



## **AValiação DA VENTILAÇÃO NATURAL EM APARTAMENTOS: PARTE II - COMO A MAM-VN AVALIA**

**Alexandre Márcio Toledo (1); Fernando Oscar Ruttkay Pereira (2)**

- (1) Universidade Federal de Alagoas, Campus A. C. Simões, Tabuleiro do Martins, 57072-970 – Maceió /AL, Tel: (82) 3241-2482, e-mail: [prof.amtoledo@terra.com.br](mailto:prof.amtoledo@terra.com.br)  
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, CP 476, 88040-900 – Florianópolis/SC, Tel: (48) 331-7080, e-mail: [feco@arq.ufsc.br](mailto:feco@arq.ufsc.br)

### **RESUMO**

O padrão de escoamento de ar recomendado nem sempre é considerado na avaliação da ventilação natural pela ação do vento em edifícios residenciais e a teoria de distribuição de pressão é pouco aplicável a edifícios de forma ou divisão interior complexa. O objetivo do presente artigo é avaliar o desempenho de ventilação natural pela ação do vento em edifícios de apartamentos, considerando também esses aspectos. A metodologia consistiu na aplicação da Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural em dezesseis apartamentos de quatro edifícios da tipologia de quatro apartamentos por andar, situados em Maceió/AL. Os resultados obtidos de desempenhos parciais e globais mostram que o potencial dessa tipologia de edifício é muito variável, situando-se entre regular e muito ruim, para os apartamentos situados a barlavento e, entre ruim e péssimo, para os apartamentos situados a sotavento. Fato esse que confirma, em grande parte, os resultados esperados. A conclusão a que se chega é que, além da orientação, vários outros aspectos da configuração geométrica dos edifícios e dos apartamentos influenciam nos desempenhos de ventilação natural pela ação do vento. E que a MAM-VN mostrou-se muito sensível na consideração desses outros aspectos.

### **ABSTRACT**

The recommended outflow pattern for residential purposes has not always been taken into account and the pressure distribution theory has little usefulness to deal with complex form and internal partitions. The aim of the present paper is to evaluate the performance of natural ventilation due to wind action in housing units, considering the above mentioned aspects. The methodology consisted of the application of a Method for Multicriteria Evaluation of Natural Ventilation in sixteen housing units of four buildings four floors height, situated in Maceió/AL. The obtained results for partial and global performance have shown that the potential of this building typology is highly variable, showing regular and bad conditions for the windward apartment units, and bad and very bad conditions for the leeward apartment units, confirming the expected results. The main conclusion is that besides the building/units orientation, many other aspects from geometrical configuration of buildings and apartments influence the natural ventilation performance due to wind action. By its turn, the MME-NV has shown to be significantly sensible in the consideration of those other geometrical aspects.

### **1. INTRODUÇÃO**

Com base na teoria de distribuição de pressão do vento nas superfícies do edifício (ETHERIDGE e SANDEBERG, 1996; BLESSMANN, 1990), muitos aspectos podem ser considerados na avaliação da ventilação natural pela ação do vento em edifícios residenciais, dentre eles, a orientação adequada para captação dos ventos locais e a disposição e o tamanho das aberturas.

Os métodos de estimativa de ventilação natural geralmente utilizam as taxas de vazão ou as velocidades do fluxo como parâmetros de análise. Os Modelos de Rede e os Programas Computacionais de Dinâmica de Fluidos (CFDs) são utilizados como ferramentas para análise

quantitativa, em edifícios de plantas simples (SANTAMOURIS, 1998). Já as técnicas de visualização de escoamento são utilizadas como ferramentas para análise qualitativa, em edifícios de plantas ou divisão interior complexa (TOLEDO E PEREIRA, 2004a).

O problema é que o padrão de escoamento de ar recomendado para o uso residencial nem sempre é considerado nas análises. E a teoria da distribuição de pressão é de difícil aplicação em edifícios de forma ou distribuição interior complexas, pois, nesses casos, a distribuição de pressão nas faces do edifício e o escoamento interno são difíceis de serem observados ou estimados (SANTAMOURIS E ASIMAKOPOULOS, 1997). Como avaliar a ventilação natural pela ação do vento em apartamentos? Quais os critérios e ferramentas mais adequados?

O objetivo do presente artigo é avaliar o desempenho de ventilação natural pela ação do vento em edifícios de apartamentos, considerando também o padrão de escoamento do ar recomendado para o uso residencial.

Este artigo é complementado por duas outras partes: na parte I, os apartamentos são descritos e avaliados pelos arquitetos e professores de Projeto de Arquitetura e Conforto Ambiental de Maceió (TOLEDO E PEREIRA, 2005a) e, na parte III, os resultados das duas avaliações são comparados (TOLEDO E PEREIRA, 2005b).

