



# XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

## O DESEMPENHO DE DUTOS DE VENTILAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS DE APARTAMENTOS

LAMENHA, Melyna (1); BITTENCOURT, Leonardo (2)

(1) UFAL, (082) 8824-9448, e-mail: melynalamenha@gmail.com, (2) Instituição, e-mail: lsb54@hotmail.com

### RESUMO

O sombreamento e a ventilação natural se constituem nas estratégias bioclimáticas mais relevantes no que se refere à adaptação das edificações às características do clima quente e úmido. No contexto da maioria das cidades brasileiras, entretanto, os códigos de edificações consideram alguns cômodos de permanência transitória como adequadamente ventilados através de poços horizontais e/ou verticais. Na realidade, vários destes ambientes têm se mostrado inadequadamente ventilados, apresentando reduzidas taxas de renovação de ar e favorecendo o aparecimento de bolor. O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização de dutos verticais e horizontais, para incrementar a ventilação natural de habitações de interesse social. A metodologia utilizada baseia-se em análise comparativa do desempenho de modelos computacionais de apartamentos com determinados ambientes abertos para dutos com diferentes configurações, visando analisar a influência da posição (vertical e horizontal), dimensão da seção do duto, aberturas de entrada e saída dos dutos e ângulo de incidência do vento, que resultaram em cinco modelos. O estudo foi realizado utilizando-se o programa baseado na dinâmica de fluidos computacional (CFD), PHOENICS VR 3.6.1 (CHAM, 2005). Os resultados mostram que a ventilação natural através de dutos pode ser eficaz, desde que devidamente projetada. A orientação das unidades habitacionais em relação aos ventos dominantes tem grande influência na circulação do vento no interior dos ambientes. Além disso, é indispensável a existência de aberturas de entrada e saída devidamente posicionadas, mesmo nos apartamentos bem orientados em relação aos ventos dominantes. As ferramentas de simulação computacionais permitem a visualização prévia e ajuste das estratégias mais adequadas para cada projeto, podendo ser usadas para refinar as recomendações dos atuais códigos de edificações existentes no Brasil, no que se refere à ventilação por meio de dutos.

**Palavras-chave:** Ventilação natural, Simulação computacional, Dutos de ventilação.

### ABSTRACT

*Shading and natural ventilation are among the more relevant bioclimatic strategies for buildings located in warm humid regions. In most of Brazilian cities, however, building codes consider some transitory occupancy rooms as properly ventilated if they present openings connected to vertical or horizontal shafts. In practice, most of these rooms have shown to be inadequately ventilated, displaying low air changes rates and bolor growing. This paper aims to investigate the use of vertical and horizontal shafts to produce natural ventilation in social housing constructions. The methodology is based on a comparative analysis of natural ventilation performance of computer models of apartments having some rooms connected to shafts with different configurations in order to examine the influence of position (vertical and horizontal), dimension of shaft cross section area, inlets and outlets location, under different wind incidence angles, resulting in five models. The study was carried out using a CFD software called PHOENICS VR 3.6.1 (CHAM, 2005). Results have shown that satisfactory natural ventilation rates can be obtained depending on building components design. The apartment orientation regarding prevailing wind incidence plays an important role on the air flow. Besides, the existence of inlets and outlets with similar sizes and properly placed are key issues, even in apartments facing the prevailing winds. Computer simulations allow for design retrofit and eventual fine tuning. In addition, it may be used to refine the existing Brazilian building codes regarding natural ventilation requirements.*

**Keywords:** *Natural ventilation, Computer simulation, Ventilation shafts.*

## **1 INTRODUÇÃO**

A renovação do ar no interior das edificações é de extrema importância para a qualidade de vida das pessoas. Em climas quentes e úmidos, além da qualidade do ar, a ventilação natural pode ser usada para remover a carga térmica oriunda dos ganhos térmicos da edificação, bem como para produzir resfriamento fisiológico nos usuários dos espaços arquitetônicos (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2010).

Por ser um recurso gratuito e disponível em todo território brasileiro, a ventilação natural torna-se uma estratégia de grande importância, principalmente para habitações de interesse social. Entretanto, o potencial dos ventos tem sido mal utilizado na construção desses edifícios que, geralmente, apresentam um padrão projetual com plantas baixas espelhadas, resultando na má orientação da maioria das unidades habitacionais em relação aos ventos dominantes.

