

# DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS CONTENDO ESTRATÉGIAS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS DE MODO MISTO<sup>1</sup>

PEREIRA, F. A., Universidade Estadual de Campinas, email: arq.fernandaalves@gmail.com;  
NEVES, L. O., Universidade Estadual de Campinas, email: leticia@fec.unicamp.br

## ABSTRACT

*The mixed-mode system recently appeared in academic researches as a prominent strategy to reduce energy consumption in office buildings. This strategy, associated with envelope design optimization, can present satisfactory results in relation to indoor environmental conditions, reduction of energy consumption and operation costs with the air-conditioning system. However, a first literature review showed discrepancies between the expected and the real design of mixed-mode office buildings, in particular to Sao Paulo's circumstances. Therefore, investigations considering data generated from field surveys in real buildings become necessary. The present study develops a database containing information collected through a field survey about mixed-mode office buildings located in the city of Sao Paulo, a Brazilian humid subtropical climate location. The method is organized in three sections: sample selection of buildings for field survey; field data collection; statistical analyses and analytical design studies from the collected data, generating technical datasheets. As a final result, the database and technical datasheets were made available on a website, allowing to identify the most recurrent architectural design features of Sao Paulo's mixed-mode office buildings. The published data provides a robust support to the development of thermal and energy performance analyses of such buildings.*

**Keywords:** Mixed-mode ventilation. Hybrid ventilation. Office buildings. Database.

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas híbridos de ventilação, também conhecidos como modo misto, têm ganhado destaque nos últimos anos em pesquisas de estratégias para redução do consumo de energia em edifícios de escritórios. A estratégia consiste em combinar a ventilação natural com o sistema de ar condicionado, permitindo que os espaços sejam ventilados naturalmente durante os períodos favoráveis (CIBSE, 2000). Aliada à otimização do projeto da envoltória, a ventilação em modo misto permite atingir condições ambientais internas ideais em relação ao conforto e desempenho térmicos, e também reduzir o consumo de energia e custos operacionais com o ar condicionado (BRAGER; BRAKER, 2008).

Salcido et al. (2016), através de uma revisão da literatura, mostraram a existência de uma lacuna entre o desempenho previsto e real dos edifícios de escritórios de modo misto. Nesse mesmo sentido, Neves et al. (2017) destacaram a existência de divergências entre dados utilizados na literatura e estratégias adotadas na prática, em relação ao projeto da envoltória e às propriedades térmicas dos materiais. Sendo assim, ressalta-se a necessidade

---

<sup>1</sup> PEREIRA, F. A.; NEVES, L. O. Desenvolvimento de um banco de dados contendo estratégias de projeto de edifícios de escritórios de modo misto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018.

de uma investigação que considere dados gerados a partir de estudos de campo em edifícios reais.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo desenvolver um banco de dados com informações coletadas em um levantamento de campo em edificações de escritórios com ventilação híbrida representativas da cidade de São Paulo. As informações contidas no banco de dados servem como base para o desenvolvimento de protótipos e para o enquadramento analítico/ estatístico de futuros trabalhos na área.

## 2 MÉTODO

### 2.1 Seleção da amostra

Uma amostra de 153 edifícios foi selecionada, de um total de 2.870 edifícios de escritórios localizados em São Paulo, para a criação de um banco de dados de edifícios de escritórios de modo misto. Considerou-se, para seleção da amostra, sete filtros de busca que direcionam à tipologia de modo misto. São eles: cidade de São Paulo, edifícios de escritórios, classe C, salas de escritórios não corporativas, ar-condicionado do tipo individual, edifícios prontos para ocupação e edifícios construídos a partir de 1995. Esta seleção baseou-se em dados disponibilizados pela empresa Buildings (2016) e na leitura de imagens de satélite.

Com o intuito de levantar informações mais detalhadas sobre estas edificações, determinou-se uma parcela da amostra a ser visitada em uma pesquisa de campo. A seleção deu-se através de uma discriminação, utilizando-se da média e do desvio padrão das variáveis área do pavimento, área da sala e número de pavimentos, de forma a estabelecer faixas de valores para filtragem. Considerou-se também a viabilidade de visita, priorizando as regiões da cidade com maior concentração de edifícios. Com isso, obteve-se o número ideal de 50 edifícios a serem levantados em campo.

