Estratégias passivas para o desenvolvimento ambiental de edifícios de escritórios

Joana Carla Soares Gonçalves

Professora Associada da FAUUSP,
Departamento de Tecnologia

Setembro de 2017

Concurso para professor titular – Edital ATAc 064/2016

ESTRUTURAÇÃO DA APRESENTAÇÃO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

2. CLIMA

3. ESTRATÉGIAS PASSIVAS

4. ESTUDOS DE CASO

5. PROPOSTA

- Flexibilidade e adaptabilidade
- Ventilação natural
- Penetração solar
- Controle solar
- Pátios internos e ventilação

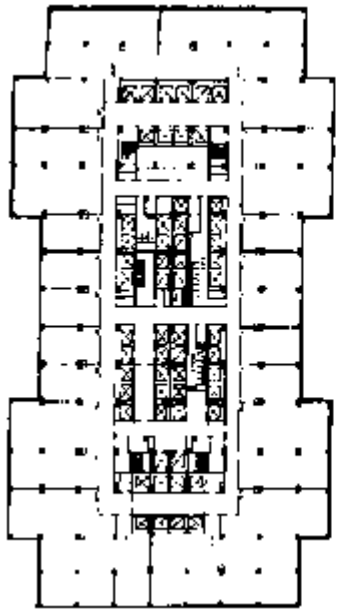
LSE CBR, London

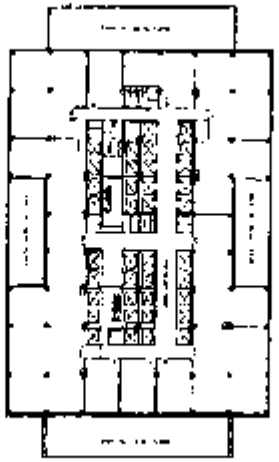
CONTEXTUALIZAÇÃO

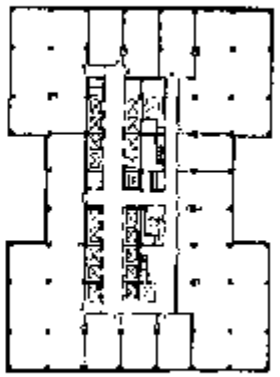
O edifício de escritórios do início do Século XX.
Pré-Segunda Grande Guerra

CONTEXTUALIZAÇÃO

Empire State Building, projeto de Shreve, Lamb e Harmon, Nova Iorque, 1931.







CONTEXTUALIZAÇÃO

Área de trabalho do Johnson Wax Building, projeto de Frank Lloyd Wright, Racine, 1950.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Edifício Gustavo Capanema, projeto de Lúcio Costa (coordenador), Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcelos, Jorge Machado Moreira e Oscar Niemeyer, Rio de Janeiro, 1936.

CONTEXTUALIZAÇÃO

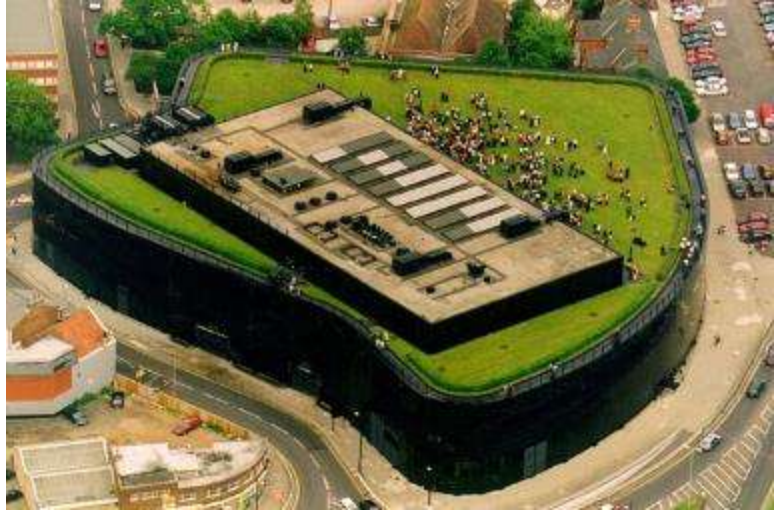
O edifício padrão do modernismo internacional.
Pós-Segunda Grande Guerra

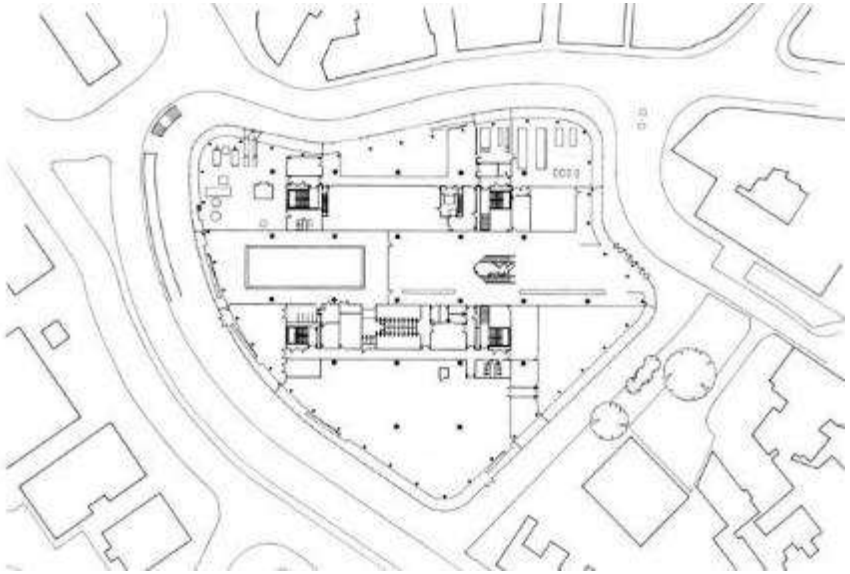
CONTEXTUALIZAÇÃO

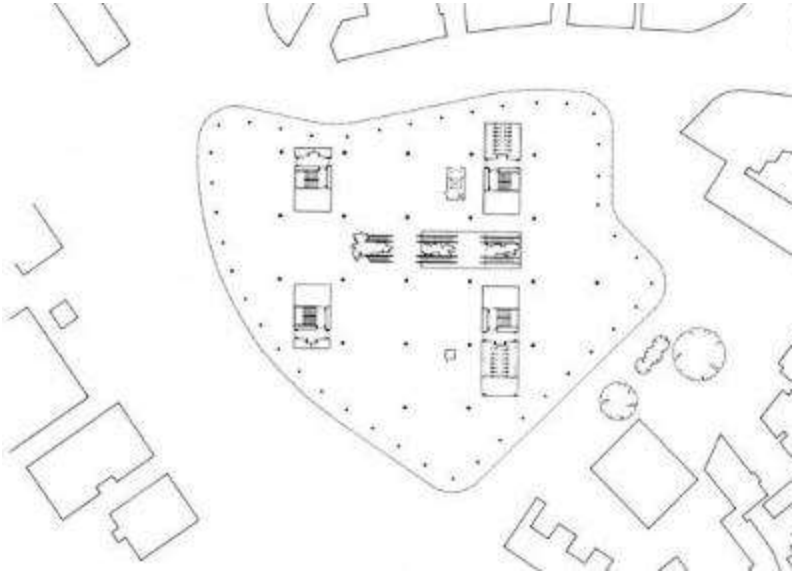
Lever House, projeto do escritório SOM, Nova Iorque, 1952.

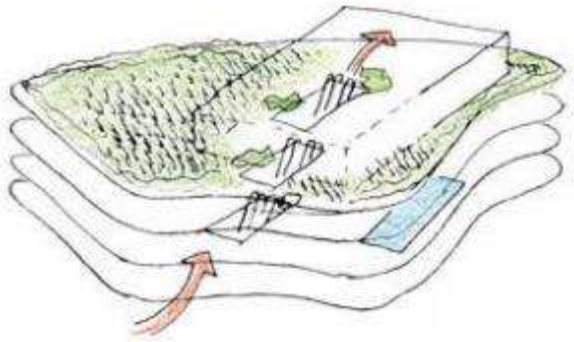
CONTEXTUALIZAÇÃO

Seagram Building, projeto de Mies Van der Rohe, Nova Iorque, 1958.



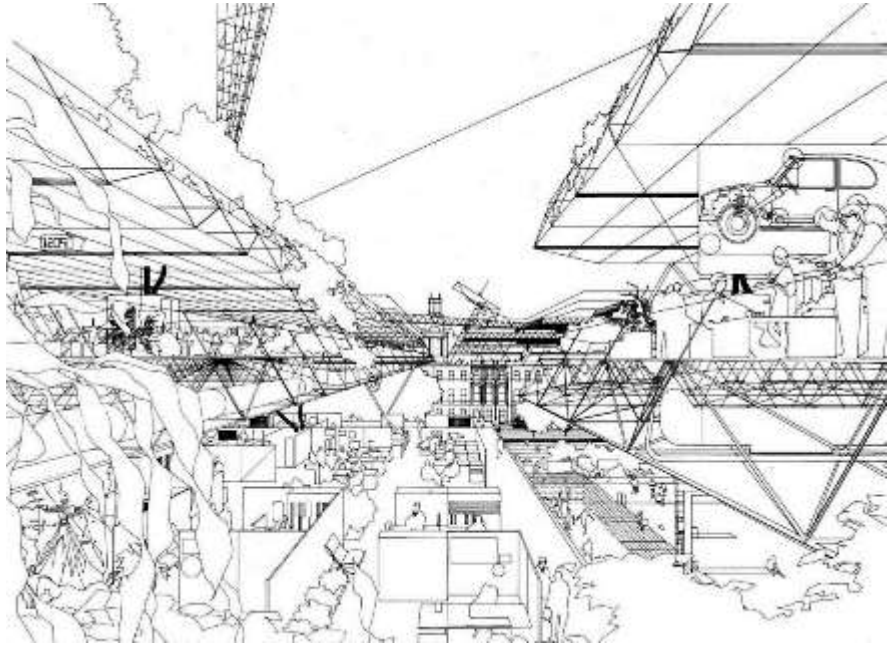




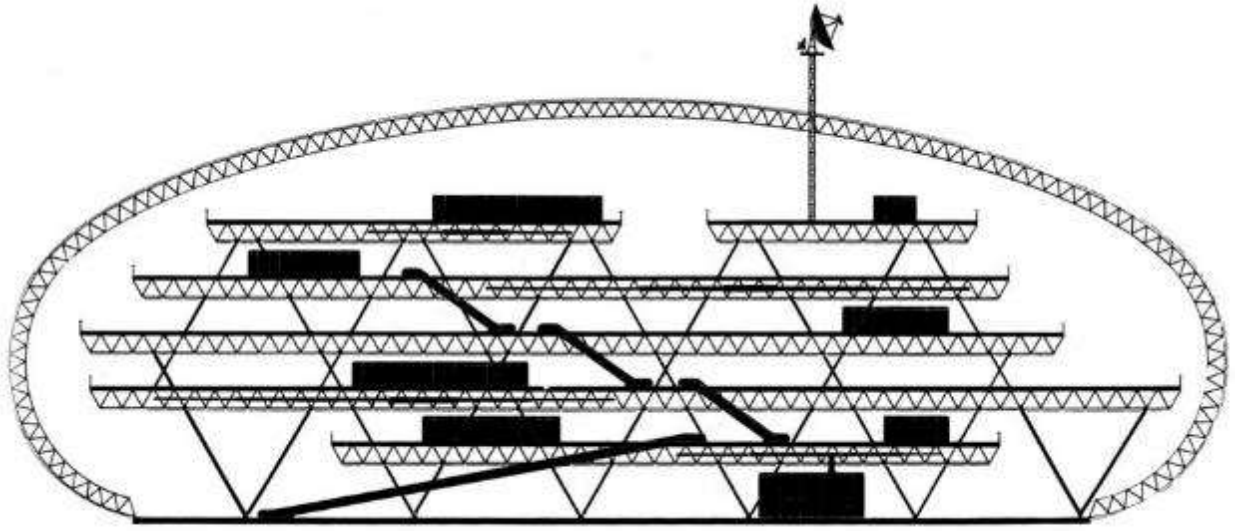


Willis Faber & Dumas Headquarters, projeto de Foster+Partners, Ipswich, 1971-75.

Geodesic Dome City, Buckminster Fuller, 1961



Buckminster Fuller e Norman Foster, *Climatroffice*, 1971



CONTEXTUALIZAÇÃO

A qualidade e o desempenho ambiental do edifício selado da caixa de vidro

Condições ambientais fixas e controladas e o conceito de conforto ambiental.

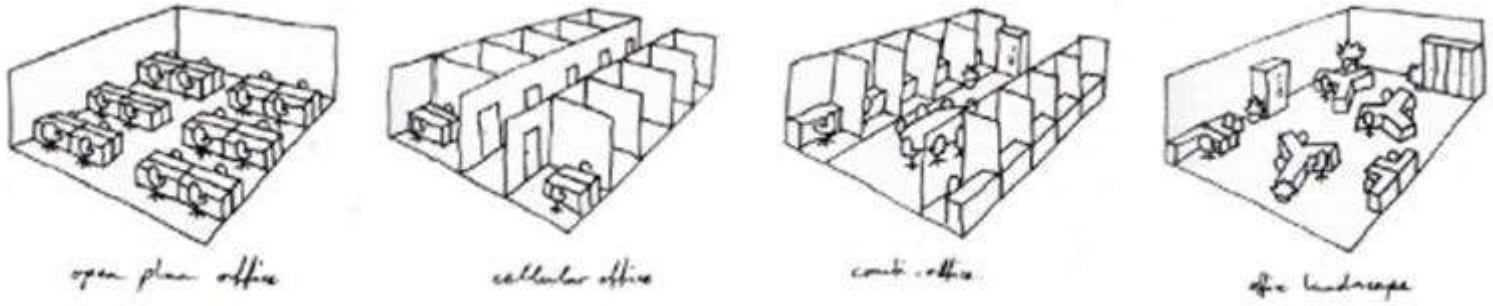
CONTEXTUALIZAÇÃO

O ambiente de escritórios dos anos 60 – reflexo do pensamento Fordista.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Índice de conforto de Fanger (1970):
ISO 7730 (2005);
ASHRAE 55 (1992)

O ambiente de escritórios dos anos 90 e 2000.



Diferentes tipologias de layout de escritórios.
Fonte: Harrison, Wheeler e Whitelead (2004).

A evolução do conceito do espaço de escritórios. Fonte: Harrison, Wheeler e Whitelead (2004).

OFFICE CONCEPT	Cellular office	Open-plan office	Group office / Office landscape	Combi office
OFFICE PHILOSOPHY	Representative arrangement	Organizational flexibility	Ergonomic work environment	Communicative space structure
PERIOD OF TIME	1950s	Mid 1960s	Late 1960s	1980s
NUMBER OF PEOPLE	1 – 2 people (up to 4 – 6 people)	> 20 workstations	6 - 20 workstations	1 person. Cellular + Multifuntional zone

CONTEXTUALIZAÇÃO

A cidade construída ao longo da 2° metade do Século XX e início do Século XXI no mundo do ambiente de escritórios

1973 — Crise Mundial do Petróleo

1976 — 1ª Regulação de Eficiência Energética Alemanha

1991 — PassivHaus Standart para edifícios residenciais

1992 — Rio Summit ‘92

1997 — Kyoto Protocol ‘97

1998 — LEED v1

1999 — Índice de Sustentabilidade Dow Jones

2001 — “Apagão” Crise Energética Brasileira

2002 — EPBD Jo’burg Summit ‘02

2005 — EPBD BRASIL - ISE

2007 — Bali Summit ‘07

2008 — Crise Financeira Mundial

2009 — COP 15 Copenhagen Summit ‘09

2013 — LEED v4 Inserção de Créditos de Carbono

2016 — UK - Edifícios residenciais de emissão zero de carbono

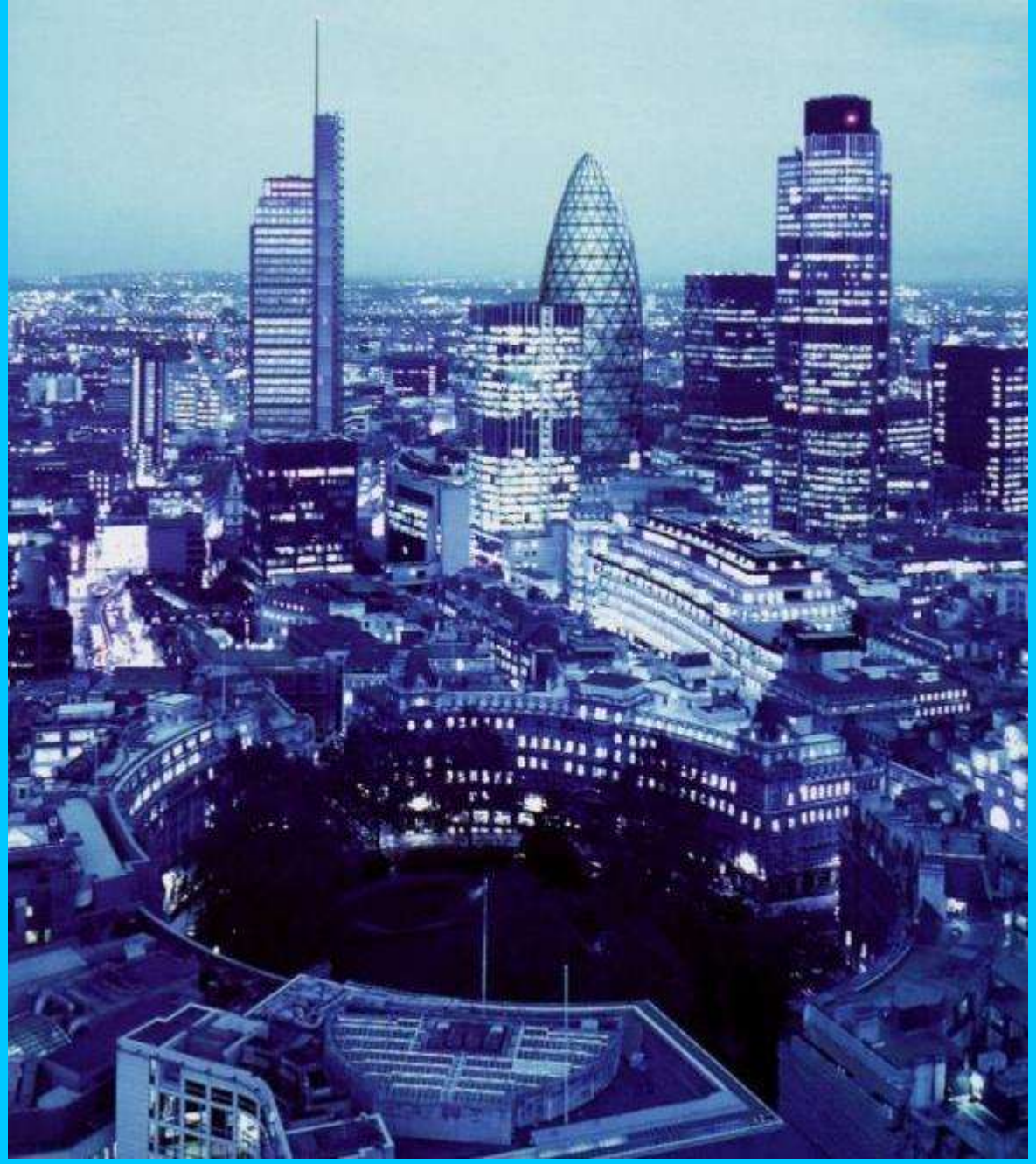
2019 — Reino Unido Norma de emissão zero de carbono para novos edifícios residenciais

2020 — Europa: Edifícios novos com emissão zero de carbono Metas de redução de carbono

2050 — Meta de 80% de redução das emissões globais de carbono

Abordagem norte-americana: ênfase tecnológica

Pesquisa em 5,375 edifícios comerciais nos EUA mostrou que o uso de sistemas de iluminação artificial e condicionamento de ar eficientes energeticamente, somados ao sombreamento das fachadas, tem o potencial de 64% de redução da demanda energética convencional *(Griffith et al. 2006)*.



