

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**

Ventilação Urbana

AUT 225 – Conforto Ambiental em Espaços Urbanos Abertos

Profa. Dra. Denise Helena Silva Duarte

Sumário

Introdução

Impactos em diferentes climas

Escoamentos

Métodos para aquisição de dados

- Levantamentos empíricos

- Ensaio em modelos físicos

- Simulações computacionais

Aplicações na legislação e no planejamento

Introdução

Movimento do ar em áreas urbanas impacta:

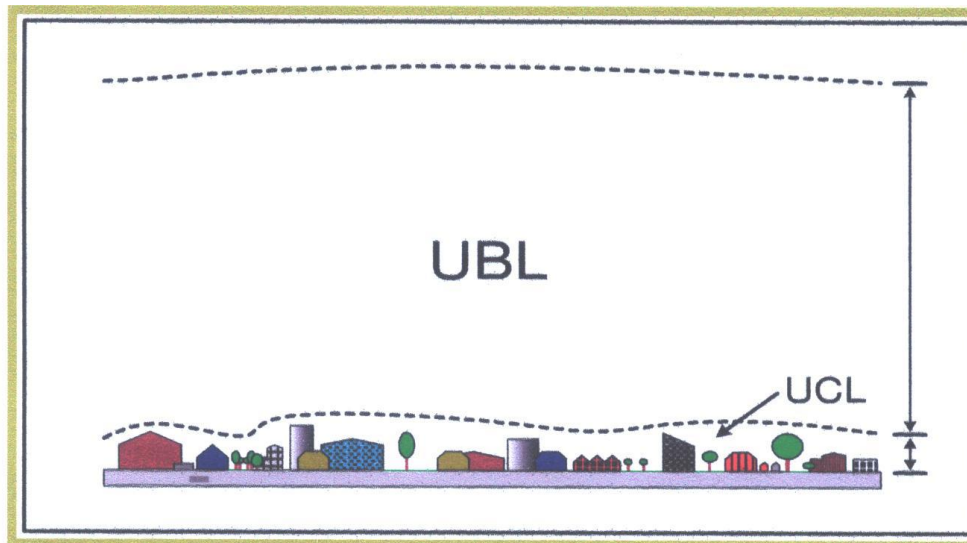
- 1) conforto do pedestre
- 2) ventilação nos edifícios
- 3) qualidade do ar
- 4) uso da energia

Irregularidades naturais ou construídas modificam velocidade do vento, direção e intensidade da turbulência

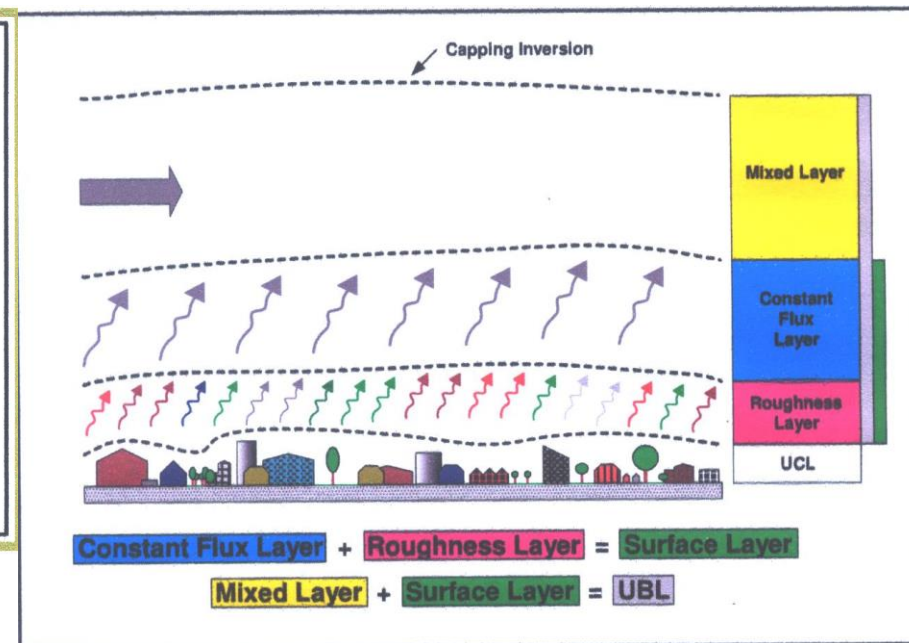
Irregularidade do terreno implica em complexidade. Do rural ao urbano, o vento se ajusta às novas condições de camada limite definidas pela área urbanizada (topografia, geometria e dimensões dos edifícios, ruas, tráfego, vegetação, etc.)

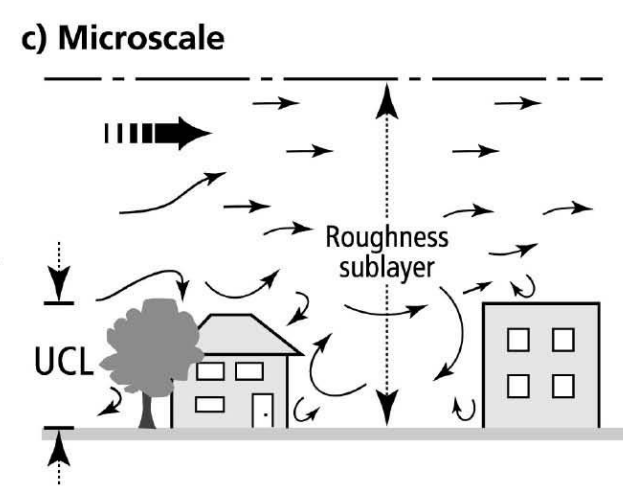
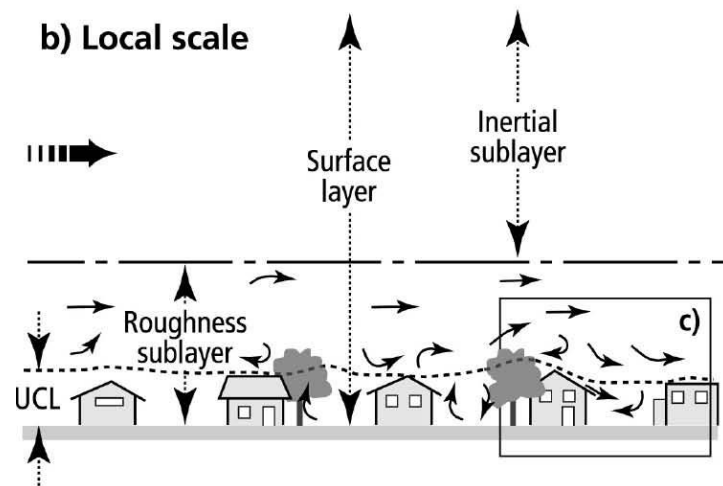
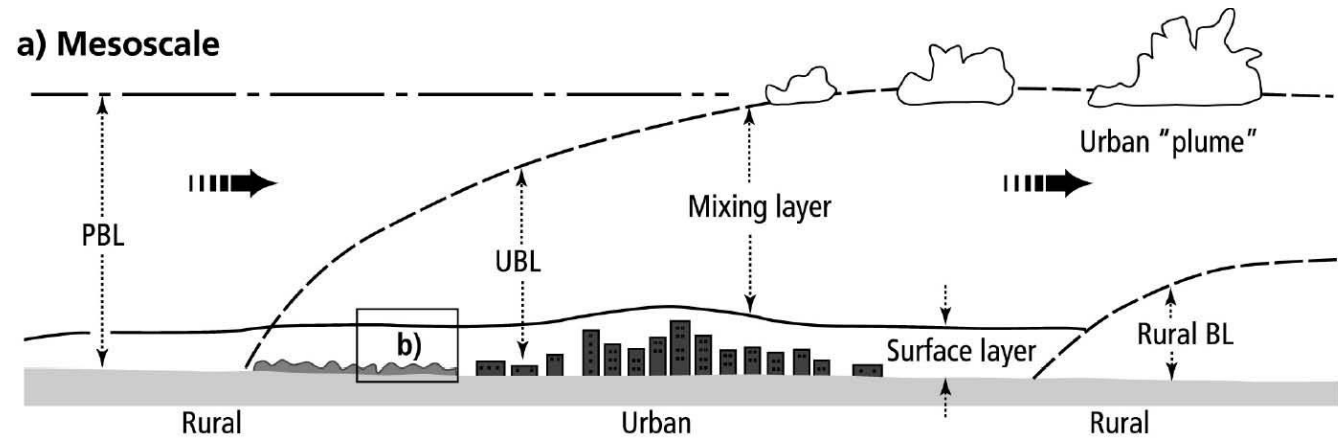
Efeitos se sobrepõem

Vai do impacto de um único edifício no solo até impactos em larga escala de áreas urbanizadas



Oke, T. Boundary Layer Climates.





Oke, T. Boundary Layer Climates.

