

Técnicas de Pesquisa em Clima Urbano

AUT0225 – Conforto Ambiental em Espaços Urbanos Abertos

Prof. Dra. Denise Duarte

Pesquisa de campo em clima urbano

1. planejamento do trabalho de campo
2. procedimentos de medição
3. medidas fixas
4. transectos
5. instrumentação
6. entrevistas
7. tratamento dos dados quantitativos e qualitativos

Planejamento do trabalho de campo e procedimentos de medição

World Meteorological Organization. *Instruments and observing methods* Report no. 81

Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites

Tim R. Oke (Canada)
WMO/TD-No. 1250
2004, 2006

Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation

WMO No. 8 – Part II. Observing Systems
Chapter 9 – Urban observations
(2014 edition, updated in 2017)

escolha do local, registro dos metadados, instalação dos instrumentos e interpretação dos dados

Escalas

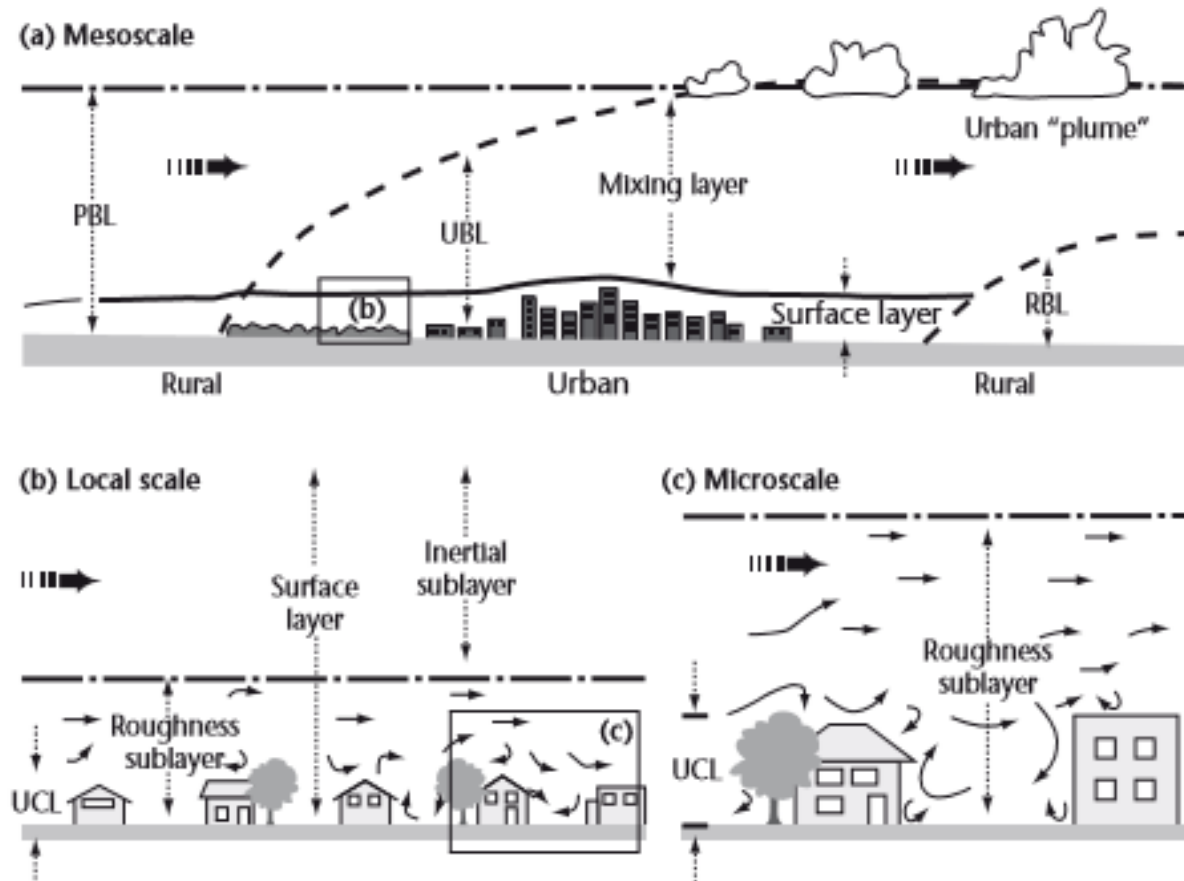


Figure 11.1. Schematic of climatic scales and vertical layers found in urban areas: planetary boundary layer (PBL), urban boundary layer (UBL), urban canopy layer (UCL), rural boundary layer (RBL) (modified from Oke, 1997).

Urban Climate Zones - UCZ

II.11-6

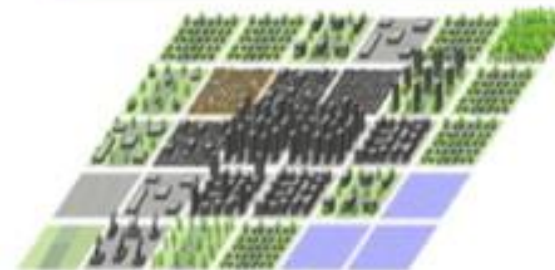
PART II. OBSERVING SYSTEMS

TABLE 11.1. Simplified classification of distinct urban forms arranged in approximate decreasing order of their ability to have an impact on local climate (Oke, 2004 unpublished)

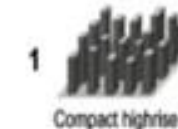
Urban climate zone ^a	Image	Roughness class ^b	Aspect ratio ^c	% built (impermeable) ^d
1. Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers		8	> 2	> 90%
2. Intensely high density urban with 2-5 storey, attached or very-close set buildings often of bricks or stone, e.g. old city core		7	1.0-2.5	> 85
3. Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores and apartments, e.g. urban housing		7	0.5-1.5	70-85
4. Highly developed, low or medium density urban with large low buildings and paved parking, e.g. shopping malls, warehouses		5	0.05-0.2	70-95
5. Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban houses		6	0.2-0.6, p to > 1 with trees	35-65
6. Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospitals, universities, airports		5	0.1-0.5, depends on trees	< 40
7. Semi-rural development, scattered houses in natural or agricultural areas, e.g. farms, estates		4	> 0.05, depends on trees	< 10

Buildings;
 Impervious ground; Vegetation
 Pervious ground

USING LOCAL CLIMATE ZONE (LCZ) (STEWART&OKE, 2010) FOR MODELING



BUILDING TYPES



LAND COVER TYPES



SEASONAL PROPERTIES

W wet ground

d dry ground

s snow cover

b bare trees

- New 10 zone urban and 7 zone natural cover classification scheme for improved urban heat Island analyses
- Zones defined on bases of urban canopy parameters similar to those in urban models. Each urban zone allow for range of values for each UCP
- LCZs for urban area can be partitioned into gridded maps, each grid would be characterized as most probable LCZ

Descrição das áreas e inclusão nos metadados

("data about data contents" or "content about content")

1. Estrutura urbanizada (dimensões dos edifícios e espaçamento entre eles, largura das ruas)
2. Cobertura do solo (construído, pavimentado, verde, solo exposto, água)
3. Tecido Urbano (urban fabric: materiais de construção ou naturais)
4. Metabolismo urbano (calor, água e poluentes devidos à atividade antrópica)