Abordagem europeia: ênfase nas estratégias passivas

No Reino Unido, diretrizes para a conservação de energia apontam para o potencial de redução de aproximadamente 60% da demanda energetica convencional de edifícios comerciais condicionados artificialmente por 100% do tempo de ocupação, em função da introdução da ventilação natural *(CIBSE 2004)*.

CONTEXTUALIZAÇÃO

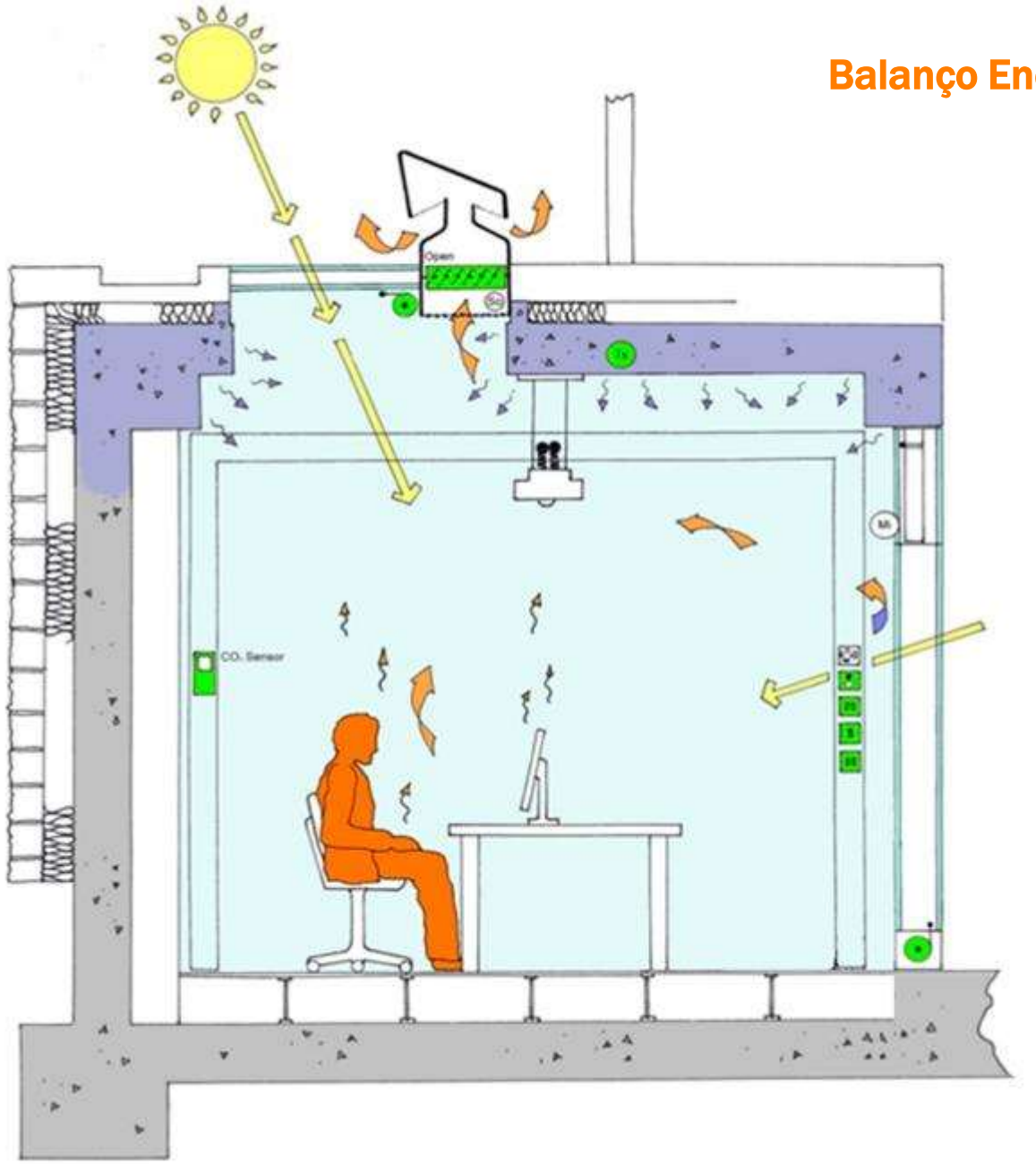
O edifício de escritório na virada do Século XX

Um novo paradigma arquitetônico e ambiental

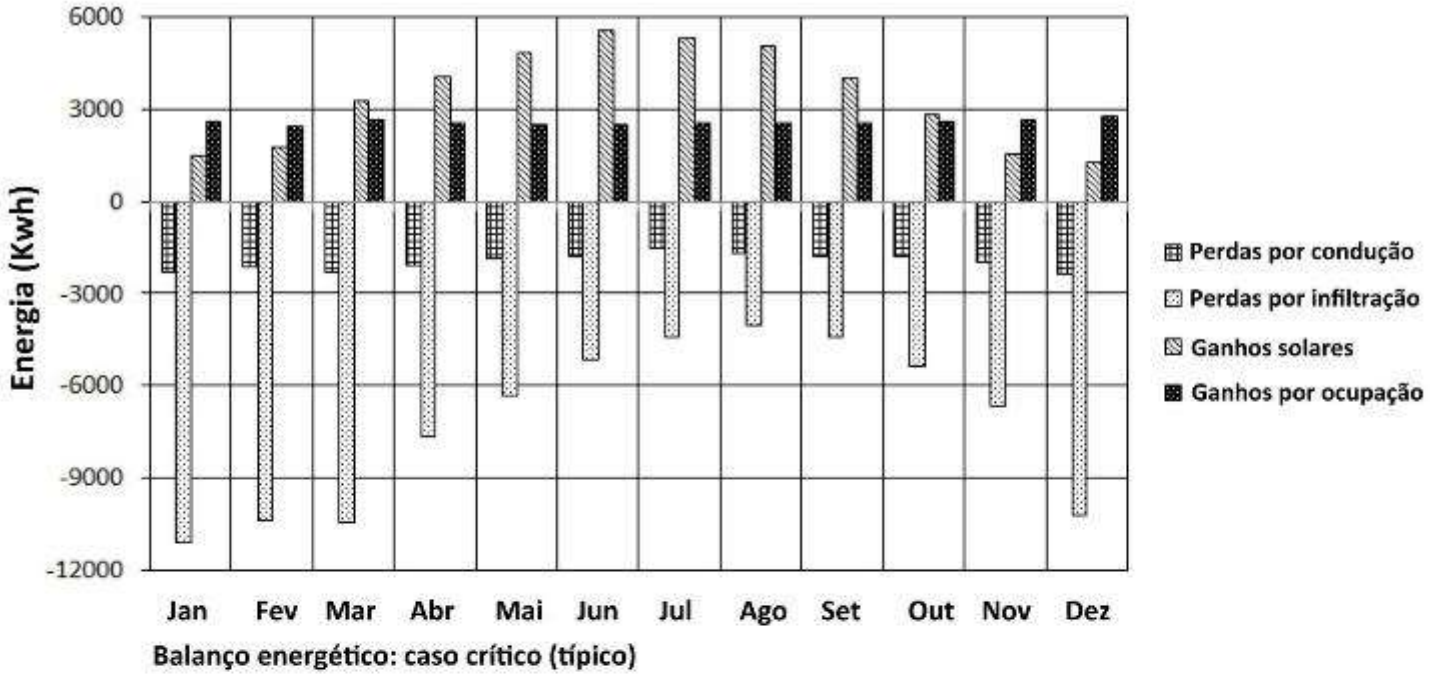
Reintrodução das estratégias passivas de desempenho ambiental:

Iluminação e ventilação natural

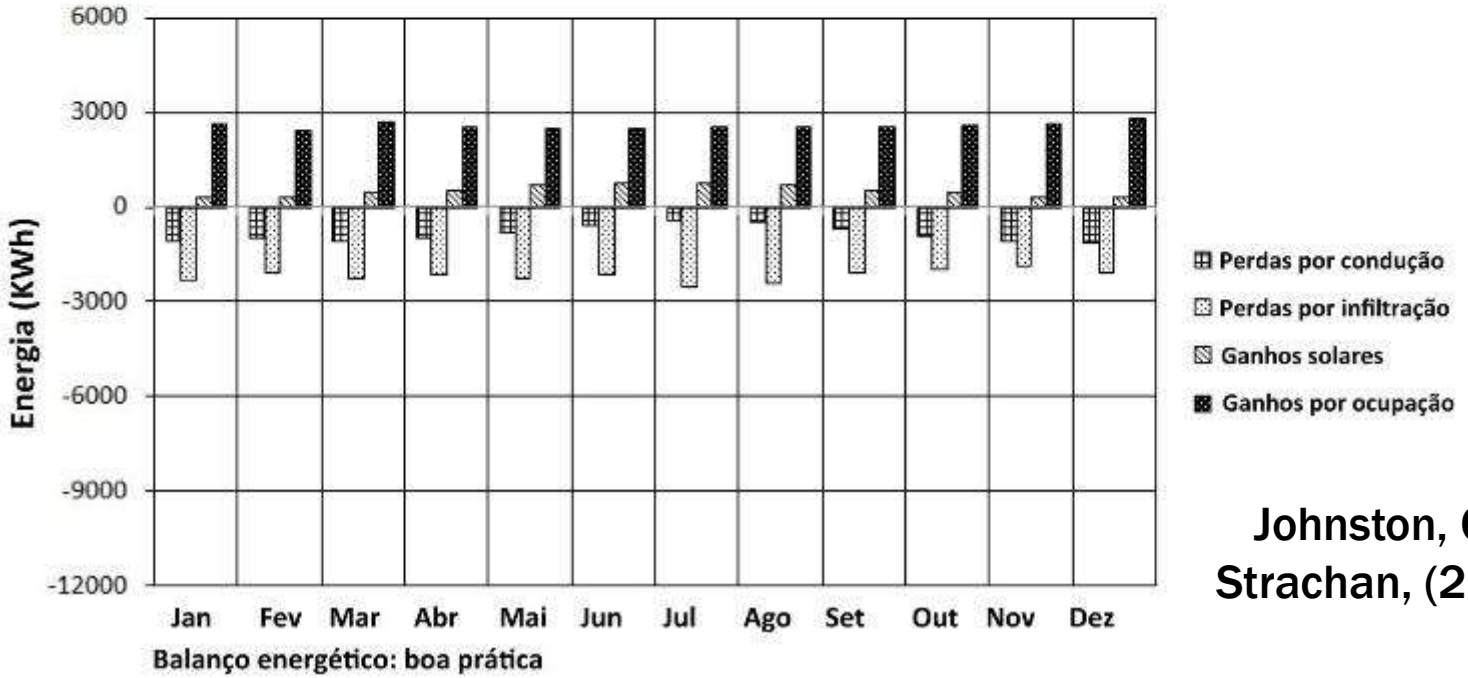
Balanço Energético do ambiente de trabalho



CONTEXTUALIZAÇÃO



Balanço energético: caso crítico (típico)



Balanço energético: boa prática

Johnston, Counsell, Strachan, (2011)

CONTEXTUALIZAÇÃO

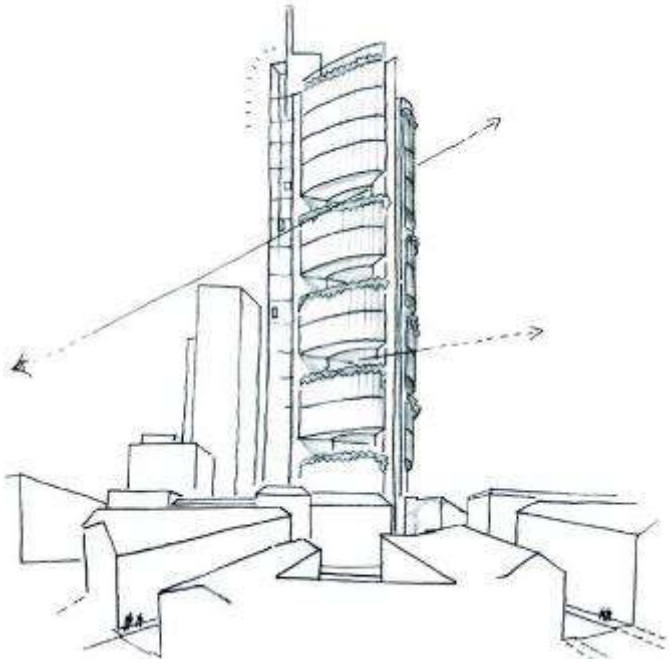
Premissa: um modelo para um bom desempenho térmico começa com um bom projeto de iluminação natural

Reintrodução das estratégias passivas de desempenho ambiental:

Redefinição da forma, distribuição dos espaços internos, introdução de espaços de transição e de tratamentos de fachada

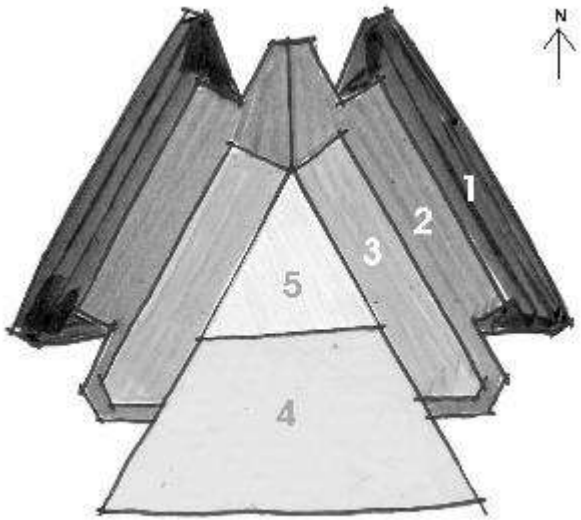
Hong Kong e Shanghai Bank Corporation – HSBC, projeto de Foster+Partners, Hong Kong, 1979-86.

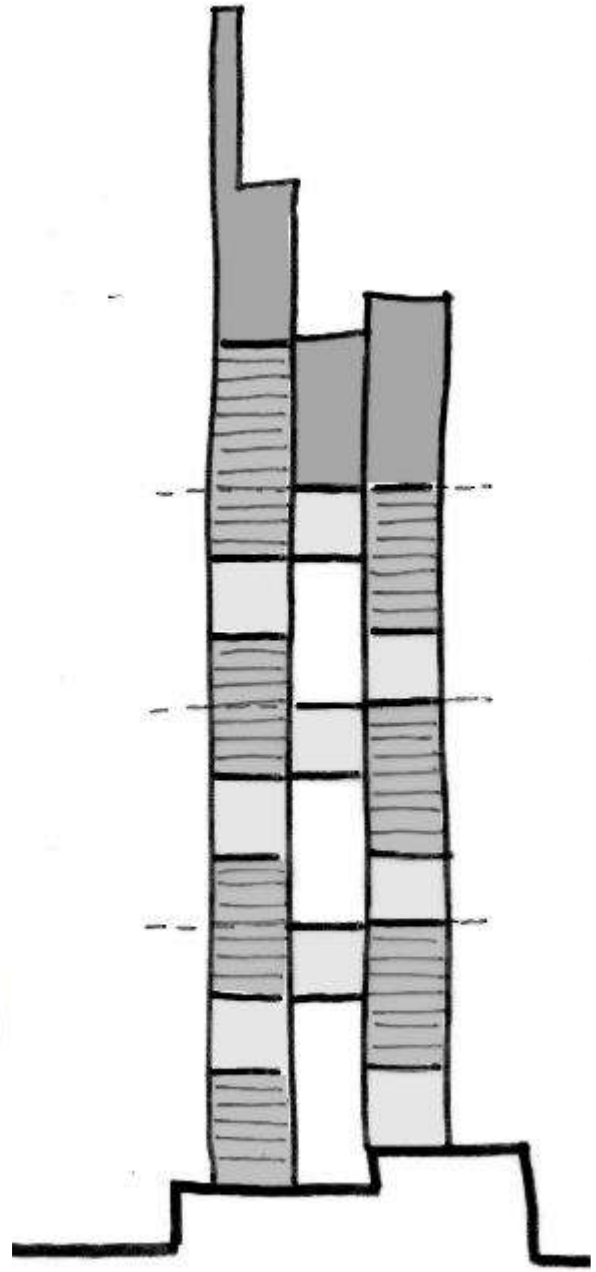
CONTEXTUALIZAÇÃO



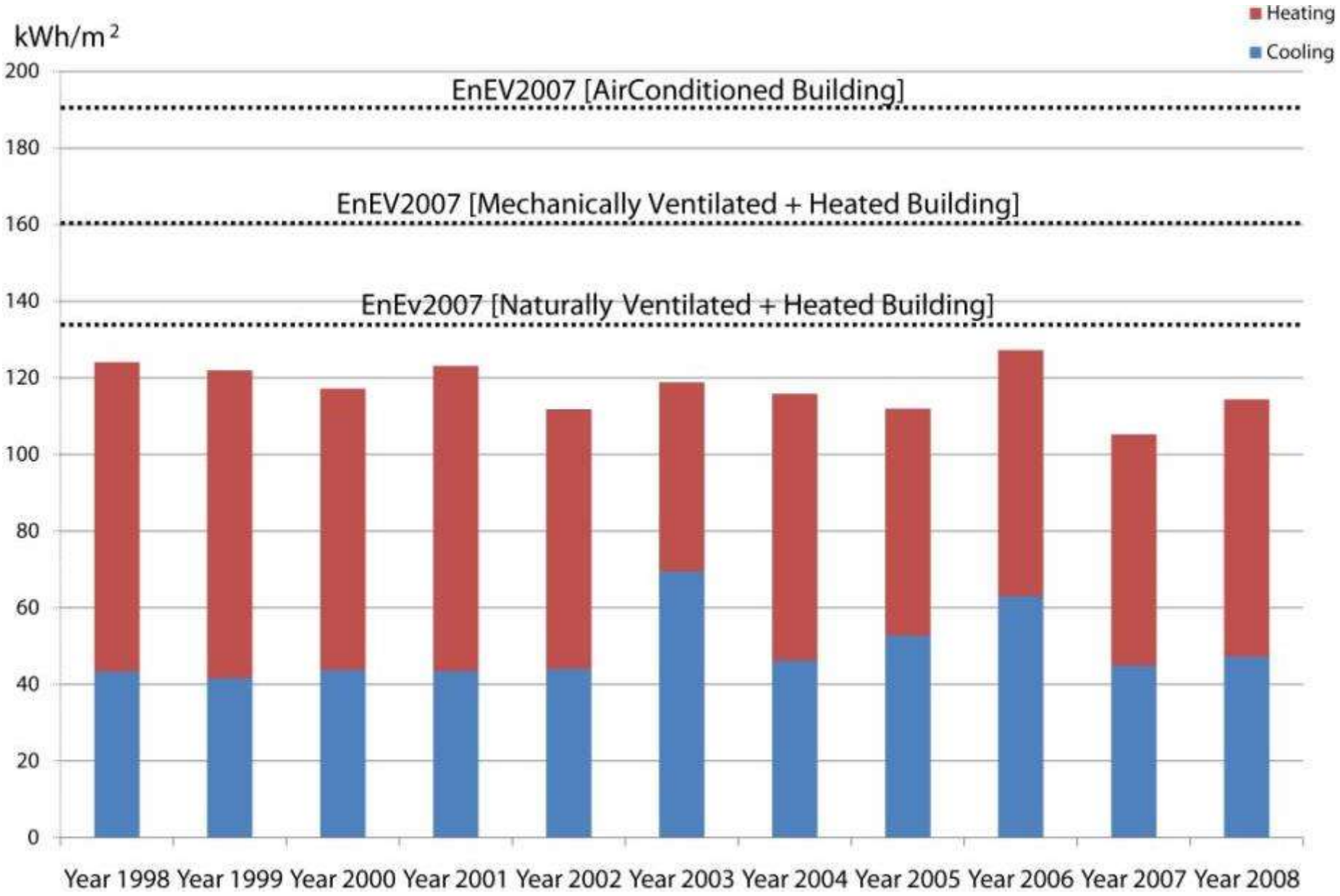
Commerzbank Headquartes, projeto de Foster+Partners, Fankfurt, 1991-97.

