

VENTILAÇÃO NATURAL EM UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: ESTUDO NUMÉRICO

Jonatan Alves dos Santos¹; Gustavo Bono²

¹Estudante do Curso de Engenharia Civil – CAA – UFPE; E-mail: jonatan.alves26@gmail.com,

²Docente/pesquisador do Núcleo de Tecnologia – CAA – UFPE. E-mail: bonogustavo@gmail.com.

Sumário: O presente trabalho visa estudar como a forma geométrica das edificações influenciam a distribuição de pressões e a ventilação natural. Para isso, se fará uso dos conceitos da Engenharia do Vento Computacional, utilizando-se de um programa computacional para avaliar diferentes geometrias de edificações. No primeiro problema analisa-se o caso de um cubo, avaliando o seu comportamento frente ao escoamento de fluido. No segundo caso, foram estudados dois problemas, um edifício em formato de “L” e outro em formato de “U”, com o vento incidindo perpendicularmente á suas faces principais. Por último, foi estudado o caso de três cubos dispostos lado a lado nos quais varia-se a distância entre eles. Foram analisados três casos: 0.5H, 1.0H e 1.5H, onde H é o comprimento da aresta do cubo. Através dos exemplos analisados, foi possível determinar os principais fenômenos aerodinâmicos que se originam devido às edificações. O conhecimento desses fenômenos é fundamental já que permite: analisar a eficiência do uso de ventilação natural, avaliar o conforto dos pedestres, determinar as cargas para o dimensionamento da estrutura, entre outras características.

Palavras-chave: engenharia do vento; mecânica dos fluidos computacional; ventilação natural

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por edificações cada vez mais altas e esbeltas torna fundamental a análise da influência do vento sobre as estruturas, uma vez que a importância deste aumenta consideravelmente em função da altura da edificação. Do ponto de vista estrutural, torna-se necessário a avaliação das variáveis relacionadas ao escoamento do ar para auxiliar a tomada de decisões na fase do projeto.

Outros pontos muito importantes que devem ser levados em consideração quando se analisa o escoamento ao redor de edificações são: o conforto para os pedestres e a análise da eficiência do uso da ventilação natural. Em regiões com condições climáticas como a encontrada no Agreste Pernambucano, o escoamento natural pode ser usado para gerar um conforto térmico maior nos ambientes internos, acarretando em soluções mais econômicas no que diz respeito ao uso de energia.

O estudo de problemas envolvendo a ação do vento sobre estruturas tem sido tradicionalmente realizado por meio de técnicas experimentais desenvolvidas em túneis de vento. No entanto, com o crescente avanço na capacidade de processamento e armazenamento de dados dos computadores atuais, modelos numéricos cada vez mais complexos e eficientes têm sido elaborados e aplicados nesta área.

As vantagens da aplicação de um método numérico para fazer esse tipo de estudo é uma maior versatilidade para a obtenção de resultados e a possibilidade de uma maior variabilidade no uso de parâmetros físicos e geométricos. A experimentação numérica requer uma quantia inferior de recursos financeiros em comparação com a experimentação em túneis de vento, além, de demandar um menor tempo total de análise. As principais desvantagens dos modelos numéricos são a grande quantidade de variáveis a serem

modeladas, as limitações computacionais para o caso da simulação de escoamentos turbulentos e os erros associados aos modelos numéricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi empregado o programa, HEXAFEM_3D_IFF (Bono et al., 2011a). As equações de Navier-Stokes e a equação de conservação de massa considerando a hipótese de pseudo-compressibilidade para problemas isotérmicos são resolvidas empregando o Método dos Elementos Finitos, usando uma série de Taylor e o clássico método de Bubnov-Galerkin para a discretização do tempo e do espaço, respectivamente. Para a simulação de escoamentos turbulentos, emprega-se a Simulação de Grandes Escalas com o modelo de Smagorinsky clássico para as escalas inferiores à resolução da malha. Para a discretização do domínio espacial utiliza-se o elemento isoparamétrico hexaédrico de oito nós. Mais detalhes sobre este programa podem ser vistos em Bono et al. (2011a) e Bono et al. (2011b).

No presente trabalho, estudam-se dois problemas diferentes. No primeiro foi estudado o escoamento ao redor de dois tipos de estruturas que tem plantas em forma de “L” e “U”, ambas com uma altura H . Com os resultados espera-se compreender como as edificações formadas por planos irregulares influenciam as principais características do escoamento. Por fim, no segundo problema, procura-se analisar a influência da distância entre três edificações do mesmo tipo dispostas lado a lado, sendo considerados três cubos com dimensão de aresta $H=1.0$ [m]. No estudo numérico, consideram-se as seguintes distâncias entre as edificações: $D/H = 0.5, 1.0$ e 1.5 .