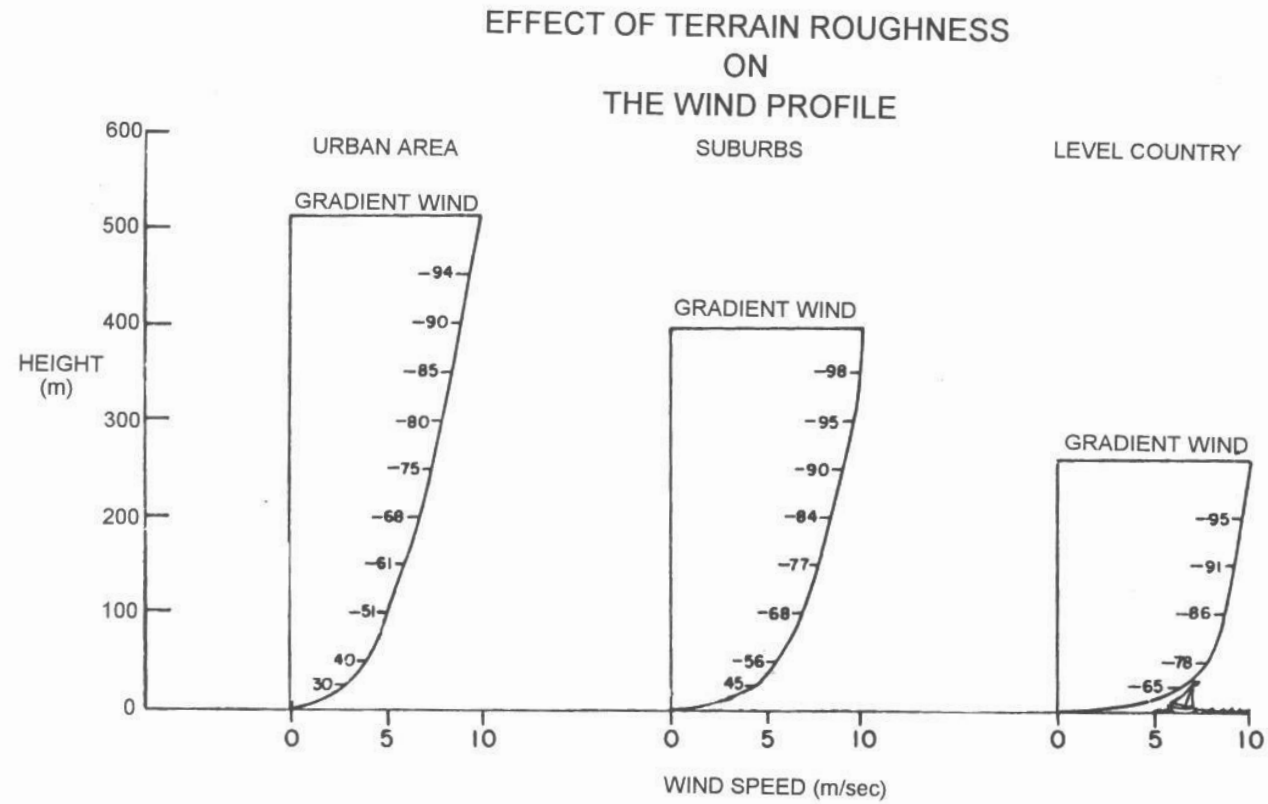


Figure 7-6. Diagrammatic wind speed profiles above urban, rural, and sea surfaces; percentage of the gradient wind speed.

Efeito da rugosidade do terreno no perfil de vento
 Perfil da velocidade do vento sobre área urbana, suburbana e o mar.
 Givoni, 1998

Preocupação em climas quentes: diminuição da velocidade dos ventos, falta de permeabilidade do tecido urbano

X

Preocupação em climas frios: velocidade do vento em áreas urbanas pode ser mais alta do que nos arredores:

- 1) Quando o vento é defletido para baixo por edifícios altos;
- 2) Quando o vento é canalizado em *canyons* urbanos na mesma direção do fluxo, superando o atrito das paredes do *canyon*

Table 2.1.
Characteristics of the 5 m/s criteria.
A= Acceptable, U= Uncomfortable,
VU= Very uncomfortable/ Dangerous [3].

Activity	Area	Characteristics		
		A	U	VU
Rapid walking	Pavements, paths	43%	50%	53%
Strolling	Parks, shopping streets	23%	34%	53%
Standing/sitting for a short period	Parks, urban spaces	6%	15%	53%
Standing/sitting for a long period	Outdoor restaurants	0.1%	3%	53%

E.g. The wind environment will be acceptable for people sitting for shorter periods in open spaces, if a mean wind speed of 5 m.s^{-1} is not exceeded for more than 6% of the time. If people are sitting for longer periods 5 m.s^{-1} should not be exceeded for more than 0.1% of the time.

NIKOLOPOULOU, 2004 (RUROS)

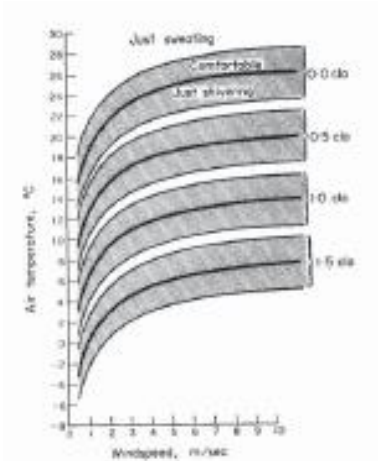


Fig. 5. Comfort conditions for strolling in full sun.

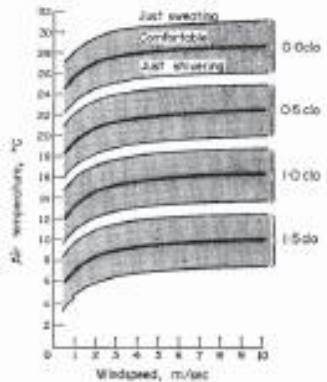
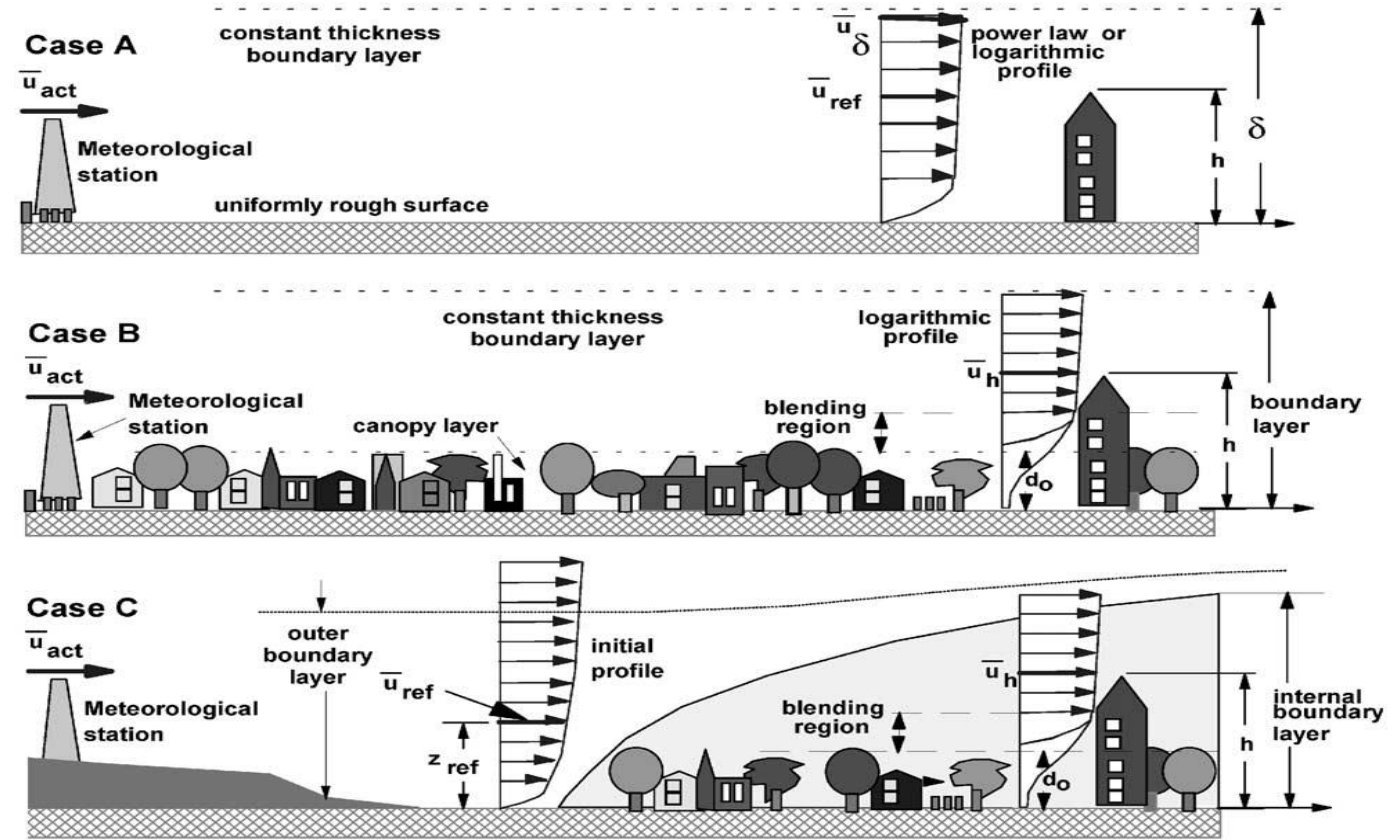


Fig. 6. Comfort conditions for strolling in shade.

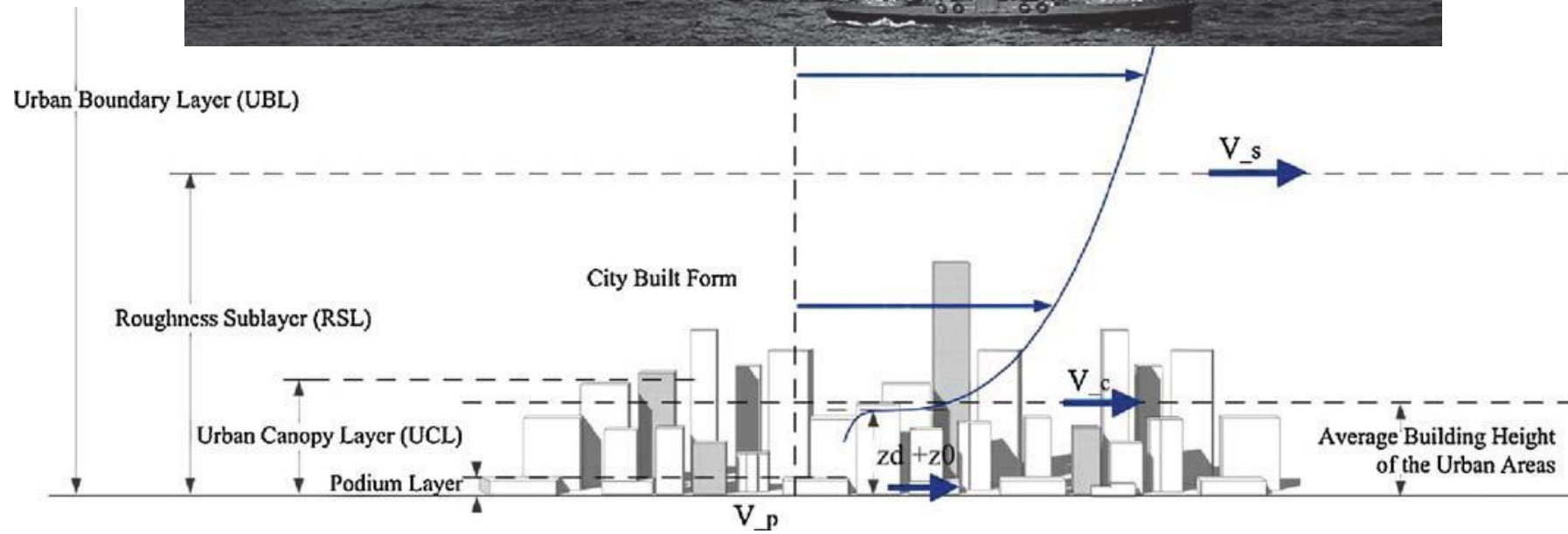
PENWARDEN, 1973

Efeitos do vento em áreas urbanas são provocados pelo campo de vento e de temperatura sobre a área urbana, modificados pela topografia e configuração da superfície do solo.