## 2. METODOLOGIA

A metodologia, desta parte II, consistiu na aplicação da Metodologia Multicritério de Ventilação Natural (MAM-VN) a dezesseis apartamentos de quatro edifícios da tipologia de quatro apartamentos por andar, situados na orla litorânea da cidade de Maceió (9°40' latitude Sul e 35°42' longitude Oeste).

Quais sejam: edifício 1 (E1), todos apartamentos iguais, dois poços abertos e menor compactidade; edifícios 2 (E2), 3 (E3) e 4 (E4) com apartamentos iguais dois a dois; edifícios 2 e 3 com três poços abertos e compactidades intermediárias; edifício 4 com um poço aberto e maior compactidade; todos os apartamentos 1 (A1) com orientação Norte/Leste; apartamentos 2 (A2), Leste/Sul; apartamentos 3 (A3), Sul/Oeste e apartamentos 4 (A4), Oeste/Norte (ver figuras na parte I).

Os resultados da aplicação da MAM-VN foram analisados em duas etapas: a primeira entre os quatro apartamentos de cada um dos edifícios e a segunda entre os quatro apartamentos de mesma orientação dos quatro edifícios; e para duas condições: a primeira com os apartamentos situados a barlavento abertos (A) e a segunda com eles fechados (B).

Os resultados são discutidos detalhadamente para cada etapa e comparados com os resultados esperados, apresentados na parte I. Quais sejam: para a primeira etapa, apartamentos 1 e 2 melhores, apartamentos 3 e 4 piores, para os quatro edifícios; para a segunda etapa, edifícios 2 e 4 com melhores apartamentos e edifícios 1 e 3 com os piores apartamentos por orientação.

A escala utilizada para classificar os desempenhos parciais e globais foi a seguinte: ótimo, entre 9 e 10; muito bom, entre 8 e 9; bom, entre 7 e 8; razoável, entre 5 e 7; ruim, entre 4 e 5; muito ruim, entre 2 e 4; péssimo, entre 0 e 2.

### 2.1 A Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural

A Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural é constituída por três níveis, os quais englobam os fatores variáveis (primeiro e segundo níveis) e os fatores fixos do edifício (terceiro nível). A avaliação é focada no comportamento do escoamento, considerando a abrangência do fluxo e a passagem preferencial pelos ambientes internos, com base no padrão de escoamento ideal para ambientes residenciais; entretanto, não considera as taxas de vazão nem a velocidade do fluxo.

O **primeiro nível** é a desejabilidade sazonal de ventilação natural, o qual é subdividido em quatro categorias que correspondem às quatro estações do ano. O **segundo nível** é o potencial sazonal de ventos que é composto pelos ventos de maior frequência total de cada estação. O **terceiro nível** é o padrão de escoamento do ar recomendado para o uso residencial, o qual é subdividido em quatro categorias: abrangência do escoamento, níveis de percurso, localização de banheiros e de cozinhas (TOLEDO E PEREIRA, 2004b).

A MAM-VN estabelece Índices de Desempenhos Parciais (IDPs-VN) por direção de vento e por estação do ano e um Índice de Desempenho Global de Ventilação Natural (IDG-VN).

### 2.1.1 Desejabilidade Sazonal de Ventilação Natural para Maceió

Para a cidade de Maceió, que apresenta clima quente e úmido, foram considerados os seguintes pesos: 40% para Verão, 25% para Primavera e Outono, respectivamente, e 10% para Inverno. Foi utilizado o Programa Analysis Bio, desenvolvido pelo LabEEE da UFSC (LAMBERTS et al., 1997), para a determinação dos percentuais de desejabilidade (Figura 1 - Anexo).

### 2.1.2 Potencial Sazonal de Ventos para Maceió

Para a cidade de Maceió, a qual apresenta regime de vento anual com direção predominante de SE e L, seguido de S e NE, foi considerado o seguinte potencial sazonal de ventos: Verão – 15,85% NE, 45,96% L, 30,39% SE e 3,66% S; Outono – 4,77% NE, 20,90% L, 37,54% SE e 26,43% S; Inverno – 1,49% NE, 11,95% L, 43,61% SE e 36,23% S; Primavera – 13,88% NE, 40,15% L, 35,26% SE e 2,77% S. Foram utilizados os dados climáticos para 14 cidades brasileiras (GOULART et al., 1995) (Figura 1 - Anexo).

### 2.1.3 Padrão de escoamento do ar

O padrão ideal foi considerado como aquele em que o escoamento abrange a maior área dos ambientes; há poucos níveis de percursos internos do escoamento do ar; existem aberturas de entradas e saídas equivalentes, situadas em pelo menos duas faces externas do edifício, em zonas de pressões diferentes, para permitir a ventilação cruzada; as salas e os dormitórios situam-se em zonas de entrada; a cozinha e os banheiros têm sistemas independentes de ventilação ou se situam nas zonas de saída; (ALUCCI et al., 1986; RAMOS, 2002; TOLEDO E PEREIRA 2004b).