### 2.2 Levantamento de campo

Baseando-se em uma aproximação à literatura sobre o tema (ARADAG, 2011; IHARA, GUSTAVSEN, JELLE, 2015; RUPP e GHISI, 2013), realizou-se uma análise da influência de parâmetros arquitetônicos no desempenho termoenergético de edifícios de escritórios de modo misto, para seleção das variáveis levantadas em campo, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis levantadas em campo

<b>Dados gerais</b>	Nome do edifício; localização; cor da parede externa; espessura da parede; revestimento externo; número de pavimentos; formato do pavimento; posição longitudinal.
<b>Sala de escritório</b>	Formato da sala; dimensões; pé-direito; orientação solar da(s) fachada(s) envidraçadas; percentual de abertura da fachada (PAF).

<b>Esquadrias</b>	Localização; número de esquadrias na fachada; tipo de esquadria; dimensões; altura do peitoril; tipo de vidro; área de caixilho operável; área efetiva de abertura.
<b>Elementos de proteção solar</b>	Tipo de elemento de proteção solar; localização; dimensões.
<b>Estratégia de ventilação natural</b>	Unilateral ou cruzada.
<b>Sistema de ar-condicionado</b>	Tipo; localização da unidade condensadora.

Fonte: Os autores

Deu-se especial atenção na avaliação das aberturas para ventilação natural e nos parâmetros que interferem diretamente no volume de ar infiltrado, por influenciarem na eficácia da ventilação híbrida (CHANG; KATO; CHIKAMOTO, 2004). Dentre estes, destaca-se a área efetiva de abertura, que corresponde à área livre do caixilho disponível para fluxo de ar (CIBSE, 2005). Para o cálculo, descontou-se a área do caixilho e considerou-se apenas a área livre para infiltração do ar (BRASIL, 2012).

### 2.3 Análise de dados

Os dados coletados em campo foram computados em um banco de dados e analisados estatisticamente, visando identificar características projetuais mais recorrentes, dentre as variáveis levantadas, e as correlações existentes entre elas. Para interpretar o relacionamento entre variáveis contínuas utilizou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ) e para as variáveis categóricas utilizou-se uma tabela de contingência e o teste exato de Fisher. Entre as variáveis categóricas e contínuas utilizou-se diagramas de caixa como ferramenta comparativa.

Além disso, foram elaboradas fichas técnicas informativas de cada edifício visitado em campo, incluindo dados, fotografias e desenhos técnicos do projeto arquitetônico, do sistema de ar condicionado e do projeto de ventilação natural.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O banco de dados possui livre acesso e pode ser consultado no seguinte *link*: <http://www.fec.unicamp.br/~conforto/>. As Tabelas 1 e 2 a seguir apresentam um resumo das medidas estatísticas para as variáveis contínuas e categóricas, destacando as ocorrências estatisticamente significativas de cada variável.

Tabela 1 – Análise estatística das variáveis contínuas

Variáveis	Média	Desvio Padrão	IC -95% <sup>2</sup>
Absortância da parede (%)	51,69	15,79	[47,2;56,18]
Espessura da parede (m)	0,25	0,05	[0,24;0,27]
Área da sala (m <sup>2</sup> )	41,35	14,97	[37,1;45,61]

<sup>2</sup> Intervalo de confiança a nível de significância de 5%.