Velocidade do vento no canyon é geralmente muito diferente do que é medido nas estações meteorológicas



Cases for aerodynamic design of buildings: (A) the idealized case of a uniformly rough urban surface, (B) the standard situation of boundary layer flow along a uniformly rough surface, and (C) the setup for wind tunnel studies of real atmospheric conditions usually neutrally buoyant flows). (PLATE; KIEFER, 2001)



NG *et al.*, 2011

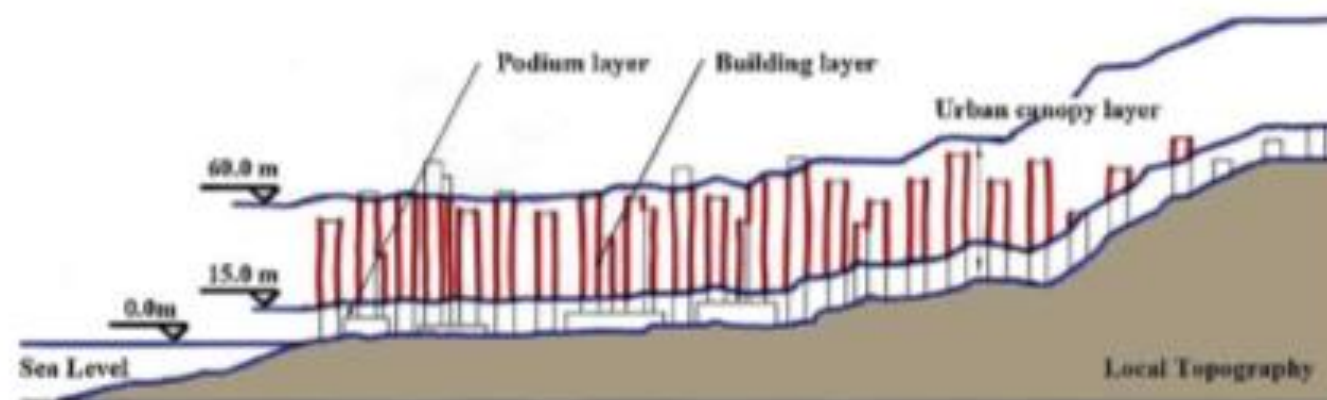


Fig. 5. Illustration of the building layer, podium layer and urban canopy layer.

NG *et al.*, 2011

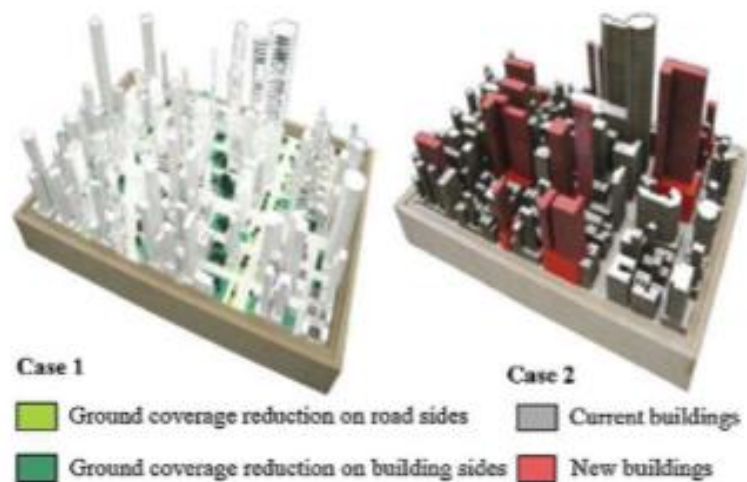


Fig. 19. The case study in Mong Kok, Case 1: the urban design following the understanding in this study; Case 2: the future urban morphology in according with the current planning trend at Mong Kok area.

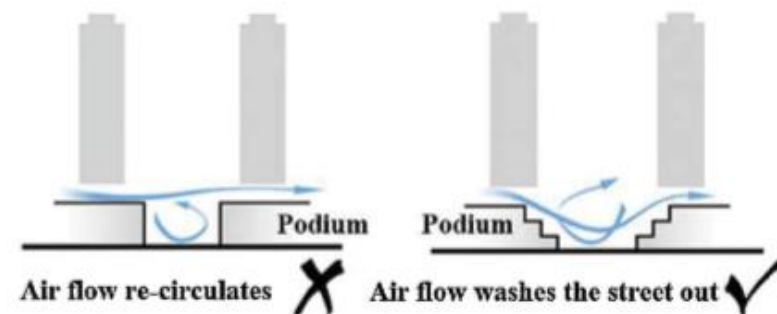


Fig. 23. Terraced podium designs as in the HKPSG.

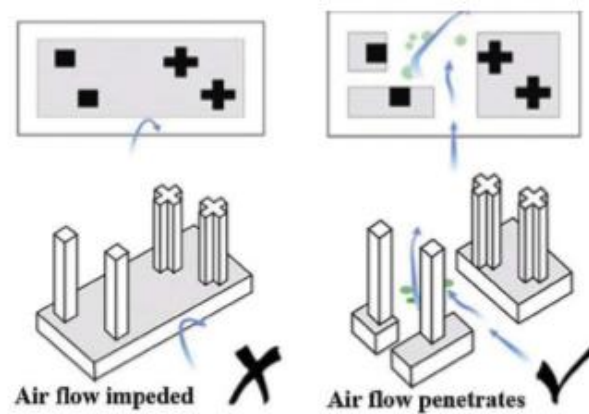


Fig. 22. Podium designs as in the HKPSG.

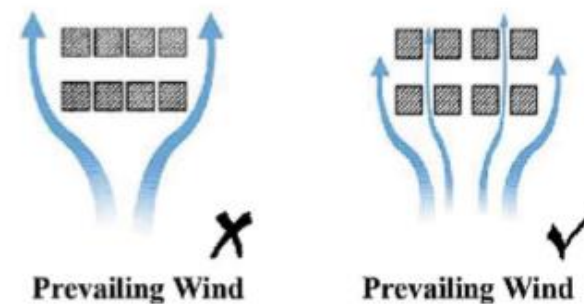


Fig. 24. Building dispositions as in the HKPSG.

Where appropriate, a terraced podium design should be adopted to

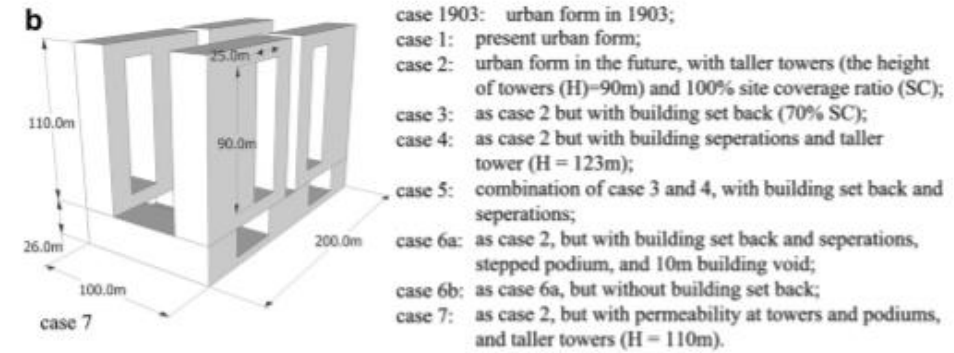
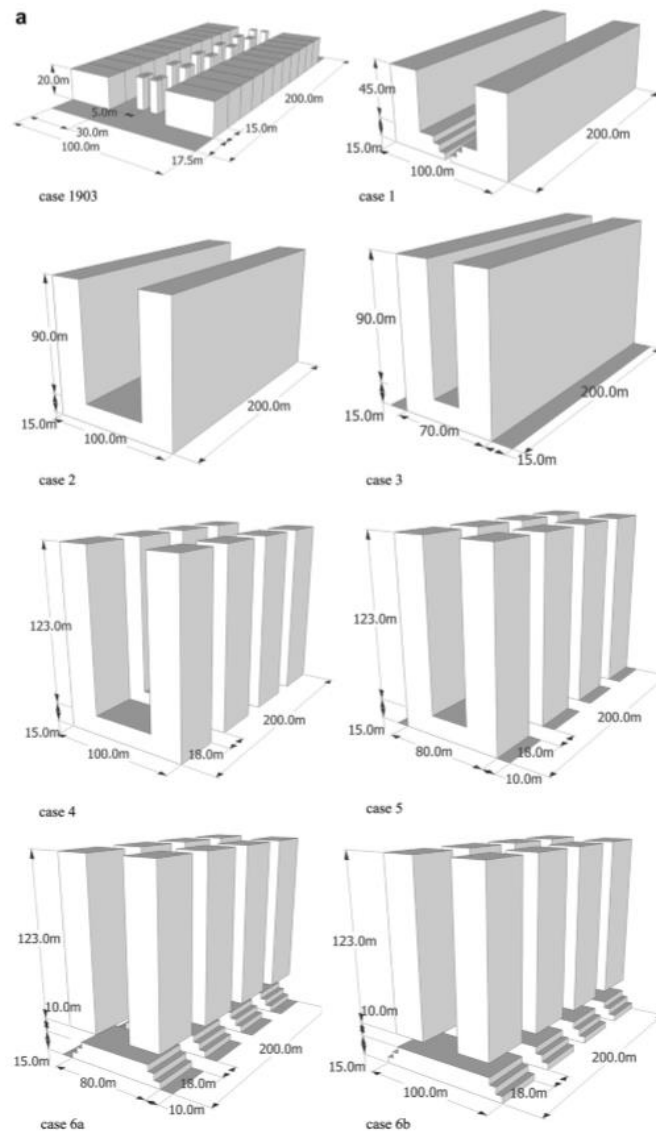


Fig. 9. (continued).