Para a visualização dos escoamentos, foram utilizados o método do traçador e a técnica de injeção direta do indicador com modelos reduzidos, no equipamento mesa d'água (TOLEDO E PEREIRA, 2004c). Os ensaios de escoamento foram fotografados e filmados; as imagens foram redesenhadas em CAD (ver figuras na parte III) e analisadas com o auxílio de Diagramas de Níveis de Percurso e Diagramas de Séries e Paralelos (não apresentados neste artigo). Os escoamentos foram avaliados para as quatro direções de vento: NE, L, SE e S, por meio de planilha eletrônica (Figura 2 - Anexo).

## 3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA MAM-VN

### 3.1 Avaliação dos Apartamentos por Edifício

A ordem dos desempenhos dos apartamentos por edifício foi igual para os edifícios 1 e 2, apesar dos valores de desempenhos terem sido diferentes: o apartamento 1 sempre como o melhor de todos, o apartamento 2 como o segundo melhor, o apartamento 3 como o terceiro melhor e o apartamento 4 como o pior de todos (Gráficos 1 e 2).

A ordem dos desempenhos também foi igual para os edifícios 3 e 4, para a condição dos apartamentos situados a barlavento fechados, com valores de desempenhos também diferentes: o apartamento 3 sempre como o melhor de todos, o apartamento 2 como o segundo melhor, o apartamento 1 como o terceiro melhor e o apartamento 4 como o pior de todos (Gráficos 3 e 4).

#### 3.1.1 Apartamentos do Edifício 1

O apartamento 1 apresentou o melhor desempenho dos quatro apartamentos do edifício 1, seguido pelo apartamento 2. Os apartamentos 3 e 4 apresentaram desempenhos muito próximos; entretanto, na condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento, o apartamento 4 assume claramente a pior posição.

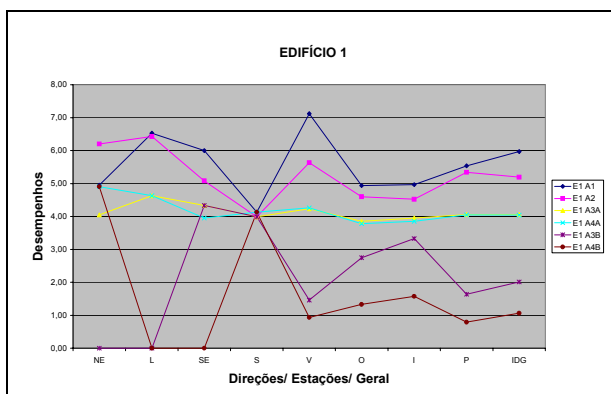
O **apartamento 1** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (5,97), os melhores desempenhos para as direções L, SE e S (igual ao A4) e também para as quatro estações. O **apartamento 2** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (5,19), o melhor desempenho para a direção NE (6,20), o segundo melhor para as direções L, SE e S (igual ao A3) e também para todas as quatro estações.

O **apartamento 4** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (4,04) e também os piores desempenhos para as direções L (igual ao A3) e SE e ainda de Outono, Inverno e Primavera. O **apartamento 3** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (4,06), o terceiro melhor

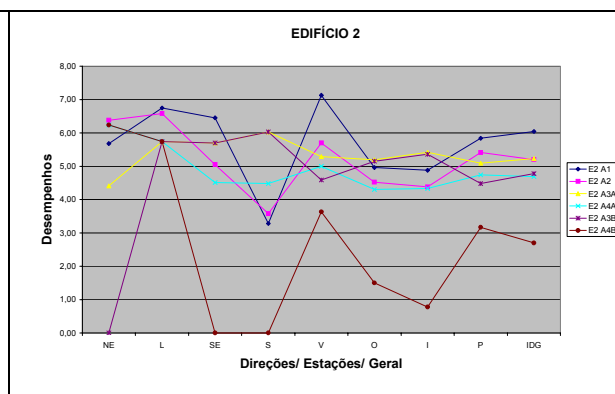
desempenho para a direção SE e ainda de Outono, Inverno e Primavera, apesar de ter apresentado os piores desempenhos para as direções NE (4,05) e L (igual ao A4) e o pior de Verão.

Para a condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento (E1A3B e E1A4B), as posições se mantêm; o apartamento 4 assume a liderança do pior desempenho global (1,06), mantendo-se como o terceiro melhor apenas para NE (4,90). O desempenho global do apartamento 3 passou de 4,06 para 2,01, tornando-se o pior para as direções NE, L (igual ao A4) e S (igual ao A2).

**Gráfico 1: Apartamentos do Edifício 1**



**Gráfico 2: Apartamentos do Edifício 2**



### 3.1.2 Apartamentos do Edifício 2

O apartamento 1 apresentou o melhor desempenho dos quatro apartamentos do edifício 2, seguido pelos apartamentos 3 e 2, ambos muito próximos entre si. O apartamento 4 apresentou o pior desempenho, entretanto, não muito distante dos demais. Na condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento, invertem-se as posições entre os apartamentos 2 e 3.