CONTEXTUALIZAÇÃO





CONTEXTUALIZAÇÃO


kWh/m²
Heating
Cooling
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
EnEV2007 [AirConditioned Building]
EnEV2007 [Mechanically Ventilated + Heated Building]
EnEv2007 [Naturally Ventilated + Heated Building]
Year 1998
Year 1999
Year 2000
Year 2001
Year 2002
Year 2003
Year 2004
Year 2005
Year 2006
Year 2007
Year 2008

CONTEXTUALIZAÇÃO

A força de um ícone
arquitetônico
na afirmação e formação de
uma cultura
VALOR + COMPORTAMENTO

CLIMA

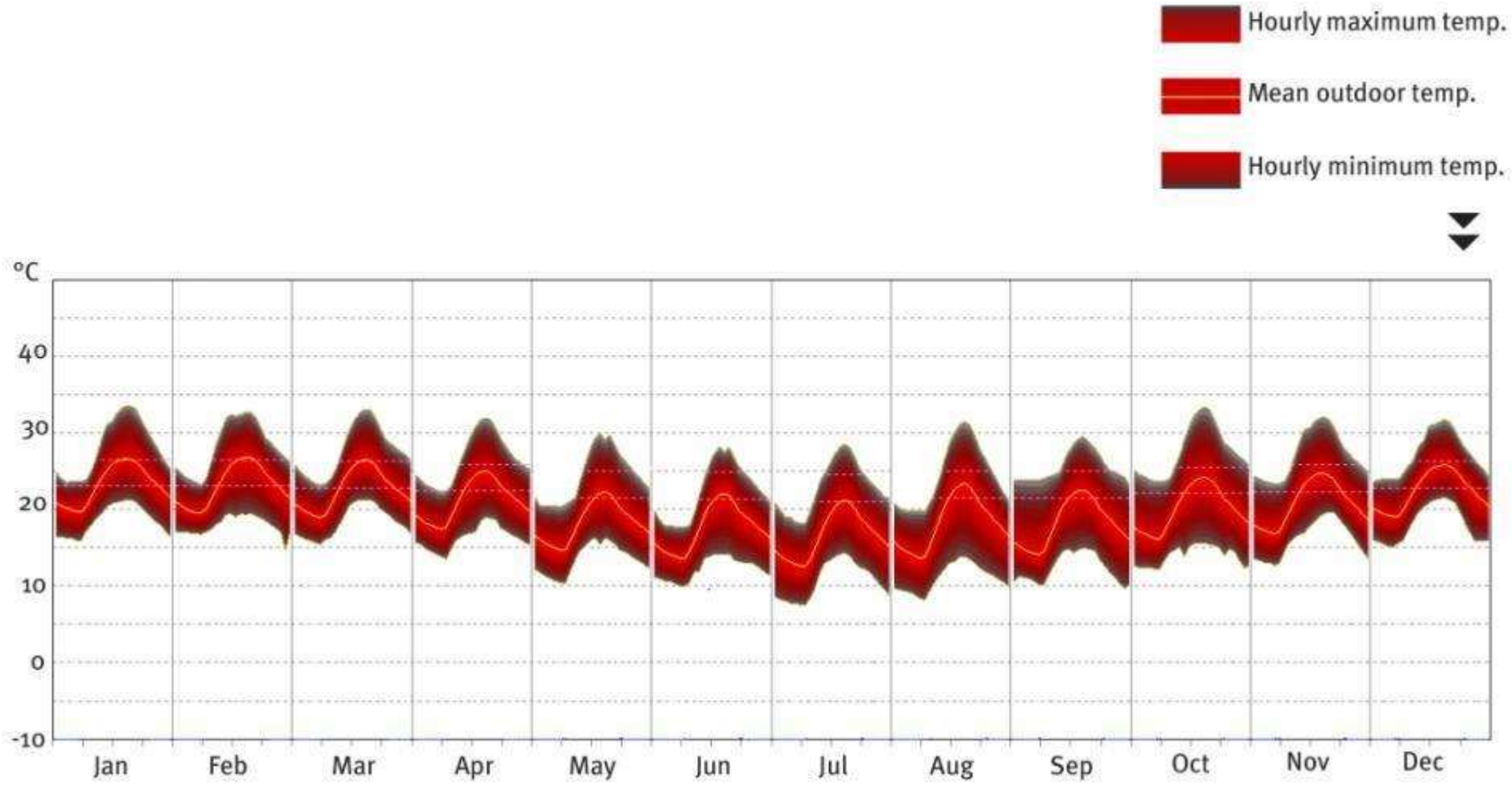
As dificuldades e potencialidades do clima

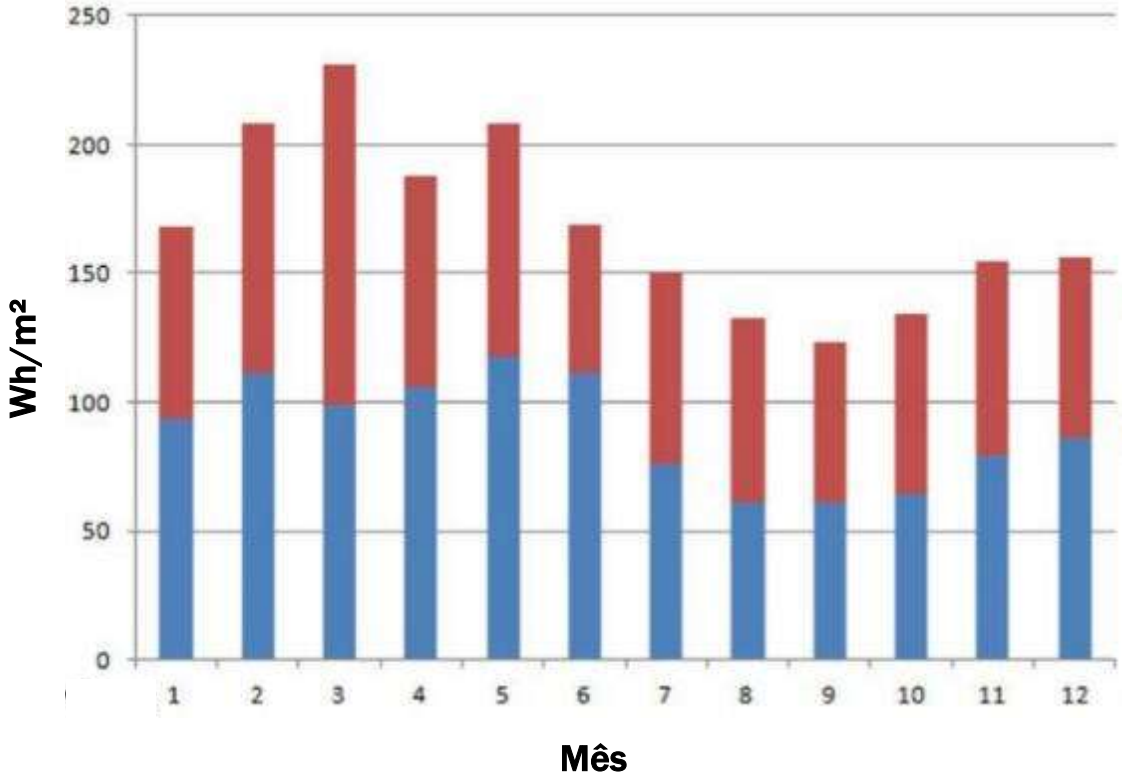
São Paulo

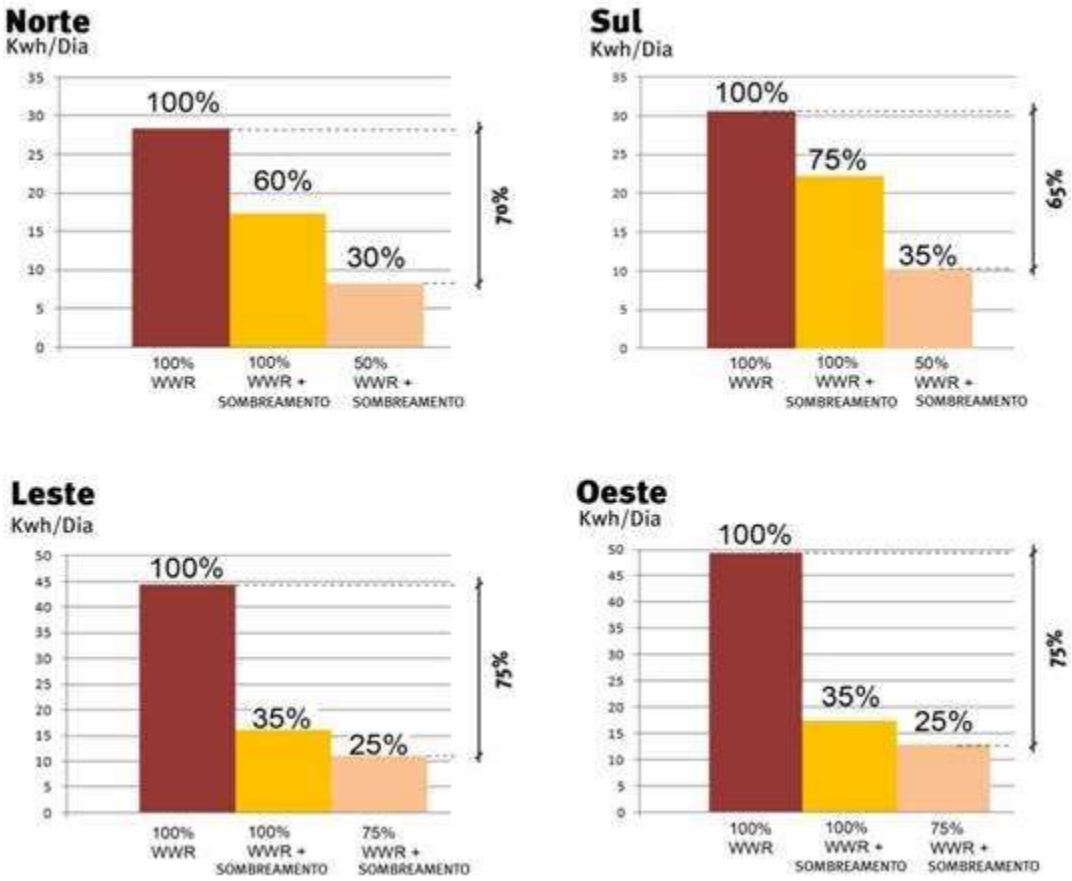
CLIMA

Latitude: 23°32' S
Longitude: 46°38' O
Altitude: 760m

CLIMA

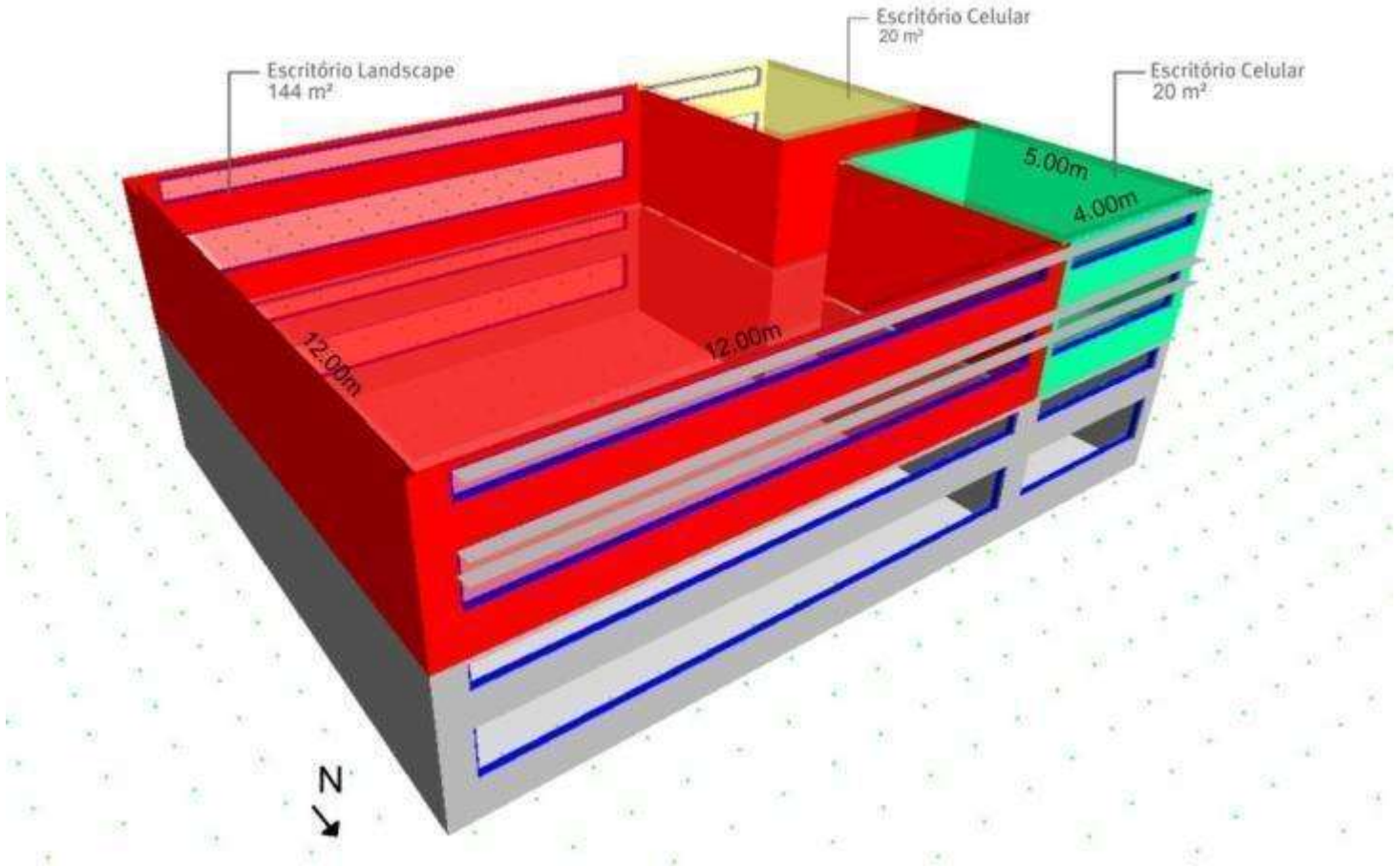

Hourly maximum temp.
Mean outdoor temp.
Hourly minimum temp.
°C
40
30
20
10
0
-10
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec





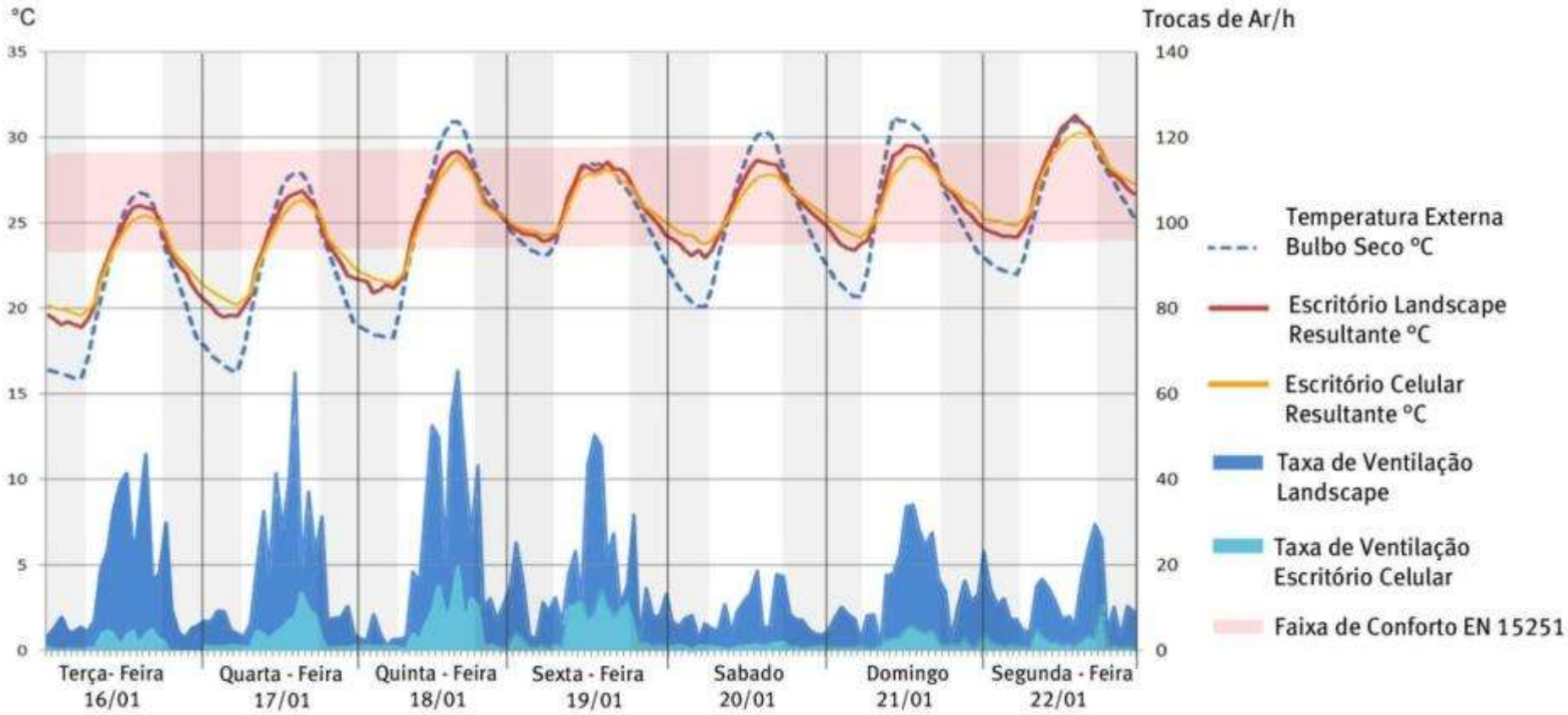
Media diária dos ganhos de calor resultantes da radiação solar nos meses de verão. Fonte: COTTA (2012).

