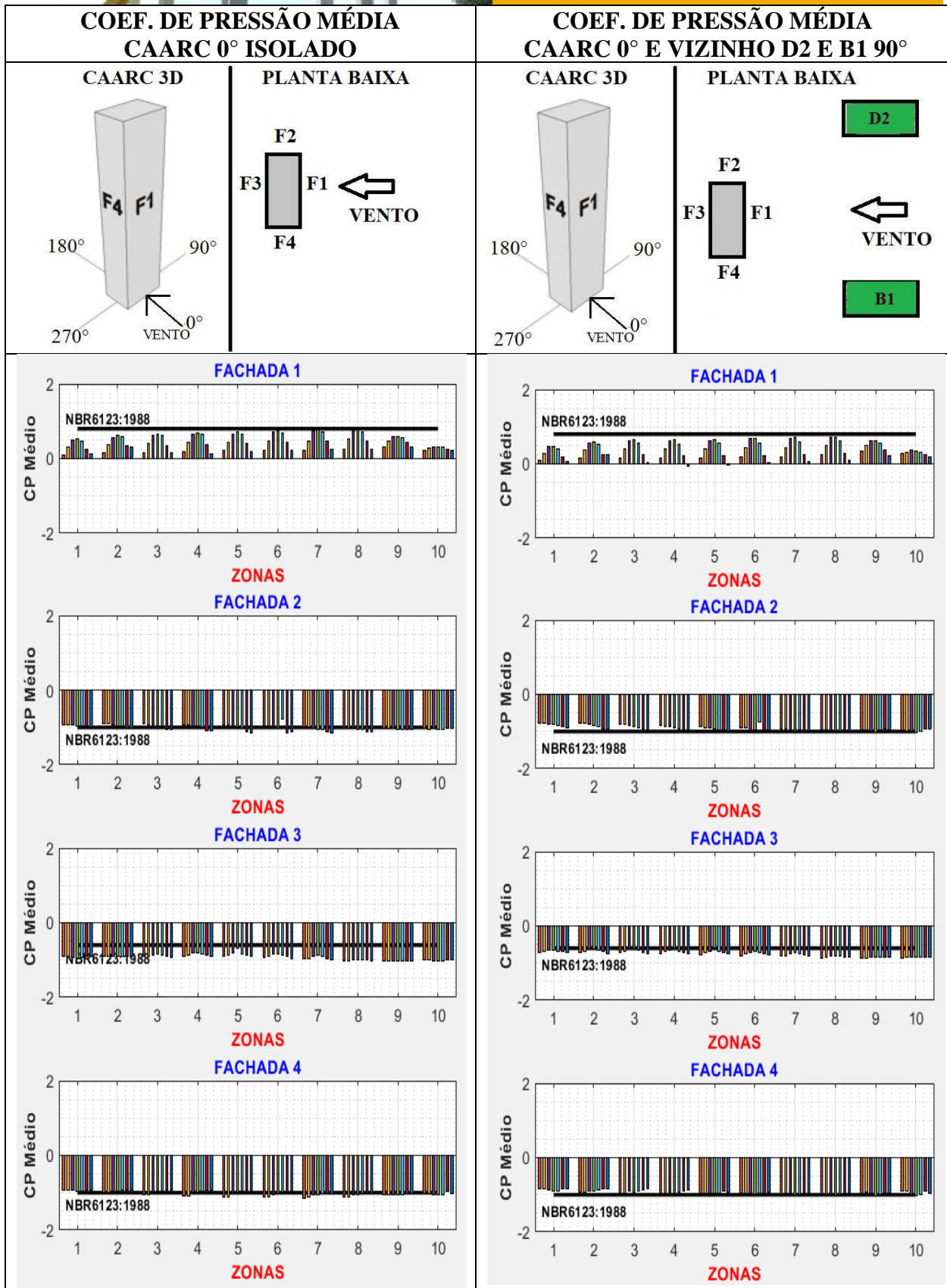


Figura 7 – Gráfico de barras dos coeficientes de pressões média por tomada CAARC 0°