O **apartamento 1** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (6,04) e também os melhores desempenhos para as direções L (6,75) e SE (6,45) e ainda de Verão e Primavera; apresentando, porém, o pior desempenho de direção S (3,28). O **apartamento 3** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (5,23), o melhor desempenho para a direção S (6,03), o segundo melhor para a direção SE, e também o primeiro melhor de Outono e Inverno; apresentando, porém, o pior desempenho de direção NE (4,41).

O **apartamento 4** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (4,69), os piores desempenhos para as direções L (igual ao A3) e SE e ainda para todas as quatro estações, apesar de ter apresentado o segundo melhor desempenho de direção NE. O **apartamento 2** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (5,20), apesar de ter apresentado o melhor desempenho de direção NE (6,38), o segundo melhor desempenho de direção L e também de Verão e Primavera.

Para a condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento (E2A3B e E2A4B), as posições se invertem entre os apartamentos 2 e 3. O apartamento 2 passa a apresentar o segundo melhor desempenho e o apartamento 3 o terceiro melhor, passando de 5,23 para 4,78. O apartamento 4 continua a apresentar o pior desempenho, passando de 4,69 para 2,70.

### 3.1.3 Apartamentos do Edifício 3

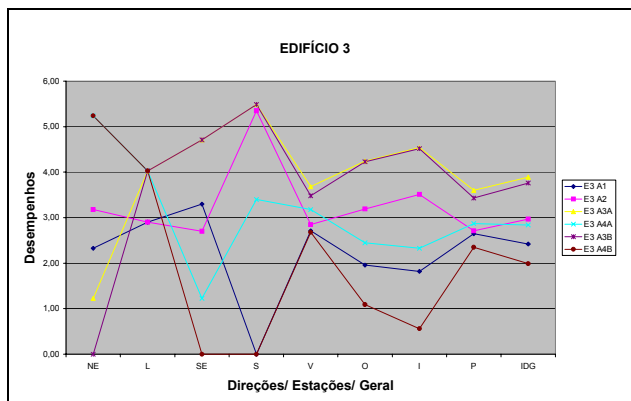
O apartamento 3 apresentou o melhor desempenho dos quatro apartamentos do edifício 3, seguido pelos apartamentos 2 e 4, ambos apresentando desempenhos muito próximos entre si. O apartamento 1 apresentou o pior desempenho dentre eles. Na condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento, invertem-se as posições entre os apartamentos 1 e 4. Todos os quatro apartamentos apresentaram desempenhos globais muito baixos.

O **apartamento 3** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (3,89) e também os melhores desempenhos para as direções L (4,03, igual ao A4), SE (4,71) e S (5,49) e ainda para todas as quatro estações. O **apartamento 2** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (2,97), o segundo melhor desempenho para a direção S e também de Outono e Inverno.

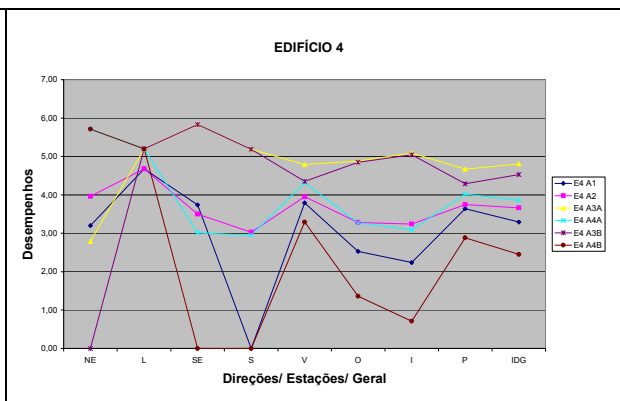
O **apartamento 1** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (2,42), o pior desempenho para as direções L (2,90, igual ao A2) e S (nulo) e ainda para todas as quatro estações. O **apartamento 4** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (2,84), apesar de ter apresentado o melhor desempenho de direção NE (5,24) e L (4,03, igual ao A3) e também o segundo melhor desempenho de Verão e Primavera.

Para a condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento (E3A3B e E3A4B), o apartamento 3 permanece como o melhor desempenho dos quatro e as posições se invertem entre os apartamentos 1 e 4. O apartamento 1 passa a apresentar o terceiro melhor desempenho e o apartamento 4 o pior desempenho, passando de 2,84 para 1,99.