Modelo eletrônico do caso-base construído para as simulações de desempenho térmico **com** o uso do *software* EDSL-Tas. Fonte: Cotta (2012)



Fontes de Calor Provenientes de Ocupação (CIBSE, 2006)	
Equipamentos em layout landscape	22.5 W/m²
Equipamentos em layout celular	10 W/m²
Iluminação Artificial (2 horas por dia)	12 W/m²
Pessoas	130 W
Densidade de ocupação em layout landscape	6 m²/ pessoa (NBR 6401)
Densidade de ocupação em layout celular	20 m²/pessoa

Transmitância Térmica dos Elementos da Construção		**Valor U**
Parede:	Bloco de Concreto + Argamassa	2.64 W/m².°C
Vidro:	Vidro Incolor Laminado 10mm	5.50 W/m².°C
Caixilho:	Aluminio	5.35 W/m²K
Piso:	Laje de Concreto de 150mm + Piso Elevado	1.43 W/m².°C
Divisórias:	Vidro Incolor Laminado 10mm	5.50 W/m².°C

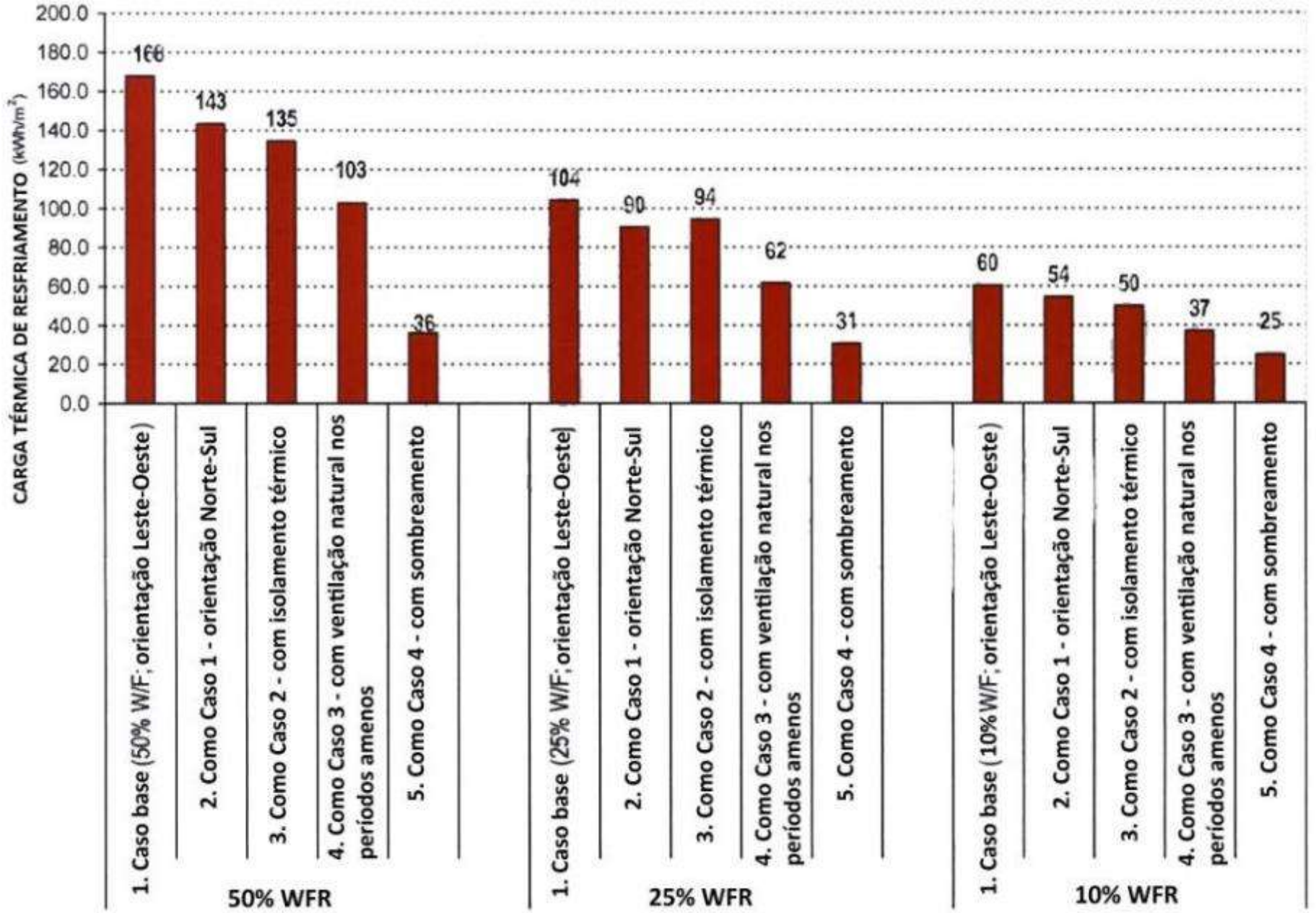


Simulação de desempenho térmico do caso-base com o escritório planta livre (*landscape*) orientado a norte e sul e o escritório celular a norte, em uma semana típica de verão, considerando as janelas abertas durante a ocupação e o período noturno, com um fator de abertura de 30%. Fonte: Cotta (2012).

Abu Dhabi

CLIMA

Latitude: 24°28' N
Longitude: 54°22' 0
Altitude: 27m


CARGA TÉRMICA DE RESFRIAMENTO (kWh/m²)
200.0
180.0
160.0
140.0
120.0
100.0
80.0
60.0
40.0
20.0
0.0
166
143
135
103
36
104
90
94
62
31
60
54
50
37
25
1. Caso base (50% W/F; orientação Leste-Oeste)
2. Como Caso 1 - orientação Norte-Sul
3. Como Caso 2 - com isolamento térmico
4. Como Caso 3 - com ventilação natural nos períodos amenos
5. Como Caso 4 - com sombreamento
50% WFR
1. Caso base (25% W/F; orientação Leste-Oeste)
2. Como Caso 1 - orientação Norte-Sul
3. Como Caso 2 - com isolamento térmico
4. Como Caso 3 - com ventilação natural nos períodos amenos
5. Como Caso 4 - com sombreamento
25% WFR
1. Caso base (10% W/F; orientação Leste-Oeste)
2. Como Caso 1 - orientação Norte-Sul
3. Como Caso 2 - com isolamento térmico
4. Como Caso 3 - com ventilação natural nos períodos amenos
5. Como Caso 4 - com sombreamento
10% WFR

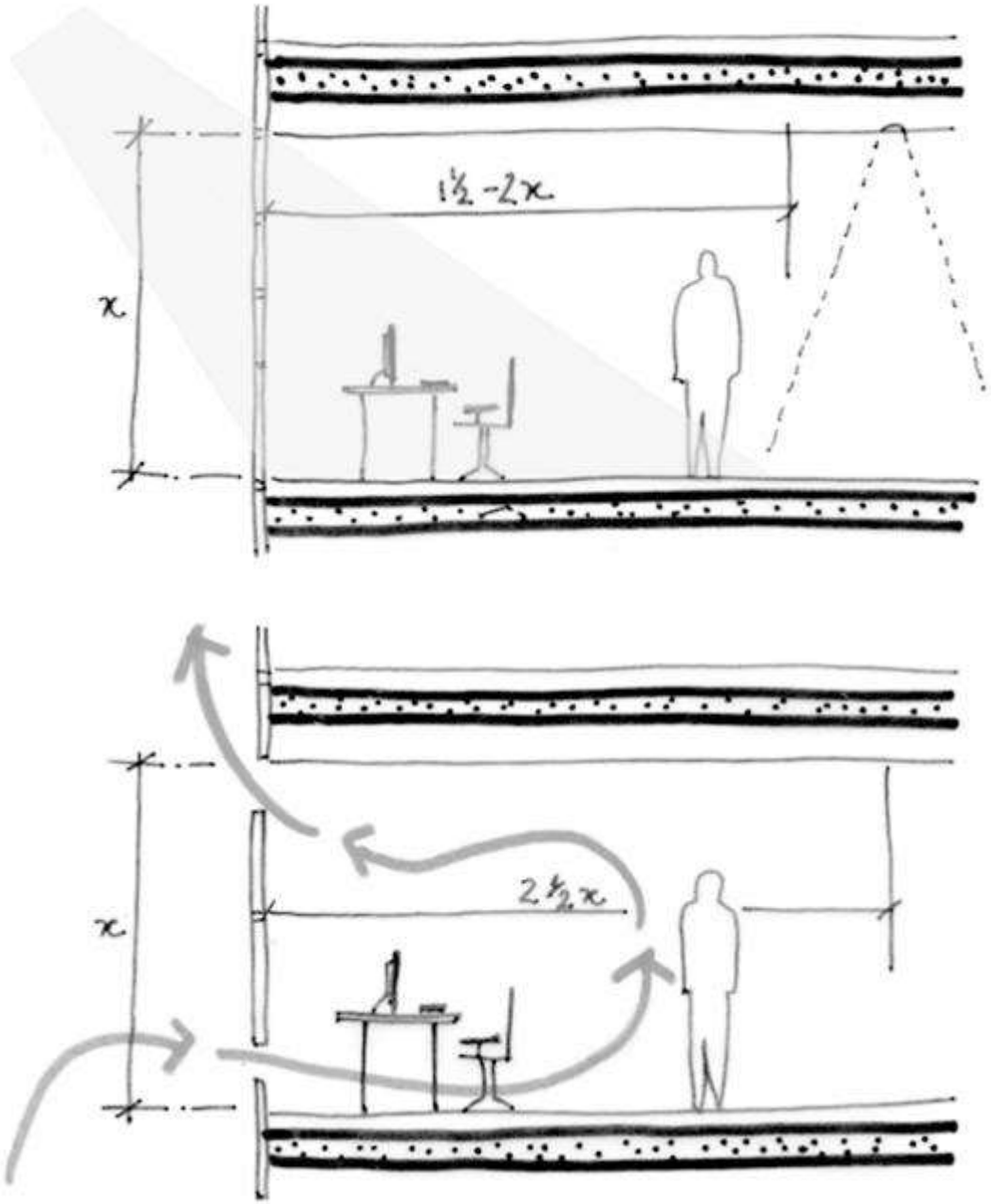
ESTRATÉGIAS PASSIVAS

Potencialidade e limitação de estratégias de projeto para o aproveitamento da luz e da ventilação natural

Forma e orientação, proporções espaciais internas, sombreamento, massa térmica, aberturas e áreas envidraçadas

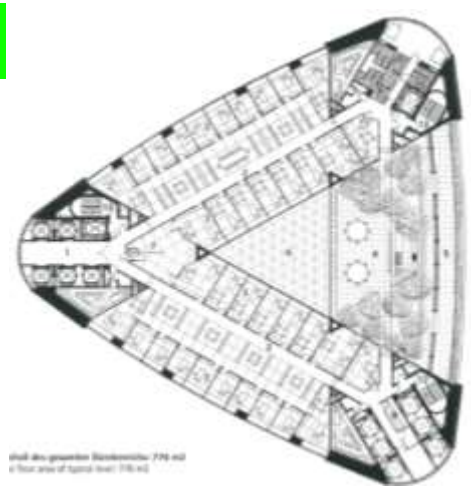
ESTRATÉGIAS PASSIVAS

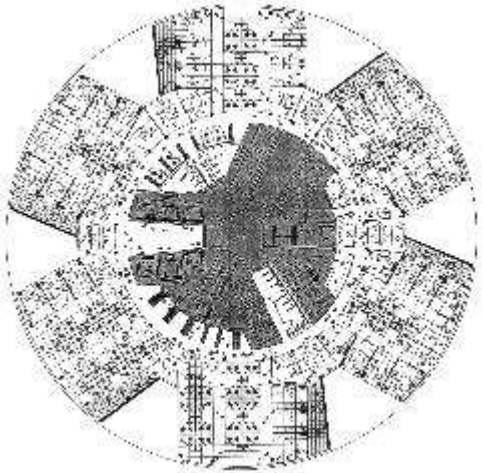
As proporções da forma e as dimensões dos espaços internos

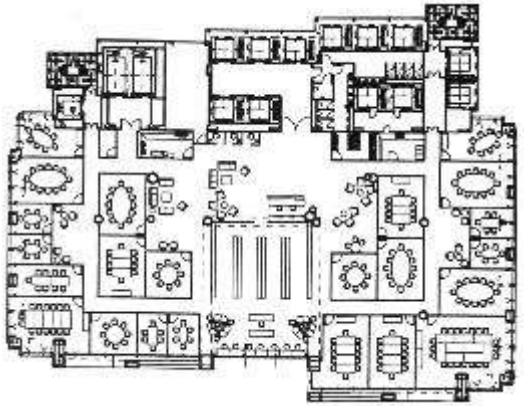


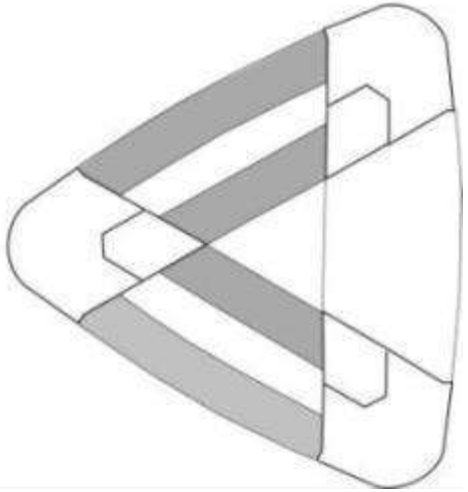
(CIBSE, 2005)

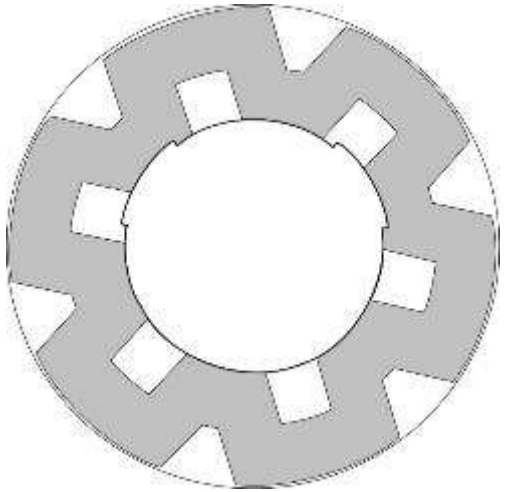
ESTRATÉGIAS PASSIVAS

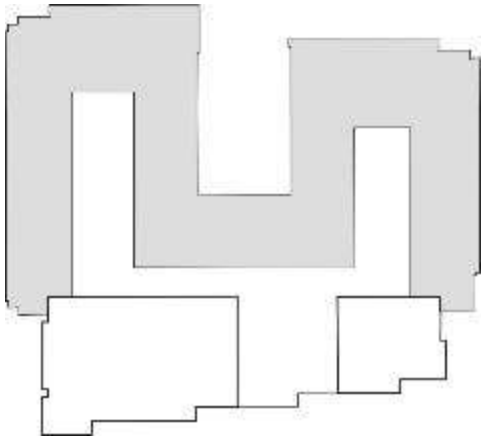












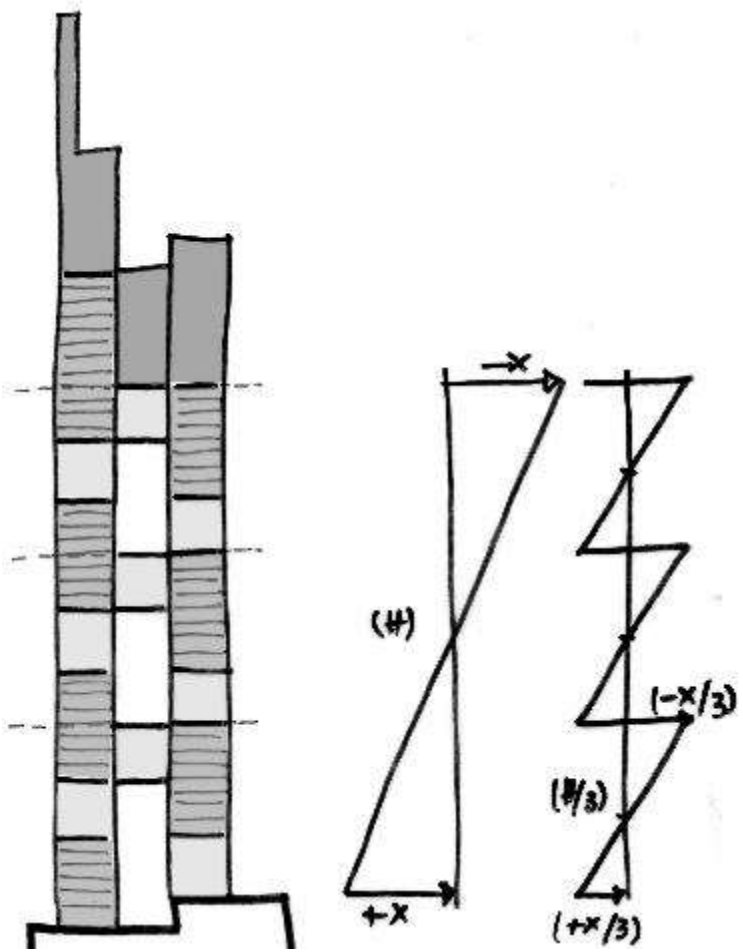
(a) (b) (c)

Zona passiva de luz natural nas plantas dos edificios: (a) Commerzbank Headquarters, (b) 30 Saint Mary Axe and (c) 110 Bishopsgate (GONÇALVES, 2010).

