

Ventilação natural em escritório no Rio de Janeiro-RJ: Análise e propostas para o edifício Barão de Ladário

Marco Antonio Lacerda

Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
marcolacerda73@gmail.com

Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Universidade Federal do Rio de Janeiro, PROARQ-FAU/UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
leopoldobastos@gmail.com

RESUMO: Os edifícios de escritórios têm um peso significativo no parque edificado das grandes cidades. No centro da cidade do Rio de Janeiro-RJ, a procura desses prédios, principalmente por grandes corporações, aliada a escassez de terrenos, tem motivado iniciativas ligadas a reabilitação de alguns prédios para atender essa demanda. Habitualmente, as soluções arquitetônicas assumidas são inadequadas para o contexto de clima tropical-úmido da cidade. Estratégias bioclimáticas como a ventilação natural para fins de conforto higrotérmico dos usuários, não constam nos programas de necessidades. Contudo, o condicionamento artificial do ar está sempre presente, apesar de ser potencialmente uma fonte poluidora do ar. Entretanto, é desafiante o uso da ventilação natural nestes prédios de escritórios situados em contexto urbano denso, devido à influência da canópi urbana no regime dos ventos, como também o ar que flui no ambiente interior é influenciado pela configuração do layout; ganhos térmicos devido aos equipamentos; a taxa de ocupação; o metabolismo dos usuários e a resistência térmica de suas vestimentas.

O presente artigo centra-se no estudo e análise das condições de ventilação natural em um andar de um prédio de escritórios no centro da cidade do Rio de Janeiro e frontal à baía de Guanabara. Através de simulação CFD, foram examinados para uma maquete virtual do prédio, o caso existente e outras situações com possíveis implementações em termos de layout e fenestrações. Os resultados demonstraram que as propostas de intervenção no escritório relativas ao layout, altura de painéis e tipologia de janelas acarretam melhoria nas condições de conforto, devido a melhor distribuição dos fluxos de ar e um incremento da velocidade em algumas zonas do ambiente.

Palavras-chave *Ventilação natural; Conforto higrotérmico; Escritórios.*

1. INTRODUÇÃO

Nas grandes cidades, os edifícios de escritórios representam uma grande parcela das edificações. Em locais como o centro do Rio de Janeiro, RJ, onde os primeiros arranha-céus datam da primeira metade do século XX, aliada a escassez de terrenos livres, a procura por esses edifícios nos últimos anos tem motivado a reabilitação dos prédios existentes.

As soluções arquitetônicas adotadas para o *retrofit* nessas edificações, normalmente não contemplam estratégias bioclimáticas, como a ventilação natural; destarte, o conforto higrotérmico é obtido mediante sistemas de condicionadores de ar.

Em local de clima quente úmido como a capital fluminense, a ventilação cruzada é desejável para remover o calor e a umidade no ambiente interno, e essa estratégia também pode possibilitar aos usuários condições de conforto higrotérmico (Lacerda, 2014).

As aberturas localizadas na envoltória e os dispositivos internos como o mobiliário e as divisórias podem influenciar o conforto ambiental em uma edificação e o seu consumo de energia. A janela pode apresentar desempenho bem distinto em relação à ventilação natural com mudanças em sua geometria e distribuição. A delimitação de espaços por divisórias internas ou paredes pode modificar a distribuição e a velocidade do ar. O mobiliário pode representar obstáculos à passagem do ar (Cunha, 2010).

Em prédios de escritórios, torna-se um desafio conseguir conforto térmico com a ventilação natural, devido a esse tipo de edificação estar muitas vezes inserido em um contexto urbano de grande adensamento, onde há muita obstrução aos ventos; outros motivos estão relacionados aos altos ganhos internos de calor pelos equipamentos, além da resistência térmica das vestimentas típicas, e da densidade ocupacional.

Como uma decorrência destes desafios apresentados para a ventilação natural, típicos dos ambientes de escritórios, surge a seguinte questão: Seria possível estabelecer condições de conforto térmico por meio da ventilação natural nesses ambientes?

Este artigo tem como objetivo avaliar o potencial da ventilação natural em um edifício de escritórios localizado no centro da cidade do Rio de Janeiro-RJ, com relação ao conforto térmico para os usuários; e também propor soluções adequadas de dispositivos arquitetônicos para um melhor aproveitamento da ventilação natural.