Área de influência ao redor do ponto de medição

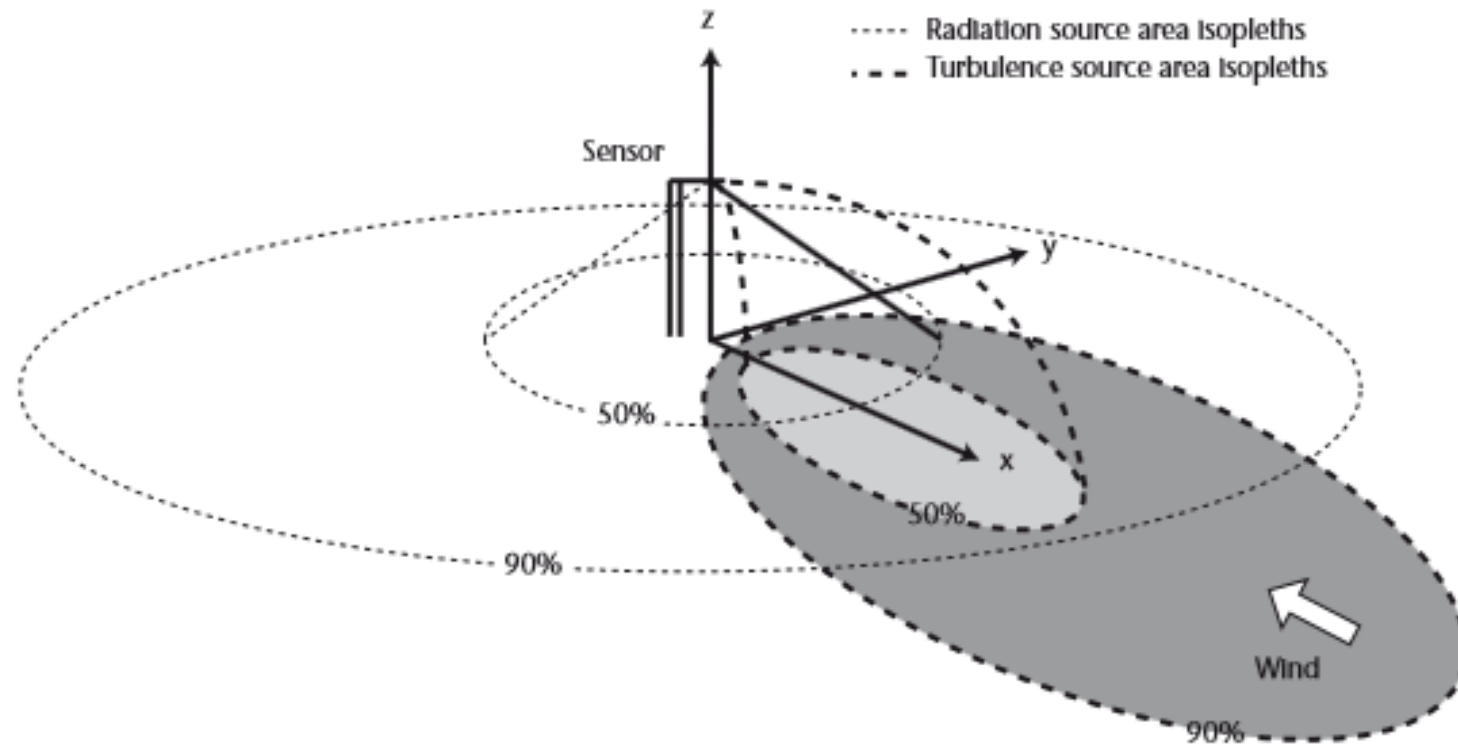
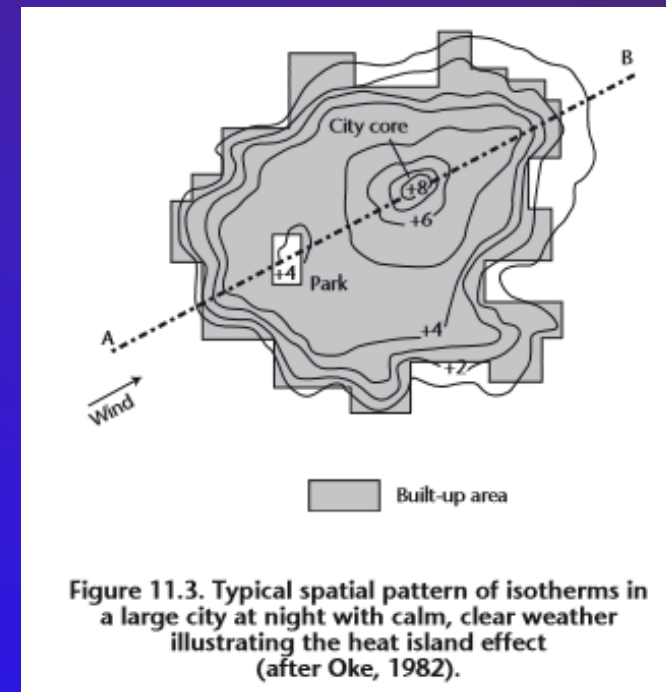


Figure 11.2. Conceptual representation of source areas contributing to sensors for radiation and turbulent fluxes of concentrations. If the sensor is a radiometer 50 or 90 per cent of the flux originates from the area inside the perspective circle. If the sensor is responding to a property of turbulent transport, 50 or 90 per cent of the signal comes from the area inside the respective ellipses. These are dynamic in the sense they are oriented into the wind and hence move with wind direction and stability.

Escolha do local

Definir o objetivo da estação

- ◆ Monitorar o impacto geral da cidade no clima?
- ◆ Monitorar o impacto de um distrito representativo ou típico?
- ◆ Caracterizar um local específico?



Área de influência ao redor do ponto de medição



(a) Vista do Morro da Luz a partir do centro histórico



(b) Detalhe do padrão de ocupação do centro histórico



(c) Av. do CPA



(d) Horto Florestal



(e) Araés (com boa parte dos edifícios de um e dois pavimentos encobertos pela vegetação)



(f) IHMET



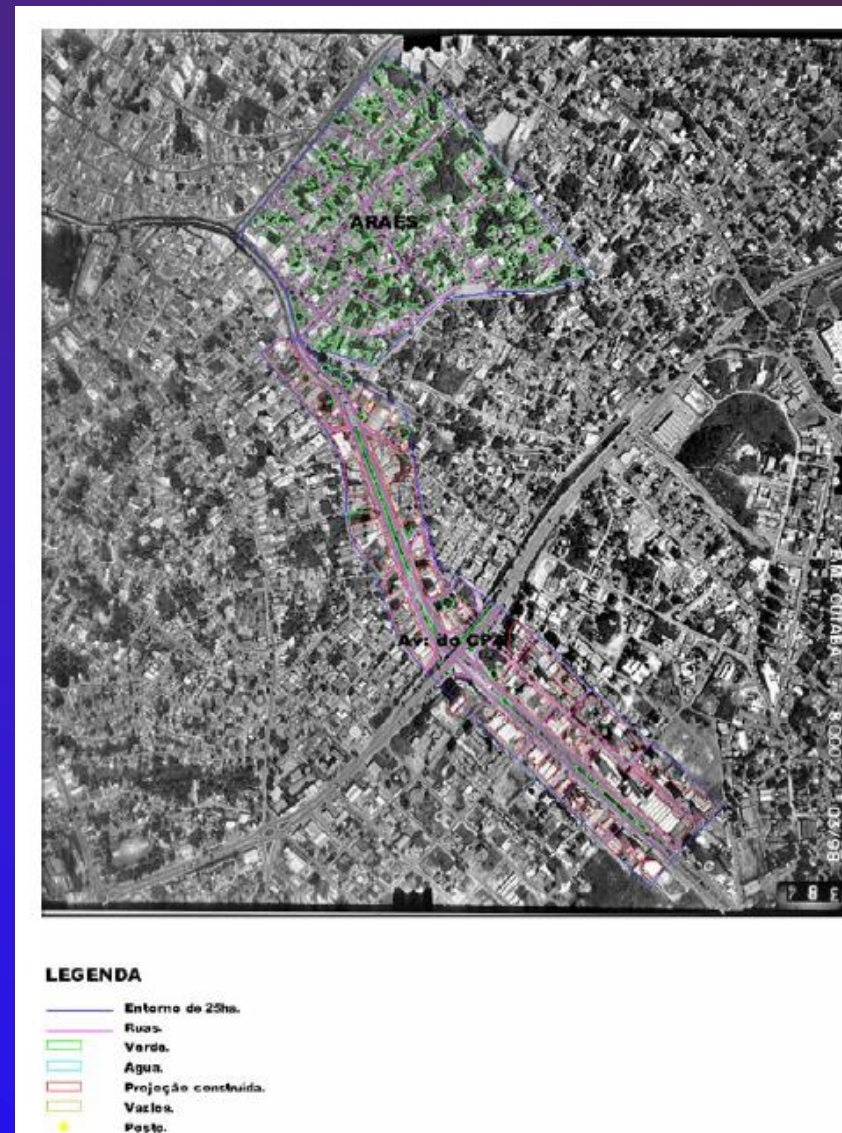
(g) UFMT



(h) Pascoal Ramos

Figura 2 - Sete casos estudados em Cuiabá (DUARTE, A.; DUARTE, D., 1998)

Área de influência ao redor do ponto de medição



Área de influência ao redor do ponto de medição



Figura 2 - Locais monitorados

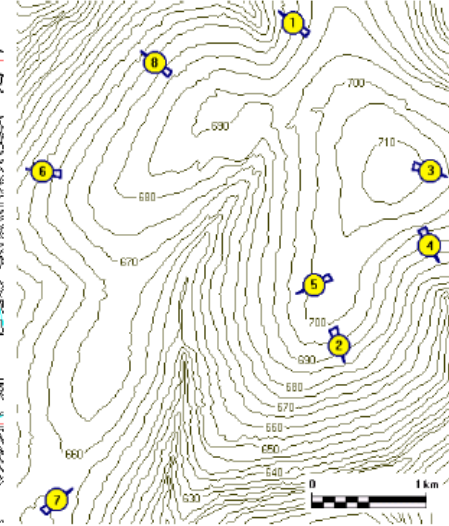


Figura 3 - Relevo

Um programa computacional vem sendo desenvolvido para ler imagens gráficas e calcular as porcentagens correspondentes a cada parâmetro (cor). Em uma primeira fase experimental, estas imagens foram produzidas manualmente (figura 4), a partir das fotografias aéreas. Atualmente está sendo concluída uma rotina que faz a leitura diretamente sobre as fotografias.