**Gráfico 3: Apartamentos do Edifício 3**



**Gráfico 4: Apartamentos do Edifício 4**



### 3.1.4 Apartamentos do Edifício 4

O apartamento 3 apresentou o melhor desempenho dos quatro apartamentos do edifício 4, seguido pelos apartamentos 4 e 2, ambos apresentando desempenhos muito próximos entre si. O apartamento 1 apresentou o pior desempenho dentre eles. Na condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento, invertem-se as posições entre os apartamentos 1, 2 e 4. Todos os quatro apartamentos apresentaram desempenhos globais baixos.

O **apartamento 3** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (4,81) e também os melhores desempenhos para as direções L (5,20, igual ao A4), SE (5,83) e S (5,19) e ainda para todas as quatro estações; apesar de ter apresentado o pior desempenho para a direção NE (2,79). O **apartamento 4** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (3,86), os melhores desempenhos de direção NE (5,71) e L (5,20, igual ao A3) e o segundo melhor desempenho de Verão e Primavera; apesar de ter apresentado o pior desempenho de direção SE (3,01).

O **apartamento 1** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (3,29), o pior desempenho para as direções L (4,68, igual ao A2) e S (nulo) e ainda para todas as quatro estações. O **apartamento 2** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (3,66), apesar de ter apresentado o segundo melhor desempenho para as direções NE e S e ainda de Outono e Inverno.

Para a condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento (E4A3B e E4A4B), o apartamento 3 permanece como o melhor desempenho dos quatro e as posições se invertem entre os apartamentos 1, 2 e 4. O apartamento 2 passa a apresentar o segundo melhor desempenho, o apartamento 1, o terceiro melhor desempenho e o apartamento 4 o pior desempenho, passando de 3,86 para 2,45.

## 3.2 Avaliação dos Apartamentos por Orientação

A ordem dos desempenhos dos edifícios foi igual para os apartamentos de orientação 1 e 2: o edifício 2 sempre como o melhor de todos, o edifício 1 como o segundo melhor, o edifício 4 como o terceiro melhor e o edifício 3 como o pior de todos (Gráficos 5 e 6).

### 3.2.1 Apartamentos 1: Orientação Norte/Leste

O edifício 2 apresentou o melhor desempenho dentre os apartamentos 1, seguido pelo edifício 1. O edifício 3 apresentou o pior desempenho dentre eles, seguido pelo edifício 4. Contraditoriamente, essa orientação é a que apresenta os dois maiores desempenhos globais e também o menor de toda a amostra, para a condição de apartamentos situados a barlavento abertos.

O **edifício 2** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (6,04, o maior desempenho global da amostra) dentre os apartamentos de orientação Norte/Leste, os melhores desempenhos para as direções NE (5,68), L (6,75) e SE (6,45) e ainda de Verão, Outono e Primavera. O **edifício 1** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (5,97, o segundo maior desempenho global da amostra), o melhor desempenho de direção S (4,13) e de Inverno (4,97).

O **edifício 3** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (2,42, o menor desempenho global da amostra) dentre os apartamentos de orientação Norte/Leste, os piores desempenhos para todas as direções de vento e ainda para todas as estações. O edifício 4 apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (3,29), apesar de ter apresentado o pior desempenho de direção S (nulo, igual ao A1 do E3).

Gráfico 5: Desempenhos dos Apartamentos 1

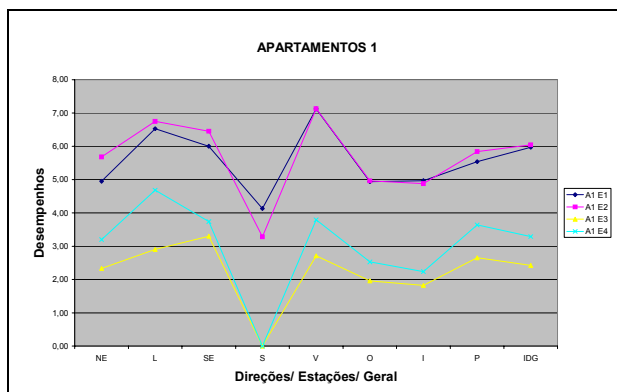
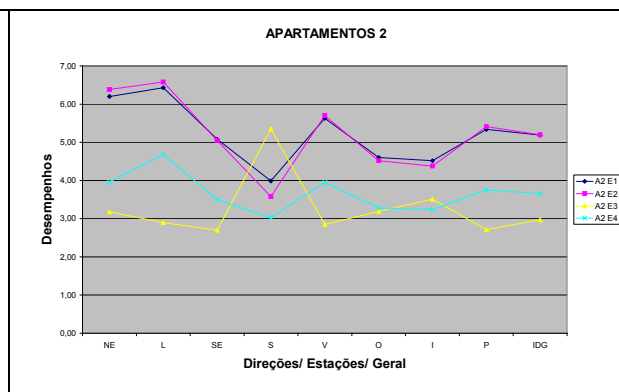


Gráfico 6: Desempenhos dos Apartamentos 2



### 3.2.2 Apartamentos 2: Orientação Leste/Sul

O edifício 2 apresentou o melhor desempenho dentre os apartamentos 2, seguido pelo edifício 1. O edifício 3 apresentou o pior desempenho dentre eles, seguido pelo edifício 4.