Além disso, a maioria das normas e códigos de edificações apresentam requisitos imprecisos e pouco específicos em relação ao desempenho da ventilação natural nos edifícios. Eles permitem, por exemplo, que ambientes de uso transitório (como banheiros e cozinhas) sejam considerados como adequadamente ventilados se estiverem conectados a poços verticais ou horizontais, independentemente da orientação desses ambientes em relação aos ventos dominantes, da configuração desses poços ou das características das aberturas que conectam os ambientes aos poços de ventilação.

Na prática, essa situação tem produzido ambientes desconfortáveis, insalubres e mal ventilados, onde não é raro o aparecimento de superfícies emboloradas. Curiosamente, esse tema não costuma ser tratado com frequência na literatura específica sobre o assunto, deixando muitas questões em aberto.

O objetivo deste trabalho é examinar o desempenho de dutos (também conhecidos por prismas ou *shafts*) verticais e horizontais com diferentes configurações, utilizados para incrementar a ventilação natural em edifícios de apartamentos de habitações de interesse social.

## **2 METODOLOGIA**

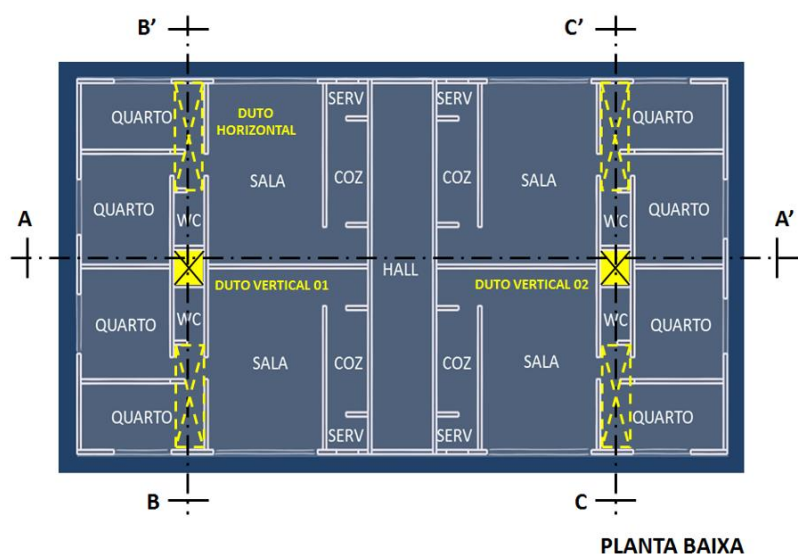
### **2.1 Caracterização do objeto de estudo**

O objeto de estudo desse trabalho é um edifício de apartamentos com três pavimentos e quatro apartamentos por andar, com ambientes ventilados com o auxílio de poços.

Trata-se de edificação destinada à habitação de interesse social e está representada nesse estudo por uma maquete digital. Para facilitar futuras comparações, a maquete foi elaborada com base no edifício usado na elaboração do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2012), no qual foram inseridos dutos horizontais e verticais, cuja planta baixa e o esquema em três dimensões podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

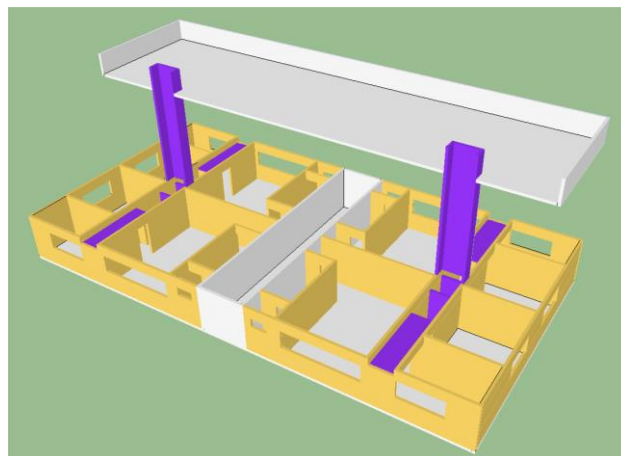
Foram analisados os desempenhos da ventilação nos apartamentos localizados em diferentes alturas: no pavimento térreo (menor velocidade do vento); e no pavimento superior (maior velocidade do vento).

**Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo do modelo examinado**



Fonte: Os autores (2014)

**Figura 2 – Esquema da localização dos dutos verticais e horizontais**



Fonte: Os autores (2014)

Os dutos verticais localizam-se entre os banheiros dos apartamentos, com seção transversal de 1,20m x 1,20m e abertura superior do duto localizada a 1,20m acima da coberta do edifício. Os dutos horizontais conectam os banheiros ao espaço externo e passam sobre o forro dos quartos em cada apartamento com seção transversal medindo 1,20m x 0,40m.

Os apartamentos do segundo andar (pavimento intermediário) foram modelados sem as divisões internas para acelerar o processo de simulação.

As janelas foram consideradas como totalmente abertas, com área correspondente a 15% da área de piso do ambiente.

## 2.2 Simulação computacional

O estudo foi realizado por meio de simulações no programa de Mecânica Computacional dos Fluidos, PHOENICS VR 3.6.1 (CHAM, 2005).

Para a visualização dos resultados, foram utilizados os gráficos de vetores e campos de cores que o programa fornece, com uma escala de velocidades em que cada cor representa um valor de velocidade correspondente.

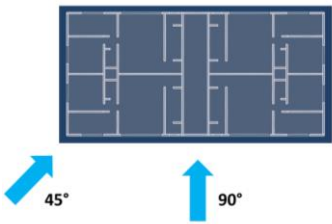
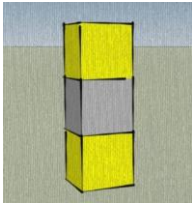
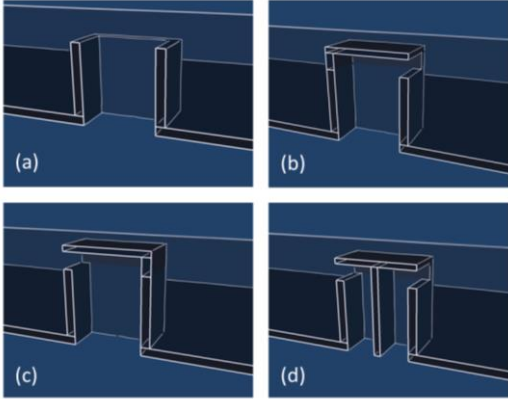
A velocidade média do vento utilizada foi de 4,00 m/s, considerando a correção do gradiente da velocidade do vento, por meio da Equação 1. Para a correção foram utilizados os coeficientes de rugosidade para centro de cidade.

$$V = k.z^a.V_m \quad (1)$$

onde,  $V$  = velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar (m/s);  
 $V_m$  = velocidade média do vento, medida na estação meteorológica a uma altura padrão de 10m (m/s);  
 $z$  = altura da abertura de entrada do vento (m);  
 $k, a$  = coeficientes de acordo com a rugosidade do entorno.

Neste estudo foi investigada a influência: das incidências de vento a 45° e 90° (oblíqua e normal à fachada mais extensa) (i); da localização do apartamento no bloco (ii); e do tipo de fechamento dos dutos (iii). Ver Quadro 1.

**Quadro 1 – Variáveis investigadas**

<p>Ângulos de incidência de vento (45° e 90°)</p>	
<p>Localização do apartamento no edifício de 3 pavimentos (1° e 3° andar)</p> <p>Obs.: Pavimentos analisados em amarelo</p>	
<p>Configurações das aberturas dos dutos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• duto vertical aberto (sem tampa) <b>(a)</b></li> <li>• duto vertical com tampa e abertura orientada a barlavento <b>(b)</b></li> <li>• duto vertical com tampa e abertura orientada a sotavento <b>(c)</b></li> <li>• duto vertical com duas seções e aberturas a barlavento e a sotavento <b>(d)</b></li> <li>• duto horizontal aberto ou fechado</li> </ul>	

Fonte: Os autores (2014)

A partir das variáveis apresentadas, foi elaborada uma matriz de simulação composta por cinco modelos computacionais. Esses modelos foram submetidos a duas incidências de vento (consideradas como 45° e 90° em relação ao plano da maior fachada), perfazendo um total de 10 simulações, como mostra o Quadro 02.