ESTRATÉGIAS PASSIVAS

As proporções da verticalidade

ESTRATÉGIAS PASSIVAS

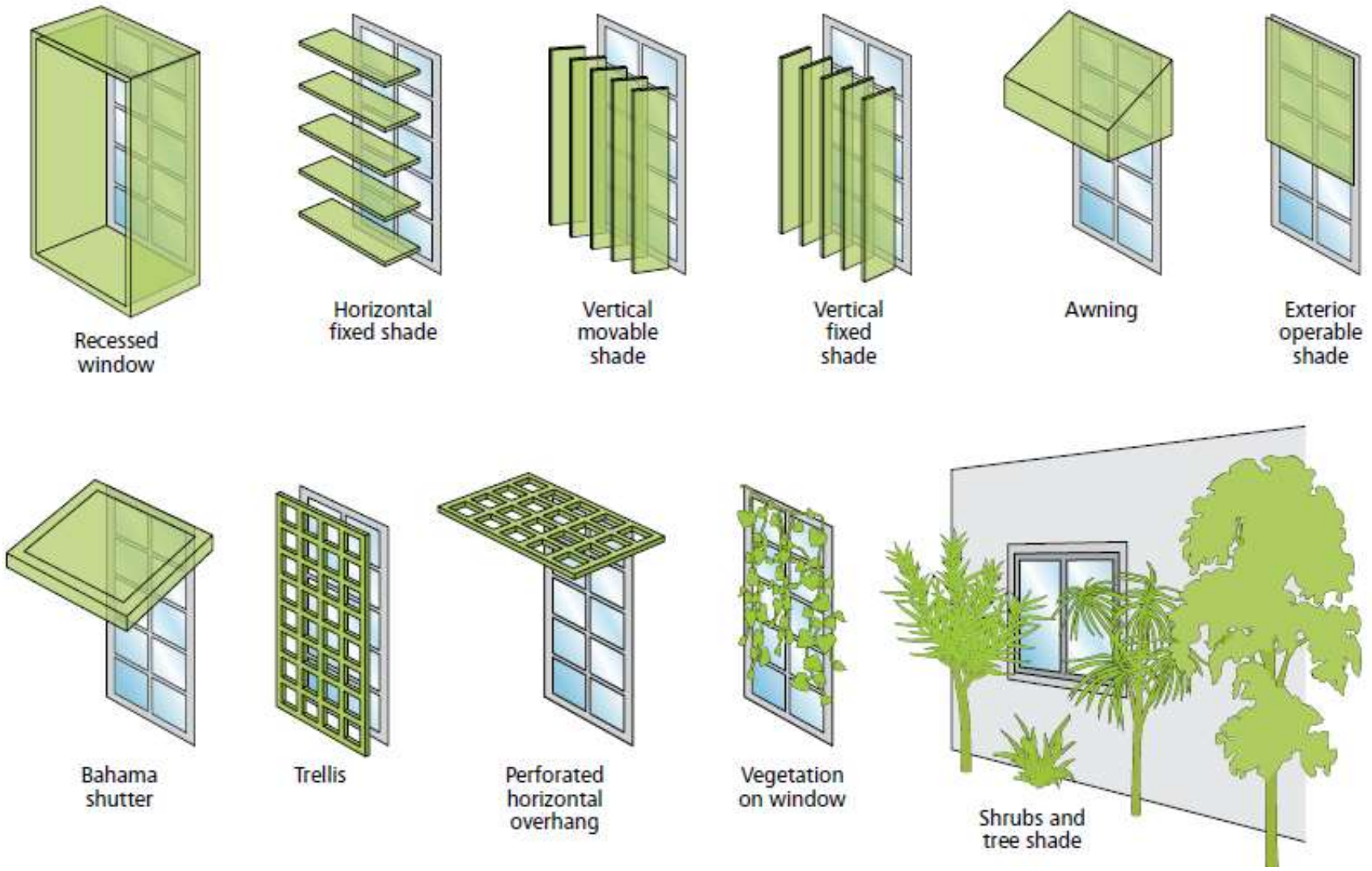


ESTRATÉGIAS PASSIVAS

ESTRATÉGIAS PASSIVAS

Sombreamento

ESTRATÉGIAS PASSIVAS

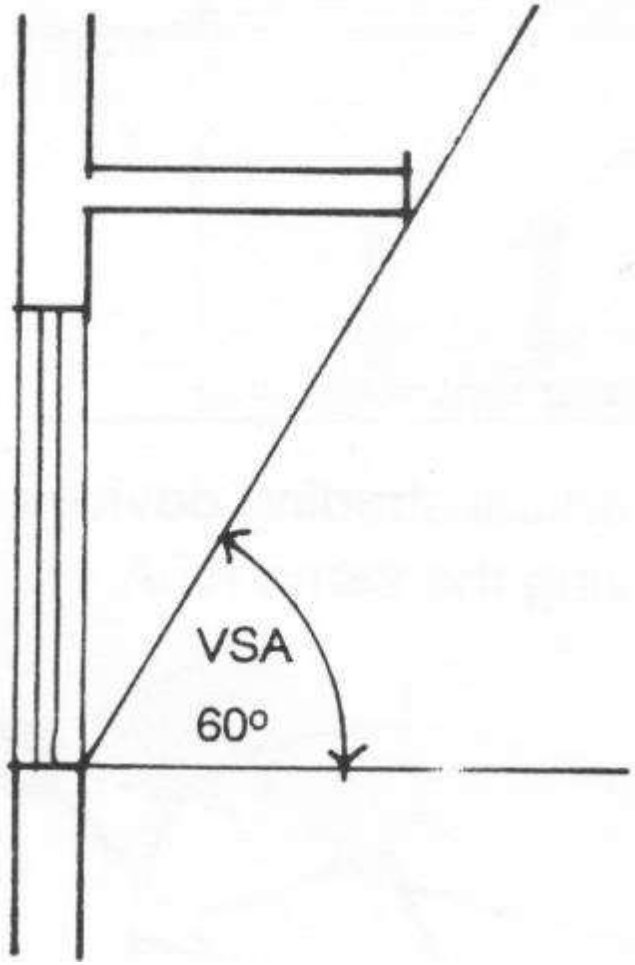


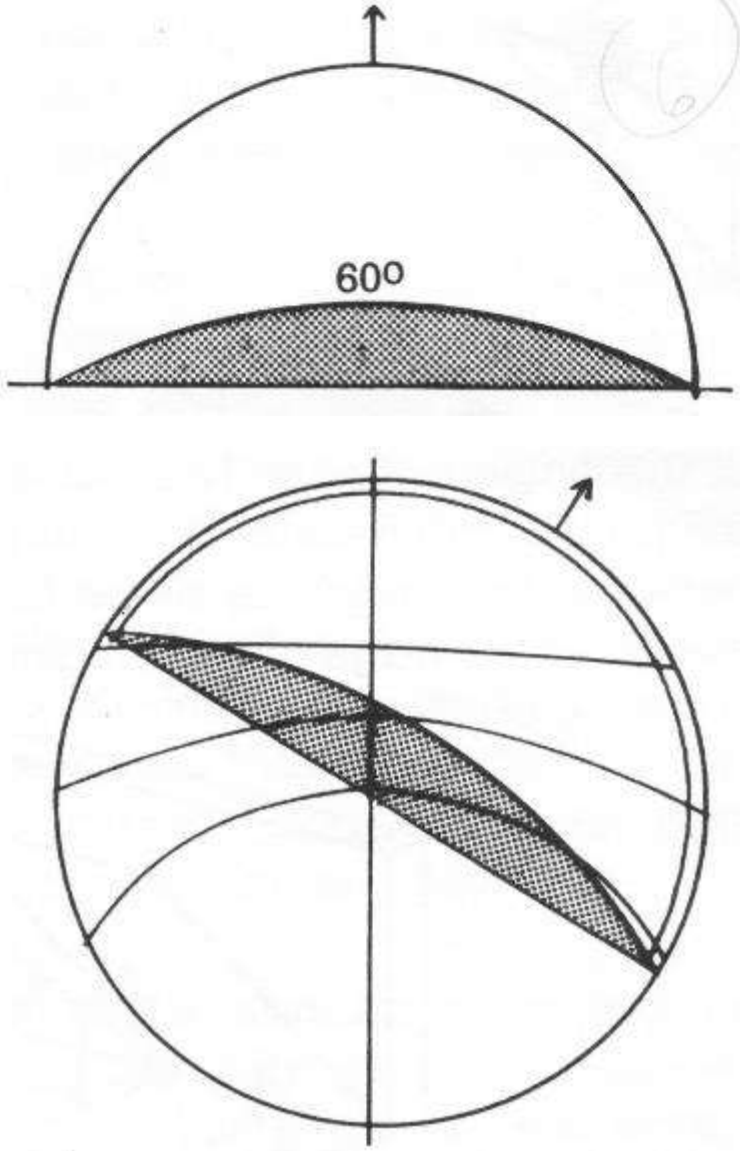
ESTRATÉGIAS PASSIVAS

Edifício Gustavo Capanema, projeto de Lúcio Costa (coordenador), Affonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcelos, Jorge Machado Moreira e Oscar Niemeyer, Rio de Janeiro, 1936.

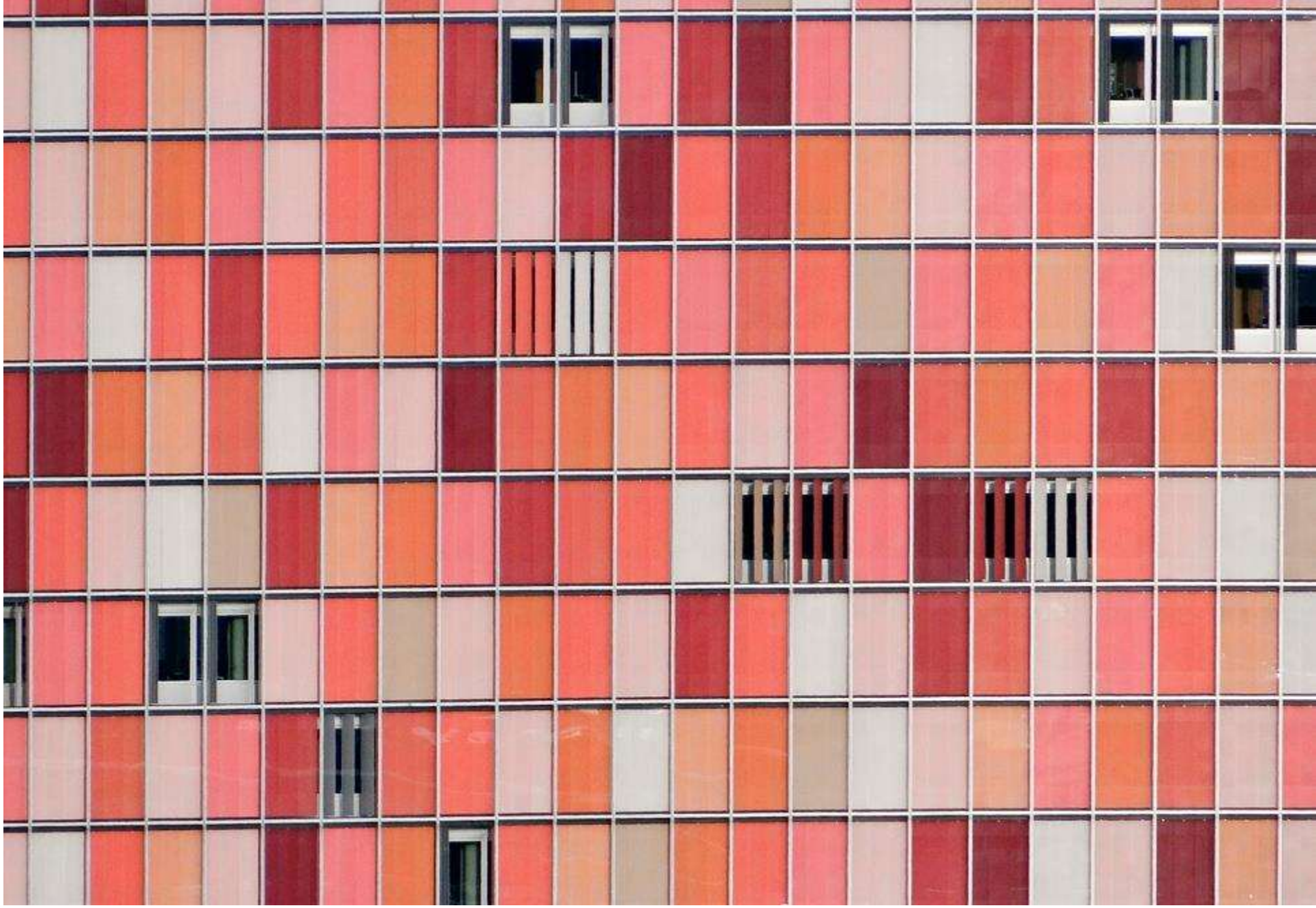
Geometria da Insolação

Brises horizontais





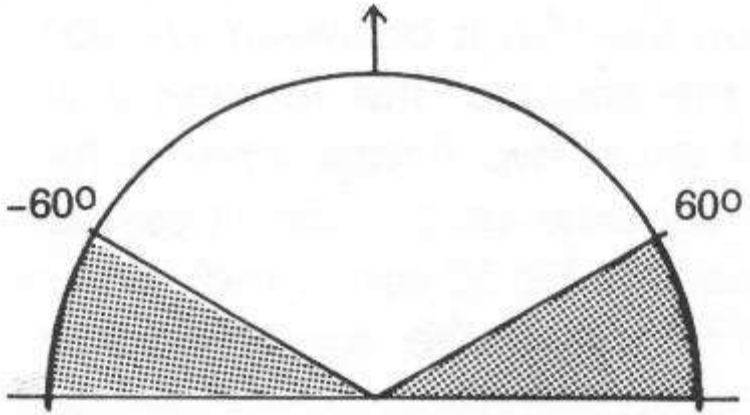
ESTRATÉGIAS PASSIVAS

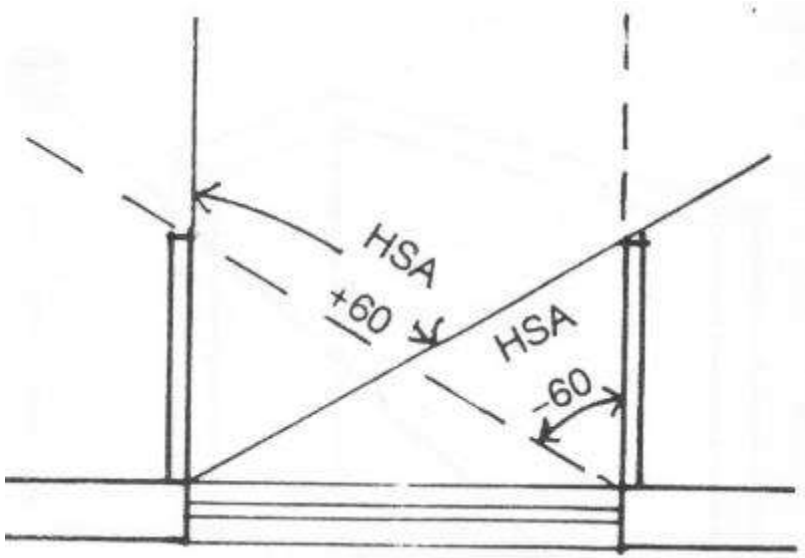


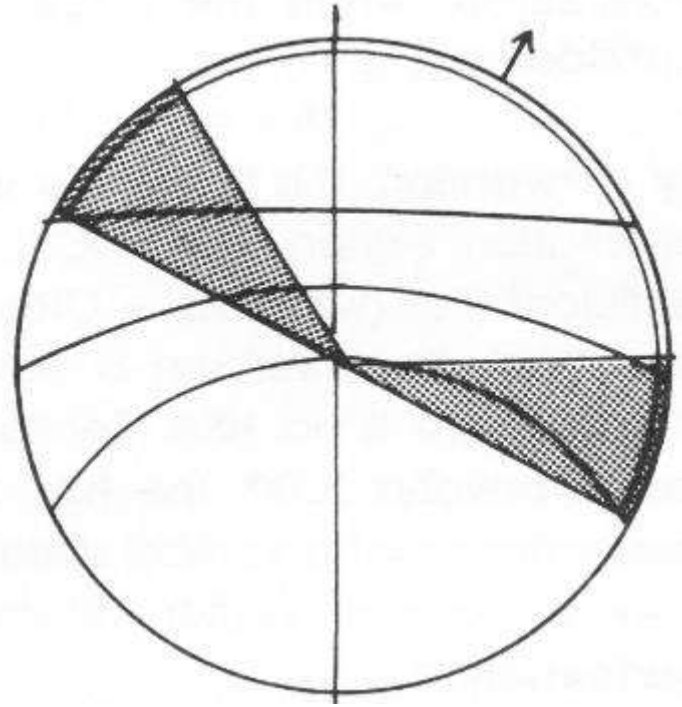
GSW Headquarters, projeto de Sauerbruch & Hutton, Architekten, Louisa Hutton e Matthias Sauerbruch, Berlim, 1990-99.