Nos problemas aqui abordados foi considerada uma malha de elementos finitos do tipo estruturada nas proximidades das edificações. Considera-se uma malha mais refinada nas proximidades da edificação com o objetivo de capturar eficientemente os principais fenômenos do escoamento. Para as regiões mais afastadas da geometria emprega-se uma malha não estruturada já que o escoamento resulta menos perturbado. Na Tabela 1, mostra-se a quantidade de elementos empregados em cada caso. Em todos os casos, considera-se como condição de contorno na entrada um perfil exponencial de velocidade típico de camada limite atmosférica com um ângulo de incidência igual a 0° .

Tabela 1 – Número de elementos para os exemplos estudados

Estrutura	Número de elementos
Edifício em “L”	545695
Edifício em “U”	1274993
3 Cubos ($D/H = 0.5$)	1658109
3 Cubos ($D/H = 1.0$)	1581045
3 Cubos ($D/H = 1.5$)	1249837

RESULTADOS

Inicialmente, mostram-se os resultados para as edificações em “L” e “U”. Nas Figura 1 e 2, mostram-se as distribuições dos campos de velocidade, pressão e as linhas de corrente para os exemplos dos edifícios em “L” e “U”. Em ambos casos foi considerado um número de Reynolds igual a 2100, para a camada limite atmosférica emprega-se uma velocidade de entrada de $V_0 = 10$ [m/s] e um expoente igual a $n = 0.25$.

Finalmente, mostram-se os resultados obtidos para os exemplos dos três cubos. Neste caso, o escoamento é caracterizado por um número de Reynolds de 4.6×10^4 , com uma velocidade de entrada de $V_0 = 4.5$ [m/s] e um expoente de $n = 0,25$ para o perfil da camada limite.

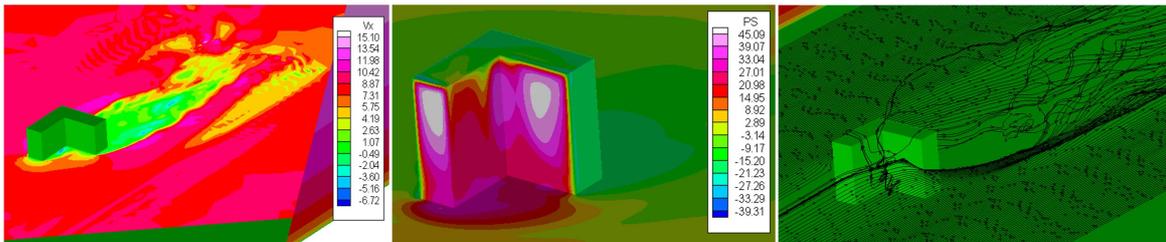


Figura 1 - Distribuições dos campos de velocidade, pressão e linhas de corrente para o exemplo do edifício em “L”.

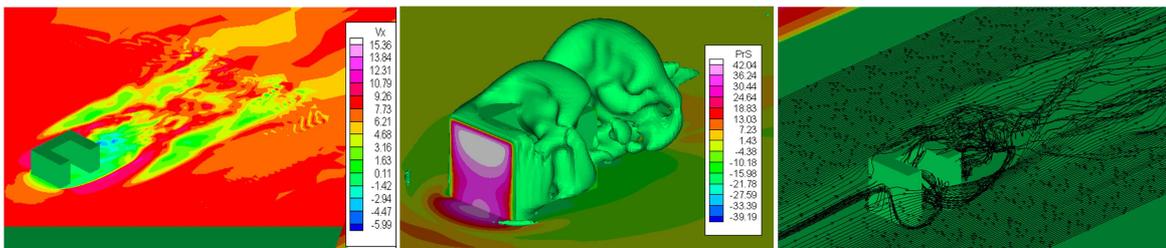


Figura 2 - Distribuições dos campos de velocidade, pressão e linhas de corrente para o exemplo do edifício em “U”.

As Figuras 3 e 4, mostram as distribuições dos campos de velocidade média e pressão na parte frontal, para cada um dos exemplos estudados.

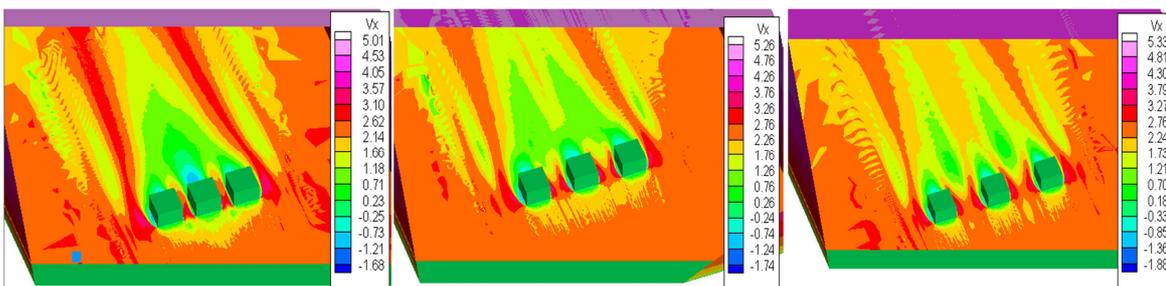


Figura 3 - Distribuições dos campos de velocidade, para as distâncias 0.5H, 1.0H e 1.5H respectivamente