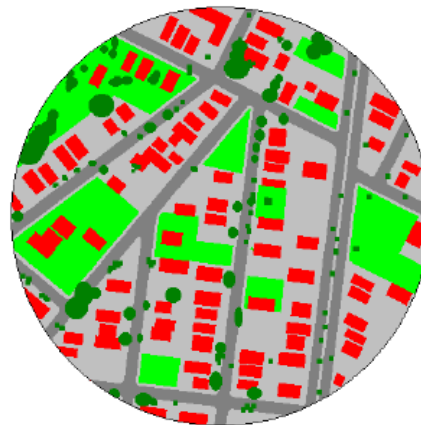


Figura 4 - Ocupação do solo no ponto 4



Figura 5 - Fotografia aérea do ponto 4

Variáveis do clima exterior

- ◆ Temperatura K, °F, °C
 - do ar
 - superficial
 - de globo
 - do solo
- ◆ Umidade
 - relativa em %
 - específica em g de vapor d'água/kg de ar seco
 - absoluta em kg de vapor d'água/m³ de ar seco
- ◆ Radiação solar
 - direta e difusa em W/m²
 - insolação em h
- ◆ Vento
 - direção em graus
 - velocidade em m/s, Km/h, nós

Heliógrafo/Solarímetro

Piranômetro



Psicrômetro



Anemômetro de ventoinha



Bússola



Anemômetro de ventoinha



**Anemômetro de pá e concha
da estação meteorológica
automática**



Instrumentação

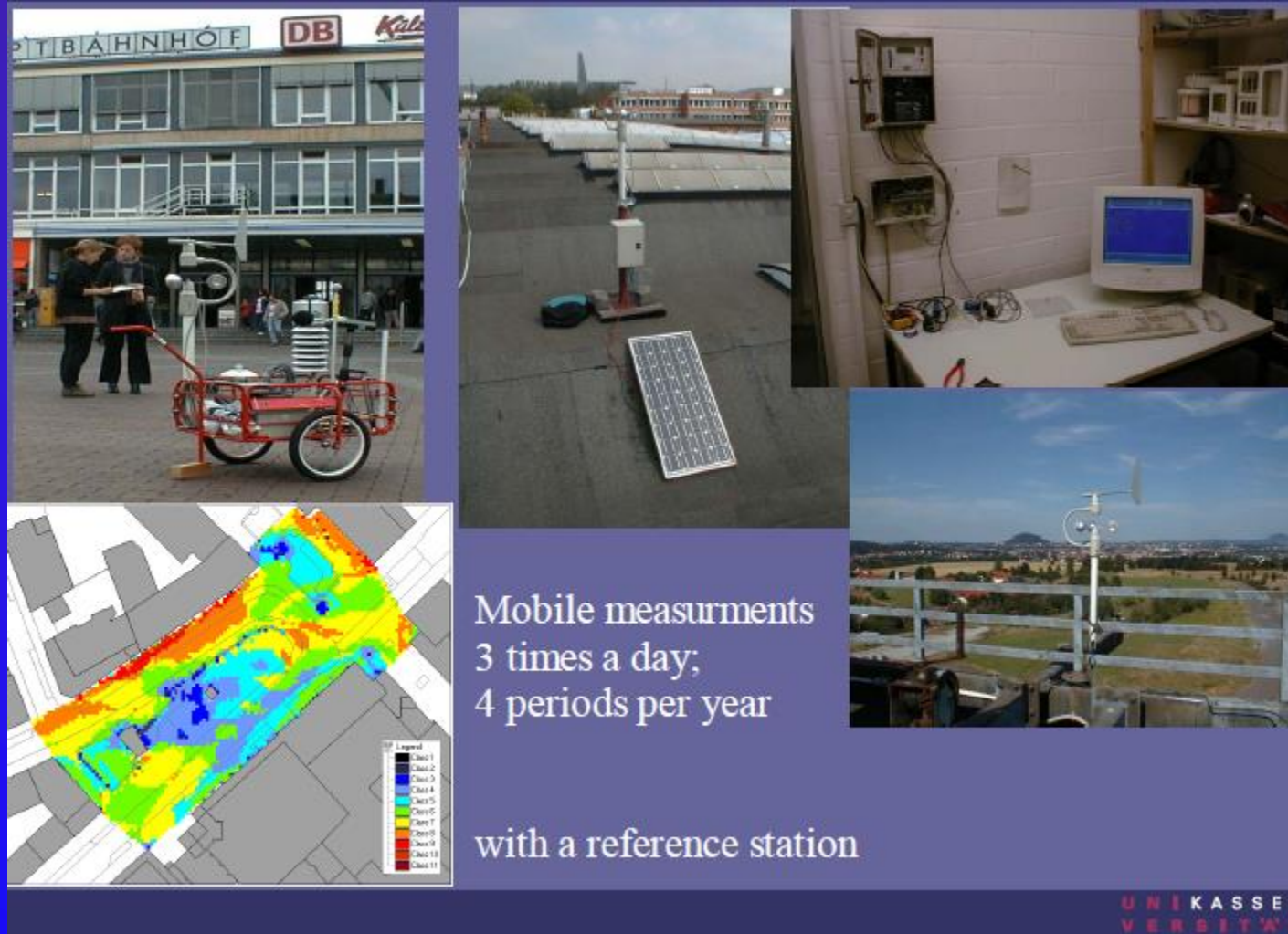


Katzchner, University of Kassel

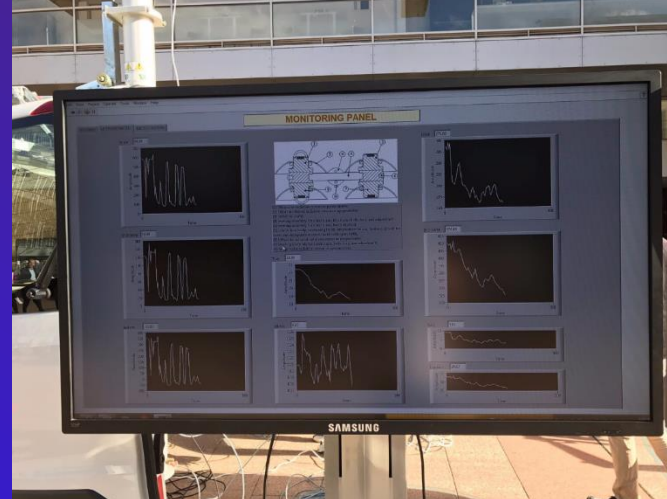


Kuttler, University of Essen

Instrumentação



Instrumentação



Energy Bus, Santamouris, UNSW, Sydney



Estação Meteorológica convencional





Estação Meteorológica automática



**Estação Meteorológica automática
montada a 10m**

Estação Meteorológica Automática



Estação Meteorológica Compacta

Componentes da
Estação Meteorológica Compacta

EMC



Pluviômetro RC2



Datalogger CR200



Anemômetro 03002



Temperatura e
Humidade do Ar CS215



Radiação Solar
CS300



**Estação Meteorológica
Compacta**

Proteção do sensor



Figura 5.1: Proteção contra radiação

ME Renata Barbugli (2004)



ME Gomes (2008)



Labaut verdinhos (2010)

Proteção do sensor



ME Eduardo Pizarro
Labaut (2014)



Barreiras de radiação para uso em edifícios

Item	Foto / Desenho esquemático	Descrição	Código de identificação neste trabalho
1		Termopar padrão de referência para registro da temperatura do ar, com sua dupla barreira de radiação	Tar
2		Termopar padrão de referência para registro da temperatura de globo inserido dentro de globo metálico de 9cm	Tglobo
3		Fonte de radiação formada por um aquecedor elétrico comercial do tipo radiante	Fonte de radiação
4		HOB0 RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) com canal externo (sensor externo) conectado	HB1i e HB2E1e
5		HOB0 RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) com canal externo (sensor externo) protegido com papel alumínio sem ventilação	HB1i e HB2E1e externo encapsado alum.
6		HOB0 RH TEMP (sensor interno) encapsado com papel alumínio colado com cola pritt	HB1i encapsado alum.
7		HOB0 RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) e canal externo (sensor externo) encapsados com papel alumínio	HB1i encapsado alum. e HB2E1e encapsado alum.
8		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de proteção formada por dois recipientes de papel alumínio, do tipo usado como marmiteix para transporte de alimentos, grampeados nas bordas para impedir a ventilação no seu interior.	HB1i dentro de Marmiteix alum. fechada
9		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de proteção formada por um recipiente de papel alumínio, do tipo marmiteix, disposto com sua abertura para baixo e com proteções laterais constituídas de abas formadas por tampas de marmiteix grampeadas na borda, permitindo ventilação	HB1i dentro de Marmiteix alum. aberta



10		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de cilindro horizontal forrado por papel alumínio com ventilação lateral	HB1i dentro de cilindro alum. horizontal
11		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de cilindro vertical confeccionado com garrafa PET, encapsado com papel alumínio. A parte inferior, aberta para entrada de ar, e na parte superior, abertura lateral para saída de ar. Proteção superior contra radiação.	HB1i dentro de PET vertical alum.
12		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de proteção confeccionada de polietileno com papel alumínio interno e abertura lateral para ventilação	HB1i dentro de Abajo de Polietileno
13		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de recipiente metálico (médio bulhão), do tipo usado para transporte de alimentos com abertura para ventilação entre tampa e o recipiente (via lateral).	HB1i dentro de Marmiteix alumínio comum
14		HOB0 RH TEMP (sensor interno) dentro de recipiente metálico polido (alto bulhão), do tipo usado para transporte de alimentos com abertura para ventilação entre tampa e o recipiente (via do tampo).	HB1i dentro de Marmiteix alumínio polido
15		HOB0 RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) dentro de cilindro vertical PET alumínio, ventilado e canal externo (sensor externo) dentro de globo metálico.	HB2E1i dentro de PET vertical alum. e HB2E1e dentro de globo
16		HOB0 RH TEMP 2 X EXTERNAL (sensor interno) com canal externo (sensor externo) dentro de globo de plástico tipo "bola de natal" pintado de preto fosco.	HB2E1i e HB2E1e dentro de bola de natal

Quadro 2 (continuação) - Fotos e desenhos esquemáticos representando os equipamentos testados com os modelos de barreiras de radiação e outros acessórios usados

Termômetro de globo e abrigo do sensor



Figura 2 – Corte e lixamento da lateral do plug de esgoto.
Fonte: Hirashima (2010).