O **edifício 2** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (5,20) dentre os apartamentos de orientação Leste/Sul, os melhores desempenhos para as direções NE (6,38) e L (6,58) e ainda de Verão e Primavera. O **edifício 1** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (5,19), o melhor desempenho de direção SE (5,08) e ainda de Outono (4,60) e Inverno (4,52).

O **edifício 3** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (2,97) dentre os apartamentos de orientação Leste/Sul, os piores desempenhos para as direções NE (3,18), L (2,90) e SE (2,70) e ainda de Verão, Outono e Primavera; entretanto apresentou o melhor desempenho para a direção S (5,35). O **edifício 4** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (3,66), apesar de ter apresentado o pior desempenho de direção S (3,03) e de Inverno.

### 3.2.3 Apartamentos 3: Orientação Sul/Oeste

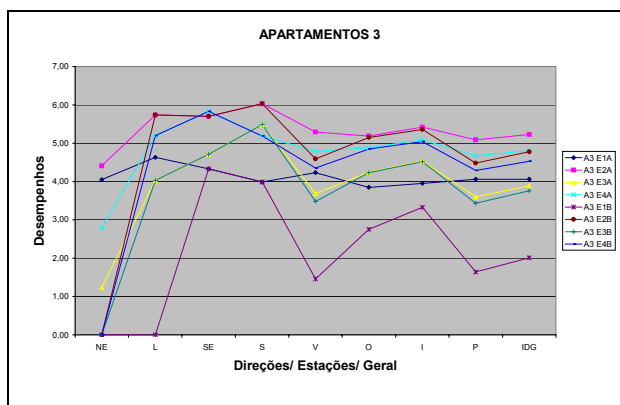
O edifício 2 apresentou o melhor desempenho dentre os apartamentos 3, seguido pelo edifício 4. O edifício 3 apresentou o pior desempenho dentre eles, seguido pelo edifício 1. Com o fechamento dos apartamentos situados a barlavento, as posições dos edifícios 1, 3 e 4 se alteram.

O **edifício 2** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (5,23, o terceiro maior desempenho global da amostra) dentre os apartamentos de orientação Sul/Oeste, os melhores desempenhos para as direções NE (4,41), L (5,74) e S (6,03) e ainda para todas as estações. O **edifício 4** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (4,81), o melhor desempenho de direção SE (5,83), o segundo melhor desempenho para a direção L e ainda para todas as estações.

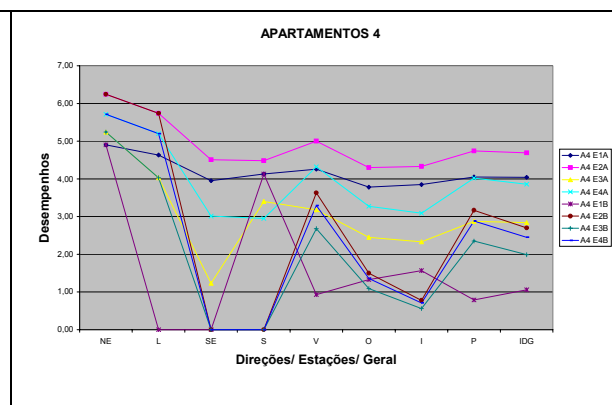
O **edifício 3** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (3,89) dentre os apartamentos de orientação Sul/Oeste, os piores desempenhos para as direções NE (1,23) e L (4,03) e ainda de Verão e Primavera; entretanto, apresentou o segundo melhor desempenho para a direção S. O **edifício 1** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (4,06), apesar de ter apresentado os piores desempenhos para as direções SE (4,33) e S (3,99) e ainda de Outono e Inverno.

Para a condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento (A3E1a4B), o apartamento 3 do edifício 2 permanece com o melhor desempenho dos quatro, mesmo passando de 5,23 para 4,78. O edifício 4 apresenta o segundo melhor desempenho, passando de 4,81 para 4,53; o edifício 3, o terceiro melhor desempenho, passando de 3,89 para 3,76; o edifício 1, o pior desempenho, passando de 4,06 para 2,01.

**Gráfico 7: Desempenhos dos Apartamentos 3**



**Gráfico 8: Desempenhos dos Apartamentos 4**



### 3.2.4 Apartamentos 4: Orientação Oeste/ Norte

O edifício 2 apresentou o melhor desempenho dentre os apartamentos 4, seguido pelo edifício 1. O edifício 3 apresentou o pior desempenho dentre eles, seguido pelo edifício 4. Com o fechamento dos apartamentos situados a barlavento, as posições dos edifícios 1, 3 e 4 se alteram.