2. O AMBIENTE DE ESCRITÓRIO

2.1 O *layout* dos escritórios

O *layout* dos escritórios irá influenciar o processo de trabalho e o nível de interação entre os usuários, bem como o comportamento do fluxo de ar, a qualidade da iluminação e a acústica. Esses ambientes devem ser dimensionados e organizados de acordo com as necessidades de cada empresa. A organização dos espaços de trabalho em escritórios dependerá do tipo de funcionamento das organizações, com seus fluxos de tarefas, funções específicas de cada funcionário e a forma como interagem. Os escritórios podem ser classificados em quatro categorias de *layout*: o escritório fechado ou compartimentado, o escritório aberto ou panorâmico, o escritório semiaberto e o escritório aberto/ fechado ou misto (Meel et al., 2012).

2.2 Estudo de caso: Edifício Barão de Ladário

Inaugurado em 1973, o Edifício Barão de Ladário (EBL) possui vinte e dois andares, volumetria prismática com três fachadas dotadas de aberturas e uma empena cega. O pavimento-tipo possui planta com 24,5m x 32,5m e altura do forro com 2,41m. O entorno é composto por edificações históricas de baixo gabarito, edificações mais recentes de gabaritos mais elevados, praças e a Baía da Guanabara (Fig. 1).



Figura 1 – Fotografia de satélite do EBL e do seu entorno. Fonte: Google,2013.

A área de estudo foi o setor de escritórios do 16º andar, o qual o layout é classificado como misto, com as seguintes características dimensionais: (i) espaço: 12,51m de largura; 38,18 m de comprimento e 2,41m de pé-direito; (ii) janelas projetantes com 1,25m de largura por 1,51 de altura, e peitoril de 0,90m. As paredes têm 0,15m de espessura (Fig. 2).



Figura 2 – Layout do 16º andar do EBL. Fonte: Lacerda, 2014.

Os ventos predominantes na estação meteorológica do aeroporto Santos Dumont obtidos no site <http://bancodedados.cptec.inpe.br>, durante o expediente desse escritório, provêm da direção Norte das 7 às 13 horas, e da direção S-SE das 14 às 18 horas. A velocidade do vento é de 2,12 m/s para o vento Norte e 5,03 m/s para o vento S-SE. O valor atingido pela velocidade na altura do 16º andar foi obtido mediante perfil de velocidades logarítmico (ASHRAE,2004). Considerou-se adequadas, velocidades do ar no interior do ambiente na faixa de 0,5 a 2,0m/s para trazer benefícios do conforto higrotérmico (Lacerda, 2014).

3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM PROGRAMA CFD

A identificação e análise das trajetórias e velocidades dos ventos no entorno da edificação e das correntes de ar geradas no ambiente interno foram obtidas mediante simulação computacional com o programa CFX 14.5 da ANSYS em sua versão acadêmica.

O processo de simulação foi realizado através dos seguintes passos: modelagem do problema, simulação e análise. Inicialmente, foi simulado o modelo com as geometrias do EBL, do escritório existente e do seu entorno, para o caso base, e analisado os resultados do escoamento do ar no interior do escritório. Finalmente, proposto modelo que incluía como premissa o uso adequado da ventilação natural como estratégia de conforto.

Nesta pesquisa, foi analisado o escoamento externo e interno do ar, para as duas direções de vento predominantes, logo optou-se em adotar o domínio em forma cilíndrica. Este domínio permite o uso do mesmo modelo e malha para simulações em qualquer direção do vento. Entretanto, o domínio cilíndrico possui dimensões maiores que o domínio em forma de paralelepípedo, o que incorre na geração de malhas com maior número de elementos e na demanda por maior capacidade computacional. Também, adotou-se o modelo de turbulência de fechamento de primeira ordem standard k- ϵ . Essa escolha se baseou nos seguintes critérios: modelo largamente utilizado em outros estudos, modelo validado em aplicações na engenharia do vento e a relação entre qualidade dos resultados com pequena capacidade de processamento necessária (Cóstola & Alucci, 2011).

A discretização do domínio, ou seja, geração da malha foi realizada conforme a necessidade de refinamentos junto às áreas de interesse e capacidade computacional disponível, portanto, junto às geometrias do escritório houve maior refinamento, enquanto no entorno mais distante houve menos.

Os resultados foram apresentados por meio de gráficos e planilhas. Através de objetos inseridos no modelo, como planos, pode-se plotar neles, vetores, linhas de corrente, isolinhas de uma determinada variável (pressão, velocidade, temperatura, vazão, etc.) para analisar as condições do escoamento do ar no local de interesse. Os valores de uma determinada variável, em qualquer local do domínio, podem ser quantificados por meio de expressões inseridas em planilha desse programa. No interior do escritório, foram marcados 77 pontos onde se desejava informações e dados sobre a circulação de ar devido aos ventos incidentes nas janelas do prédio. Estes pontos foram considerados nos locais de maior permanência de cada usuário: estações de trabalho e salas de reuniões (Fig. 3). A altura desses pontos foi definida em 1,10 m em relação ao piso elevado, a qual corresponde à altura média da cabeça para uma pessoa sentada.