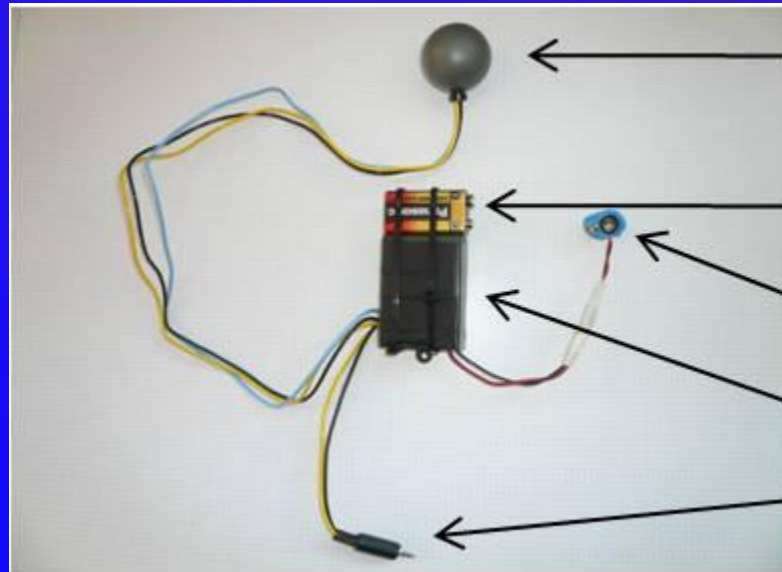
Figura 3 – Fixação da base do abrigo e encaixe da porca sextavada de 1/4". Fonte: Hirashima (2010).



Figura 4 – Fixação do equipamento no interior do abrigo.
Fonte: Hirashima (2010).



Figura 5 – Abrigo meteorológico. Fonte: Hirashima (2010).



Bola de tênis de mesa com sensor de temperatura

Bateria 9V

Terminal para bateria 9V

Amplificador

Conector P2 para o canal externo do HOB0

Hirashima, Assis (2011)

Estimativa da t_{rm} a céu aberto

- (a) Medidas diretas dos fluxos de radiação
- (b) termômetro de globo cinza 38 mm
- (c) Rayman 1.2 software (standing or walking person)

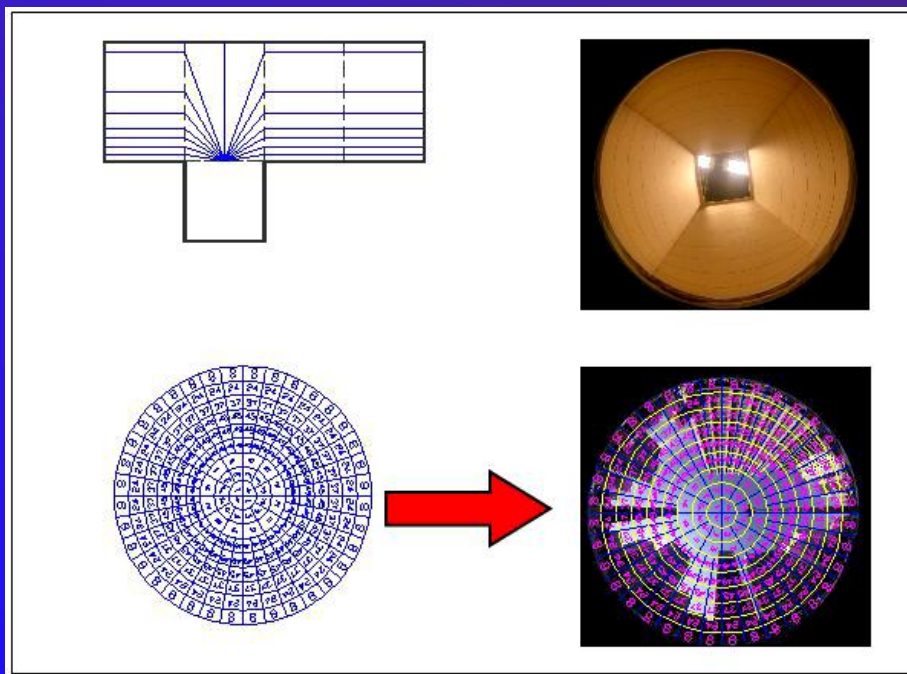


Termômetro de globo cinza 38 mm



Saldo-radiômetro para medição de radiação de onda curta e longa
Thorsson et al. (2007)

Lente grande angular para fator de visão de céu e sobreposições com a carta solar



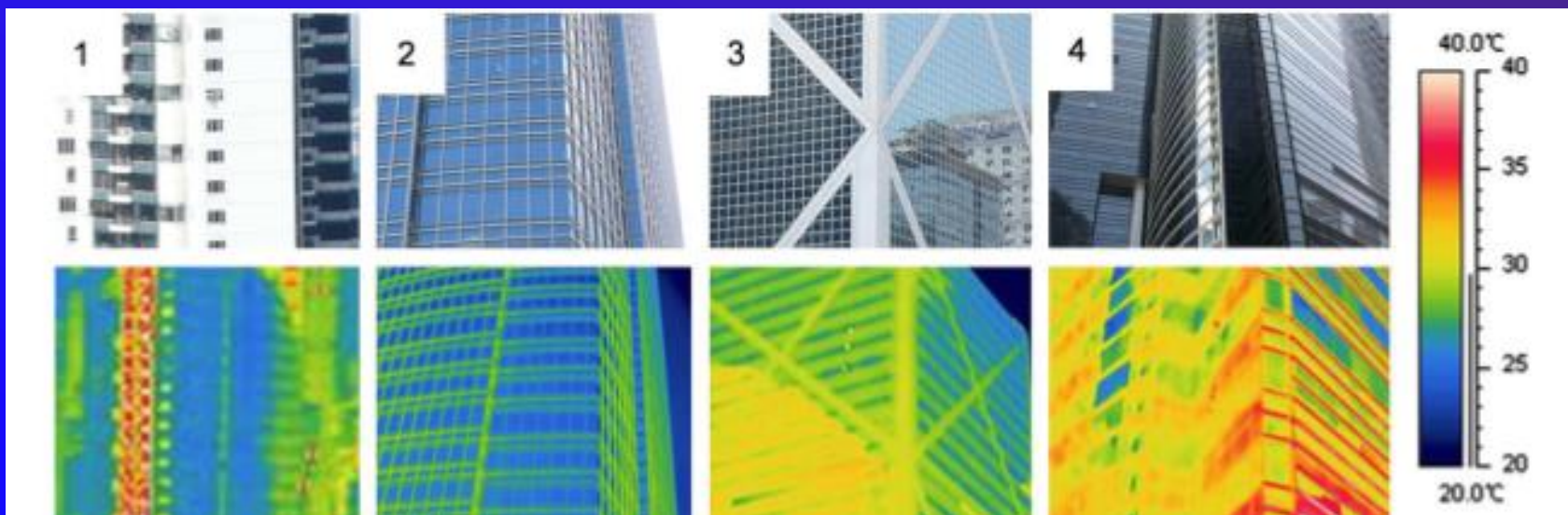
IC Tatiana Souza (2004)
LABAUT



Termografia

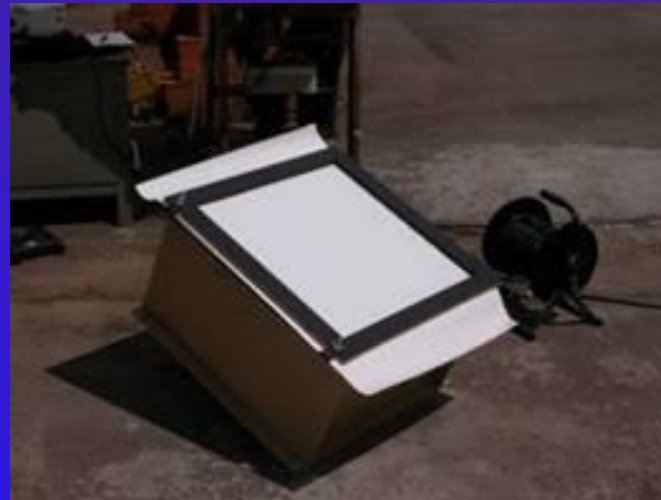


Câmera termográfica e medições de temperatura superficial.