**Quadro 2 – Descrição dos modelos de simulação**

Simulações	Modelos	Descrição
01	Modelo 1	Duto horizontal aberto + duto vertical aberto (ilustração <b>a</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 45°.
02		Duto horizontal aberto + duto vertical aberto (ilustração <b>a</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 90°.
03	Modelo 2	Duto horizontal aberto + duto vertical com abertura orientada a barlavento (ilustração <b>b</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 45°.
04		Duto horizontal aberto + duto vertical com abertura orientada a barlavento (ilustração <b>b</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 90°.
05	Modelo 3	Duto horizontal aberto + duto vertical com abertura orientada a sotavento (ilustração <b>c</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 45°.
06		Duto horizontal aberto + duto vertical com abertura orientada a sotavento (ilustração <b>c</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 90°.
07	Modelo 4	Duto horizontal aberto + duto vertical com duas seções e aberturas orientadas a barlavento e a sotavento (ilustração <b>d</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 45°.
08		Duto horizontal aberto + duto vertical com duas seções e aberturas orientadas a barlavento e a sotavento (ilustração <b>d</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 90°.
09	Modelo 5	Duto horizontal fechado + duto vertical aberto (ilustração <b>a</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 45°.
10		Duto horizontal fechado + duto vertical aberto (ilustração <b>a</b> no Quadro 1), e ângulo de incidência do vento de 90°.

Fonte: Os autores (2014)

### 3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para analisar os resultados foram extraídos cortes no plano horizontal passando pelo centro geométrico das janelas, altura de 1,75m acima do piso, dos apartamentos localizados no pavimento térreo e no 3° pavimento e no plano vertical passando pelos dutos verticais.

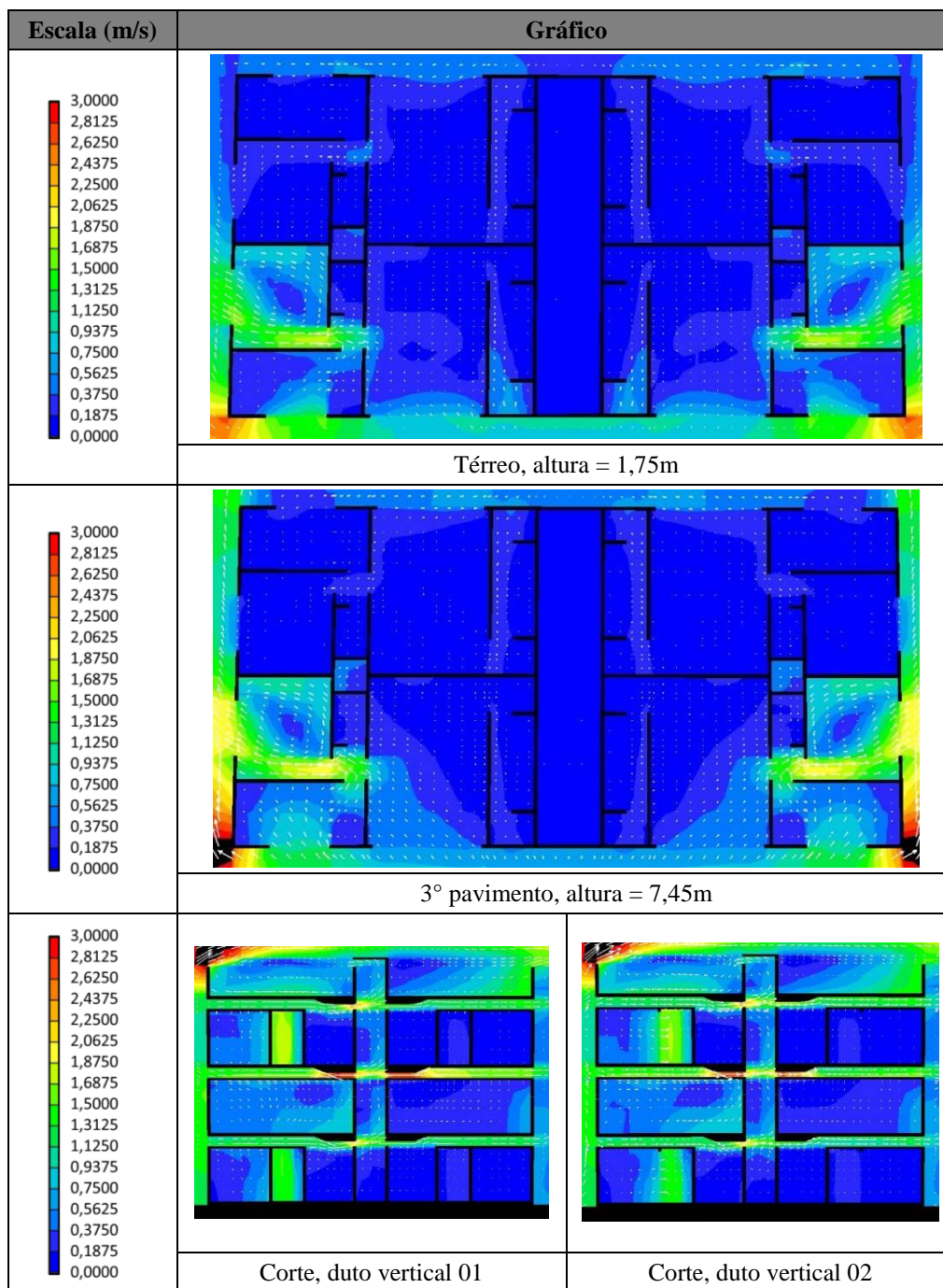
Os resultados mostram, como esperado, que as velocidades do vento são maiores no interior dos apartamentos localizados a barlavento. Quando o vento incide a 90° a