Geometria da Insolação

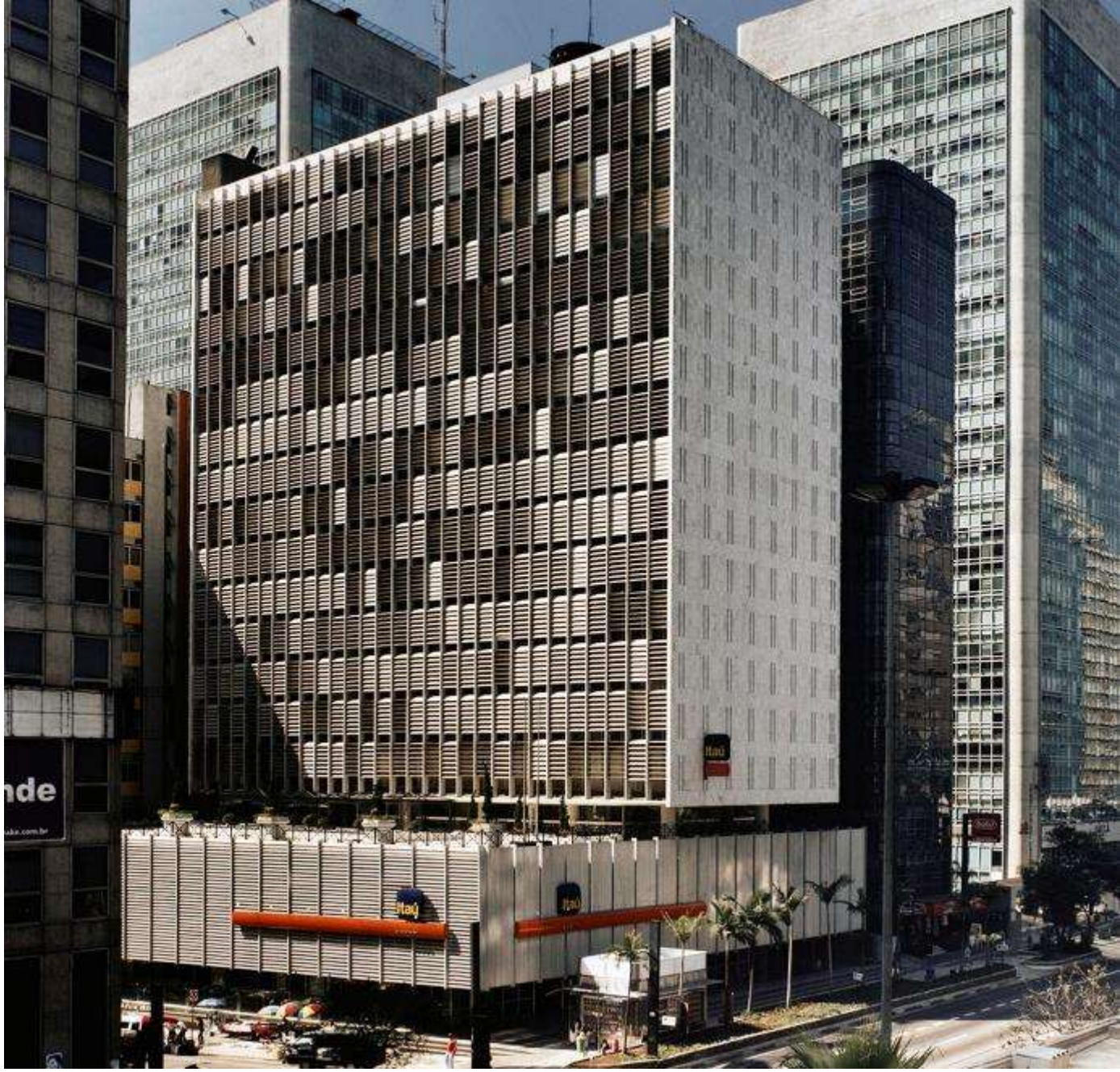
Brises verticais





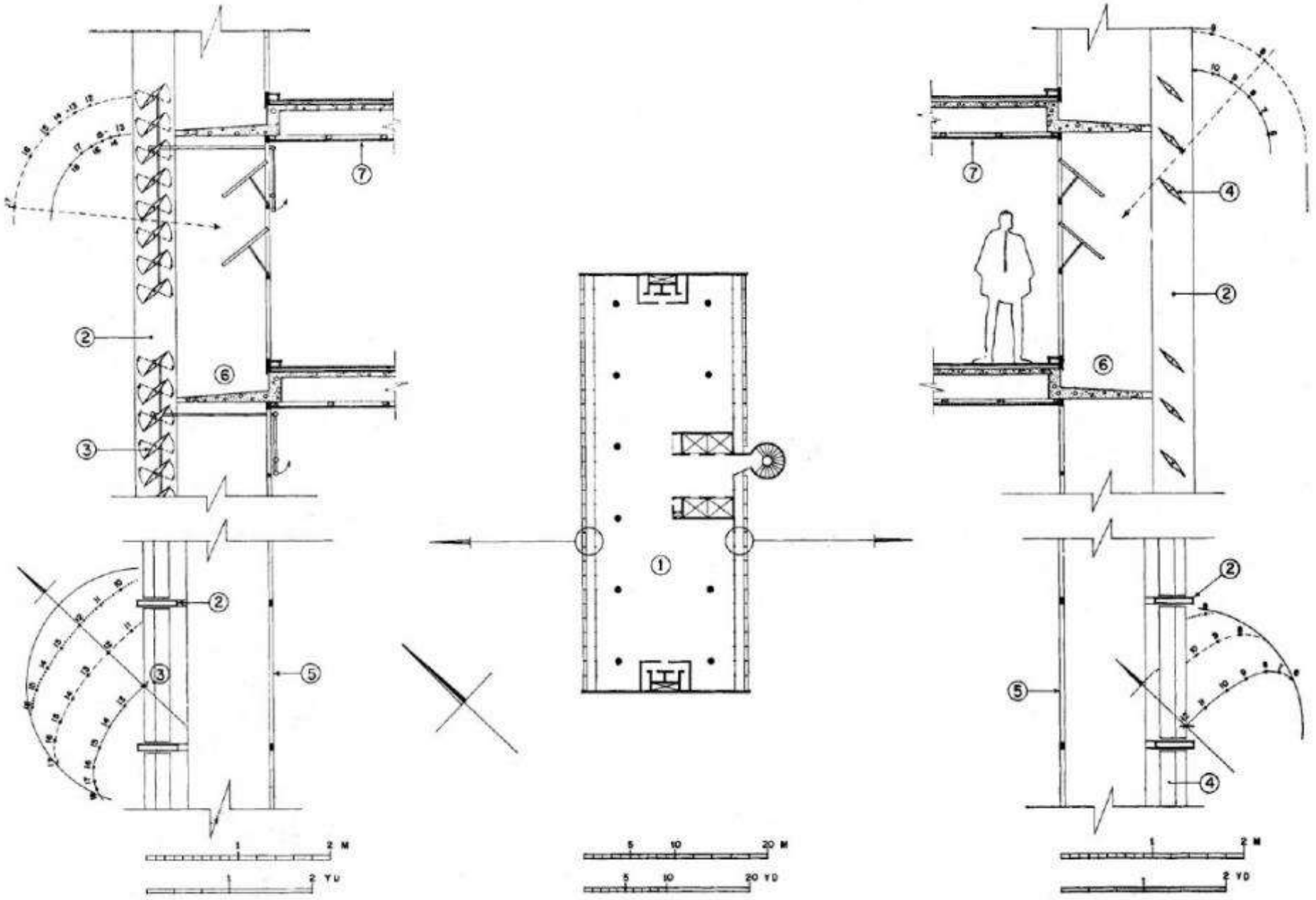


ESTRATÉGIAS PASSIVAS

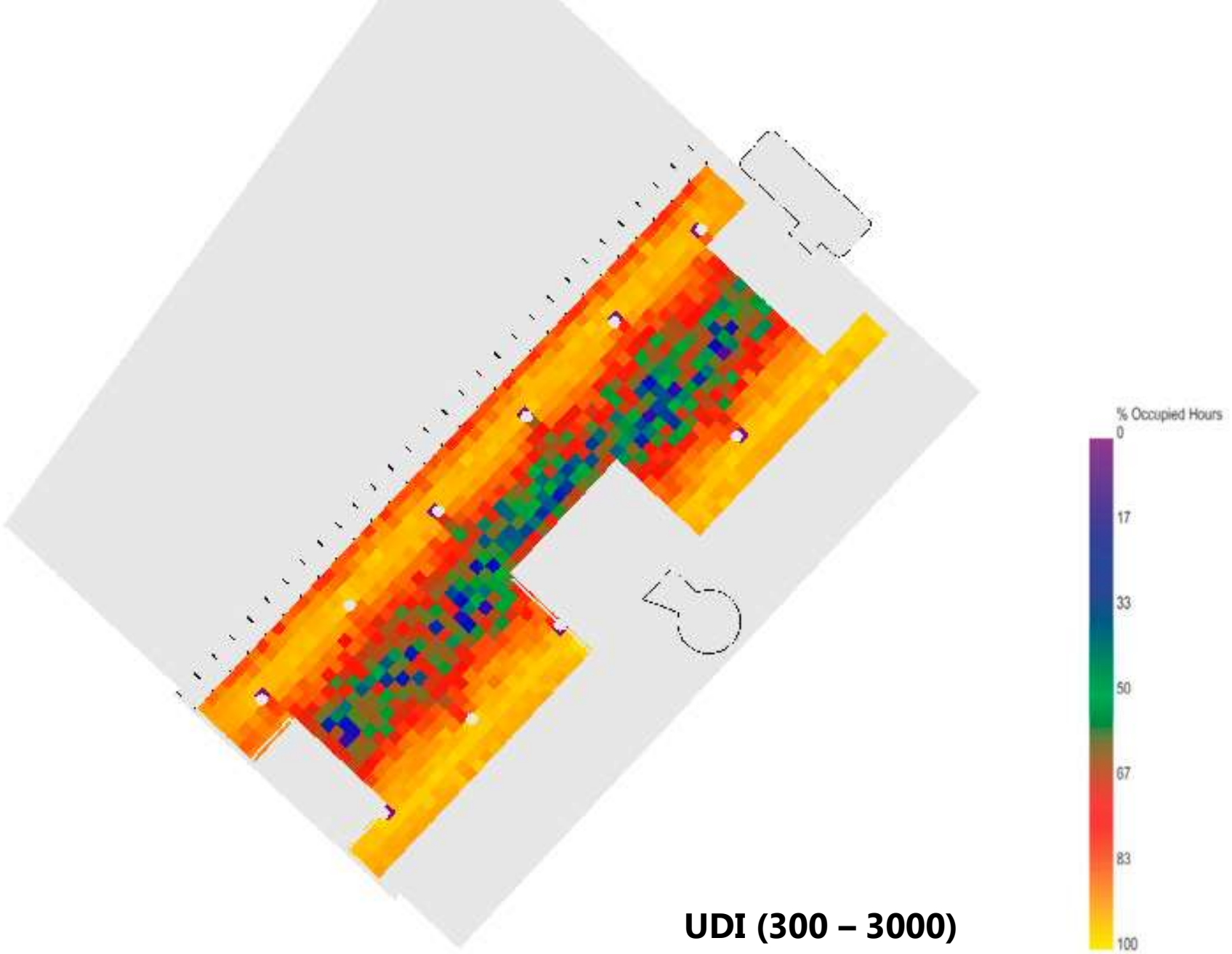


Banco Sul-Americano, projeto de Rino Levi, São Paulo, 1963.

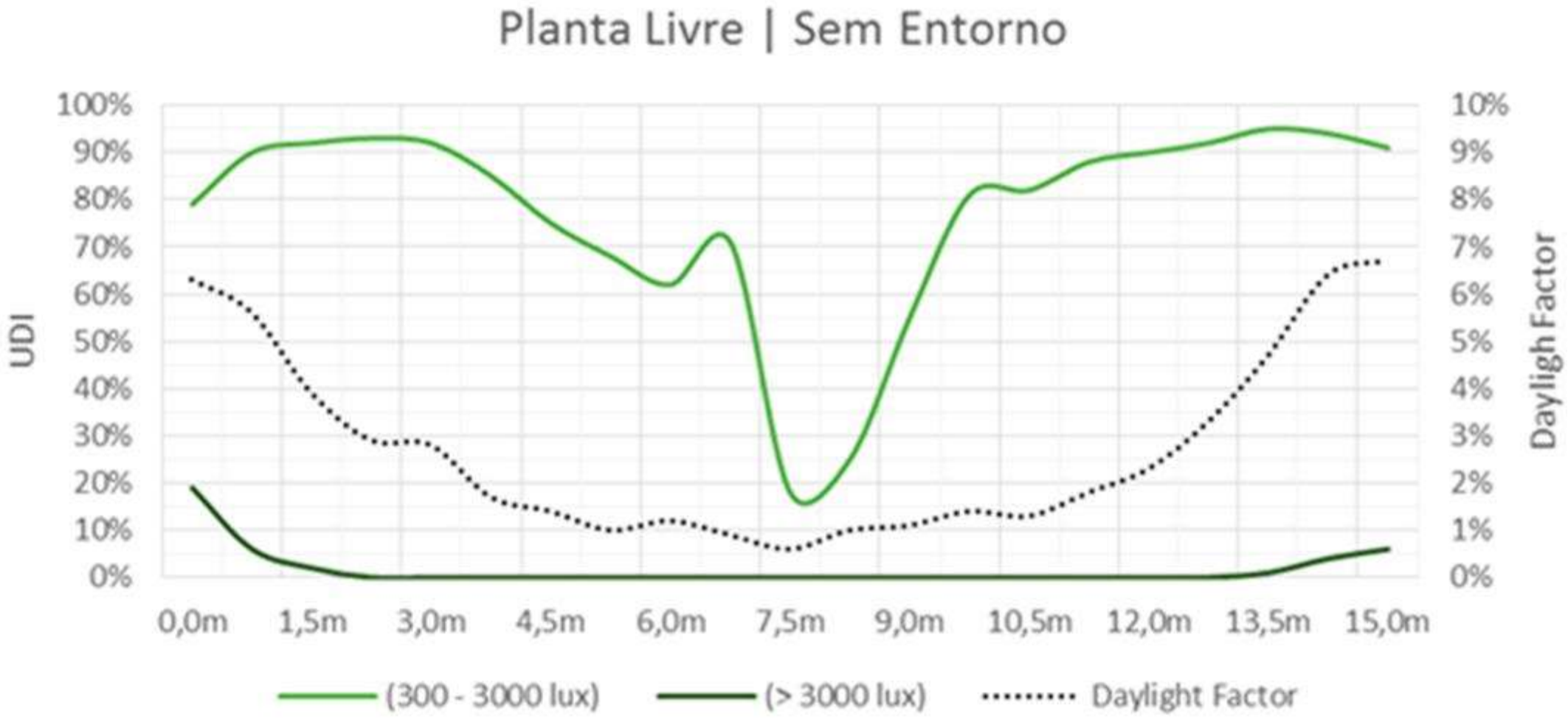
ESTRATÉGIAS PASSIVAS

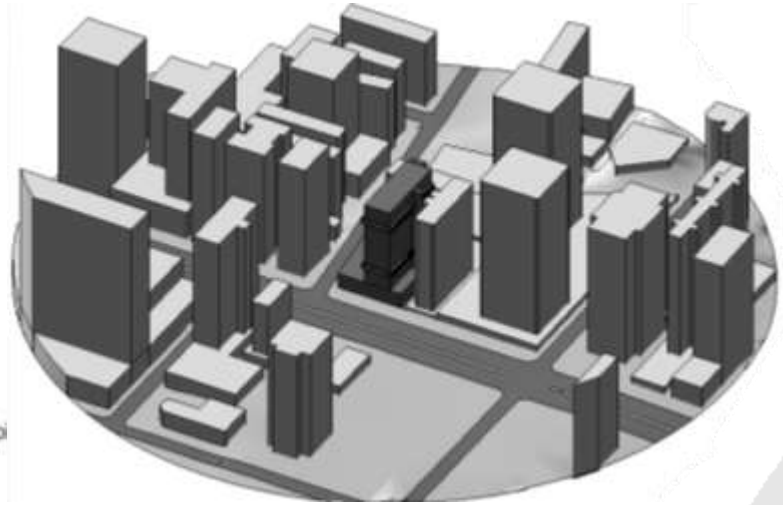


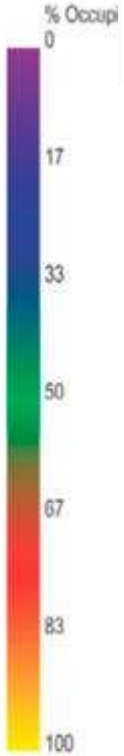
Sem entorno



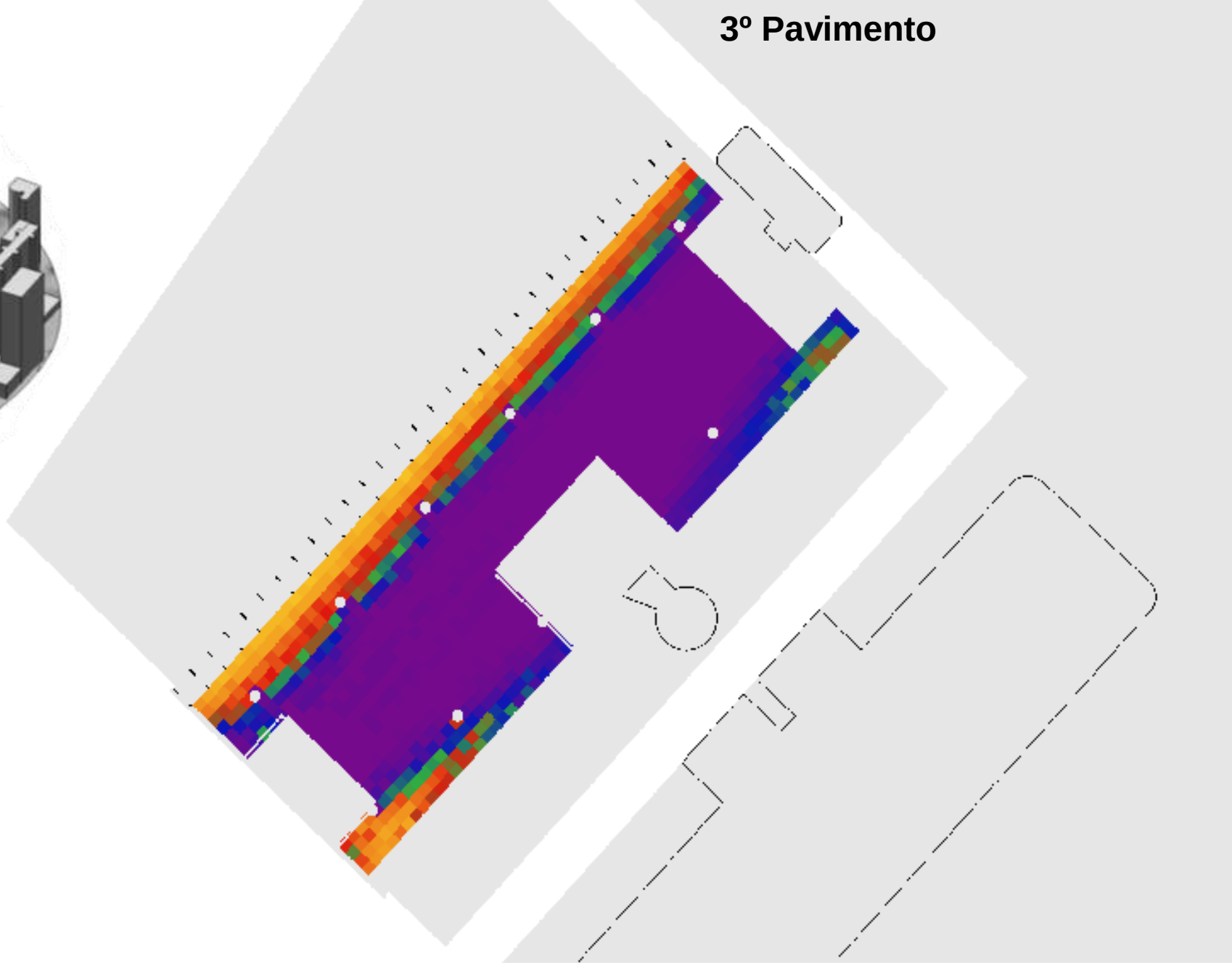
UDI (300 – 3000)


Planta Livre | Sem Entorno
UDI
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
10%
9%
8%
7%
6%
5%
4%
3%
2%
1%
0%
Daylight Factor
0,0m
1,5m
3,0m
4,5m
6,0m
7,5m
9,0m
10,5m
12,0m
13,5m
15,0m
(300 - 3000 lux)
(> 3000 lux)
Daylight Factor

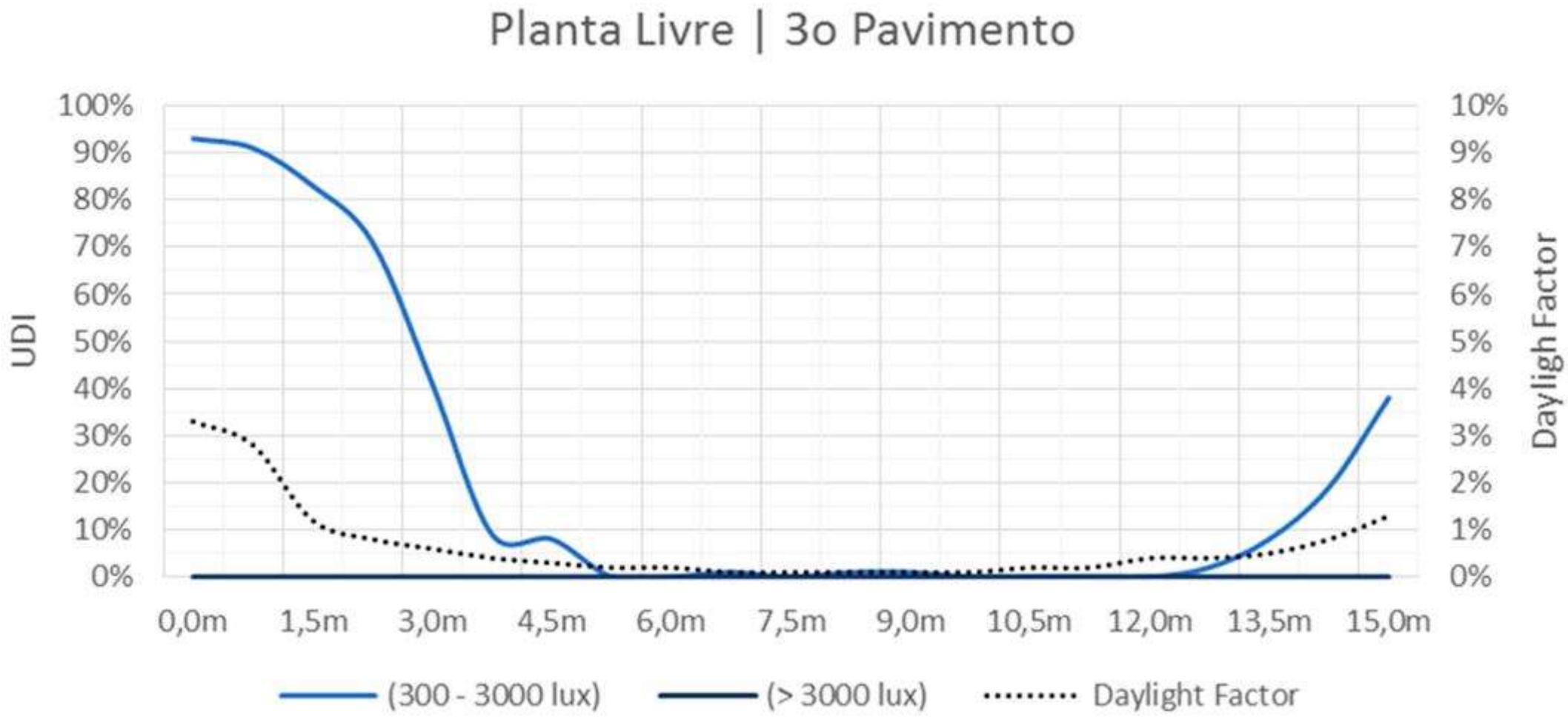




3º Pavimento



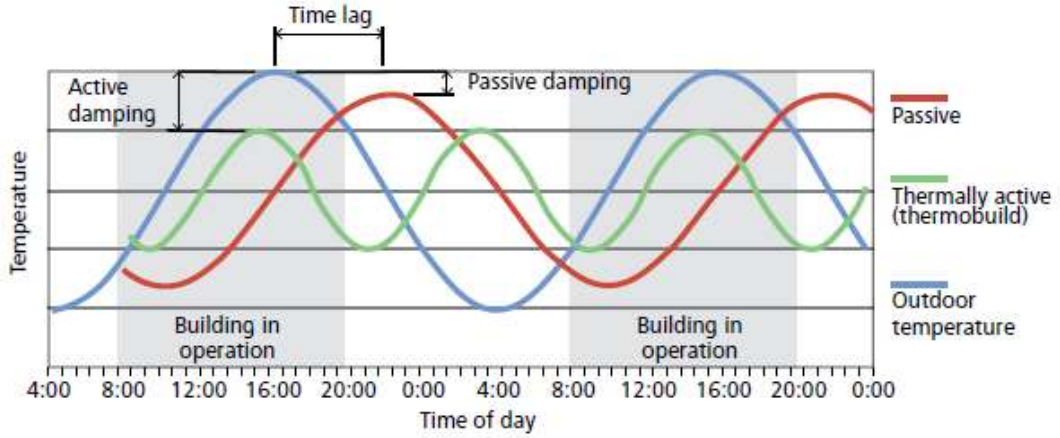
UDI (300 – 3000)


Planta Livre | 3o Pavimento
UDI
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
10%
9%
8%
7%
6%
5%
4%
3%
2%
1%
0%
Dayligh Factor
0,0m
1,5m
3,0m
4,5m
6,0m
7,5m
9,0m
10,5m
12,0m
13,5m
15,0m
(300 - 3000 lux)
(> 3000 lux)
Daylight Factor