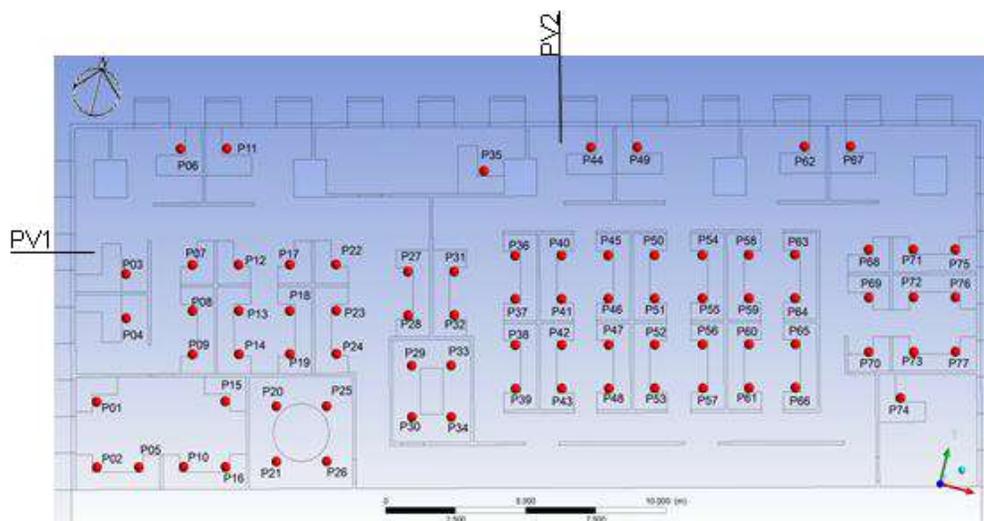


Figura 3 – Pontos de registro de velocidade no escritório com o atual layout.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Simulações do Modelo M1

O Modelo M1 representa o escritório com suas atuais características arquitetônicas. Para as simulações, foram introduzidas as condições dos ventos predominantes durante o horário de expediente do escritório, conforme descritas na Tabela 1, definindo-se os casos M1-1 e M1-2:

Tabela 1. Síntese das características do Modelo M1

| Modelo | Direção do vento | Velocidade do vento | Altura da divisória | Tipologia da janela | Estação de trabalho | Layout do escritório |
|--------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | Grau | m/s | cm | | | |
| M1-1 | 0° | 2,12 | 134/164/241 | Fixa + projetante | Celular em 'L' | Misto |
| M1-2 | 160° | 5,03 | | | | |

Resultados para o Modelo M1-1

Para esta situação, resulta no escritório, Figura 4, velocidades do ar maiores nas proximidades das aberturas, com maior concentração de circulações acima de 2 m/s, contudo, nos painéis fixos das esquadrias a velocidade é mais baixa e ocorre a formação de vórtices.

O fluxo de ar entra no ambiente pelas aberturas da fachada com orientação NNW, onde a pressão é positiva, e sai pelas aberturas localizadas nas fachadas ENE e WSW, onde as pressões são negativas (fig. 5). O fluxo na fachada NNW no nível do andar do escritório é descendente, o que dificulta a entrada de ar pela tipologia da janela projetante.