Yuan, Ng, 2012

Fig. 9. Summary of nine testing models which are designed to test the effects of different building morphologies on natural ventilation performance.

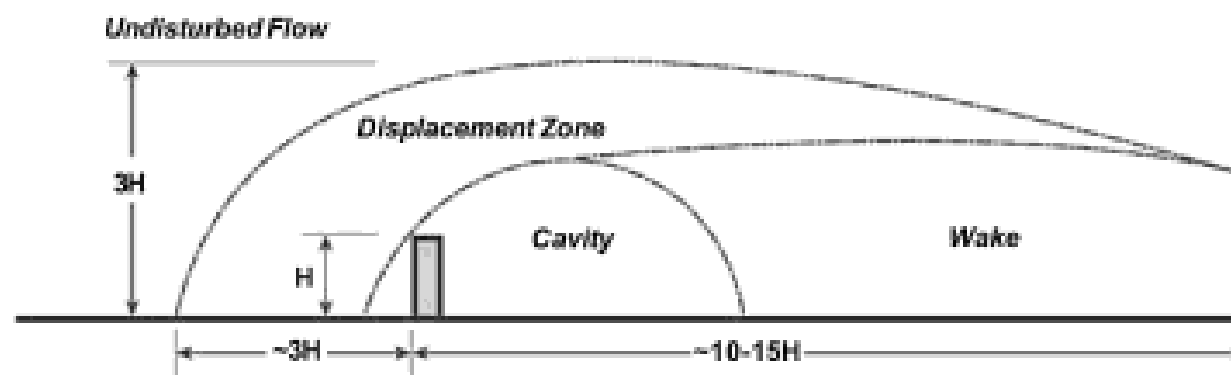
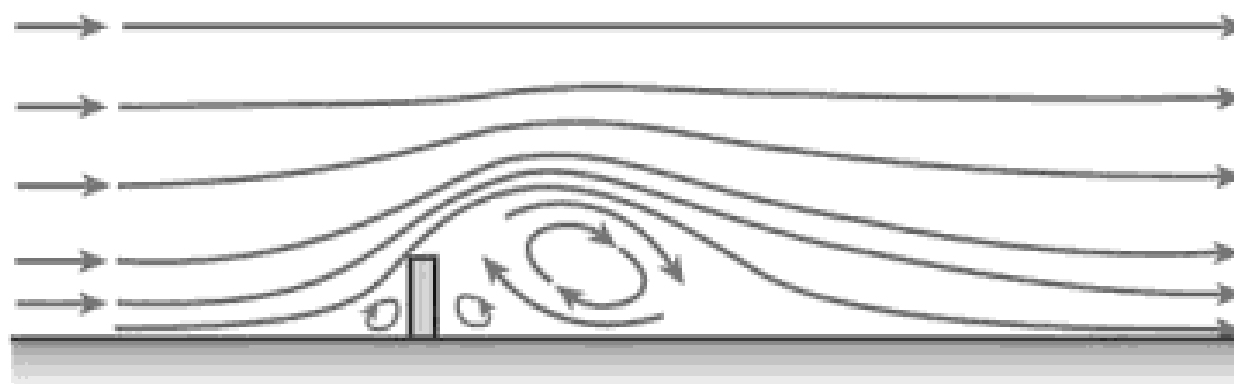


Figure 4.1 Schematic section showing typical pattern of air-flow over an isolated building, depicted as streamlines (top) and general flow zones (bottom)

Vento próximo ao solo - Obstrução por obstáculo isolado
(ERELL, PEARLMUTTER, WILLIAMSON, 2011)

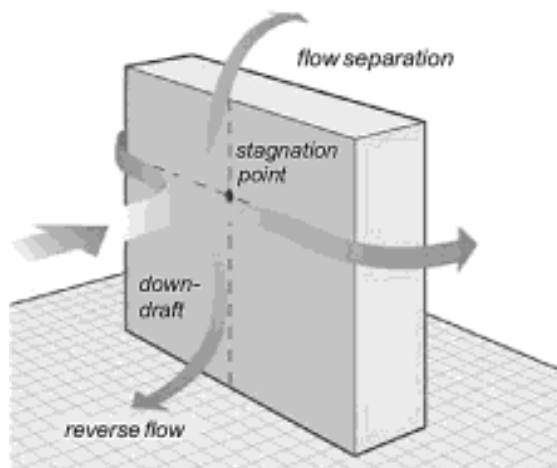


Figure 4.2 Air-flow pattern around a tall slab building

Vento próximo ao solo - Fluxo no entorno dos edifícios
(ERELL, PEARLMUTTER, WILLIAMSON, 2011)

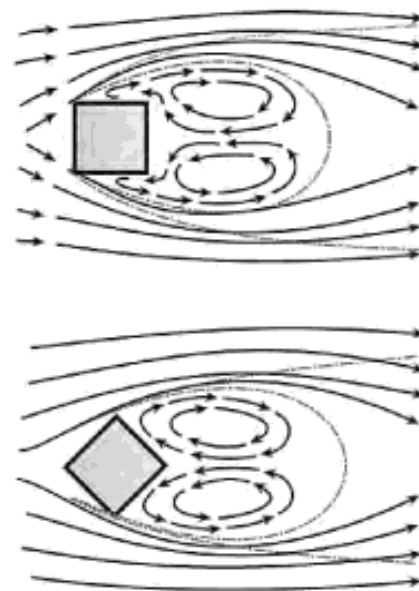


Figure 4.3 Flow pattern around a sharp-edged building

Source: Based on Oke (1987).

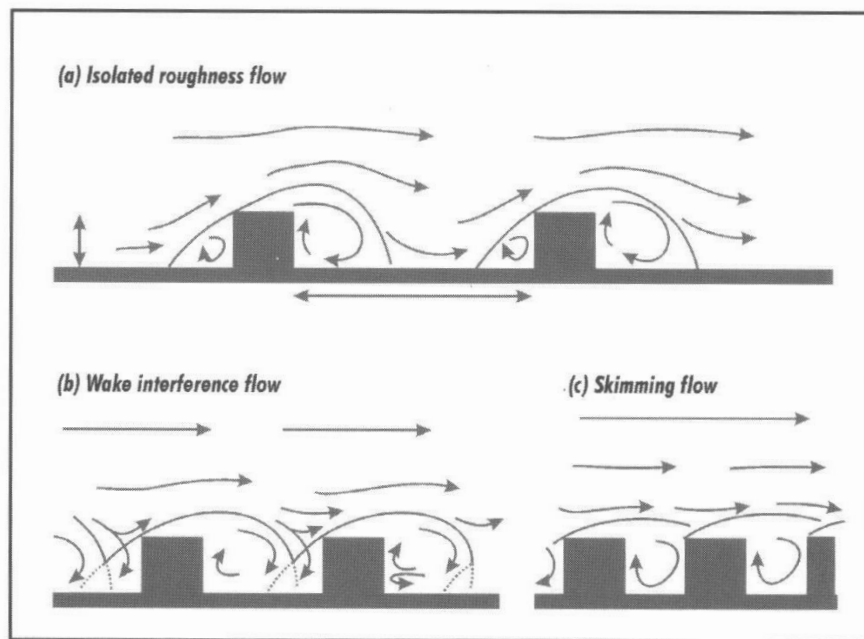


Figure 6.3. The flow regime associated with air flow over building arrays of increasing H/W ¹³

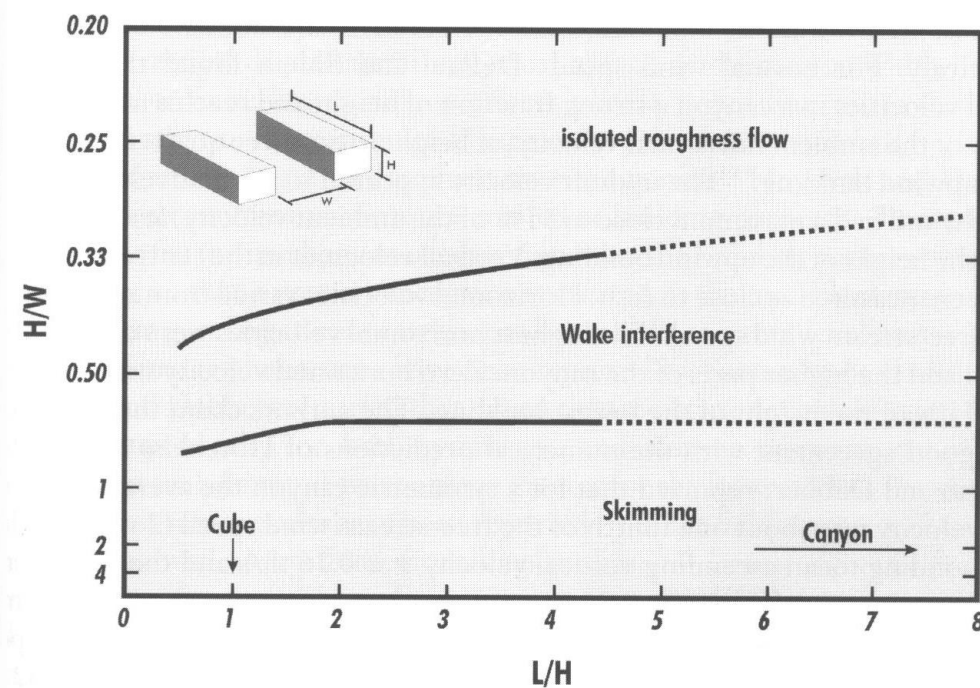


Figure 6.4. Threshold lines dividing flow into three regimes as functions of the building (L/H) and canyon (H/W) geometries¹³