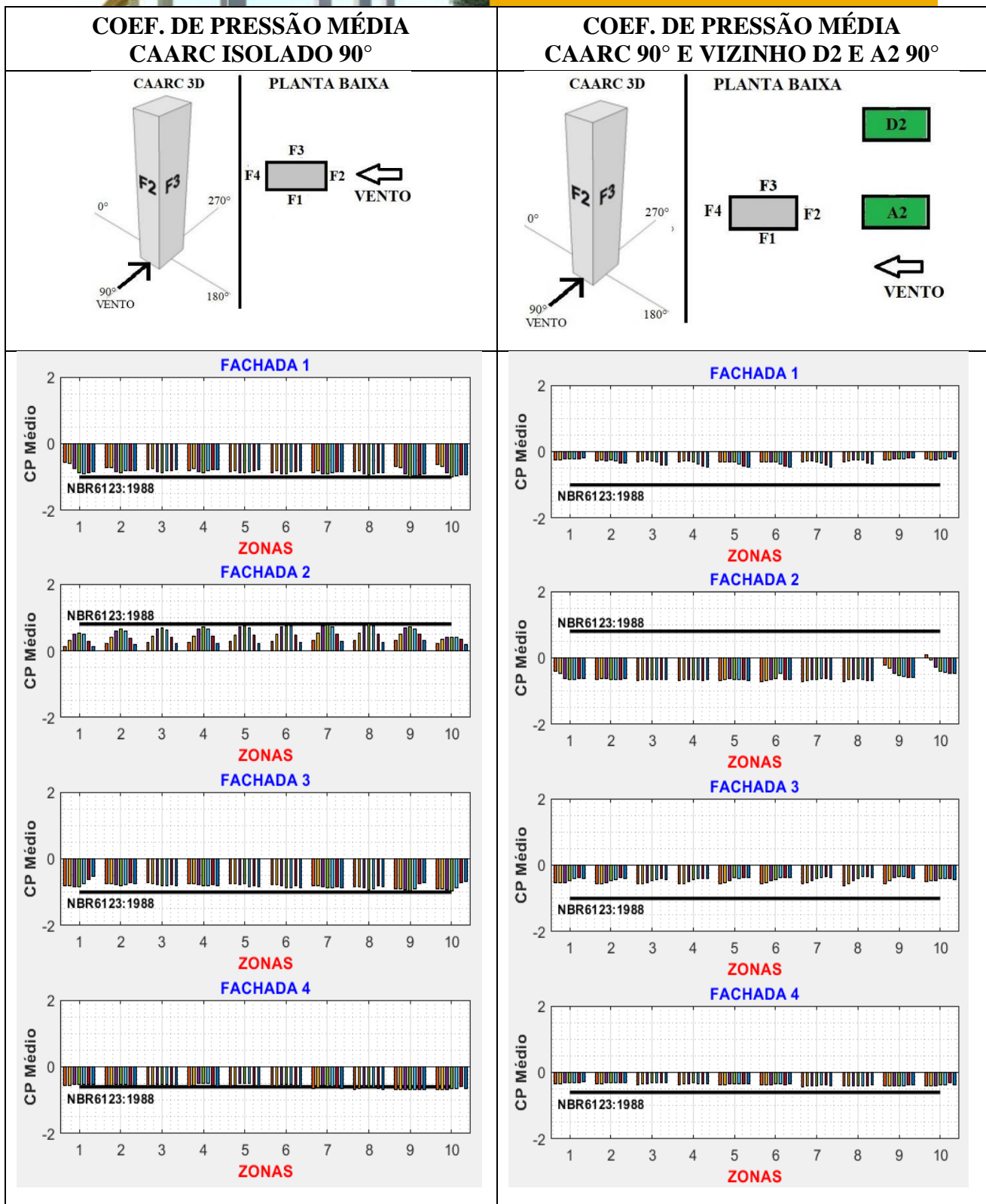


Figura 8 – Gráfico de barras dos coeficientes de pressões média por tomada CAARC 90°.