Pé-direito da sala (m)	2,47	0,09	[2,45;2,50]
PAF fachada (%)	24,70	13,76	[16,48;22,13]
PAF total da sala (%)	24,60	10,37	[21,65;27,55]
Área da esquadria (m <sup>2</sup> )	3,11	1,92	[0,75;0,84]
Altura da peitoril (m)	0,81	0,30	[0,76;0,86]
Percentual de caixilho operável (%)	0,64	0,32	[0,58;0,70]
Área de caixilho operável (folha) (m <sup>2</sup> )	0,95	0,42	[0,87;1,02]
Área de caixilho operável (total) (m <sup>2</sup> )	2,18	1,45	[1,92;2,44]
Área efetiva de abertura máxima (m <sup>2</sup> )	0,64	0,82	[0,46;0,72]

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Análise estatística das variáveis categóricas

Variáveis	Maior ocorrência	Proporção
Cor da parede externa	Branco ou Cinza	24%
Revestimento externo	Pintura	36%
Cor da cobertura	Cinza	73%
Nº pavimentos	12	32%
Formato do pavimento	Retangular	88%
Posição longitudinal do edifício	L-O ou N-S	28%
Orientação da fachada envidraçada	Norte	17%
Formato da sala	Retangular	94%
Existência de elemento de proteção solar	Não existente	52%
Elementos de proteção solar (quando existente)	Projeção da caixa do ar-condicionado	44%
Localização do elemento de proteção solar	Janela lateral	44%
Nº de esquadrias por fachada	1	80%
Tipo de esquadria	Máximo-ar	84%
Nº folhas totais	1, 2 ou 4	16%
Nº folhas operáveis	2	34%
Tipo de vidro (coloração)	Colorido/revestido	74%
Tipo de vidro (transparência)	Transparente	100%
Tipo de ar-condicionado	Split	40%
Localização da unidade condensadora	Varanda	24%
Estratégia de ventilação natural	Cruzada adjacente	66%

Fonte: Os autores

Verifica-se, a partir dos resultados apresentados na Tabela 3, que as variáveis altura de peitoril e PAF apresentam uma relação linear negativa, ainda que fraca. Isso significa que a altura do peitoril interfere no PAF, mas não são variáveis totalmente dependentes. As demais variáveis apresentadas na Tabela 3 indicam uma correlação positiva moderada.

Tabela 3 – Correlações de Pearson para variáveis contínuas

Variáveis	Correlação de Pearson
Altura peitoril x PAF fachada	-0,26
Área de caixilho operável (folha) x Área efetiva de abertura	0,54
Área de caixilho operável (total) x Área da esquadria	0,54

Fonte: Os autores

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que não há correlação entre as variáveis orientação solar da sala e estratégia de ventilação natural adotada. Entretanto, sabe-se que a ventilação de um ambiente depende, dentre outros fatores, da direção dos ventos dominantes, portanto, a orientação solar deveria ser considerada no projeto de aberturas.

Tabela 4 – Correlação entre orientação solar e estratégia de ventilação natural

	<b>Cruzada adjacente</b>	<b>Cruzada oposta e adjacente</b>	<b>Unilateral</b>
<b>L-O</b>	7 (0,21)	2 (0,4)	5 (0,42)
<b>N-S</b>	12 (0,37)	1 (0,2)	1 (0,08)
<b>NO-SE</b>	9 (0,27)	0 (0)	2 (0,17)
<b>SO-NE</b>	5 (0,15)	2 (0,4)	4 (0,33)

Fonte: Os autores

Ao analisar a correlação entre o ano de construção do edifício e o tipo de ar-condicionado (Tabela 5), observa-se a predominância de aparelhos do tipo *split* nos últimos anos, em detrimento do aparelho de janela. Tal mudança ocasionou uma interferência direta no projeto arquitetônico das edificações, tendo em vista que o maior uso de equipamentos *split* ocorre em conjunto com o maior uso de varandas, como pode ser visto na Tabela 6.

Não se observa correlação entre o ano de construção e a estratégia de ventilação natural adotada (Tabela 5), indicando uma falta de preocupação em otimizar o projeto de ventilação natural em função de novas tecnologias de esquadrias ou na mudança do tipo de sistema de ar-condicionado. A falta de preocupação com o projeto de ventilação natural também é evidenciada ao analisarmos a correlação inexistente entre a orientação da fachada envidraçada e o PAF (Figura 2), mostrando que não há uma preocupação projetual em relacionar o tamanho das aberturas com a orientação solar. Adicionalmente, a variabilidade do PAF da sala mostra-se semelhante para as estratégias de ventilação natural adotada (Figura 3). Tal fato mostra não ser uma diretriz de projeto o aumento da área de abertura para ventilação em salas com estratégia unilateral, o que seria uma forma de compensar a falta de aberturas em duas ou mais fachadas.