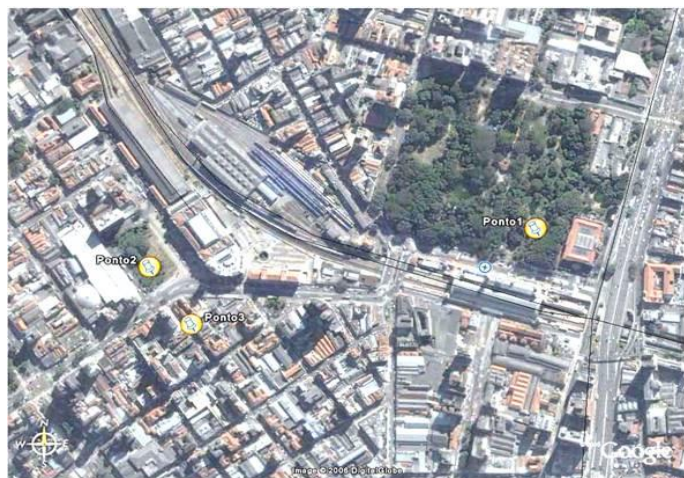
Vento na urban canopy layer

Regimes de fluxo de vento no canyon: fluxo solado, efeito de interferência, efeito de separação
(OKE, T. Boundary Layer Climates, 1987.)

Métodos para aquisição de dados

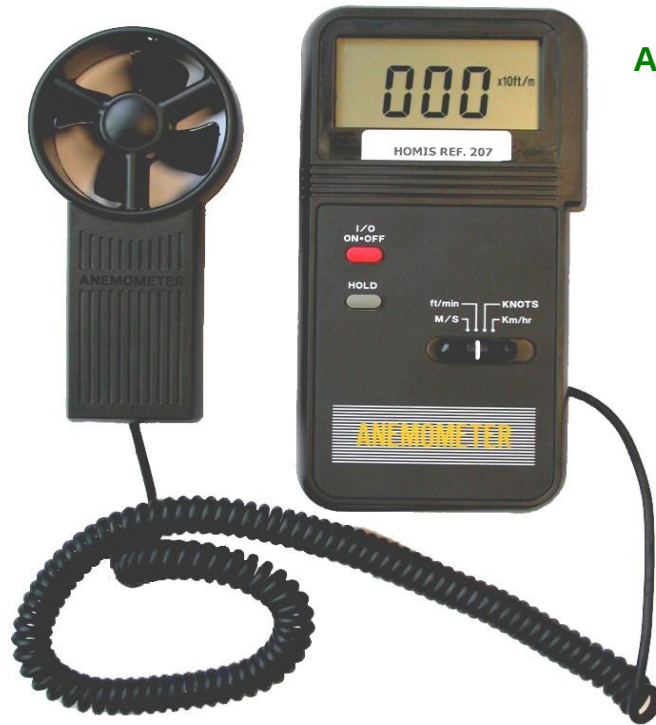
- 1) Levantamentos empíricos
- 2) Ensaaios em modelos físicos
- 3) Simulações computacionais

Levantamentos empíricos



Luz, São Paulo, Dezembro 2006
LABAUT

Levantamentos empíricos



Anemômetro



Bússola

Levantamentos empíricos



Anemômetro de copo e biruta



Mastro a 10m



Anemômetro sônico 2D e 3D

Ensaaios em modelos físicos

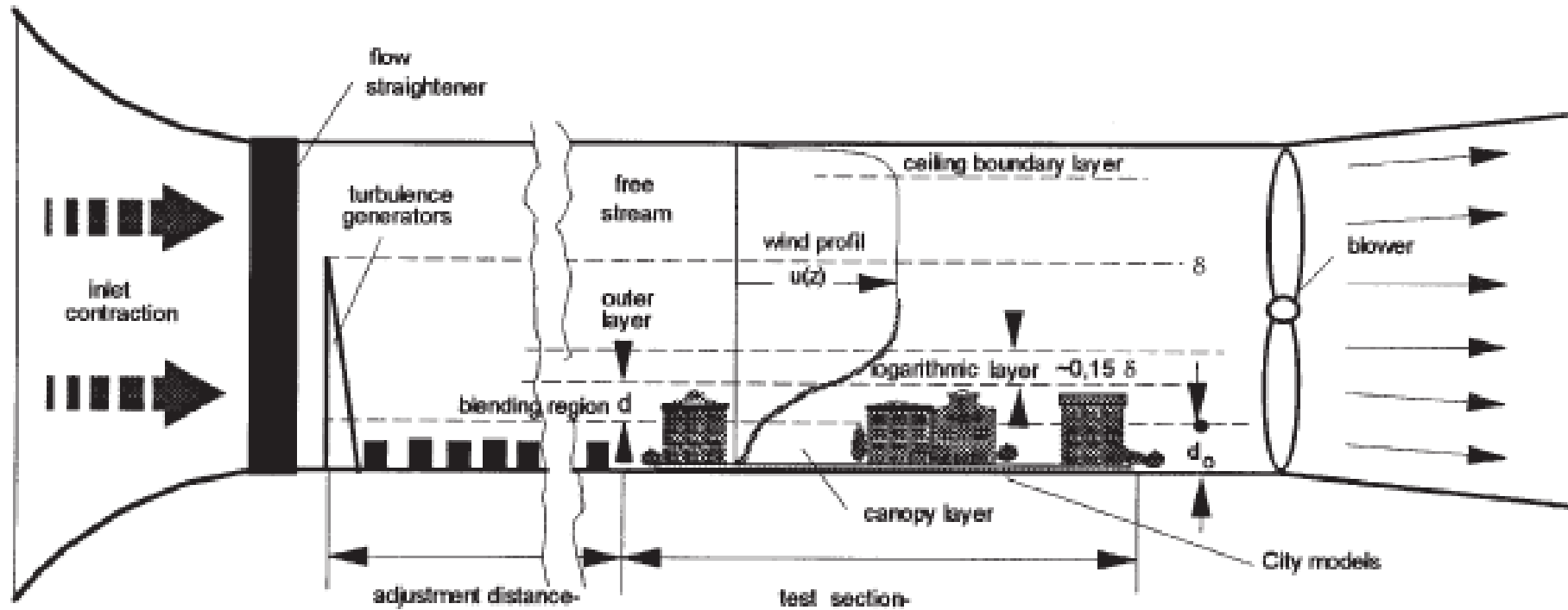
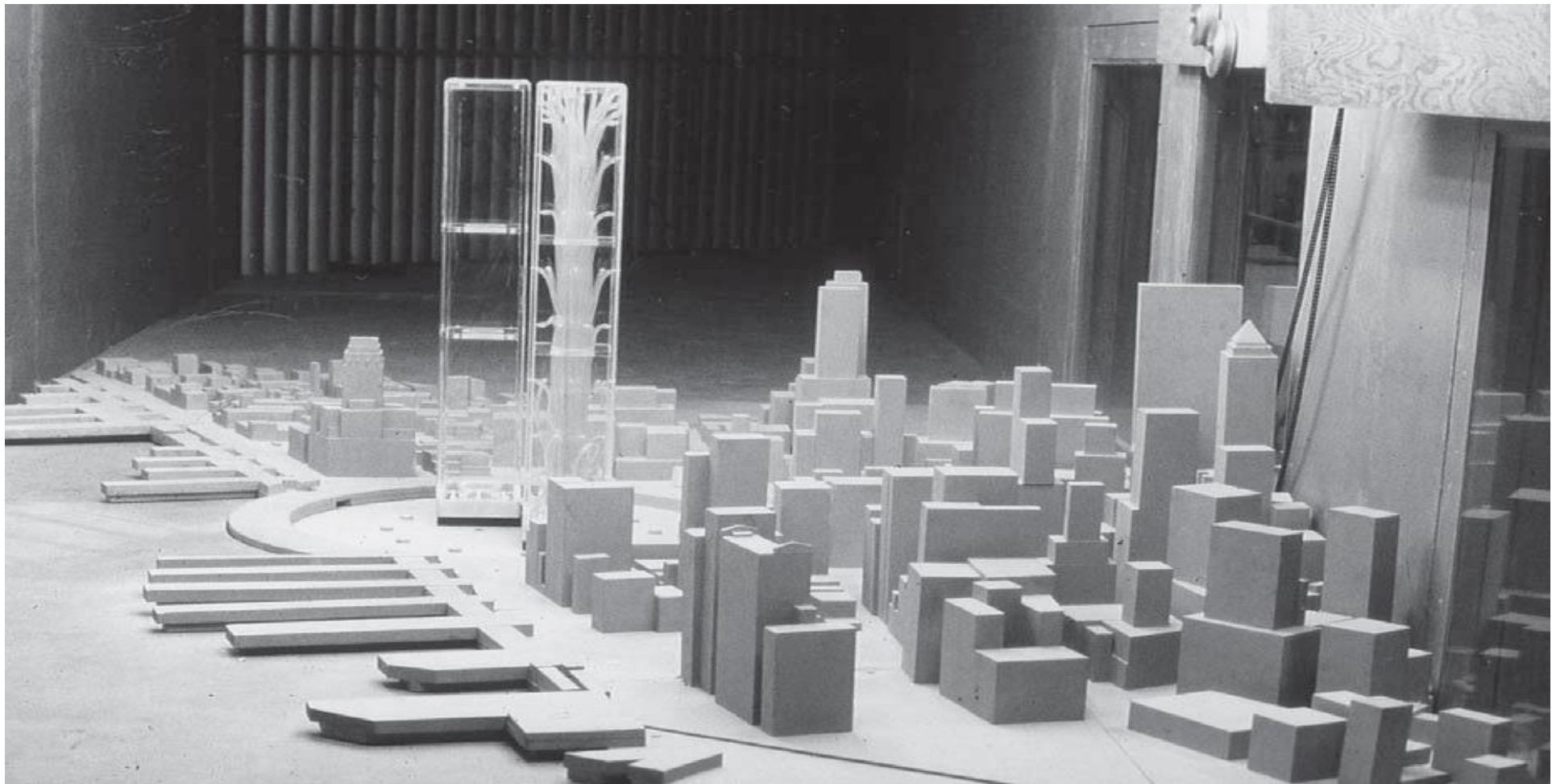


Fig. 2. Typical wind tunnel, with flow profiles indicated.