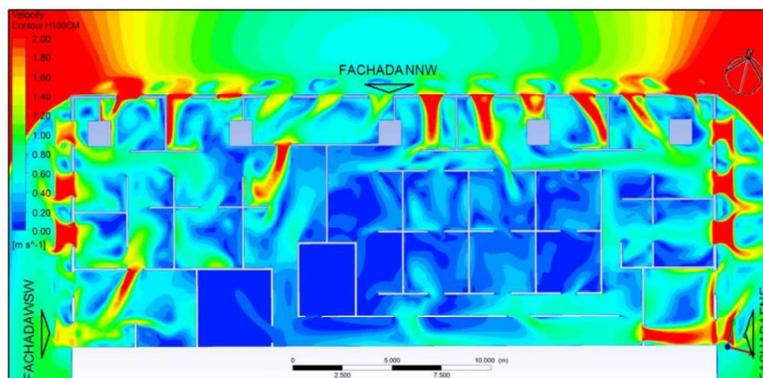


Figura 4 – Isovels a 1,10m do piso elevado. Fonte: Lacerda, 2014

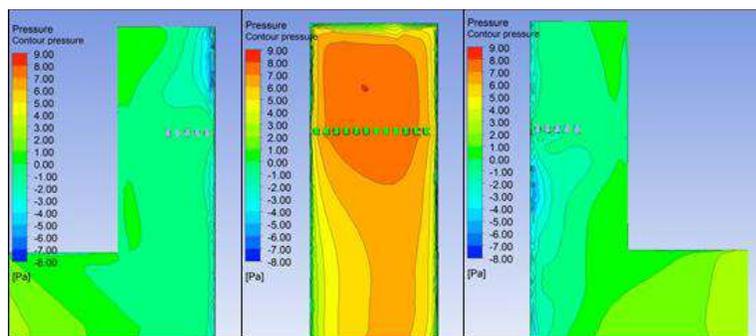


Figura 5 – Isóbaras nas fachadas ENE, NNW e WSW, respectivamente. Lacerda, 2014

Em vários pontos de registro, foram observadas velocidades do ar muito baixas para serem consideradas para uma estratégia de conforto higrotérmico, nas condições climáticas locais e nas condições de vestimenta (0,6 clo) e de atividade típicas dos usuários de escritório (1,2 met) (tabela 2).

Tabela 2. Velocidade do vento nos pontos de registro (m/s) _ modelo M1-1

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| P01 | 0,50 | P11 | 0,46 | P21 | 0,02 | P31 | 0,07 | P41 | 0,49 | P51 | 0,10 | P61 | 0,08 | P71 | 0,35 |
| P02 | 1,24 | P12 | 0,60 | P22 | 1,82 | P32 | 0,11 | P42 | 0,09 | P52 | 0,19 | P62 | 2,57 | P72 | 0,23 |
| P03 | 0,70 | P13 | 0,26 | P23 | 0,63 | P33 | 0,01 | P43 | 0,52 | P53 | 0,17 | P63 | 0,19 | P73 | 0,06 |
| P04 | 0,03 | P14 | 0,65 | P24 | 0,30 | P34 | 0,01 | P44 | 1,08 | P54 | 0,16 | P64 | 0,23 | P74 | 0,59 |
| P05 | 0,98 | P15 | 0,37 | P25 | 0,04 | P35 | 0,62 | P45 | 0,24 | P55 | 0,18 | P65 | 0,08 | P75 | 0,68 |
| P06 | 0,24 | P16 | 0,33 | P26 | 0,04 | P36 | 0,30 | P46 | 0,12 | P56 | 0,37 | P66 | 0,27 | P76 | 0,41 |
| P07 | 0,34 | P17 | 0,32 | P27 | 0,47 | P37 | 0,17 | P47 | 0,16 | P57 | 0,37 | P67 | 0,03 | P77 | 0,46 |
| P08 | 0,64 | P18 | 0,38 | P28 | 0,16 | P38 | 0,06 | P48 | 0,18 | P58 | 0,22 | P68 | 0,14 | | |
| P09 | 0,20 | P19 | 0,32 | P29 | 0,02 | P39 | 0,07 | P49 | 0,58 | P59 | 0,18 | P69 | 0,29 | | |
| P10 | 0,14 | P20 | 0,06 | P30 | 0,03 | P40 | 0,18 | P50 | 0,30 | P60 | 0,11 | P70 | 0,54 | | |

Resultados para o Modelo M1-2

Nesse modelo, foi considerado o vento com azimute de 160° e velocidade de 5,03 m/s. A fachada onde incide esse vento corresponde à empena cega do edifício. A distribuição do fluxo de ar ao longo do ambiente interno mostrou-se mais homogênea, porém, essa condição ocorreu devido às baixas velocidades do ar em grande parte do ambiente (figura 6). Assim, como nos casos anteriores, também foi observado a formação de vórtices nas regiões posteriores às divisórias, o que corrobora a influência das divisórias nos efeitos observados na circulação de ar.

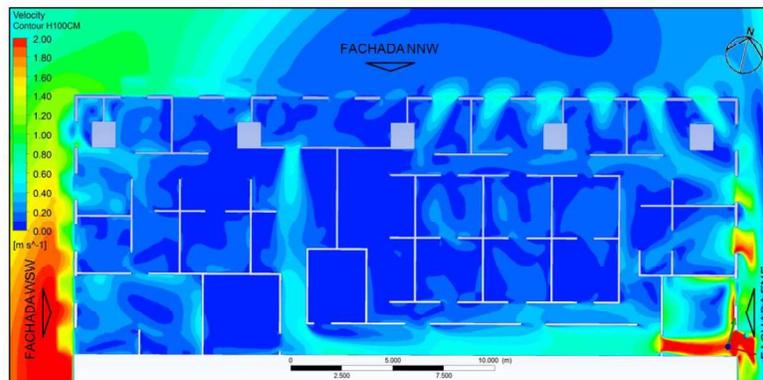


Figura 6. Isovels a 1,10m do piso elevado. Fonte: Lacerda, 2014.