### Conclusões

A exposição dos dados obtidos em gráficos de gradiente proporcionou uma análise do escoamento do vento a partir de determinadas combinações de vizinhança. No CAARC isolado pode-se observar na fachada a barlavento o ponto de estagnação dos esforços do vento gerando uma deflexão para a





base e o topo do edifício, concentrando os maiores valores em torno de 70% a 80% da altura da estrutura. Ocorre uma redução de aproximadamente 85% dos esforços de sobrepensões nas extremidades da fachada com coeficientes próximos de zero nas tomadas do canto inferior esquerdo e direito em ambas as situações com o CAARC à  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . As fachadas laterais possuem o escoamento praticamente constante com pequenas flutuações dos coeficientes de pressões, a fachada a sotavento também possui coeficientes de pressões constantes da base ao topo do edifício, não apresentando variações significantes.

Com a inserção dos vizinhos D2 e B1  $90^\circ$  com o CAARC à  $0^\circ$ , o vento ainda incide praticamente de forma direta na fachada a barlavento (F1), em que devido aos vizinhos pode-se observar um leve aumento das pressões no ponto de estagnação devido ao afunilamento do vento entre D2 e B1 com uma redução pequena dos coeficientes da faixa esquerda da fachada, mas permanecendo com valores próximos ao CAARC isolado. A partir dos gráficos de barras é constatado que a fachada F3 a sotavento possui coeficientes de ensaio com o CAARC  $0^\circ$ ,  $C_p$  médio variando de -0,90 à -1,0, coeficientes estes 50% a 65% superiores aos coeficientes normativos. Quando o mesmo possui os vizinhos D2 e B1  $90^\circ$  ocorre uma redução de 15% à 22% em relação ao experimental, mas estando acima dos valores normativos ainda com coeficientes de pressões nas zonas 9 e 10 próximos a -0,85 enquanto na base valores próximos a -0,65. As demais fachadas tiveram resultados de acordo com a NBR6123:1988, o CAARC isolado  $0^\circ$  e CAARC  $0^\circ$  com duas vizinhanças D2 e B1  $90^\circ$  não ultrapassaram os valores normativos.

No escoamento do vento com o CAARC  $90^\circ$  e D2 e A2  $90^\circ$ , a fachada a barlavento muda totalmente sua configuração de escoamento com pontos de tomadas de pressões que no CAARC isolado estavam sujeitos a sobrepensão passam a estar sujeitos, devido a vizinhança, à sucção permanecendo com pontos de sobrepensão apenas no topo do edifício. Apesar desta alteração de comportamento, o gráfico de barras mostra que esta combinação de vizinhança proporcionou uma redução dos coeficientes de pressões gerando, portanto, uma proteção ao CAARC obtendo coeficientes de pressões na maior parte das fachadas inferior ao normativo e inferior ao valor experimental com o CAARC isolado. Isso indica a necessidade de atenção especial no topo da fachada a barlavento (F2) que obteve valores de sobrepensão e com a zonas inferiores ao ponto de estagnação do escoamento do vento com coeficientes em torno de  $C_p = -0,10$  uma redução em módulo de 87,50% em relação ao valor normativo e uma redução em módulo por volta de 80% em relação ao CAARC isolado. A extremidade superior direita da fachada 1 apresentou ainda quatro pontos de tomada com coeficientes de pressões até 18% maior que o normativo e 28% maior que o experimental de acordo com o gráfico de barras. Os demais coeficientes de pressões das fachadas de sotavento obtiveram resultado abaixo do valor normativo e do valor experimental, portanto a vizinhança D2 e A2  $90^\circ$  gerou proteção ao edifício com exceção da extremidade superior direita da fachada lateral F1 com coeficientes acima do normativo.