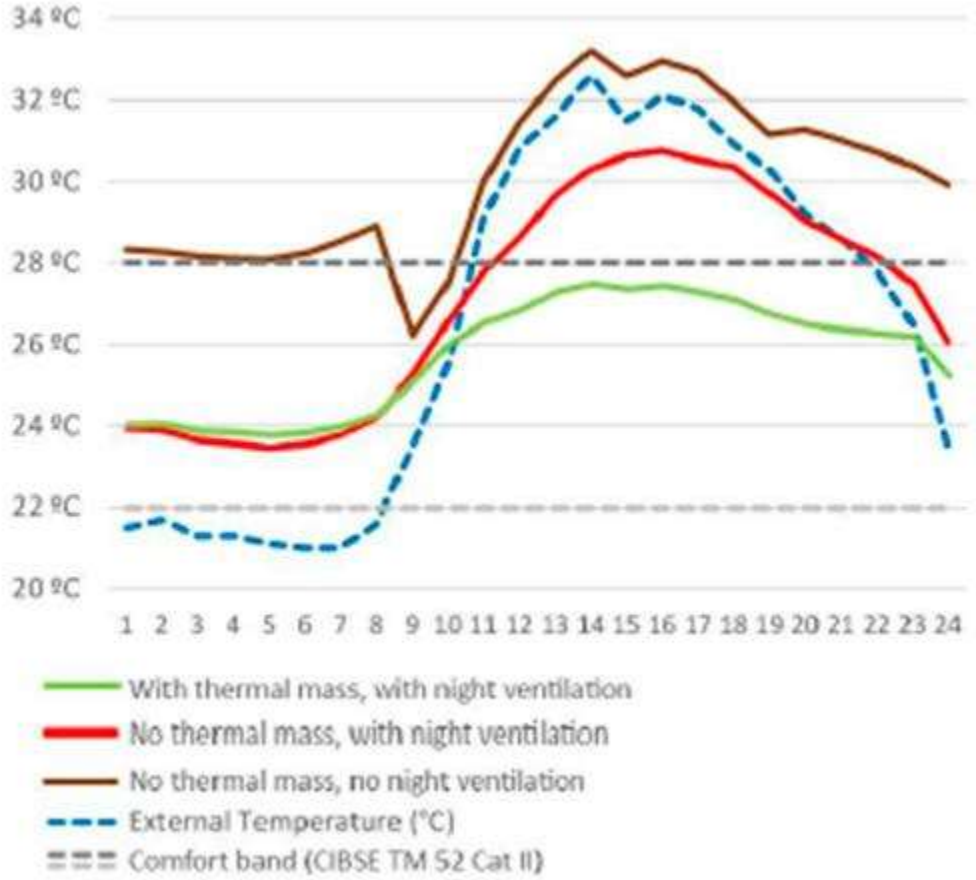
Massa Térmica

Massa térmica pode reduzir em até 60% os ganhos internos de calor de um ambiente de escritórios convencional (ALLARD, 1998)

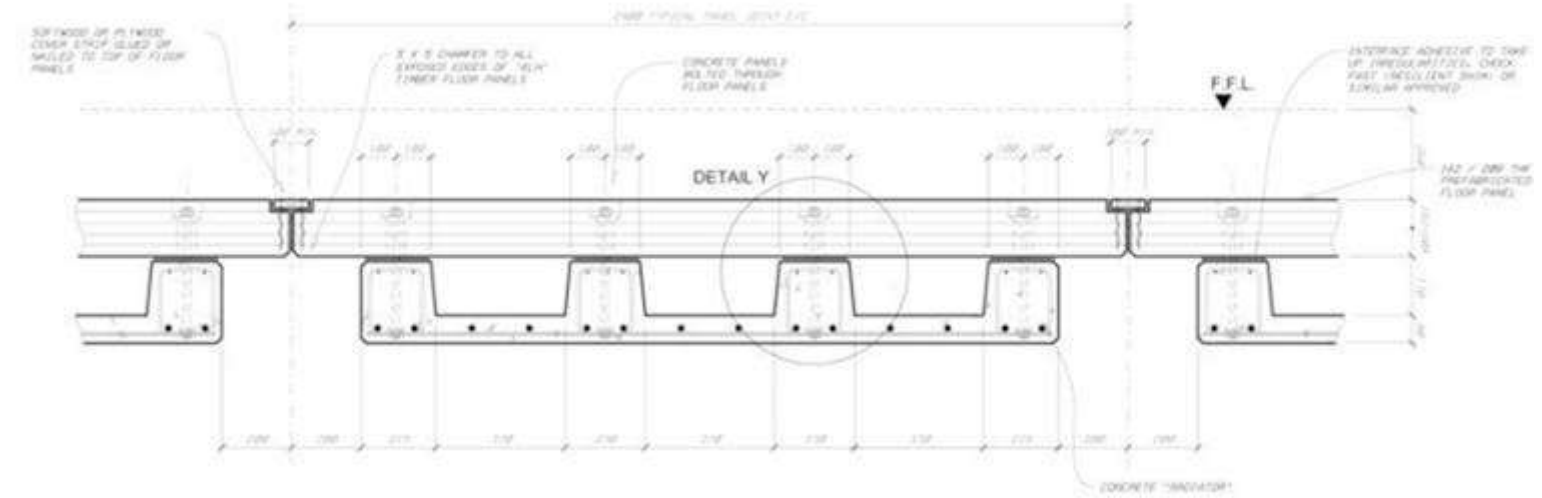
Estudos analíticos simplificados para um ambiente de escritório celular naturalmente ventilado na cidade de Londres (clima 2050) mostraram que o efeito combinado da massa térmica com a ventilação noturna pode reduzir em até 5ºC a temperatura interna máxima em um dia típico de verão



CIBSE (2017)



ESTRATÉGIAS PASSIVAS



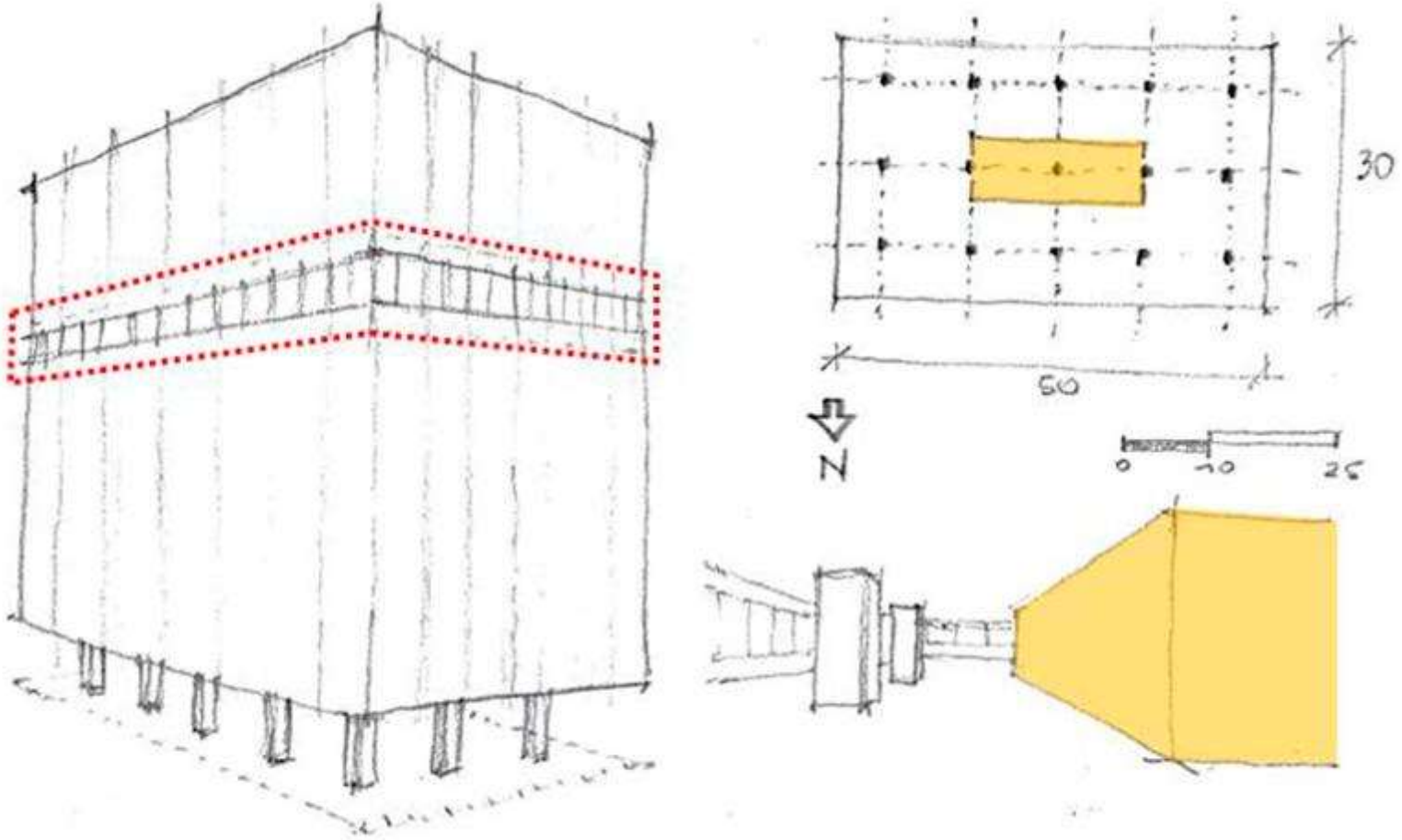
Woodland Trust,
Grantham,
Inglaterra

ESTRATÉGIAS PASSIVAS

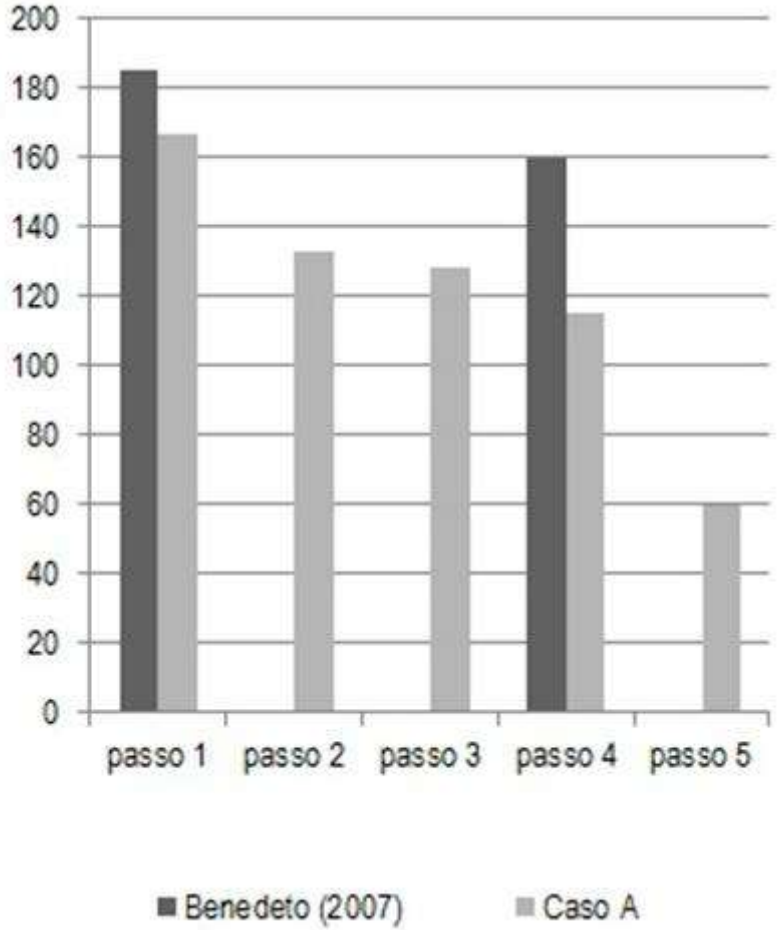
Aplicação em pesquisa pró-projeto.

Estudos analíticos para um caso na cidade do Rio de Janeiro

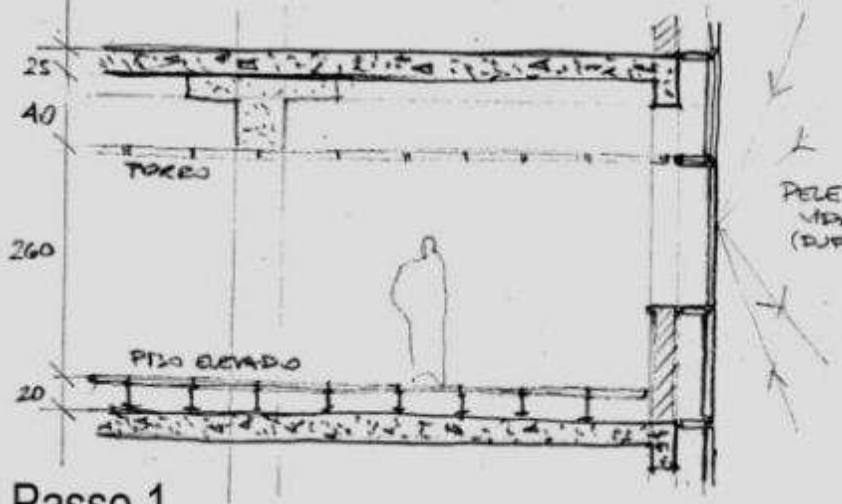
ESTRATÉGIAS PASSIVAS



(Viera, 2011)

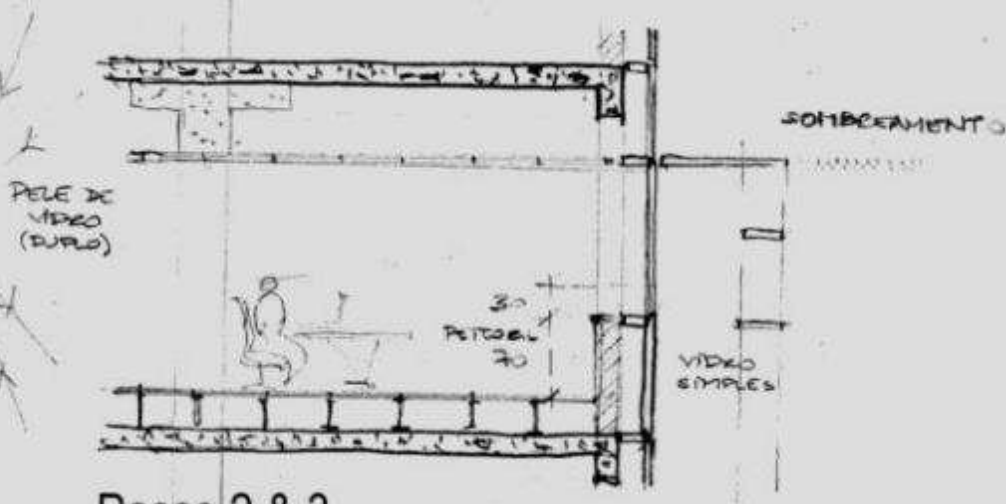


ESTRATÉGIAS PASSIVAS



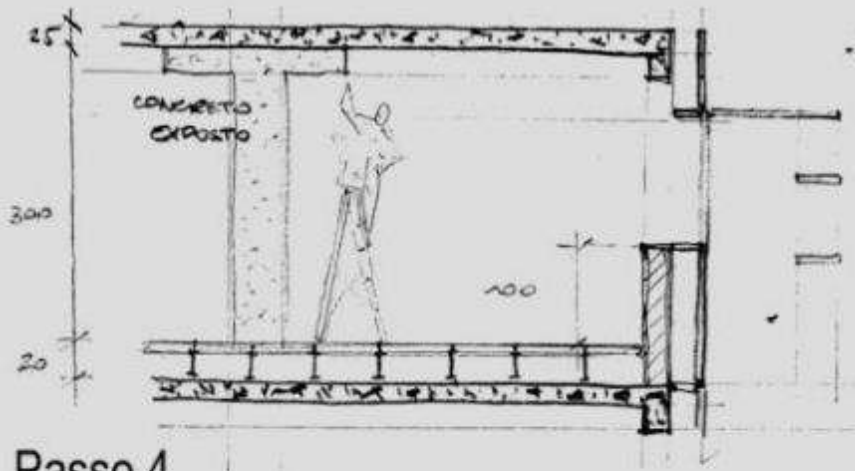
Passo 1

Piso: piso elevado sobre laje de concreto
Parede: bloco de concreto acabado e pintado
Teto: forro mineral e entre-forro
Fachada: peitoril em bloco de concreto e pele de vidro continua, sendo a janela em vidro duplo



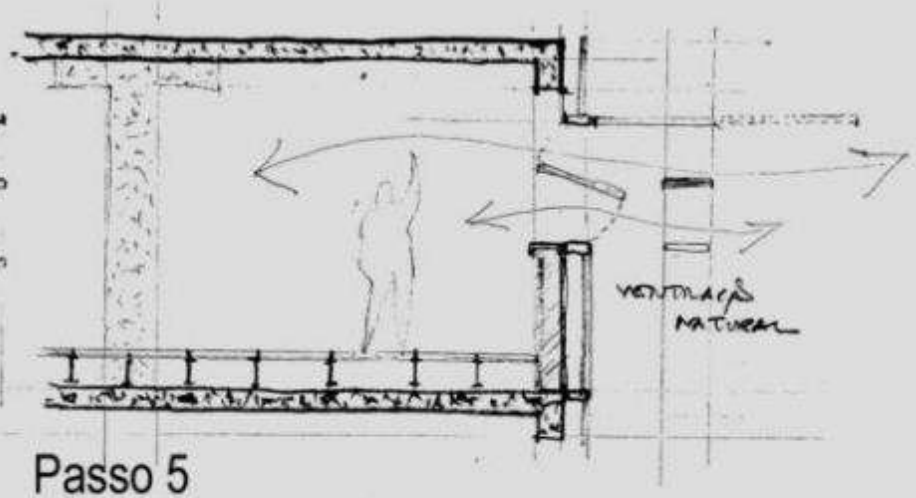
Passo 2 & 3

2. Sombreamente em material leve (U=1,18 W;m2K) e vidro simples
3. Diminuição de 10% na proporção janela/piso



Passo 4

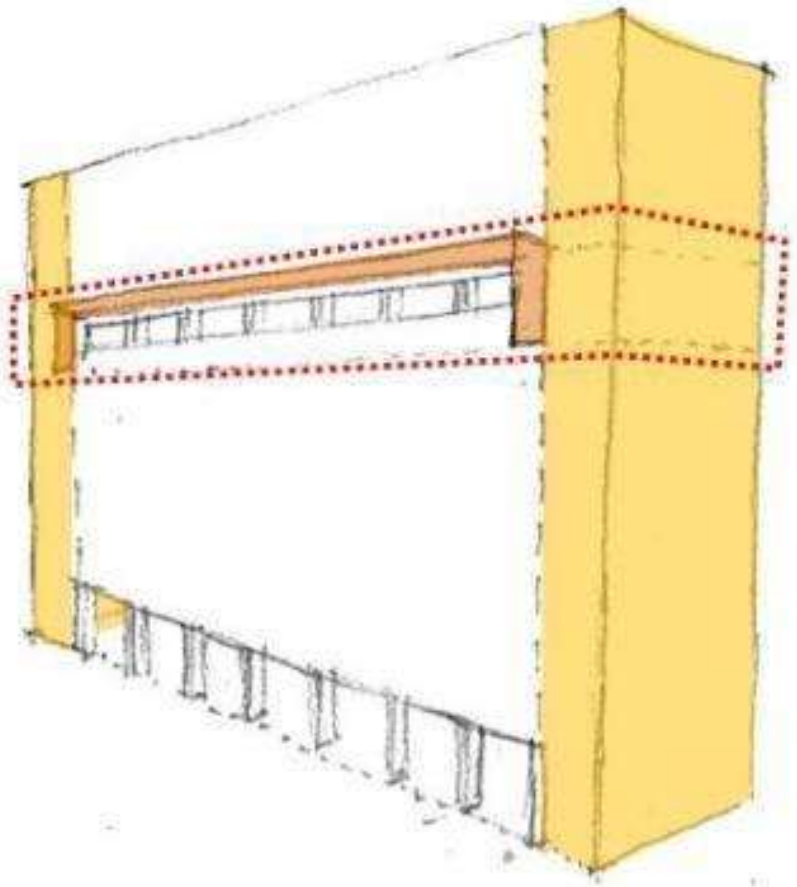
Parede e Teto: elementos em concreto aparentes