Para essa direção do vento, todas as aberturas estão localizadas em zonas de pressões negativas (figura 7), e a circulação do ar ocorre em razão da diferença de pressão entre essas zonas. Dessa forma, o fluxo de ar entra pelas aberturas na fachada a NNW, onde a pressão é ligeiramente maior, e sai através das aberturas localizadas nas fachadas ENE e WSW, onde a pressão é menor. Pode-se observar que a diferença de pressão entre as fachadas é pequena, o que explica o motivo dos valores das velocidades serem menores do que os valores do caso anterior.

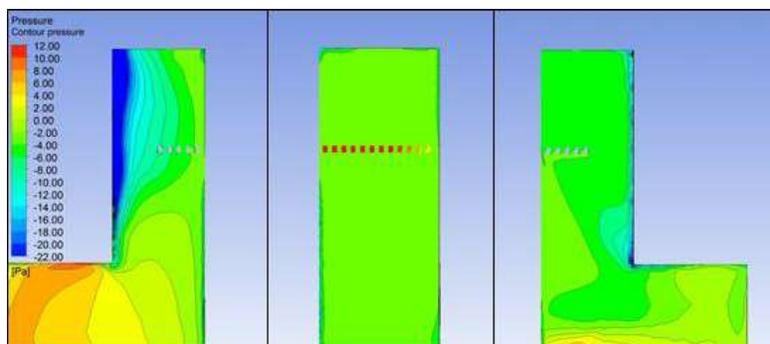


Figura 7 – Isóbaras nas fachadas ENE, NNW e WSW, respectivamente. Lacerda, 2014

Em todos os pontos de registros, foram observadas velocidades do ar muito baixas para serem utilizadas como estratégia de conforto higrotérmico nesse escritório (tabela 3).

Tabela 3 – Velocidade do vento nos pontos de medição (m/s) _ modelo M1-3

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| P01 | 0,35 | P11 | 0,12 | P21 | 0,02 | P31 | 0,01 | P41 | 0,21 | P51 | 0,19 | P61 | 0,04 | P71 | 0,05 |
| P02 | 0,22 | P12 | 0,03 | P22 | 0,16 | P32 | 0,02 | P42 | 0,06 | P52 | 0,15 | P62 | 0,32 | P72 | 0,15 |
| P03 | 0,35 | P13 | 0,06 | P23 | 0,07 | P33 | 0,01 | P43 | 0,14 | P53 | 0,06 | P63 | 0,14 | P73 | 0,24 |
| P04 | 0,14 | P14 | 0,15 | P24 | 0,17 | P34 | 0,02 | P44 | 0,05 | P54 | 0,15 | P64 | 0,15 | P74 | 0,47 |
| P05 | 0,13 | P15 | 0,25 | P25 | 0,05 | P35 | 0,06 | P45 | 0,14 | P55 | 0,11 | P65 | 0,13 | P75 | 0,36 |
| P06 | 0,17 | P16 | 0,21 | P26 | 0,05 | P36 | 0,06 | P46 | 0,12 | P56 | 0,16 | P66 | 0,07 | P76 | 0,32 |
| P07 | 0,12 | P17 | 0,07 | P27 | 0,01 | P37 | 0,03 | P47 | 0,08 | P57 | 0,16 | P67 | 0,14 | P77 | 0,32 |
| P08 | 0,13 | P18 | 0,17 | P28 | 0,12 | P38 | 0,10 | P48 | 0,06 | P58 | 0,05 | P68 | 0,13 | | |
| P09 | 0,11 | P19 | 0,17 | P29 | 0,03 | P39 | 0,04 | P49 | 0,51 | P59 | 0,16 | P69 | 0,05 | | |
| P10 | 0,18 | P20 | 0,03 | P30 | 0,02 | P40 | 0,16 | P50 | 0,19 | P60 | 0,09 | P70 | 0,27 | | |

4.2 – Simulações do Modelo M2

O Modelo M2 consiste numa proposta de reforma arquitetônica que inclui mudança de layout e substituição de janelas, painéis divisórios e mobiliário, objetivando conciliar questões funcionais, estéticas, econômicas, culturais e de conforto higrotérmico.

A tipologia de janela especificada foi a pivotante de eixo vertical, devido ao seu melhor desempenho em relação ao aproveitamento da ventilação natural, entre as tipologias testadas dos modelos anteriores (Lacerda, 2014).