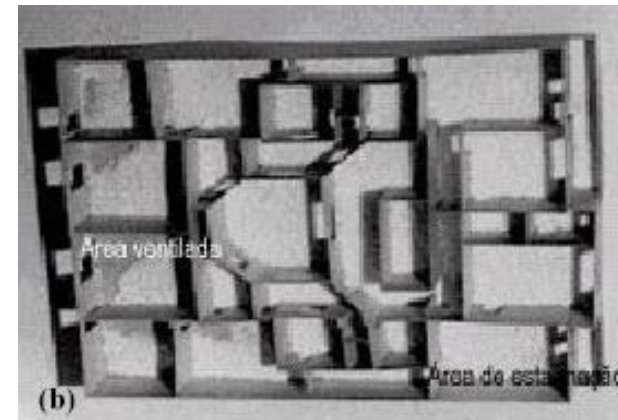
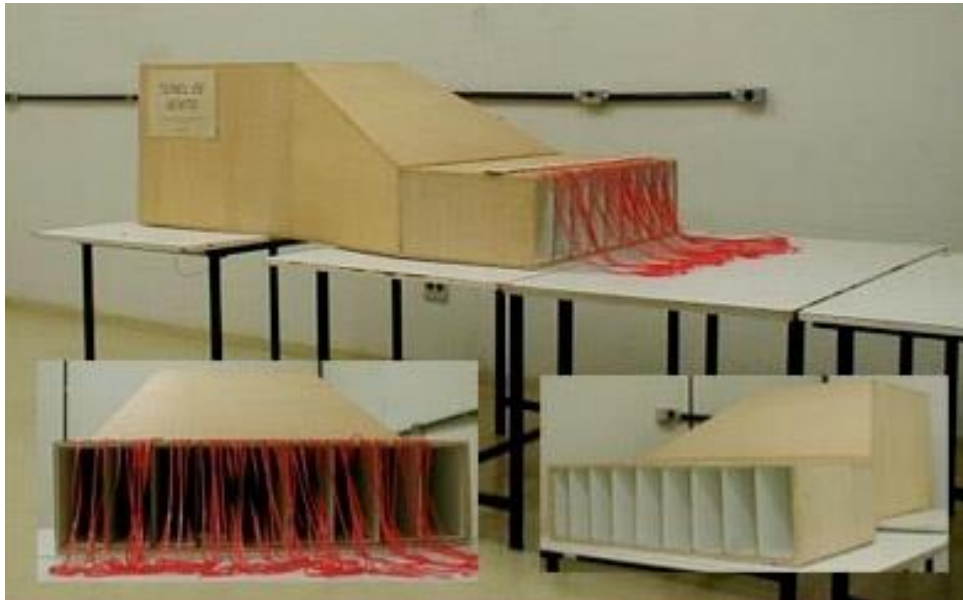
PLATE, 1999



Wind tunnel model of the New York Trade Centre (study by Drs.J.E.Cermak and A.G.Davenport in the Colorado State University boundary layer wind tunnel for L.E.Robertson of Worthington, Skilling, Helle and Jackson, 1964, with permission).
PLATE, 1999

Ensaaios em modelos físicos

Túnel de vento simplificado UFMG



Ensaaios em modelos físicos



Mesa d'água UFAL



Ensaaios em modelos físicos

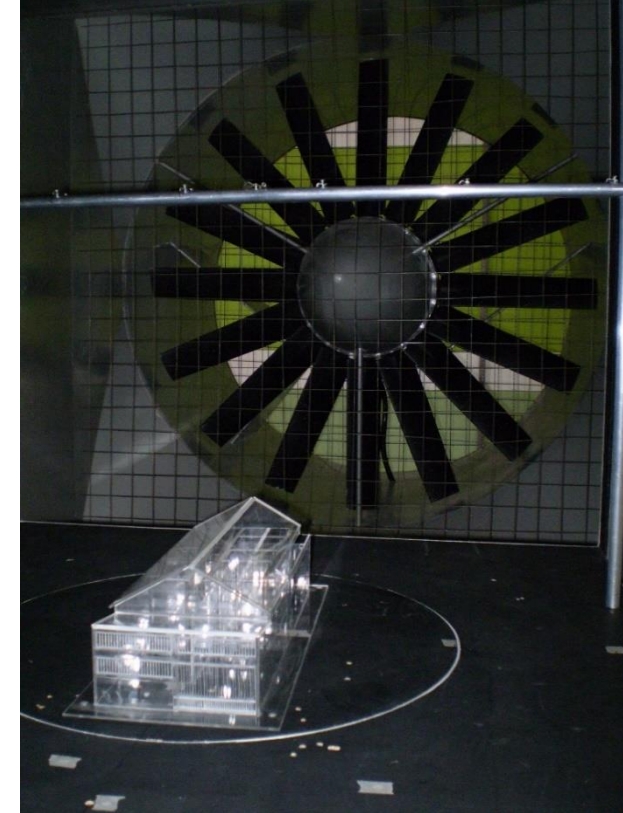


Mesa d'água UFSC/LabCON

Ensaaios em modelos físicos



Túnel UNICAMP

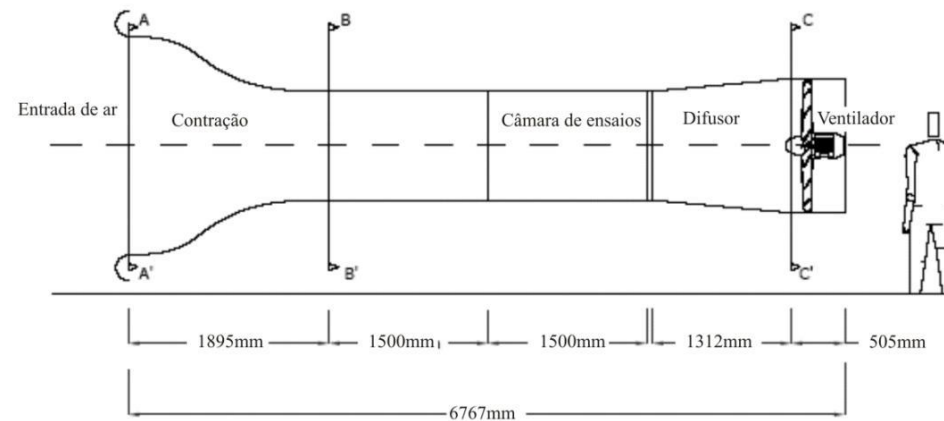


Ensaio em modelos físicos

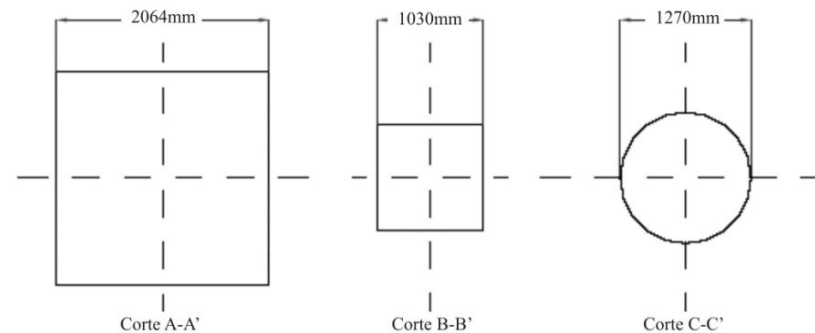


Túnel UAM – Cidade do Mexico

Ensaio em modelos físicos

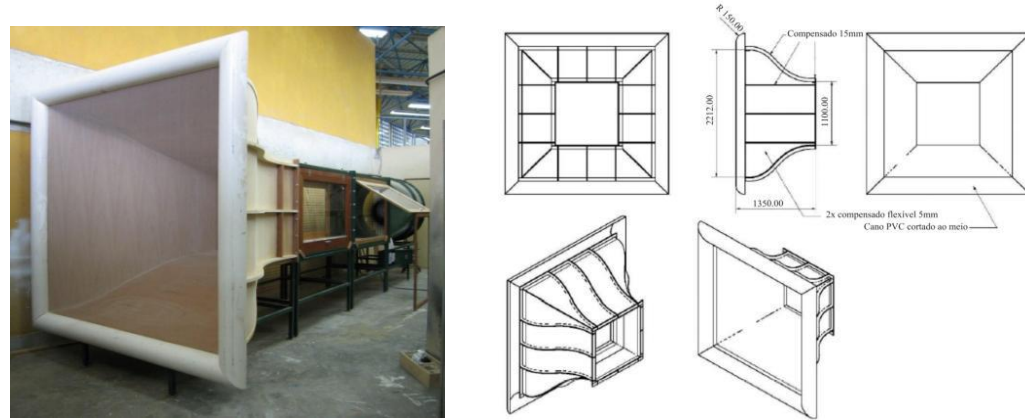


Geometria do túnel FAUUSP – comprimento total. Fonte: Uzueli (2007).



Geometria do túnel FAUUSP – dimensões das seções. Fonte: Uzueli (2007).

Ensaio em modelos físicos



Trecho de contração. Foto: Duarte (2008) e Fonte: Uzueli (2007).



Túnel LABAUT/FAUUSP: vistas externas, câmara de testes e seção de testes. Foto: Duarte (2008).

Ensaaios em modelos físicos



Túnel LABAUT/FAUUSP: vistas externas, câmara de testes e seção de testes. Fotos: Duarte (2013/2014).