Tabela 5 – Correlação entre ano de construção e sistemas de ar condicionado e ventilação natural

	<b>1995-1999</b>	<b>2000-2006</b>	<b>2010-2015</b>
<b>Aparelho de janela</b>	9 (0,38)	3 (0,20)	0 (0)
<b>Sistema central</b>	10 (0,42)	2 (0,14)	0 (0)
<b>Split</b>	2 (0,08)	7 (0,46)	11 (0,53)

<b>Split/ aparelho de janela</b>	3 (0,12)	3 (0,20)	0 (0)
<b>Cruzada adjacente</b>	18 (0,54)	9 (0,28)	6 (0,18)
<b>Cruzada oposta e adjacente</b>	2 (0,4)	1 (0,2)	2 (0,4)
<b>Unilateral</b>	4 (0,33)	5 (0,42)	3 (0,25)

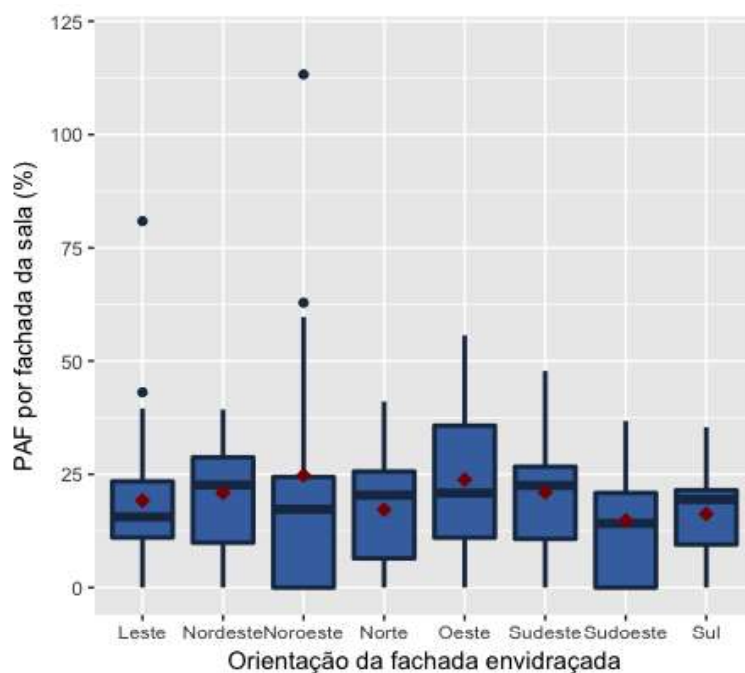
Fonte: Os autores

Tabela 6 – Correlação entre sistemas de ar condicionado e elementos de proteção solar

	<b>Aparelho de janela</b>	<b>Sistema central</b>	<b>Split</b>	<b>Split/Aparelho de janela<sup>3</sup></b>
<b>Brises</b>	2 (0,15)	0 (0)	0 (0)	1 (0,14)
<b>Caixa do AC</b>	4 (0,31)	0 (0)	2 (0,10)	5 (0,72)
<b>Varanda</b>	0 (0)	2 (0,17)	8 (0,40)	1 (0,14)
<b>Não existente</b>	7 (0,54)	10 (0,83)	10 (0,50)	0 (0)