O layout do projeto manteve-se na categoria mista, porém houve reconfiguração nos diversos ambientes do escritório. O ambiente dos projetistas foi dividido em espaços de trabalho conforme a quantidade de equipes, sendo que, entre esses espaços foram especificadas divisórias do tipo piso-teto para melhorar a privacidade entre as equipes e divisórias com 90 cm de altura entre as estações de trabalho, para permitir o nível de interação alto entre os membros de uma mesma equipe. Para as salas dos chefes de departamentos e de reuniões, foi adotado o conceito de espaço fechado, com a adoção de divisórias do tipo piso-teto para realização de atividades de maior concentração e/ou confidencialidade.

A distribuição das divisórias altas também objetivou conduzir o fluxo de ar até as áreas mais distantes das aberturas, e concorrer para uma redução das regiões com ar estagnado. Os espaços de trabalho das equipes podem funcionar como ‘dutos’ que conduzem os fluxos de ar até ao corredor, e este por sua vez os direciona para as aberturas de saída do ar. As salas dos chefes de departamentos foram dispostas de modo que as aberturas das

fachadas e da porta possam criar condições de ventilação cruzada. A sala de reuniões foi alocada na zona com menores velocidades do ar, devido esse espaço ser o de menor permanência, no entanto, foi criada uma abertura entre esse ambiente e a sala do chefe do departamento de obras, a fim de criar condições de ventilação cruzada por meio dessa abertura e a porta.

As estações de trabalho dos projetistas tiveram as suas mesas em formato 'L' substituídas por mesas lineares, esse formato paralelepípedo cria menor perturbação no fluxo de ar nas proximidades do maior lado, quando o vento incide normal ao lado menor. Da mesma forma, os usuários do escritório estariam localizados nas regiões de menor obstrução, enquanto papéis sobre a mesa estariam mais protegidos devido às obstruções causadas pelas divisórias de 90 cm entre as estações de trabalho.

De forma resumida, as características desse modelo estão descritas na tabela a seguir:

Tabela 4. Síntese das características do Modelo 2

| Modelo | Direção do vento | Velocidade do vento | Altura da divisória | Tipologia da janela | Estação de trabalho | Layout do escritório |
|--------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | Grau | m/s | cm | | | |
| M2-1 | 0° | 2,12 | 90/241 | Pivotante | Celular linear' | Misto |
| M2-2 | 160° | 5,03 | | | | |

Com a proposta deste novo layout houve um incremento do número de postos de trabalho, aumentando a capacidade de 77 funcionários para 83. Os valores das velocidades do vento foram obtidos através de pontos de registro situados nesses postos de trabalho (fig. 8), numa altura de 1,10 m em relação ao piso elevado.

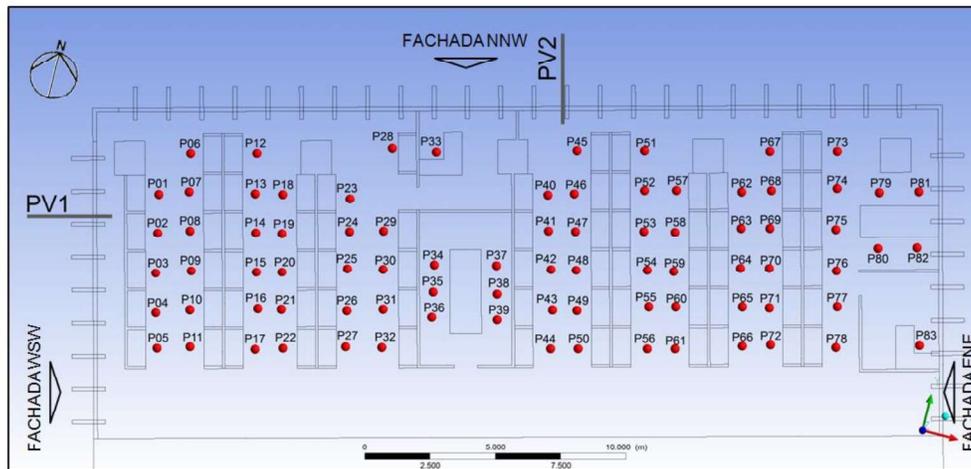


Figura 8 – Pontos de registro de velocidade no escritório com o layout proposto.

Resultados para o Modelo M2-2

Nesse modelo, o layout proposto e o uso combinado dos elementos arquitetônicos, janelas pivotantes de eixo vertical (abertas a 90°) e divisórias piso-teto, permitiu alterar a direção e a velocidade do fluxo de ar oriundo do meio externo, de modo a beneficiar os locais de maior permanência dos usuários. Observa-se a presença de jatos de ar nos locais de maior permanência dos usuários e poucas zonas de estagnação (Fig. 9).