Ensaaios em modelos físicos



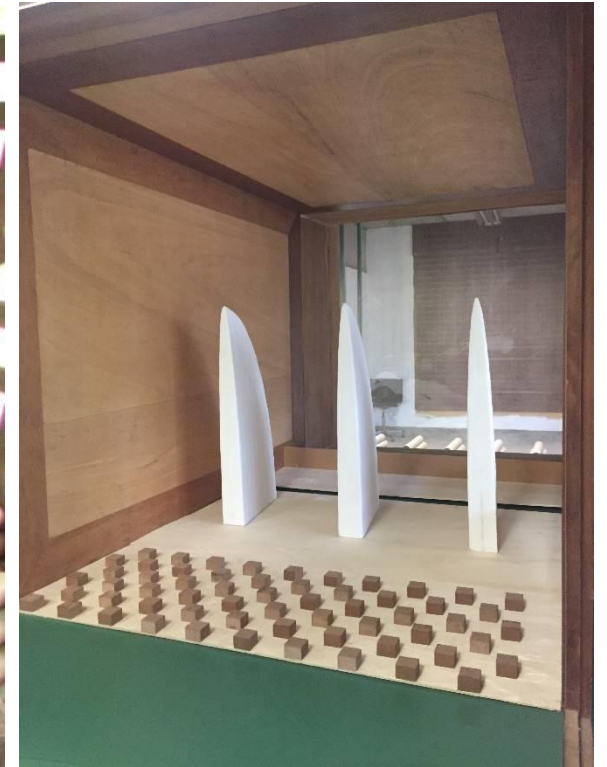
Túnel LABAUT/FAUUSP: vistas externas. Fotos: Duarte; Souza (2017).

Ensaaios em modelos físicos



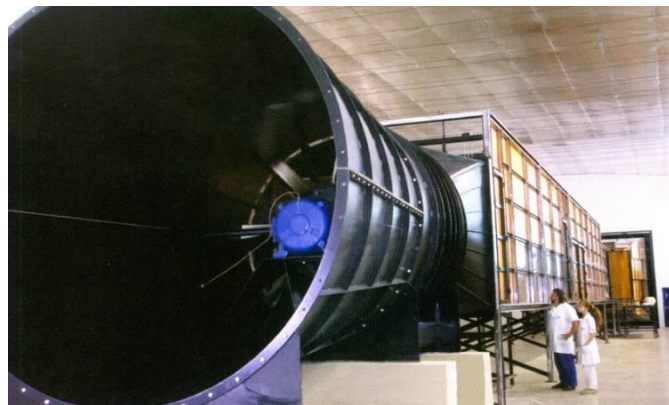
Túnel LABAUT/FAUUSP: diferentes técnicas de ensaios. Fotos: Duarte (2017).

Ensaio em modelos físicos

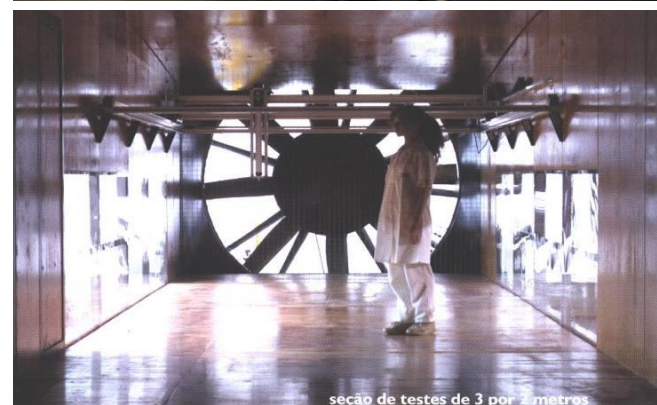


Túnel LABAUT/FAUUSP: construção da colmeia, rugosidade, gerador de vórtice e barreira acastelada. Fotos: Duarte; Souza (2017).