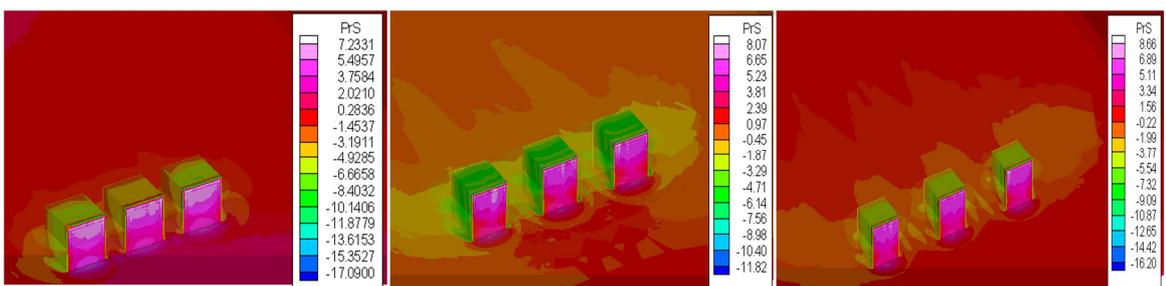


Figura 4 - Distribuições de pressões, para as distâncias 0.5H, 1.0H e 1.5H respectivamente

DISCUSSÃO

No caso dos edifícios em forma de “L” e “U” observa-se que a separação do escoamento nas arestas das faces frontais originam vórtices intensos que se desprendem pelas laterais e topo da edificação. Observa-se ainda a formação de um vórtice muito intenso na região de abertura das edificações. Fenômenos desse tipo podem gerar, além de problemas para a estrutura, desconforto para os pedestres, devendo ser levado em consideração na fase do projeto.

Percebem-se pressões acentuadas na área de barlavento, sendo mais intensas nas paredes frontais, que estão perpendiculares à direção do escoamento e baixas pressões nas regiões de esteira e na abertura da edificação. Os valores das pressões máximas entre os dois tipos de edificação são muito próximos.

Finalmente, no caso do problema dos três cubos, pode-se também observar em todos os casos que na região de barlavento acontece a máxima pressão e na região da esteira (sotavento) temos a mínima pressão. Entretanto, os valores das pressões máximas sofrem um pequeno incremento à medida que a distância entre as edificações aumentam.

Para a distância $D/H = 0.5$, observa-se a formação de dois grandes vórtices laterais, enquanto que nas aberturas estreitas entre as edificações há um incremento da velocidade do escoamento de fluido. À medida que a distância entre as edificações aumenta, observa-se que os vórtices laterais diminuem e na região entre os cubos surgem dois vórtices bem definidos e que tendem a ser simétricos entre si. Observa-se que à medida que a distância entre as edificações aumenta a influência entre as edificações diminui. Ou seja, o escoamento tende a comporta-se como o apresentado por edificações isoladas.

CONCLUSÕES

A análise do impacto do vento sobre edificações é hoje um aspecto fundamental na área da Engenharia do Vento, uma vez que à medida que as edificações se tornam mais altas e esbeltas a influência do vento aumenta, tornando-se necessário seu estudo visando à segurança da construção. Além disso, em regiões de clima quente, como no Agreste Pernambucano, a ventilação natural pode ser usada como solução para um alívio térmico, possibilitando uma melhor utilização dos recursos energéticos. A mecânica dos fluidos computacional possibilita uma análise qualitativa do escoamento de forma relativamente simples e barata, sendo, portanto, fundamental na fase de projeto.

Para o caso das edificações em formato de “L” e “U” os maiores valores na distribuição da pressão média se encontram na região de barlavento da edificação, com a ocorrência de vórtices muito intensos. O escoamento incidente sobre as edificações é desviado tanto em direção ao topo quanto para as laterais, ocorrendo à separação da camada limite nas arestas vivas. Além disso, a presença de um gradiente de pressão na camada limite atmosférica influi de forma marcante na indução de um escoamento descendente por baixo do ponto de estagnação.

Finalmente, para o problema dos três cubos posicionados lado a lado, observa-se que os maiores valores na distribuição de pressão média obtêm-se para caso no qual a distância entre as edificações é $D/H=0.5$. A velocidade do vento aumenta consideravelmente entre as duas passagens estreitas das edificações em paralelo. Estas condições não somente podem comprometer a utilização adequada de tais áreas, mas também pôr em riscos à segurança dos usuários e pedestres que circulam por estas áreas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao professor Gustavo Bono, orientador do projeto, a toda a equipe do Laboratório de Engenharia Computacional (LECOM) e ao PIBIC/UFPE/CNPq pelo auxílio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

Bono, G., Lyra, P.R.M., Bono, G.F.F. Simulação em escoamentos incompressíveis através do MEF, *Anais Congresso Ibero-Americano em Eng.Mec.*, pp. 721-733, 2011.

Bono, G., Lyra, P.R.M., Bono, G.F.F. Simulação numérica de escoamentos incompressíveis com Simulação de Grandes Escalas, *Mecânica Computacional*, XXX: 1423-1440, 2011.