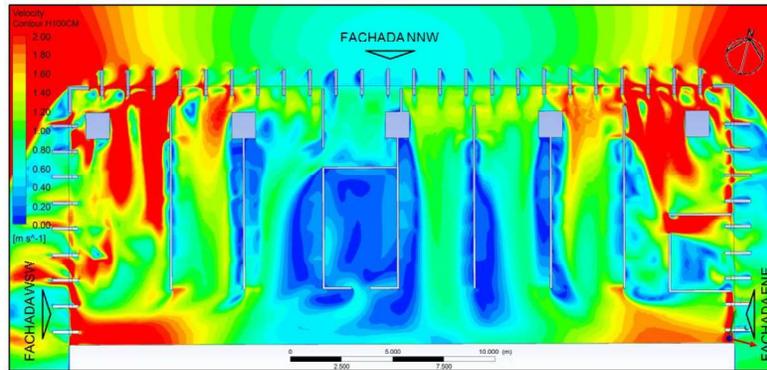


Figura 9. Isovels a 1,10m do piso elevado. Fonte: Lacerda, 2014.

O número de pontos de registro, com valores de velocidades do ar entre 0,6 m/s e 2,0 m/s, correspondeu a 62 pontos do total de 83. Em sete postos de trabalho, a velocidade superou o limite máximo, enquanto, em 14 postos de trabalho a velocidade foi menor que o limite mínimo (tabela 5).

Tabela 5. Velocidade do vento nos pontos de registro (m/s) _ modelo M4-1

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| P01 | 3,17 | P11 | 1,15 | P21 | 1,02 | P31 | 0,04 | P41 | 0,76 | P51 | 1,12 | P61 | 0,82 | P71 | 0,86 | P81 | 1,02 |
| P02 | 2,89 | P12 | 1,40 | P22 | 1,03 | P32 | 0,11 | P42 | 0,65 | P52 | 0,69 | P62 | 1,66 | P72 | 0,89 | P82 | 1,24 |
| P03 | 1,55 | P13 | 1,46 | P23 | 0,53 | P33 | 0,65 | P43 | 0,54 | P53 | 0,50 | P63 | 1,41 | P73 | 3,05 | P83 | 0,96 |
| P04 | 1,34 | P14 | 1,24 | P24 | 0,76 | P34 | 0,22 | P44 | 0,61 | P54 | 0,53 | P64 | 1,11 | P74 | 2,72 | | |
| P05 | 0,79 | P15 | 1,00 | P25 | 0,93 | P35 | 0,33 | P45 | 1,16 | P55 | 0,43 | P65 | 0,86 | P75 | 1,74 | | |
| P06 | 3,53 | P16 | 0,88 | P26 | 0,89 | P36 | 0,33 | P46 | 0,76 | P56 | 0,29 | P66 | 0,86 | P76 | 0,67 | | |
| P07 | 2,58 | P17 | 0,92 | P27 | 0,83 | P37 | 0,22 | P47 | 0,76 | P57 | 1,00 | P67 | 1,59 | P77 | 0,86 | | |
| P08 | 1,89 | P18 | 1,49 | P28 | 0,75 | P38 | 0,16 | P48 | 0,79 | P58 | 0,95 | P68 | 1,20 | P78 | 0,95 | | |
| P09 | 1,88 | P19 | 1,16 | P29 | 0,71 | P39 | 0,19 | P49 | 0,79 | P59 | 0,87 | P69 | 0,90 | P79 | 2,14 | | |
| P10 | 1,00 | P20 | 1,10 | P30 | 0,21 | P40 | 0,84 | P50 | 0,78 | P60 | 0,84 | P70 | 0,87 | P80 | 1,13 | | |

Resultados para o Modelo M2-2

Este modelo apresentou, nos ambientes intermediários, baixas taxas de ventilação e aumento de zonas com vórtices. Entretanto, nos ambientes com aberturas voltadas para as fachadas ENE e WSW, as condições de ventilação são melhores (Fig. 10).

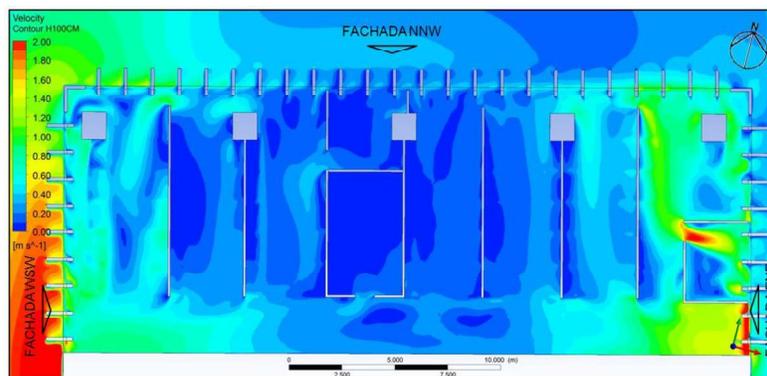


Figura 10. Isovels no plano PH1. Fonte: Lacerda, 2014.