Variação de temperaturas superficiais na envoltória de edifícios (Yang, Li, 2009)

Medidas Fixas



Transmissão térmica e luminosa em membranas
Labaut

tensil 1.2 FAUUSP/CNPq 2005

Cidade: **Rio de Janeiro**

Características da área: **centro urbano**

Revestimento do piso: **cimentado**

Atividade do usuário: **em pé**

Cor da roupa: **camisa mg curta+calça**

media

Conforto térmico urbano/ usuário a céu aberto
(índice de conforto: HL's Heating Load)

mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Legenda
0	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	CE Frio Extremo
1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	FM Frio Moderado
2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N Neutralidade
3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	CM Calor Moderado
4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	CE Calor Extremo
5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
7	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
8	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
9	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
10	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
11	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
12	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
13	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
14	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
15	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
16	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
17	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
18	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
19	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
20	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
21	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
22	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
23	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	

Diagnóstico

FC 1.5 %
FM 11 %
N 38 %
CM 17 %
CE 15 %

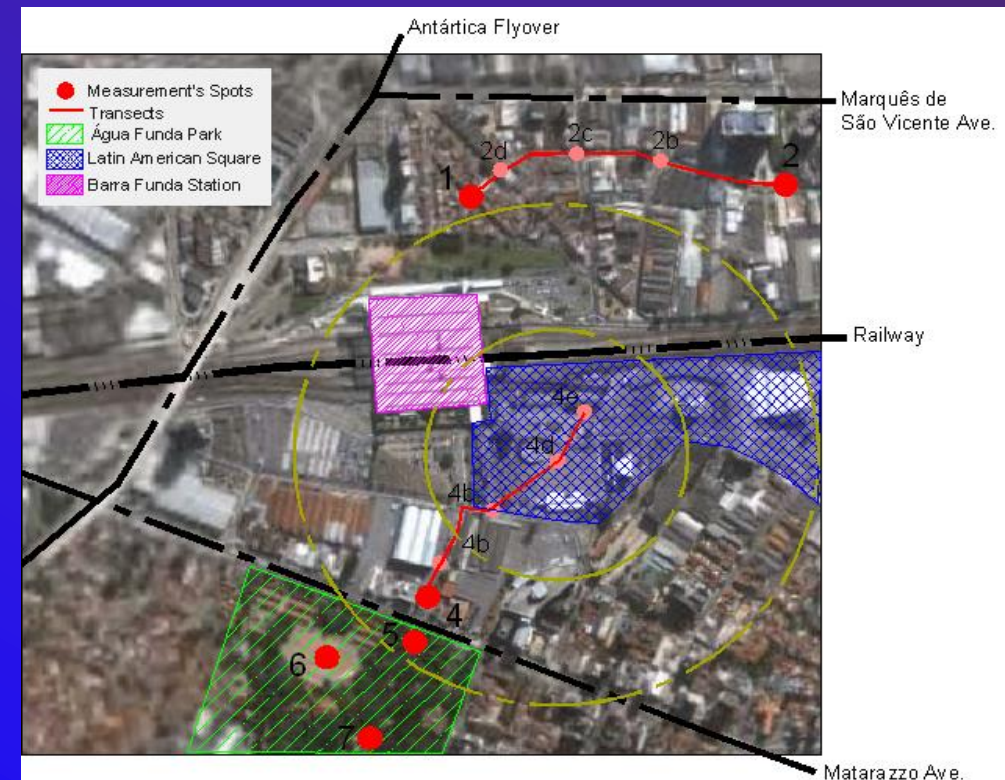
Medidas Fixas e Transectos



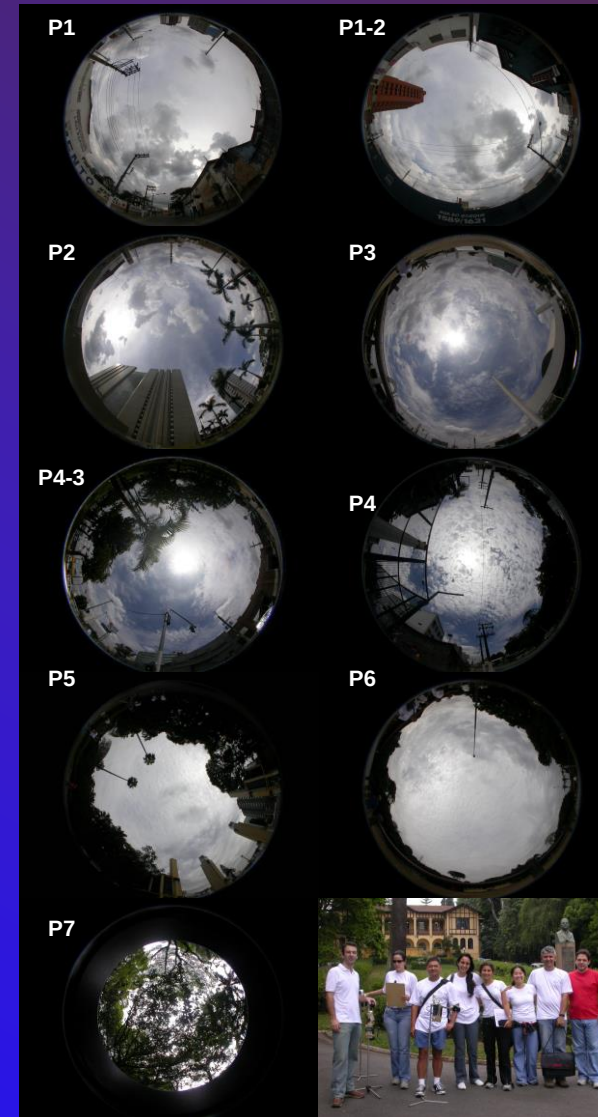
Labaut

Barra Funda, 2005

Express way	Matarazzo Av.	LAeq_dB(A)
		76
Secondary ways	Latin American Square	68
	R.Bento T.Ferraz	73
	Fórum	62
	Rua Quirino dos Santos	61
	R.Bosque / R.Tomas Edson	62
Local street	R. do Bosque / R.Fairbanks	52