O **edifício 2** foi o que apresentou o **melhor** desempenho global (4,69) dentre os apartamentos de orientação Oeste/Norte, os melhores desempenhos para todas as direções e ainda para todas as estações. O **edifício 1** apresentou o **segundo melhor** desempenho global (4,04), o segundo melhor desempenho para as direções SE e S, e ainda de Outono, Inverno e Primavera.

O **edifício 3** foi o que apresentou o **pior** desempenho global (2,84) dentre os apartamentos de orientação Oeste/Norte, os piores desempenhos para as direções L (4,03) e SE (1,23) e ainda para todas as estações. O **edifício 4** apresentou o **terceiro melhor** desempenho global (3,86), apesar de ter apresentado os segundo melhores desempenhos para as direções NE e L e de Verão; entretanto, apresentou o pior desempenho para a direção S (2,95).

Para a condição de fechamento dos apartamentos situados a barlavento (A4E1a4B), o apartamento 3 do edifício 2 permanece como o melhor desempenho dos quatro, mesmo passando de 4,69 para 2,70. O edifício 4 apresenta o segundo melhor desempenho, passando de 3,86 para 2,45; o edifício 3, o terceiro melhor desempenho, passando de 2,84 para 1,99; o edifício 1, o pior desempenho, passando de 4,04 para 1,06.

### 3.3 Síntese e Discussão dos Resultados da Aplicação da MAM-VN

A ordem dos desempenhos dos **apartamentos por edifício** foi igual para os edifícios 1 e 2, para a condição de apartamentos situados a barlavento fechados; apesar dos valores terem sido diferentes. A ordem dos desempenhos também foi igual, porém diferente dos edifícios 1 e 2, para os edifícios 3 e 4, para a mesma condição e com valores diferentes entre eles (Quadro 1).

Os desempenhos dos quatro **apartamentos dos edifícios 1 e 2** ocorreram dentro do esperado, para a condição de apartamentos situados a barlavento fechados (B), ou seja, os apartamentos 1 e 2 como os melhores e os apartamentos 4 e 3 como os piores, com desempenhos globais entre regular e péssimo

(E1) e entre regular e muito ruim (E2). Esses resultados demonstram que os apartamentos 1 (E1 e E2) apresentam desempenhos globais superiores aos dos apartamentos 2. Esse fato decorre dos desempenhos superiores de SE dos apartamentos 1 (e também de S, no E1); mesmo os apartamentos 2 apresentando duas faces a barlavento para a direção SE e uma face para a direção S. Atribui-se esse desempenho superior à melhor definição das aberturas de saída nos apartamentos 1, para a direção SE, em ambos; e à grande extensão da face L do edifício 1, o que permite a captação do vento S, mesmo se situando lateralmente, em relação à essa direção.

Os desempenhos dos quatro apartamentos dos **edifícios 3 e 4** ocorreram fora do esperado, pois o apartamento 3 apresentou o melhor desempenho em ambos. E o apartamento 4 só apresentou o pior desempenho para a condição de fechamento do apartamento 3, também em ambos. Os desempenhos globais se situaram entre muito ruim e péssimo, para o edifício 3, e entre ruim e muito ruim, para o edifício 4. Esses resultados demonstram que os apartamentos 3 (E3 e E4) apresentam desempenhos globais superiores aos dos apartamentos 1 e 2; apesar de se situarem a sotavento para a direção NE e apresentarem apenas parte das aberturas para a direção L. Esse fato decorre dos desempenhos superiores de L e SE pelos apartamentos 3; mesmo os apartamentos 1 e 2 apresentando grandes faces a barlavento para essas direções. Atribui-se esse desempenho superior à melhor definição de aberturas de saída nos apartamentos 3, para as direções L, SE e S, em ambos.

**Quadro 1 – Resultados da MAM-VN Apartamentos (A) por Edifício (E)**

	E1	E2		E3		E4	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
<b>1º Melhor</b>	A1	A1	A1	A3	A3	A3	A3
<b>2º Melhor</b>	A2	A3	A2	A2	A2	A4	A2
<b>3º Melhor</b>	A3	A2	A3	A4	A1	A2	A1
<b>4º Pior</b>	A4	A4	A4	A1	A4	A1	A4

A ordem dos desempenhos dos edifícios para **apartamentos de mesma orientação** foi igual para os apartamentos de orientação 1 e 2: os edifícios 2 e 1 como os melhores e os edifícios 3 e 4 como os piores. A ordem também foi igual para os apartamentos de orientação 3 e 4, para a condição de apartamentos situados a barlavento fechados: os edifícios 2 e 1 sempre como os melhores e os edifícios 3 e 4 como os piores (Quadro 2).