Assim como nos outros modelos, os quais o fluxo de ar penetra pelas aberturas a sota-vento, foram observadas velocidades do ar abaixo de 0,6 m/s na maioria dos pontos de registro; em apenas dez postos de trabalho os valores de velocidade estão na faixa ideal.

Tabela 6. Velocidade do vento nos pontos de registro (m/s) _ modelo M4-2

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| P01 | 0,30 | P11 | 0,44 | P21 | 0,22 | P31 | 0,17 | P41 | 0,13 | P51 | 0,22 | P61 | 0,27 | P71 | 0,33 | P81 | 0,73 |
| P02 | 0,36 | P12 | 0,21 | P22 | 0,25 | P32 | 0,19 | P42 | 0,12 | P52 | 0,16 | P62 | 0,52 | P72 | 0,41 | P82 | 0,43 |
| P03 | 0,22 | P13 | 0,12 | P23 | 0,10 | P33 | 0,05 | P43 | 0,13 | P53 | 0,14 | P63 | 0,44 | P73 | 0,97 | P83 | 0,87 |
| P04 | 0,28 | P14 | 0,07 | P24 | 0,14 | P34 | 0,05 | P44 | 0,16 | P54 | 0,14 | P64 | 0,37 | P74 | 1,00 | | |
| P05 | 0,29 | P15 | 0,05 | P25 | 0,16 | P35 | 0,05 | P45 | 0,11 | P55 | 0,15 | P65 | 0,33 | P75 | 1,01 | | |
| P06 | 0,67 | P16 | 0,11 | P26 | 0,17 | P36 | 0,05 | P46 | 0,11 | P56 | 0,17 | P66 | 0,26 | P76 | 1,05 | | |
| P07 | 0,50 | P17 | 0,23 | P27 | 0,18 | P37 | 0,01 | P47 | 0,13 | P57 | 0,30 | P67 | 0,30 | P77 | 0,62 | | |
| P08 | 0,32 | P18 | 0,19 | P28 | 0,18 | P38 | 0,12 | P48 | 0,14 | P58 | 0,24 | P68 | 0,34 | P78 | 0,56 | | |
| P09 | 0,32 | P19 | 0,17 | P29 | 0,30 | P39 | 0,13 | P49 | 0,16 | P59 | 0,23 | P69 | 0,32 | P79 | 0,59 | | |
| P10 | 0,39 | P20 | 0,20 | P30 | 0,21 | P40 | 0,13 | P50 | 0,16 | P60 | 0,25 | P70 | 0,30 | P80 | 0,35 | | |

5. CONCLUSÕES

Os resultados das simulações indicam o potencial no uso da ventilação natural como estratégia bioclimática para o Modelo M2 no período das 7 às 13 horas. Após esse horário, os ventos predominantes passam a incidir na empena do edifício, resultando baixas velocidades do ar no interior do escritório. Porém, em condições climáticas que favoreçam o conforto, velocidades de ar baixas podem ser suficientes para dissipar o calor gerado no interior do ambiente, por equipamentos, usuários e luminárias, e também pode melhorar a qualidade do ar.

Como sugestão para uma continuidade e avanços da pesquisa consideram-se estudos que envolvam simulações concomitantes de carga térmica e de ventilação natural.

O presente estudo limitou-se às condições propostas nos modelos, que incluem algumas simplificações e dados de entrada fixos. Os resultados obtidos nessas condições são valores médios em termos temporais e podem não coincidir com medidas instantâneas medidas in loco, no entanto, podem servir de orientação em futuros estudos ou projetos sobre o comportamento dos fluxos de ar neste ambiente de escritório.

REFERÊNCIAS

- ASHRAE 2004. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Cóstola, D. & Alluci, M. P. 2011. Aplicação de CFD para o cálculo de coeficientes de pressão externos nas aberturas de um edifício. *Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 145-158, jan./mar. 2011.*
- Cunha, L.J. de Freitas 2010. *Análise de métodos para aplicação de ventilação natural para projeto de Edificações em Natal-RN.* Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Lacerda, M.A. 2014. *Ventilação natural e qualidade do ar em escritório carioca: análise e propostas para o edifício Barão de Ladário.* Dissertação de Mestrado Arquitetura. PROARQ-FAU/UFRJ.
- Meel, J. V.; Martens, Y.; Ree, H.J. 2012. *Como Planejar os Espaços de Escritórios - Guia prático para gestores e designers.* Barcelona: Gustavo Gili.