Denota-se atenção especial para o fato da análise local dos coeficientes de pressões, pois só é possível observar alguns aspectos devido às representações locais dos coeficientes para uma comparação ponto a ponto da fachada afim de se identificar pontos de fragilidade para cada situação analisada como foi o caso do CAARC à  $90^\circ$  com vizinho D2 e A2 à  $90^\circ$ . Neste caso a inserção do vizinho modificou pontualmente o escoamento do vento, claramente observado no gráfico de gradiente, e com o gráfico de barras a identificação local de pontos e fachadas que tem uma redução dos coeficientes, gerando uma proteção. Entretanto, a mesma fachada pode estar sujeita a esforços superior ao previsto, como foi o caso da extremidade superior direita, na qual em uma análise global, não poderia ser possível identificar estas regiões, destacando-se a importância da análise local das tomadas de pressões das fachadas.



## Agradecimentos

Ao Professor Acir Mércio Loredo Souza, diretor do Laboratório de Aerodinâmica das Construções (LAC), e a toda a sua equipe que tornaram possível a realização dos ensaios experimentais no túnel de vento Joaquim Blessmann da UFRGS. À Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

- ALBERTI, F. A. Determinação experimental em túnel de vento dos efeitos estáticos de proteção causados por edificações vizinhas: Contribuição para a revisão dos fatores de vizinhança da NBR-6123. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre. 123p. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- . NBR 6123: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- . NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- . NBR 15575-2: Edificações habitacionais – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.
- BENIA, M. C. D. Determinação dos Efeitos de Vizinhança na Resposta Dinâmica de Edifícios Altos sob a Ação do Vento. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre. 111p. 2013.
- BLESSMANN, J. Ação do vento em edifícios. 2ª Edição. Série Engenharia Estrutural, 7. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1989.
- . Buffeting effects on neighbouring tall buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 18 ed., p. 105-110. 1985.
- . Neighbouring wind effects on two tall buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 41-44 ed., p. 1041-1052. 1992.
- BLESSMANN, J., e RIERA, J. D. Interaction effects in neighbouring tall buildings. FIFHT INTERNATIONAL CONFERENCE. Pergamon Press Inc. Amsterdam, v. I, p. 381-396. 1979. —. Wind Excitation of Neighbouring Tall Buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, v. 18, p. 91-103. 1985.
- LAVÔR, T. F. A. Efeitos de vizinhança associados a fenômenos aerodinâmicos quase estáticos e ressonantes. Tese (doutorado), Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2023.
- LOREDO-SOUZA, A. M., NUNEZ, G. J. Z., OLIVEIRA, M. G. K., SIQUEIRA, G. M. e BENIA, M. C. D. Majorações e Reduções nas Cargas de Vento em Edifícios Altos de Concreto Armado: Influência de Prédios Vizinhos. 51º Congresso Brasileiro de Concreto CBC 2009 - IBRACON. Curitiba. 16p. 2012.
- MELBOURNE, W. H. Comparison of measurements on the CAARC Standard Tall Building model in simulated model wind flows. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 6 ed., p. 79-88. 1980.
- MENEZES, E. F. Efeitos aerodinâmicos de vizinhança devido à ação do vento em edifícios altos: análise a partir do fator de vizinhança. 2017. 92 f. – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- PANTOJA, J. C. Geração automática via otimização topológica e avaliação de segurança de modelos de bielas e tirantes. 240 p. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.
- ROCHA, M.M.; LOREDO-SOUZA, A.M. Integração de pressões em alta frequência para o cálculo da resposta dinâmica de estruturas sujeitas à ação de vento. Laboratório de Aerodinâmica das Construções. Universidade do Rio Grande do Sul. Relatório Técnico. Porto Alegre, 2008.
- VIEIRA, G. S. Estudo experimental dos esforços solicitantes em um edifício alto devidos à ação do vento considerando a influência de edificações vizinhas. 2016. 205p. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2016.