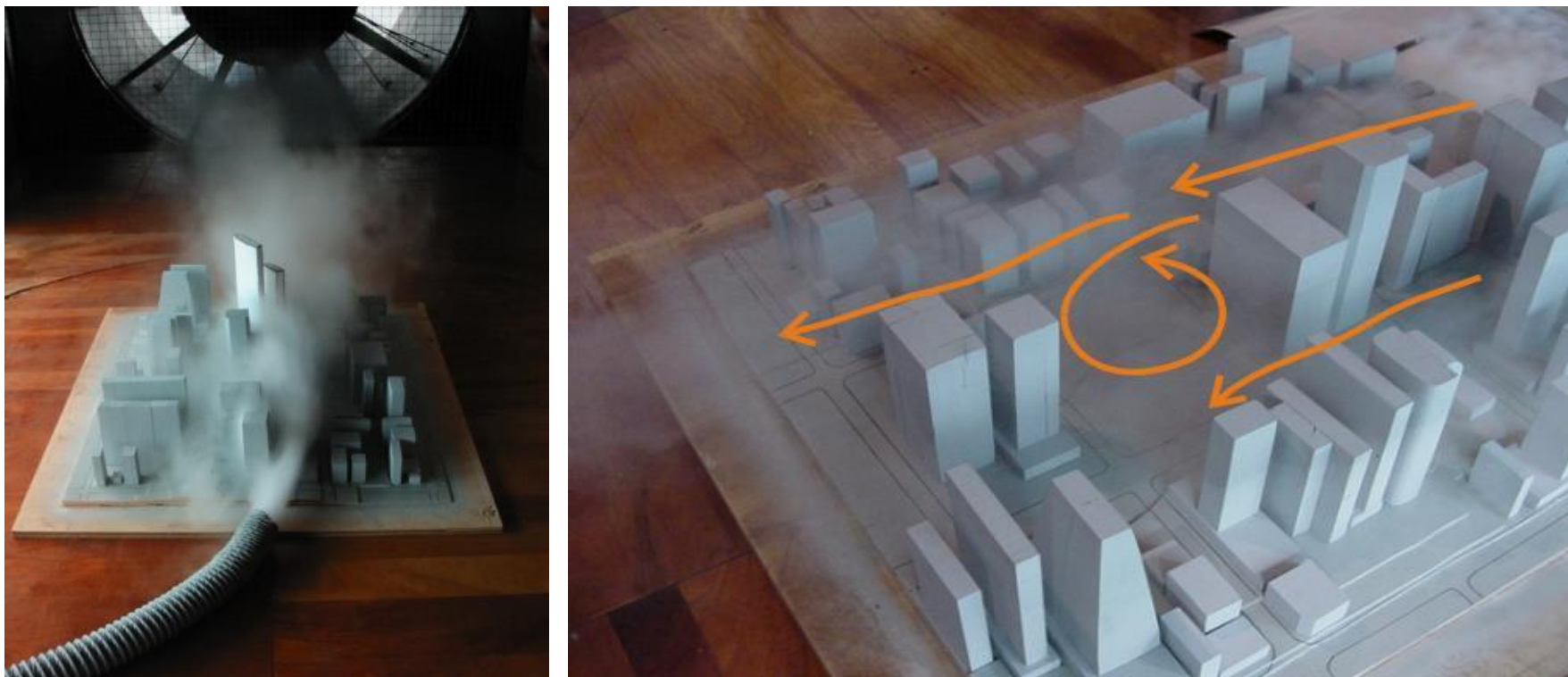
Ensaaios em modelos físicos



Túnel de vento IPT

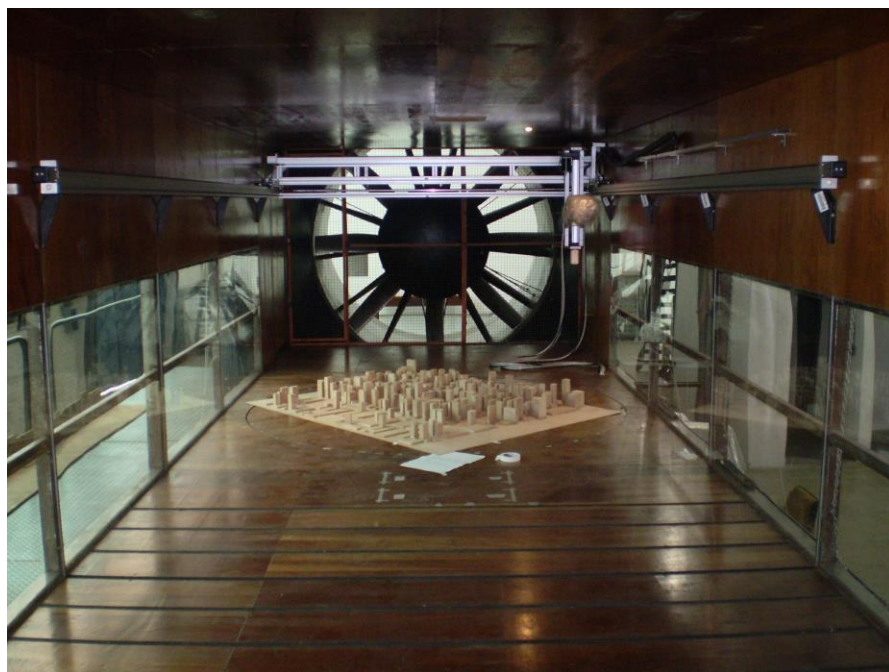


Ensaio em modelos físicos



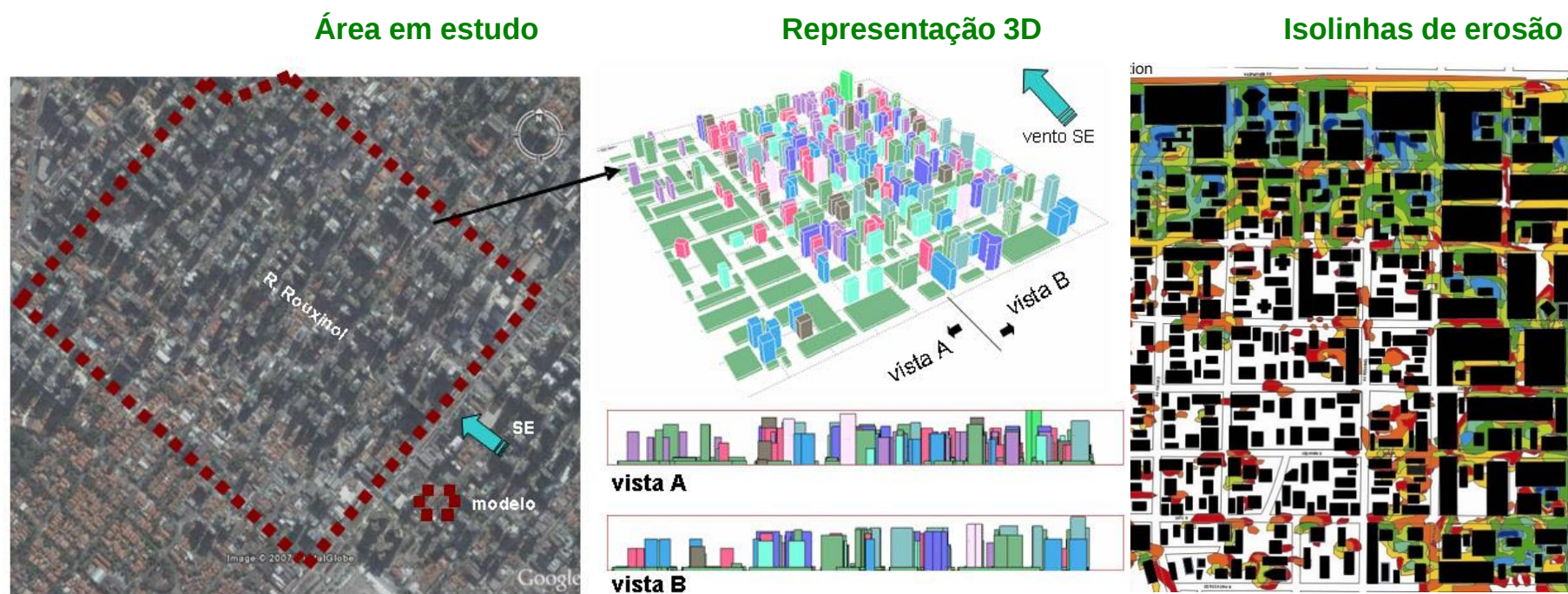
Visualização de escoamento com fumaça – túnel IPT / TFG Thiago Hernandes

Ensaaios em modelos físicos



Visualização do escoamento em ensaio de erosão – Túnel IPT
PosDoc Prata-Shimomura

Representação dos ensaios em modelos físicos



PosDoc Prata-Shimomura

Simulações computacionais

Objetivos / dados / escalas

APLICAÇÕES: Ventilação Urbana CFD

- Aplicação de índice de conforto em ambientes externos
- Correção de dados de estação meteorológica
- Coeficientes de Pressão na envoltória e nas aberturas
- Modelos integrados exterior-interior
- Qualidade do ar

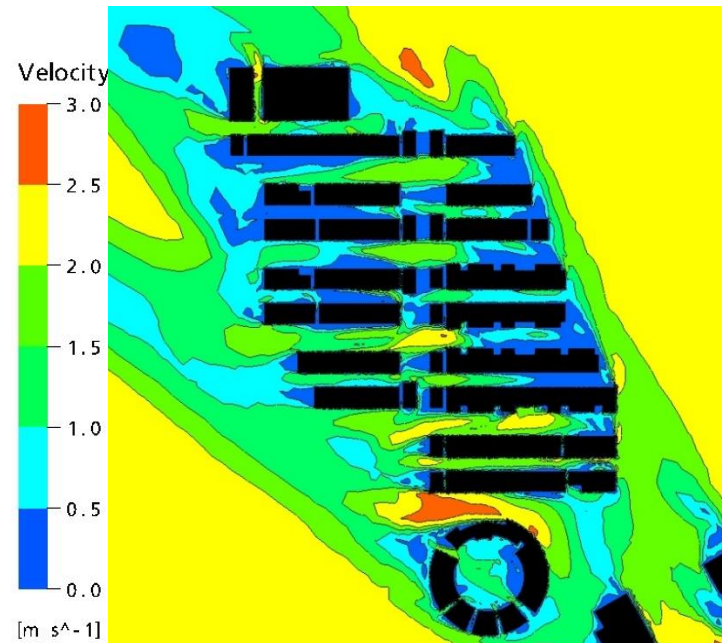
Comparação/Validação de modelagens: dados *in loco*/túnel de vento

Conjunto em estudo

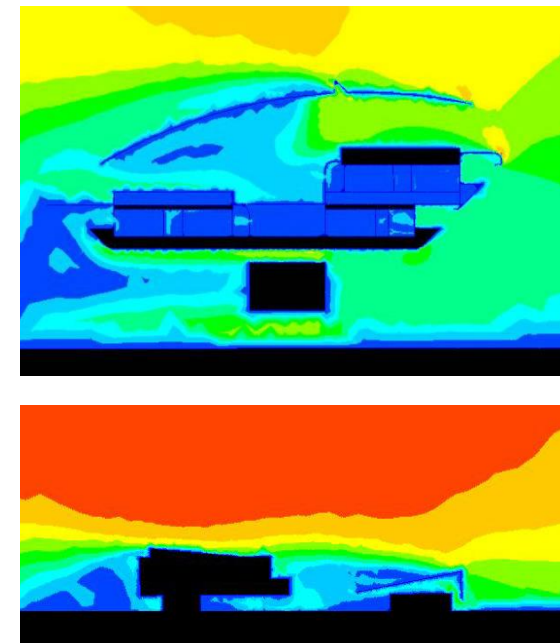


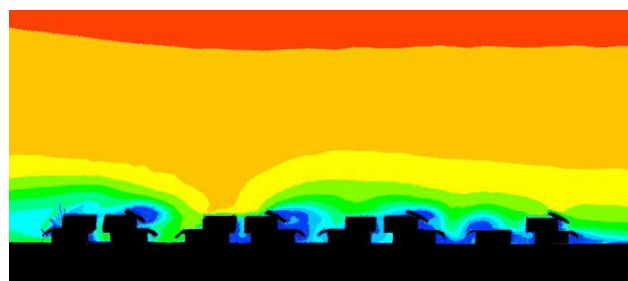
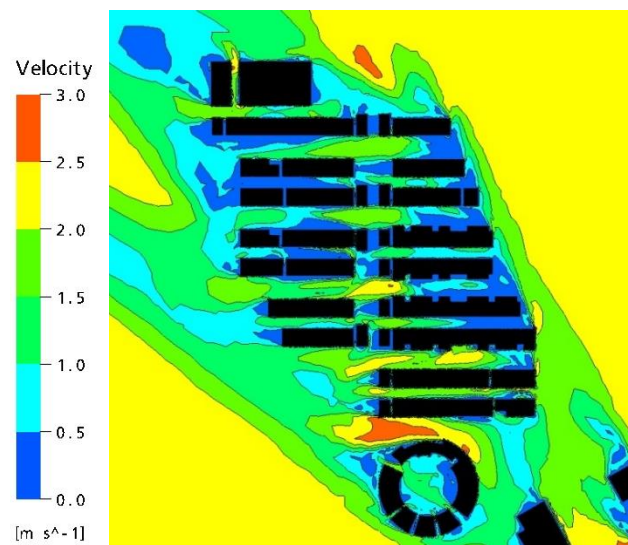
CENPES expansão Petrobras

v_{ar} em planta (1,5m)

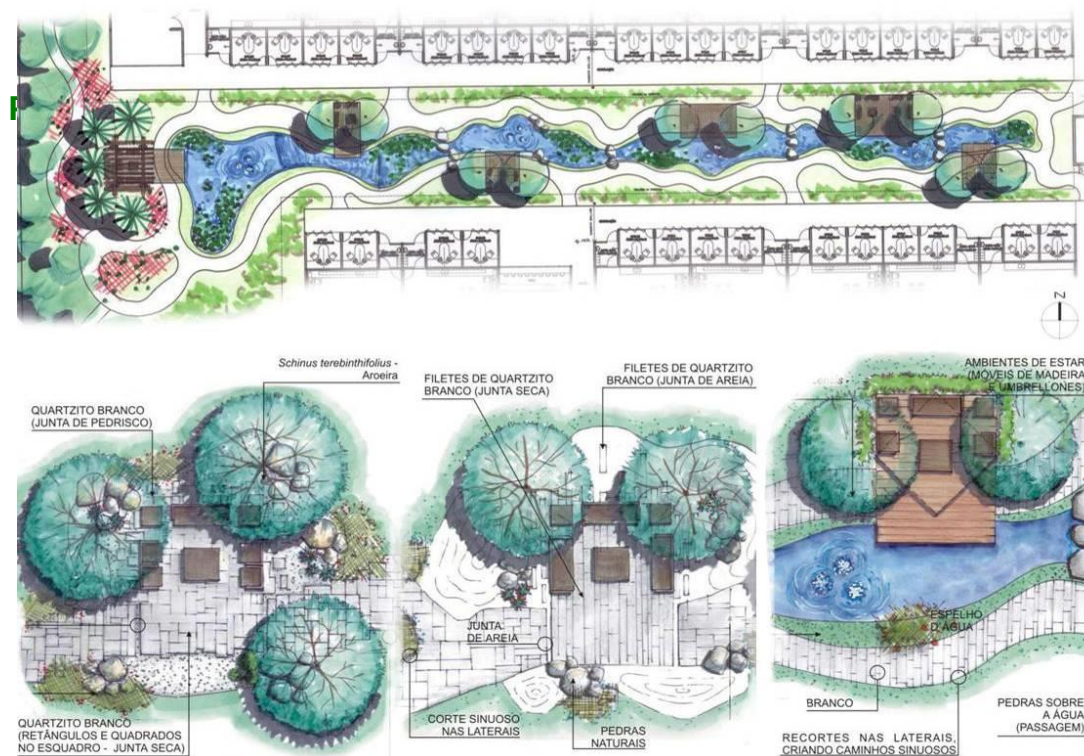


v_{ar} em corte





CENPES expansão Petrobras



ESTUDOS DE CASO – APLICAÇÃO NA LEGISLAÇÃO

- London - UK
- San Francisco – CA, USA
- Hong Kong - Special Administrative Region of the People's Republic of China