velocidade média do escoamento do ar interno dos apartamentos é maior que a observada com o vento incidindo a 45°.

Ao lado dos gráficos, apresenta-se a escala de velocidades com valores fixados entre 0,00m/s e 3,00m/s.

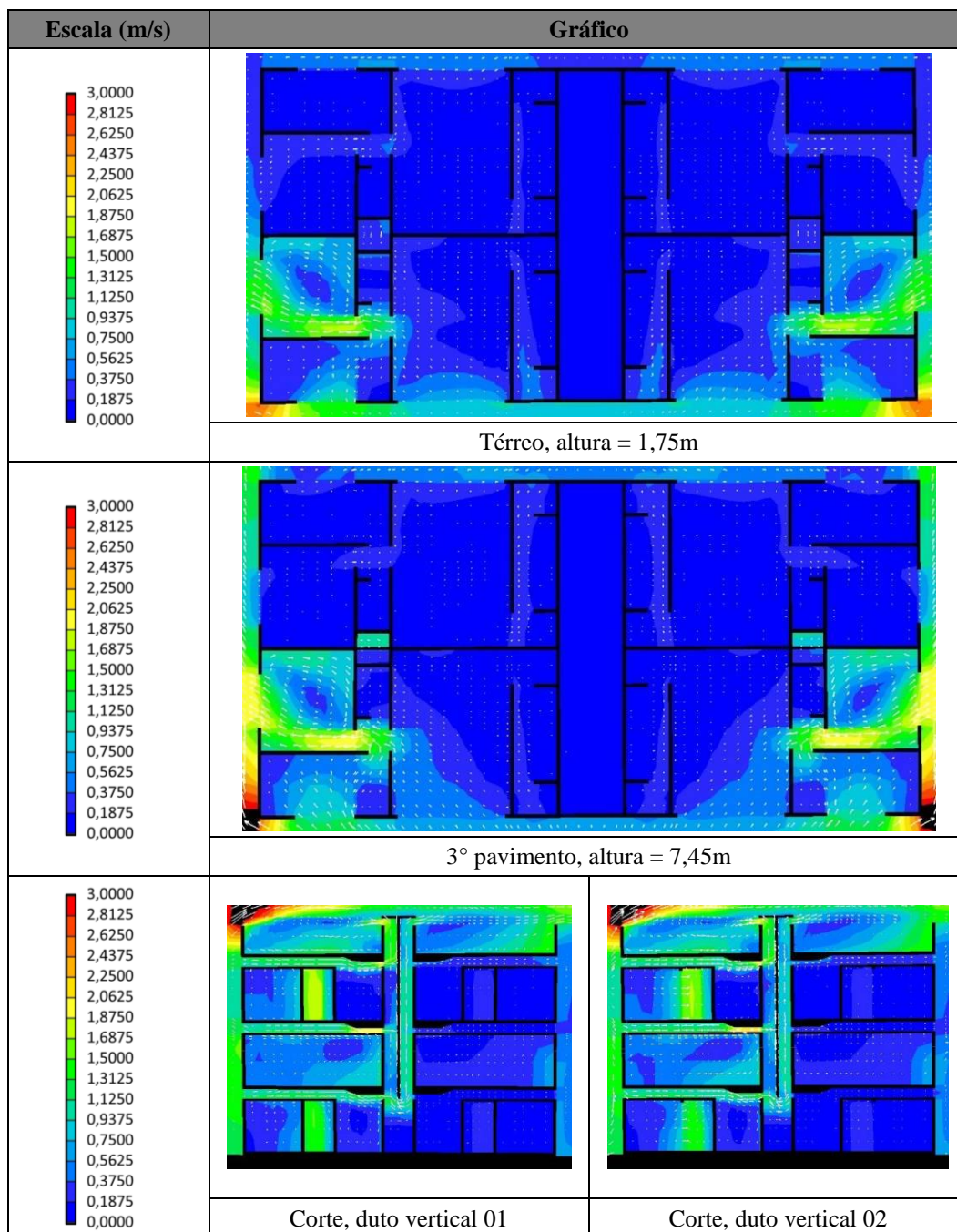
Os Quadros 3, 4 e 5 a seguir, apresentam os resultados dos modelos 2, 4 e 5, com incidência do vento de 90°.