Medidas Fixas e Transectos



Labaut

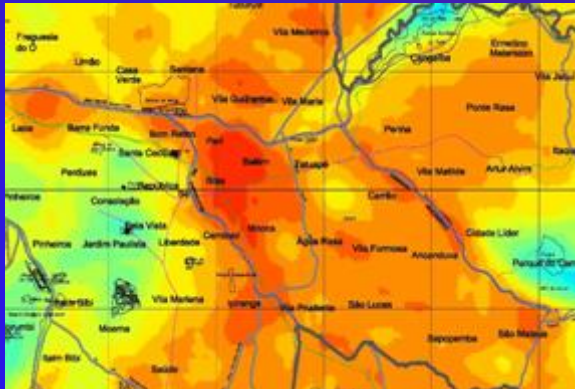
Barra Funda, 2005

Medidas Fixas e Transectos



Labaut
Barra Funda, 2005

Medidas Fixas



Labaut
Luz, 2006

Medidas Fixas

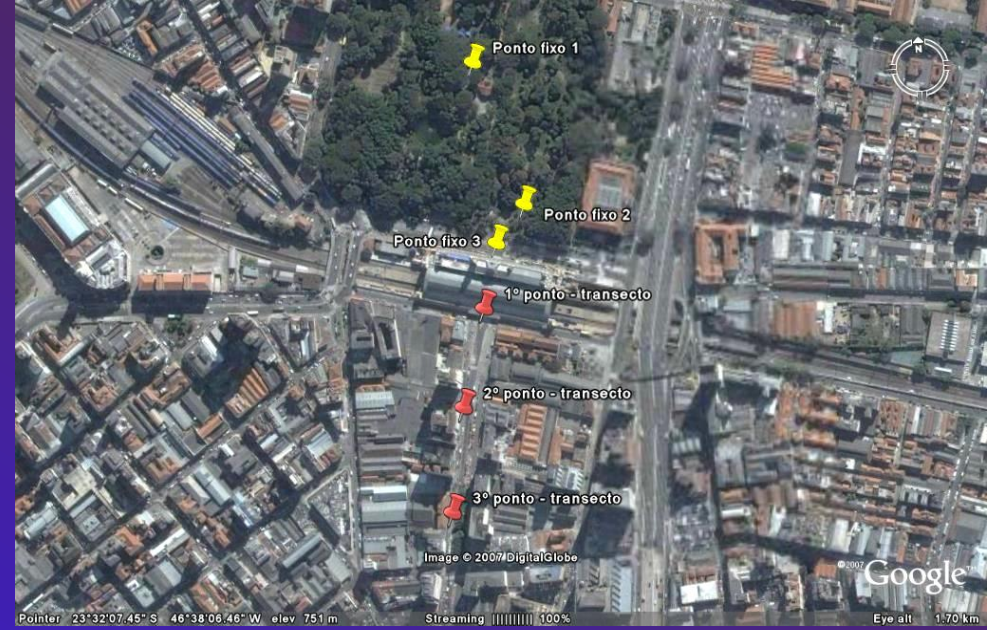
Labaut

Luz, 2006



Medidas Fixas e Transectos

Labaut
Luz, 2007



Medidas Fixas

Parque Trianon, 2013



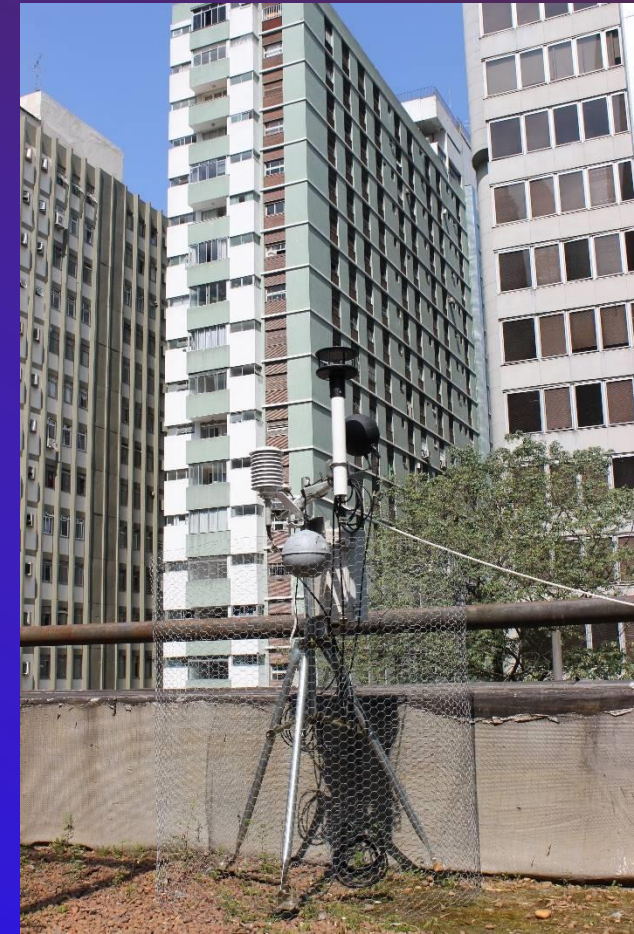
Medidas Fixas

Parque Villa-Lobos, 2015



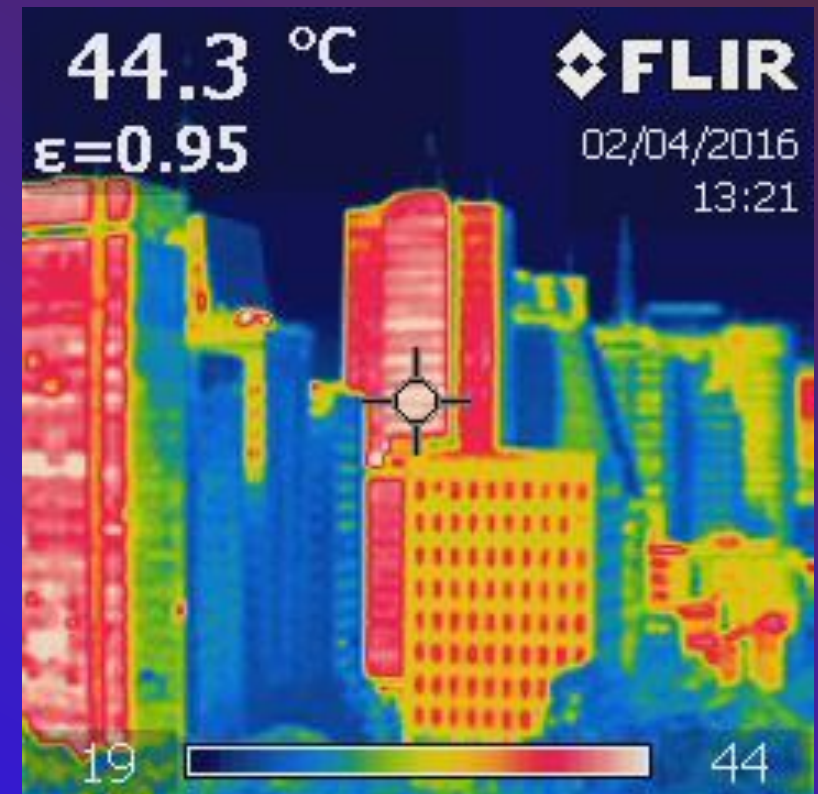
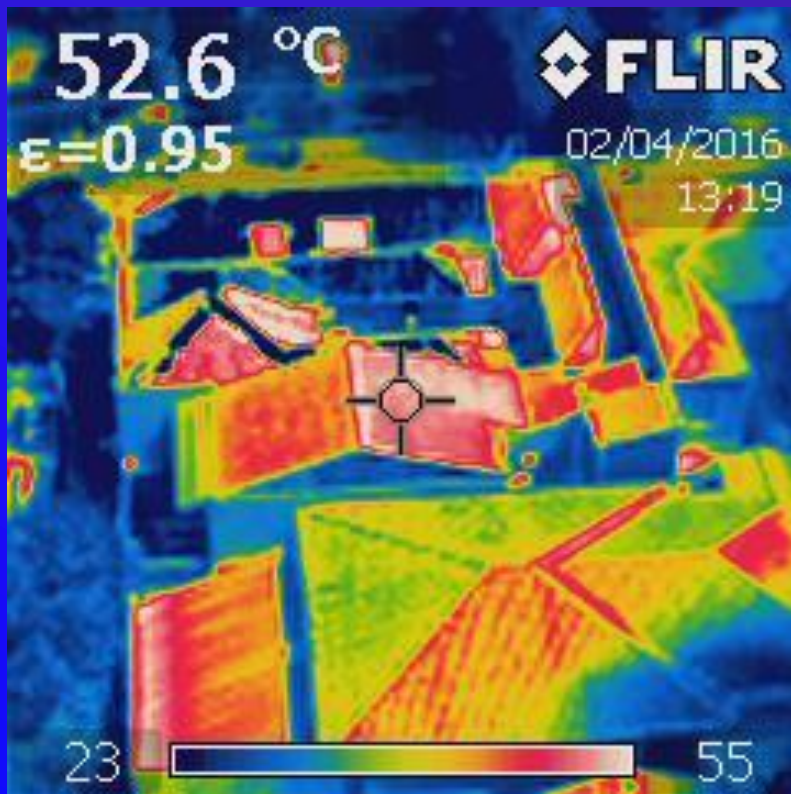
Medidas Fixas

Bela Vista e Paulista, 2016



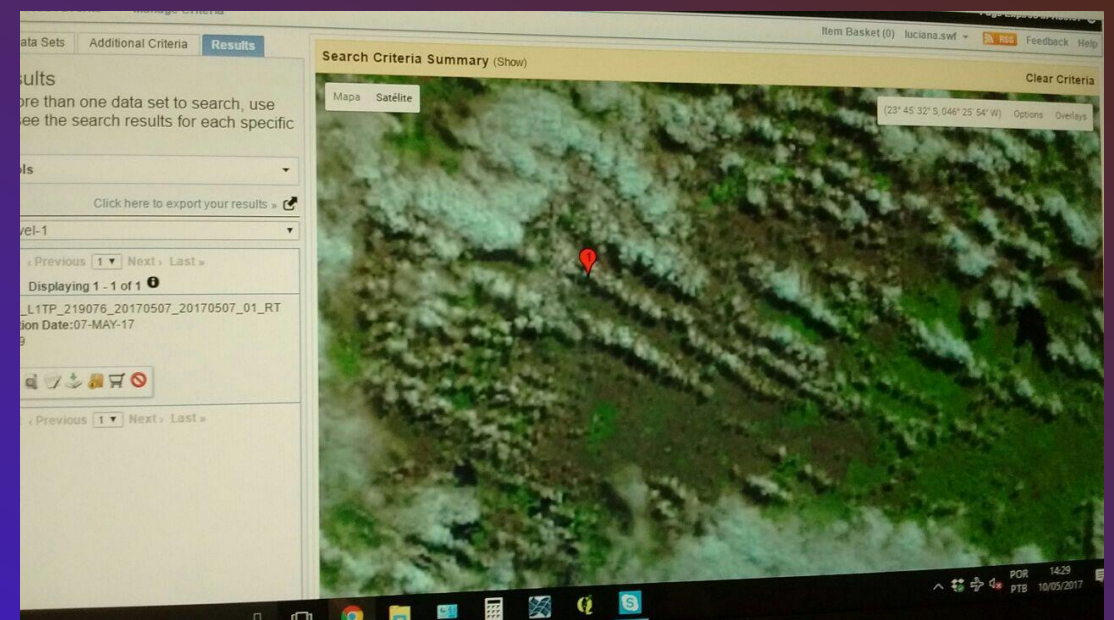
Medidas Fixas

Bela Vista e Paulista, 2016



Medidas Fixas

LABAUT/USP



Medidas Fixas



Controle de ofuscamento em emboques de túneis rodoviários e possibilidades de geração de energia para iluminação artificial
DO Norberto Moura

Medidas Fixas



Figura 5 - Abrigo de ônibus na Av. Vital Brasil (n° 139)
Fonte: Os autores, foto de Corina Bianco.



Figura 6 - Abrigo de ônibus na Av. Vital Brasil (n° 229)
Fonte: Os autores, foto de Leonardo Maia.



Figura 7 - Posições de medições na Avenida Vital Brasil
Fonte: Os autores, adaptado de Google Earth.