**Quadro 2 – Resultados da MAM-VN Apartamentos (A) por Orientação**

	A1	A2	A3		A4	
			(A)	(B)	(A)	(B)
<b>1º Melhor</b>	E2	E2	E2	E2	E2	E2
<b>2º Melhor</b>	E1	E1	E4	E4	E1	E4
<b>3º Melhor</b>	E4	E4	E1	E3	E4	E3
<b>4º Pior</b>	E3	E3	E3	E1	E3	E1

Os desempenhos dos quatro **apartamentos 1 e 2** ocorreram dentro do esperado para os edifícios 2 e 3 e fora do esperado para os edifícios 1 e 4. Os desempenhos globais dos apartamentos 1 e 2 se situaram entre regular e muito ruim. Os desempenhos dos quatro **apartamentos 3 e 4** ocorreram dentro do esperado apenas para o edifício 2, na condição de apartamentos a barlavento abertos, e para todos eles, na condição de apartamentos a barlavento fechados. Os desempenhos globais dos apartamentos 3 se situaram entre regular e muito ruim e dos apartamentos 4, entre ruim e péssimo.

Esses resultados comprovam a diferenciação decorrente dos aspectos geométricos, pela qual o edifício 2 (comp. intermediária, 3 poços e apart. diferenciados) apresenta os melhores apartamentos para todas as orientações; os edifícios 1 (menor comp., 2 poços e apart. idênticos) e 4 (maior comp., 1 poço e apart. diferenciados) só apresentam os segundo melhores apartamentos a barlavento (A1 e A2) e a sotavento (A3 e A4), respectivamente; o edifício 3 (comp. intermediária, 3 poços e apart. quase idênticos) apresenta os piores apartamentos a barlavento (A3 e A4).



#### 4. CONCLUSÕES

Nesse artigo foram avaliados os desempenhos de ventilação natural de dezesseis apartamentos de quatro edifícios da tipologia de quatro apartamentos por andar, os quais apresentam forma e divisão interior complexa. Foi aplicada a Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural, a qual é constituída por três níveis que consideram a desejabilidade de ventilação natural, o potencial de ventos por estação e o padrão de escoamento do ar recomendado para o uso residencial.

Os resultados da aplicação da MAM-VN, para os desempenhos dos apartamentos por edifícios, ocorreram totalmente dentro do esperado para os dois primeiros e fora do esperado para os dois últimos. Para os desempenhos dos apartamentos por orientação, os resultados ocorreram dentro do esperado para os edifícios intermediários e fora do esperado para os primeiro e último edifícios.

Os resultados dos desempenhos globais mostram que o potencial dessa tipologia de edifício de quatro apartamentos por andar é muito variável, situando-se entre regular e muito ruim, para os apartamentos situados mais a barlavento; e entre ruim e péssimo, para os apartamentos situados mais a sotavento.

A conclusão a que se chega é de que, além da orientação, vários outros aspectos da configuração geométrica dos edifícios e dos apartamentos influenciam nos desempenhos de ventilação natural pela ação do vento. E que a MAM-VN mostrou-se muito sensível na consideração desses outros aspectos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, M.; CARNEIRO, C.; BARING J. (1986) Implantação de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica. São Paulo: IPT.
- BLESSMANN, J. (1990) Aerodinâmica das construções. Porto Alegre: Sagra.
- ETHERIDGE, D.; SANDEBERG, M. (1996) Building ventilation: theory and measurement. Wiley & Sons. West Sussex (UK).
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1995) Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras. Florianópolis: UFSC.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. (1997) Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW.
- RAMOS, A. (2002) Incorporação imobiliária: roteiro para avaliação de projetos. Brasília: Lettera.
- SANTAMOURIS, M. (1998) Prediction methods. In: Natural ventilation in buildings, ed. A. Francis, James & James, London.
- SANTAMOURIS, M.; ASIMAKOPOULOS, D. (1997) Passive cooling of building. James & James. London.
- TOLEDO, A.M.; PEREIRA F.O.R. (2004a) A avaliação do desempenho da ventilação natural pela ação do vento em edifícios residenciais. In: Seminário Internacional: Demandas Sociais, Inovações Tecnológicas e a Cidade, NUTAU 2004, São Paulo, 10p.
- TOLEDO, A.M.; PEREIRA F.O.R. (2004b) Metodologia de Avaliação Multicritério de Ventilação Natural: detalhamento para aplicação em apartamentos. In: Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul, MERCOFRIO 2004, Curitiba, 10p.
- TOLEDO, A., PEREIRA, F. (2004c), Visualização analógica da ventilação natural pela ação dos ventos em edifícios na mesa d'água. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, ClaCS-ENTAC 2004, São Paulo, 15p.
- TOLEDO, A.M.; PEREIRA F.O.R. (2005a) Avaliação da ventilação natural em apartamentos: parte I - como os arquitetos avaliam. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 2005, Maceió, 10p.
- TOLEDO, A.M.; PEREIRA F.O.R. (2005b) Avaliação da ventilação natural em apartamentos: parte III – comparação dos resultados. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 2005, Maceió, 10p.