**Quadro 3 – Modelo 2, incidência do vento a 90°**



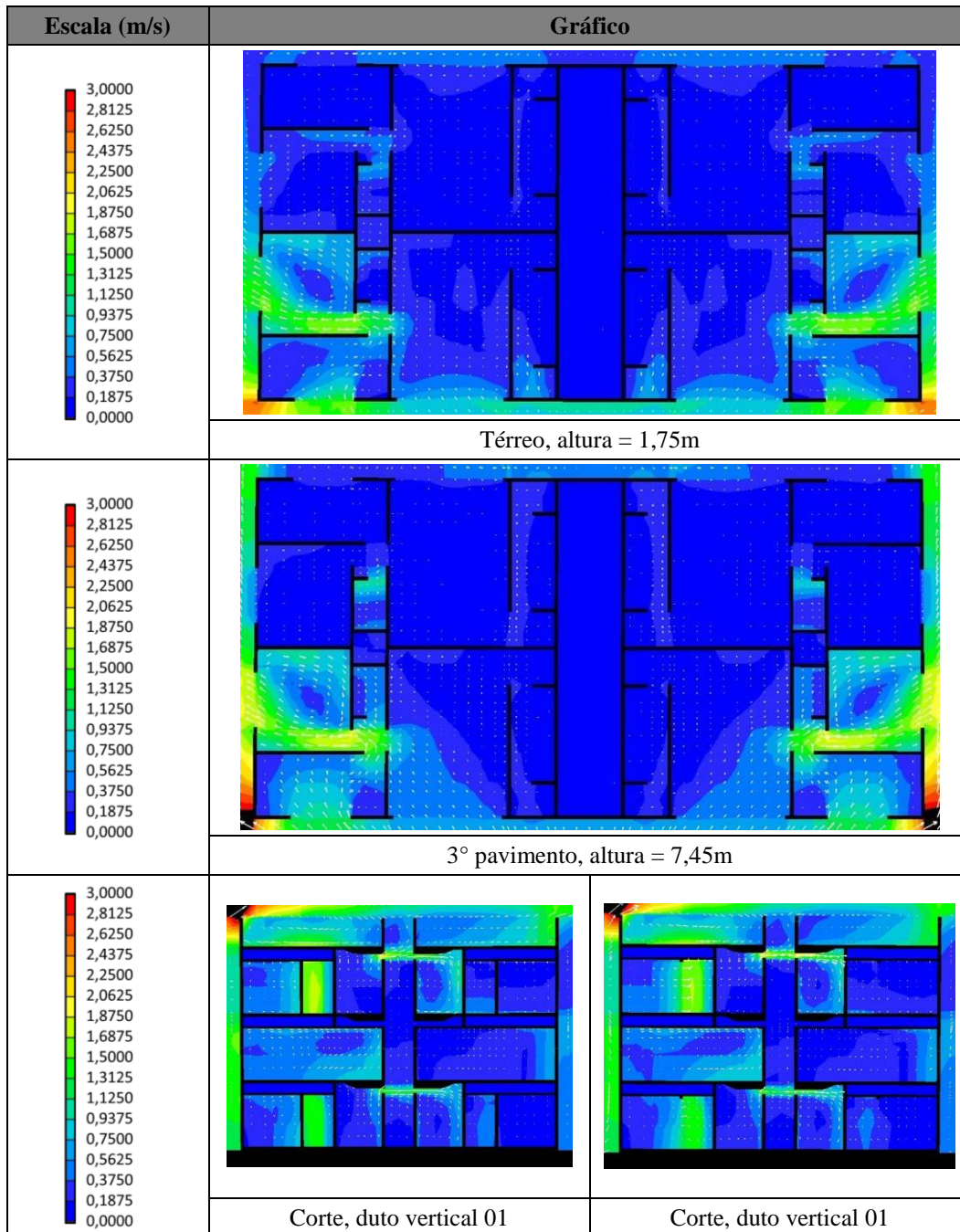
Fonte: Adaptado, CHAM (2005)