Fonte: Os autores

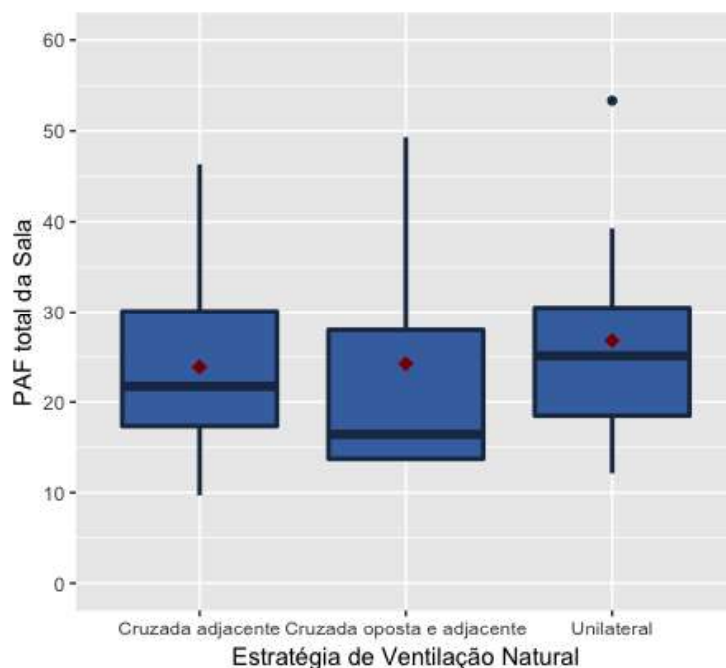
Figura 2 – Correlação entre PAF e orientação solar da fachada envidraçada



Fonte: Os autores

Figura 3 – Correlação entre PAF e estratégia de ventilação natural

<sup>3</sup> Considerou-se Split/ Aparelho de janela para os casos em que há a ocorrência de ambos em salas distintas do edifício.



Fonte: Os autores

## 4 CONCLUSÕES

O banco de dados e as fichas técnicas permitem a identificação das características de projeto de arquitetura mais recorrentes em edifícios de escritórios de modo misto na cidade de São Paulo, bem como dos intervalos de variação adotados na prática, para cada parâmetro. As informações computadas fornecem subsídios para o desenvolvimento de análises de desempenho termoenergético que considerem características de edifícios reais, tendo em conta restrições práticas de mercado, e permitindo o desenvolvimento de análises com enfoque no *Design of Experiments* (DOE).

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo nº 2017/21137-5) pelo apoio financeiro ao desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARADAG, S. et al. Hybrid Ventilation System Simulation for Several Cities in Turkey. **International Journal of Ventilation**, v. 9, n. 4, p. 351-357, 2011.

BRAGER, G. S.; BAKER, L. Occupant satisfaction in mixed-mode buildings. Network for Comfort and Energy Use in Buildings. **Proceedings...** In: AIR CONDITIONING AND THE LOW CARBON COOLING CHALLENGE. Windsor, UK: jul. 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. **Manual para**

**Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais.**  
Rio de Janeiro, 2012.

BUILDINGS. Buildings: pesquisa imobiliária inteligente. Disponível em: <<http://www.buildings.com.br/nossa-pesquisa-imobiliaria-corporativa/>>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

CHANG, H.; KATO, S.; CHIKAMOTO, T. Effects of outdoor air conditions on hybrid air conditioning based on task/ambient strategy with natural and mechanical ventilation in office buildings. **Building and Environment**, v. 39, n. 2, p. 153–164, 2004.

CIBSE - Chartered Institution of Building Services Engineers. **AM13 Mixed mode ventilation**. Grã-Bretanha, 2000. 87 p.

CIBSE - Chartered Institution of Building Services Engineers. **AM10 Natural Ventilation in Non-Domestic Buildings**. Grã-Bretanha, 2005. 70 p.

IHARA, T.; GUSTAVSEN, A.; JELLE, B. P. Effect of facade components on energy efficiency in office buildings. **Applied Energy**, v. 158, p. 422–432, 2015.

NEVES, L. de O. et al. Envelope design of mixed-mode office buildings: theory versus practice. IN: PLEA 2017 CONFERENCE, 2017, Edimburgo. **Proceedings...** Edimburgo: NCEUB, v. 2. p. 2632-2639, 2017.

RUPP, R. F.; GHISI, E. Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 75-86, 2013.

SALCIDO, J. C.; RAHEEM, A. A.; ISSA, R. R. A. From simulation to monitoring: Evaluating the potential of mixed-mode ventilation (MMV) systems for integrating natural ventilation in office buildings through a comprehensive literature review. **Energy and Buildings**, v. 127, p. 1008–1018, 2016.