Figura 1 - Abrigo de ônibus "Caos Estruturado"
Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2013



Figura 2 - Abrigo de ônibus "Brutalista"
Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2013

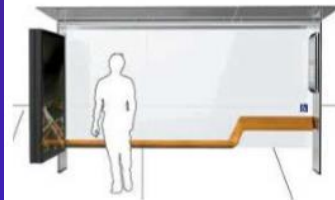


Figura 3 - Abrigo de ônibus "Minimalista"
Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2013



Figura 3 - Abrigo de ônibus "High Tech" *Fonte: Prefeitura de São Paulo, 2013*

Medidas Fixas

Variável medida	Equipamento	Imagem
Temperatura do ar	Termômetro Termo-higrômetro	
Velocidade do ar/vento	Anemômetro de ventoinha unidirecional	
Umidade relativa do ar	Termo-higrômetro	
Temperatura global	Termômetro de globo	
Temperatura de superfície	Termômetro Câmera termográfica	
Condição do céu	Câmera com lente olho de peixe	

Medidas Fixas



a)



b)



c)



d)

Figuras 15 a) a d) - Abrigo de ônibus de vidro (novo) às 10:57 e às 14:30.



a)



b)

Medidas Fixas



c)

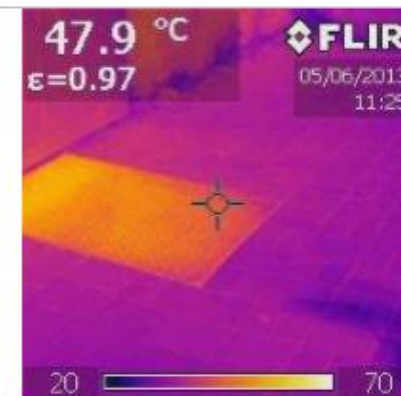


d)

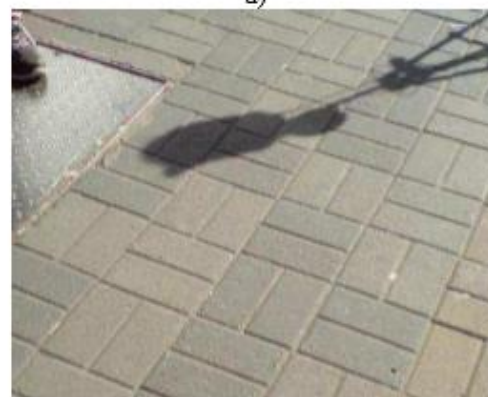
Figuras 16 a) a d) - Abrigo de ônibus de policarbonato (antigo) às 11:12 e às 14:17.



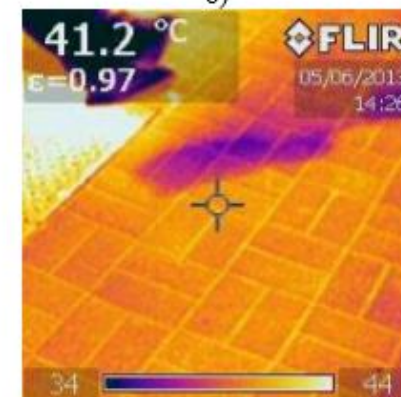
a)



b)



c)



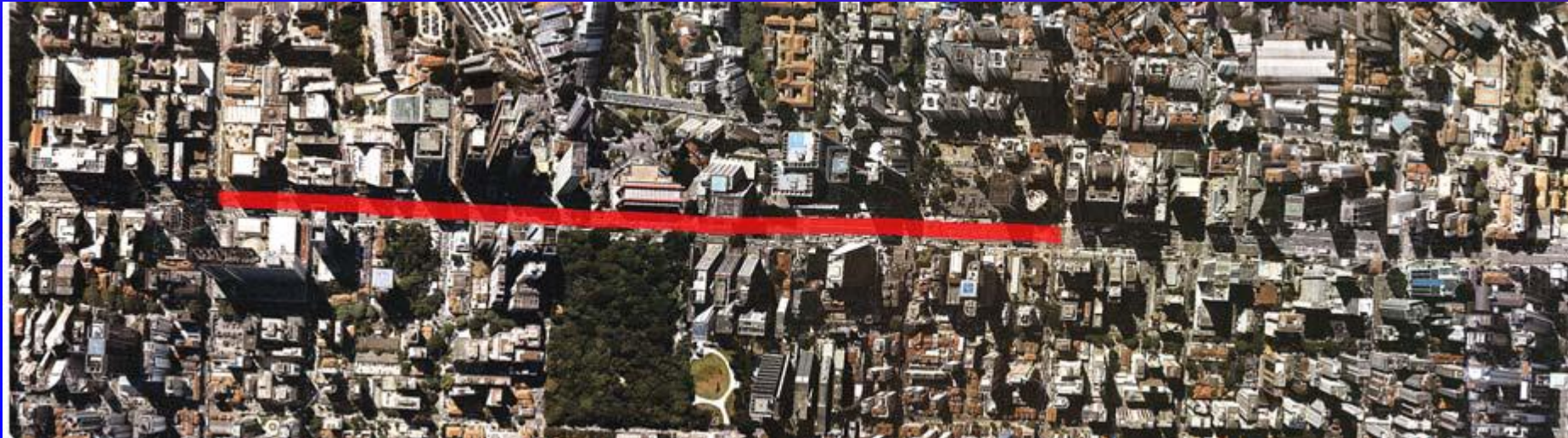
d)

Figuras 17 a) a d) - Ambiente descoberto (sob o sol) às 11:25 e às 14:26.