Quadro 4 – Modelo 4, incidência do vento a 90°



Fonte: Adaptado, CHAM (2005)

Quadro 5 – Modelo 5, incidência do vento a 90°



Fonte: Adaptado, CHAM (2005)

Quanto às aberturas dos dutos de ventilação verticais, nos **modelos 2 e 3**, a utilização do duto com fechamento horizontal e introdução de abertura vertical, funcionando ora como abertura de entrada, ora como abertura de saída, proporciona velocidades e distribuição do vento semelhantes às verificadas com o poço totalmente aberto na parte superior (**modelo 1**); tanto para os apartamentos a barlavento, quanto para os localizados a sotavento.

O **modelo 4**, com abertura de entrada e saída no duto vertical com divisória interna, apresenta uma diminuição das velocidades do vento no interior dos apartamentos a



sotavento, provavelmente por conta da divisória implantada no duto, que bloqueia o fluxo de vento dos dutos horizontais localizados acima dos forros dos banheiros.

No **modelo 5**, com dutos horizontais fechados, só existe circulação do ar quando as portas dos ambientes estão abertas, funcionando assim como aberturas de entrada ou saída do vento.

Pode-se observar que, de uma forma geral, os dutos horizontais de ventilação funcionam bem para a renovação do ar nos ambientes, mas dependendo da posição do mesmo, o sentido do fluxo pode ser indesejado. Isso ocorre, por exemplo, quando o fluxo passa dos banheiros para os demais ambientes.

Os dutos verticais de ventilação potencializam o movimento do vento interno aos apartamentos, principalmente quando associados a dutos horizontais.

O modelo de duto vertical com divisória, apesar de apresentar uma diminuição das velocidades do vento nos apartamentos a sotavento, evita o fluxo de vento indesejado de um banheiro para outro.

#### **4 CONCLUSÕES**

Este trabalho analisou o desempenho de dutos horizontais e verticais na ventilação natural de modelos computacionais criados com base no projeto de habitação de interesse social usado para a elaboração do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2012).

Como esperado, observou-se que a orientação adequada da edificação desempenha um papel importante na distribuição da ventilação natural interna dos ambientes.

A inserção de dutos de ventilação pode ser útil para ampliar o movimento do vento interno, mas se a implantação do edifício desconsidera os ventos dominantes locais, os efeitos podem ser indesejados no que se refere à qualidade do ar.

O estudo demonstrou que a simples implantação de dutos verticais e horizontais não garante uma adequada ventilação dos ambientes a eles conectados. No entanto, bons resultados podem ser alcançados caso a implantação desses dutos ocorra de forma criteriosa, no que se refere à incidência dos ventos dominantes e à configuração dos mesmos.

Para trabalhos futuros sugere-se o estudo do uso conjunto de dutos verticais e horizontais, bem como de edifícios com pilotis, que permitam a captação dos ventos incidentes através de aberturas inferiores de dutos verticais localizadas nesses ambientes.

#### **REFERÊNCIAS**

BITTENCOURT, L. S. e CÂNDIDO, C. M. (ELETROBRÁS/PROCEL/UFAL) **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro, Ago. 2010. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/425.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2014.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2008.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012**. Rio de Janeiro: [S.ed], 2012.

CHAM. **PHOENICS VR 3.6.1**. 2005. 1 CD-ROM.