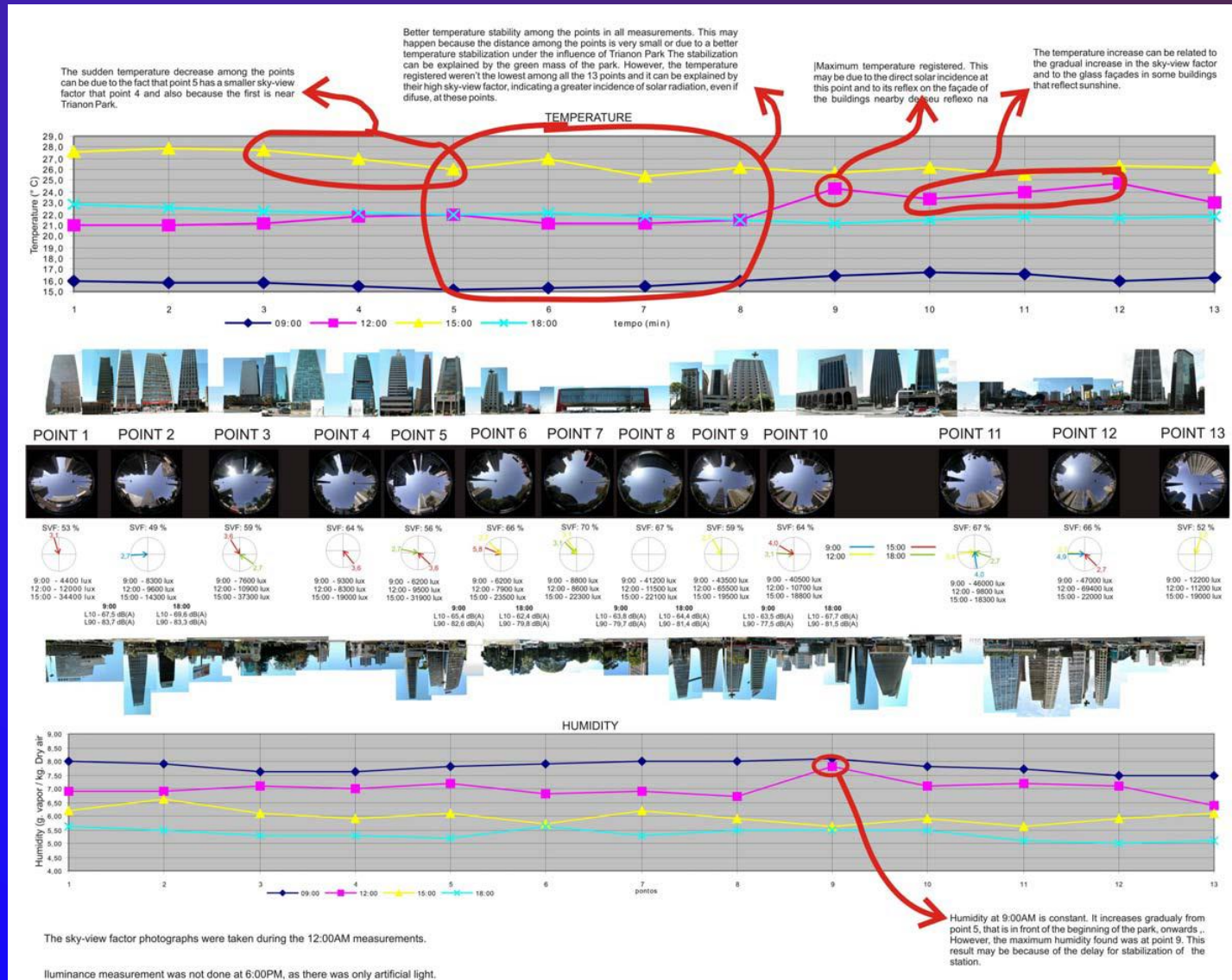
Transectos



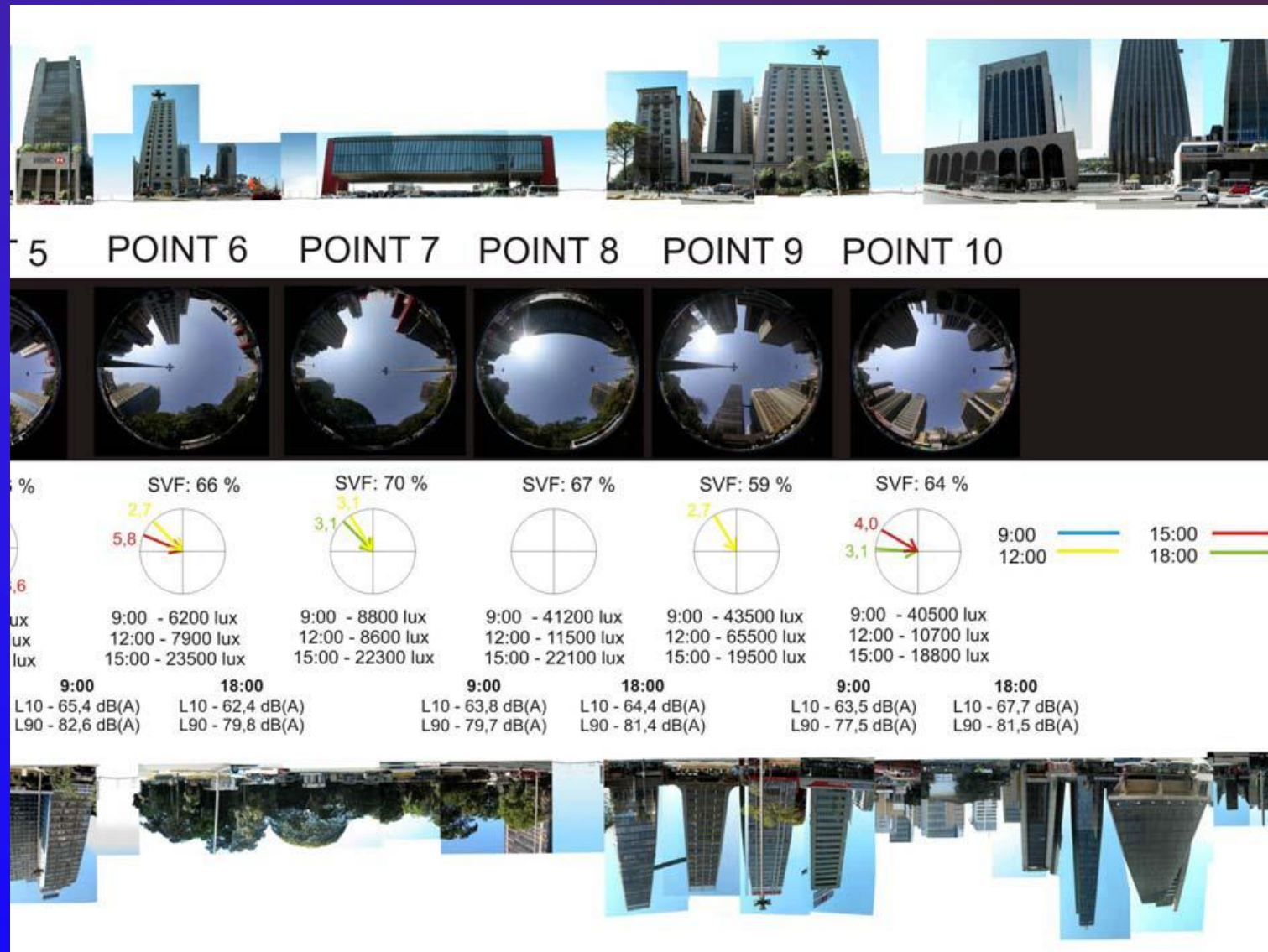
IC Tatiana Souza, Av. Paulista 2004



Transectos



Transectos



IC Tatiana Souza, Av. Paulista 2004

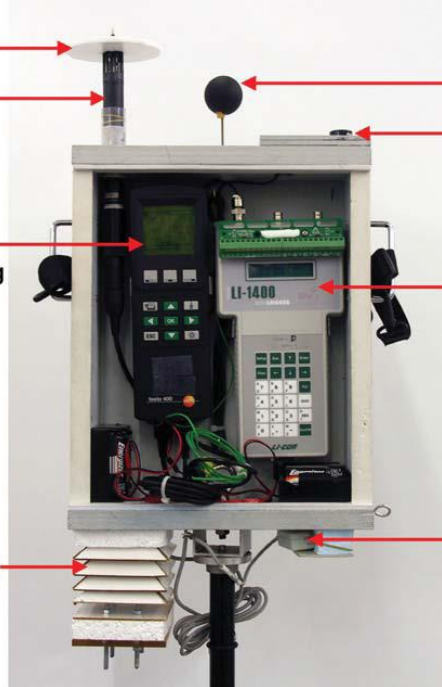


Sun Shade

Air Temp,
Wind Speed &
RH sensors

Testo data
logger recording
air temp, globe
temp, wind &
RH data

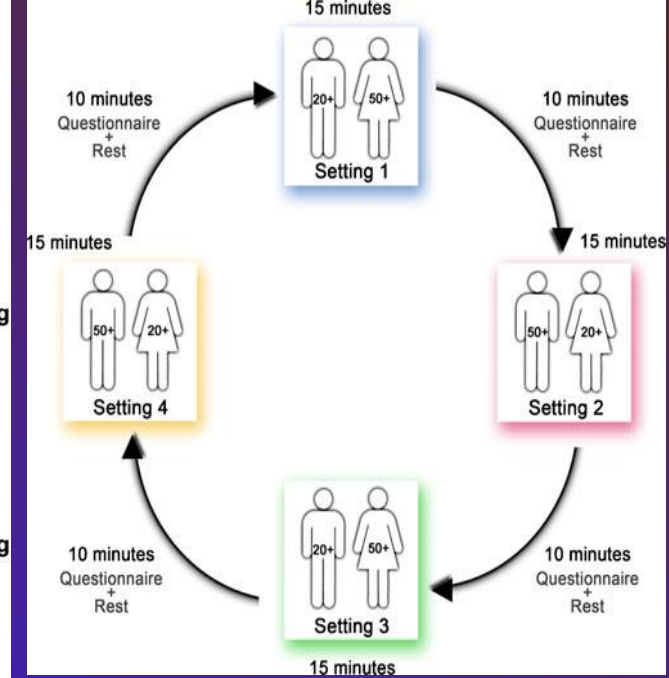
Sun Shade with
HOBO Air Temp
& RH sensors
inside



Globe Temp
sensor
Pyranometer
solar radiation
sensor

Licor data
logger recording
solar radiation
data

HOBO data
logger recording
HOBO air temp
& RH data



Setting 1



Setting 2



Setting 3



Setting 4

Outdoor thermal comfort study in HK
Cheng, Ng, Chan, 2011



Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort - Taiwan

Lin, de Dear, Hwang, 2010

Medidas Fixas



DO Leonardo Monteiro

DO Leonardo Monteiro



1. base descoberta



2. base sob cobertura têxtil



3. base área sob árvores

Base céu aberto

Estação meteorológica marca ELE modelo EMS

Set analógico

- termohigrômetro
- termômetros de globo
- anemômetros de hélice



DO Leonardo Monteiro

Estação meteorológica marca ELE modelo EMS

- termo-higômetro
- anemômetro de copo e pá
- piranômetro.

Data logger ELE modelo MM900 EE 475-016.



Base sob cobertura têxtil

Estação Innova 7301

Set analógico

- termohigrômetro
- termômetros de globo
- anemômetros de hélice



Estação Innova 7301

- termômetro e higrômetro
- termômetro de globo
- anemômetro omnidirecional

Data logger Innova modelo 1221.



DO Leonardo Monteiro

Base sob árvores

Estação Huger Eletronics modelo GmbH WM918

Set analógico

- termo higrômetro
- termômetros de globo
- anemômetros de hélice



DO Leonardo Monteiro

Estação Huger Eletronics modelo GmbH WM918

- termo higrômetro
- anemômetro de copo e pá

Dados armazenados em computador portátil



Base de referência (10m)

Estação Huger Eletronics modelo GmbH WM921



Estação Huger Eletronics modelo GmbH WM921

- termohigrômetro
- anemômetro de copo e pá

Dados armazenados em computador portátil



DO Leonardo Monteiro

Isolamento térmico da roupa



DO Leonardo Monteiro

Entrevistas

Data: _____ Período: _____ Local: _____ Entrevistador: _____

1a) Neste momento, aqui: Você está com frio, calor ou nenhum dos dois?

1b) Se responder frio ou calor: Você está com pouco calor, mais ou menos, ou muito calor (frio)?

2a) Com relação a esse “pouco calor/muito frio/etc” (repetir a resposta da pessoa da questão 1) Você está confortável ou desconfortável?

2b) Se responder desconfortável: Você está pouco, mais ou menos ou muito desconfortável?

3) Onde você nasceu? (Se for do estado de SP, anotar a cidade, se for de fora, anotar o estado)

4) Há quanto tempo você mora aqui na Grande São Paulo? (Se a pessoa não morar aqui, anotar há quanto tempo está aqui)

	Sens -3 ~ 3	Conf 0 ~ 3	Nascimento Cidade/Estado	Tempo vivendo na Grande SP	Iclo 0,3~0,9 *	Cor CME	Idade Aprox	Sexo M/F	Ativ 0~3	Sol? S/N	Horário hh:mm
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											



0,0/0,1



0,2



0,3



0,4



0,5



0,6



0,7



0,8



0,9/1,0

Cor predominate da roupa

C = clara

M = média

E = escura

Idade aproximada

15, 20, 25, 30...

Na dúvida:

20/30, 30/40...

Sexo

M= masculino

F = feminino

Atividade

0 = sentado

1 = parado em pé

2 = andando

3 = correndo/jogando

O entrevistado estava exposto ao sol?

S= sim

N= não



Índices de conforto em ambientes externos
DO Leonardo Monteiro