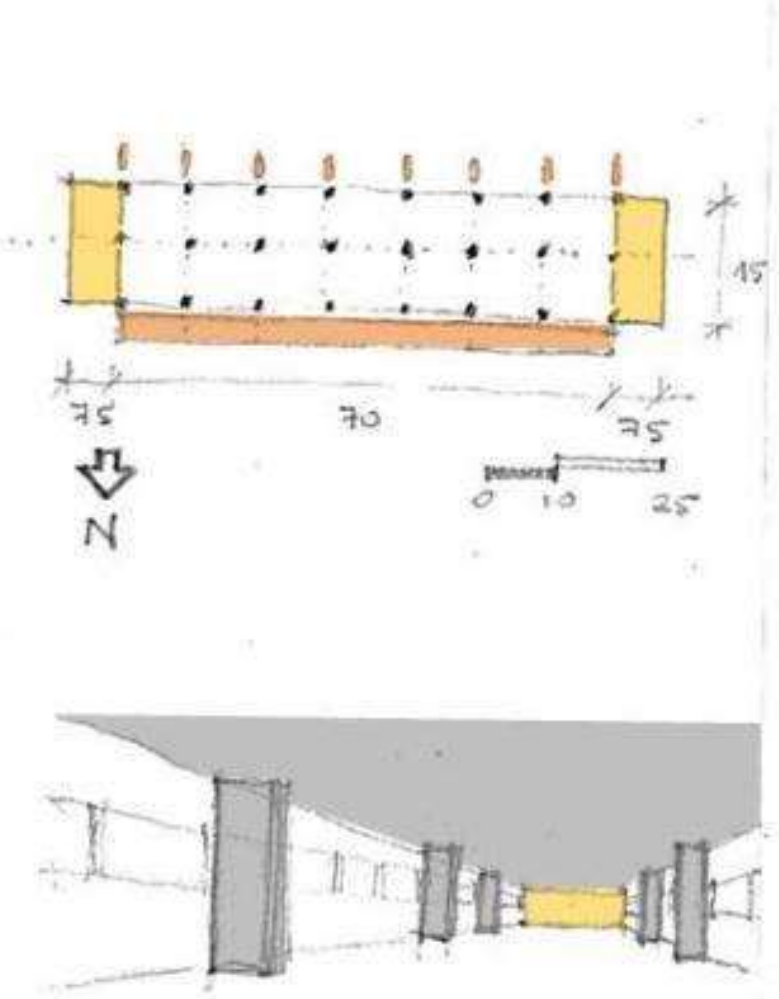


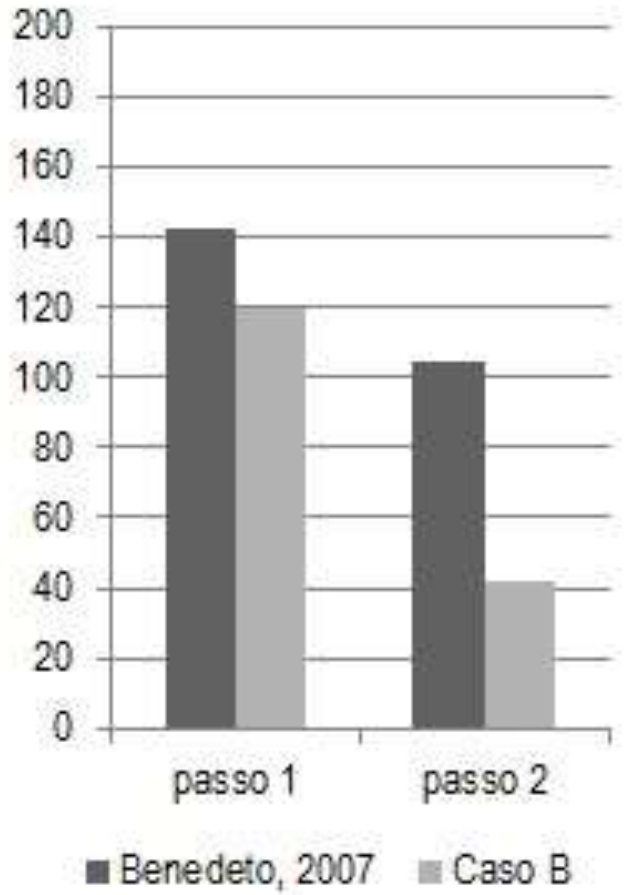
Passo 5

Ventilação Natural simulada através da abertura de 30% daas janelas e aumento de infiltração

ESTRATÉGIAS PASSIVAS



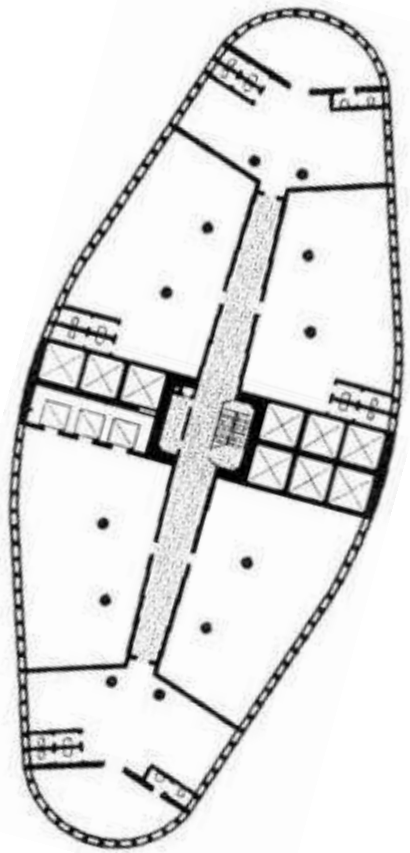


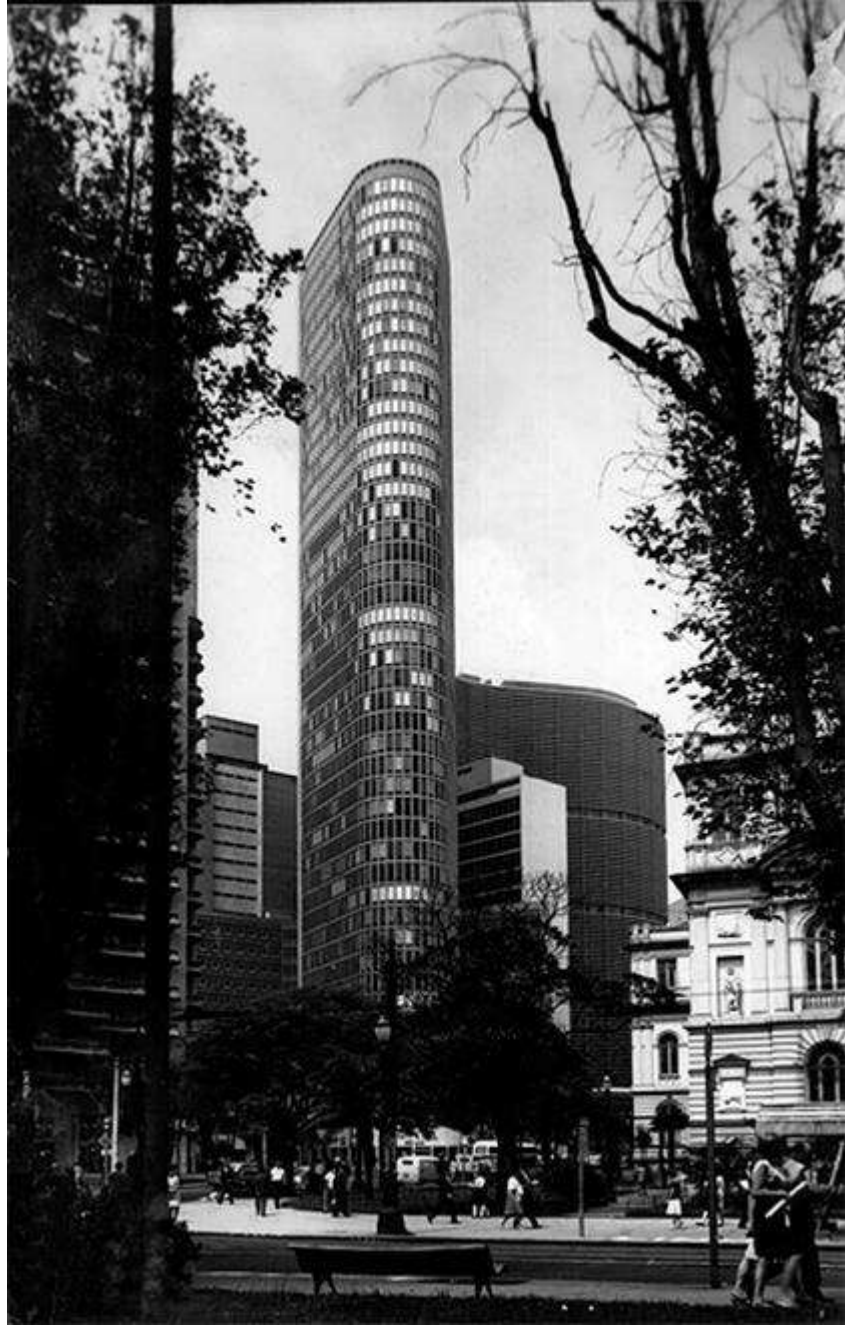


ESTUDOS DE CASO

Um olhar para a realidade.

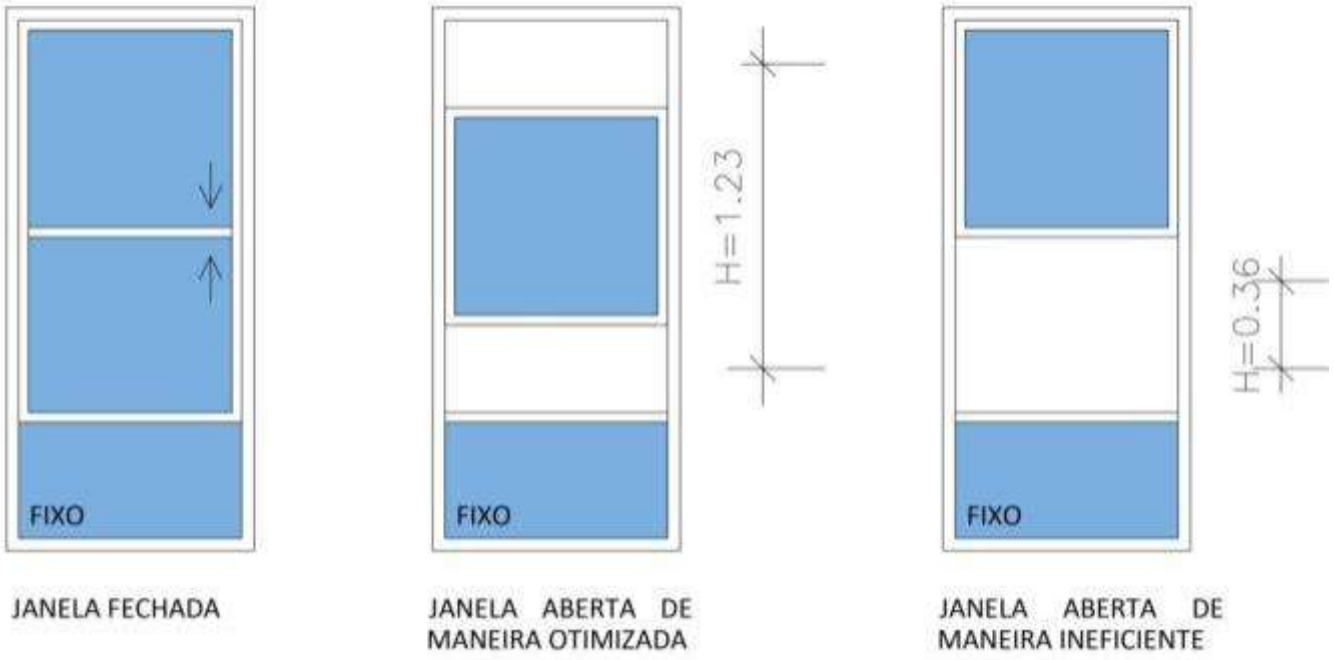
O legado da arquitetura bioclimática brasileira – O Edifício Itália





Edifício Itália, projeto de Franz Heep, São Paulo, 1965

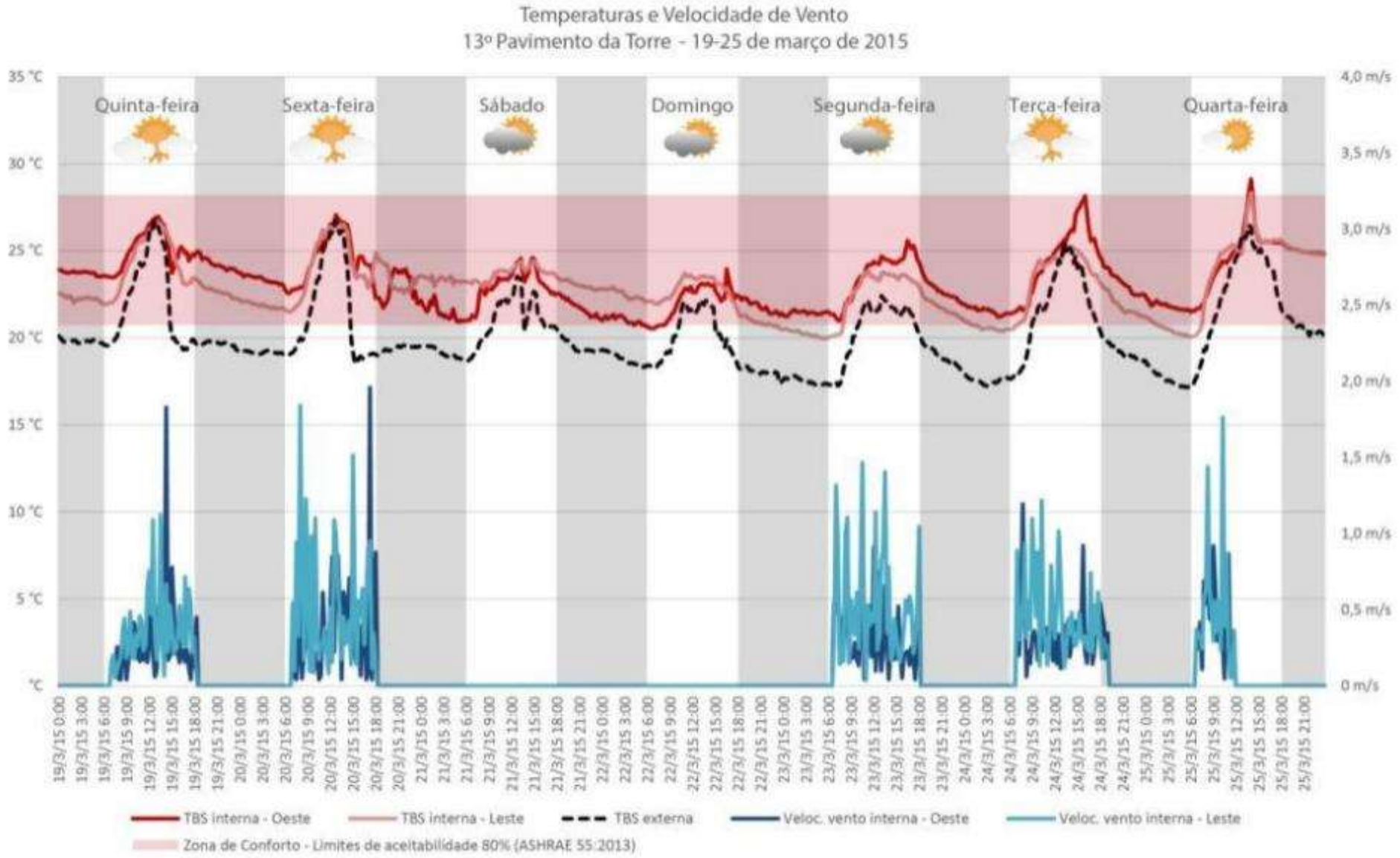
ESTUDOS DE CASO



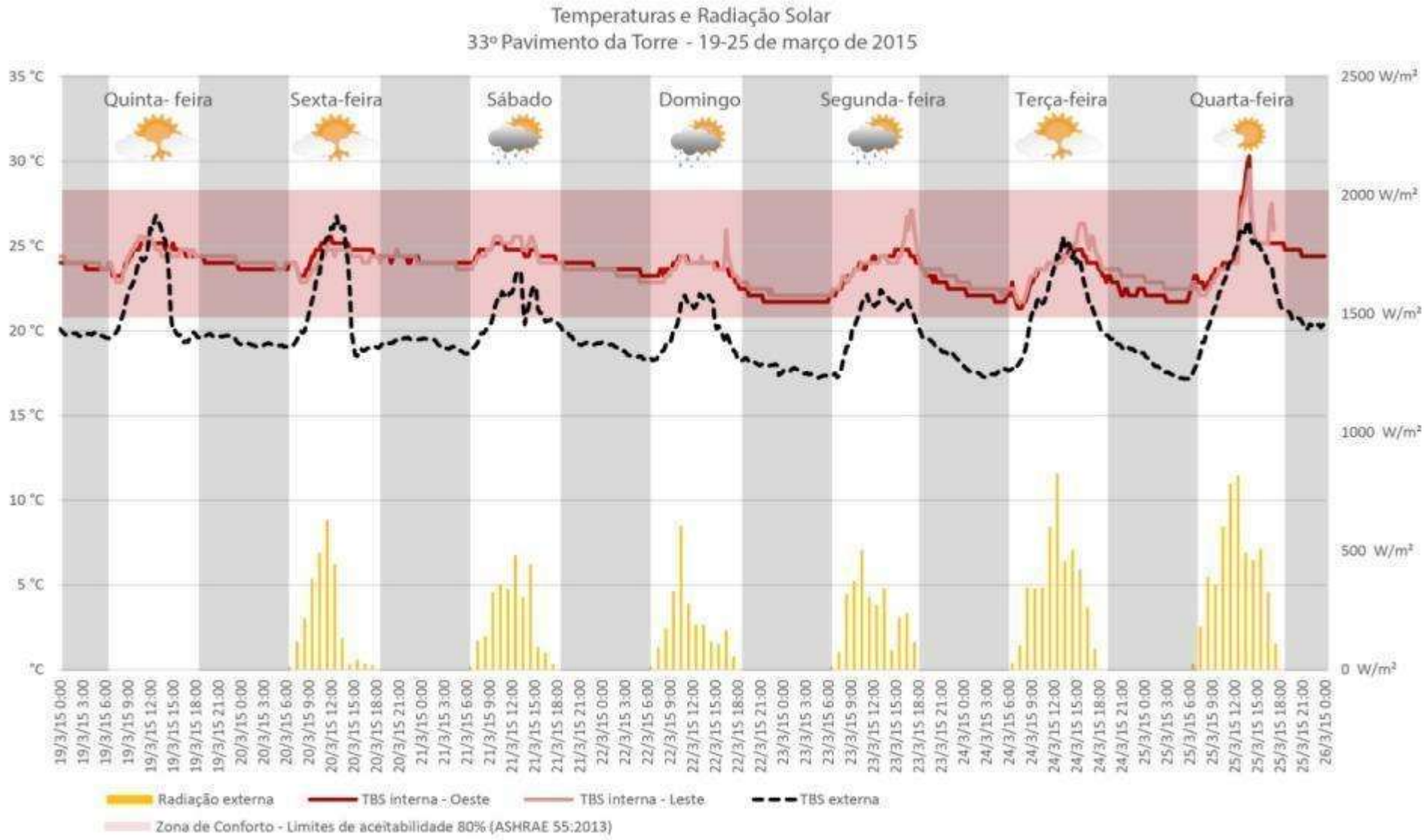
JANELA FECHADA

JANELA ABERTA DE MANEIRA OTIMIZADA

JANELA ABERTA DE MANEIRA INEFICIENTE



Orientação leste e oeste – 13º andar – ventilado naturalmente



Orientação leste e oeste – 33º andar – com condicionamento de ar

ESTUDOS DE CASO

O processo de avaliação de desempenho das estratégias de projeto.

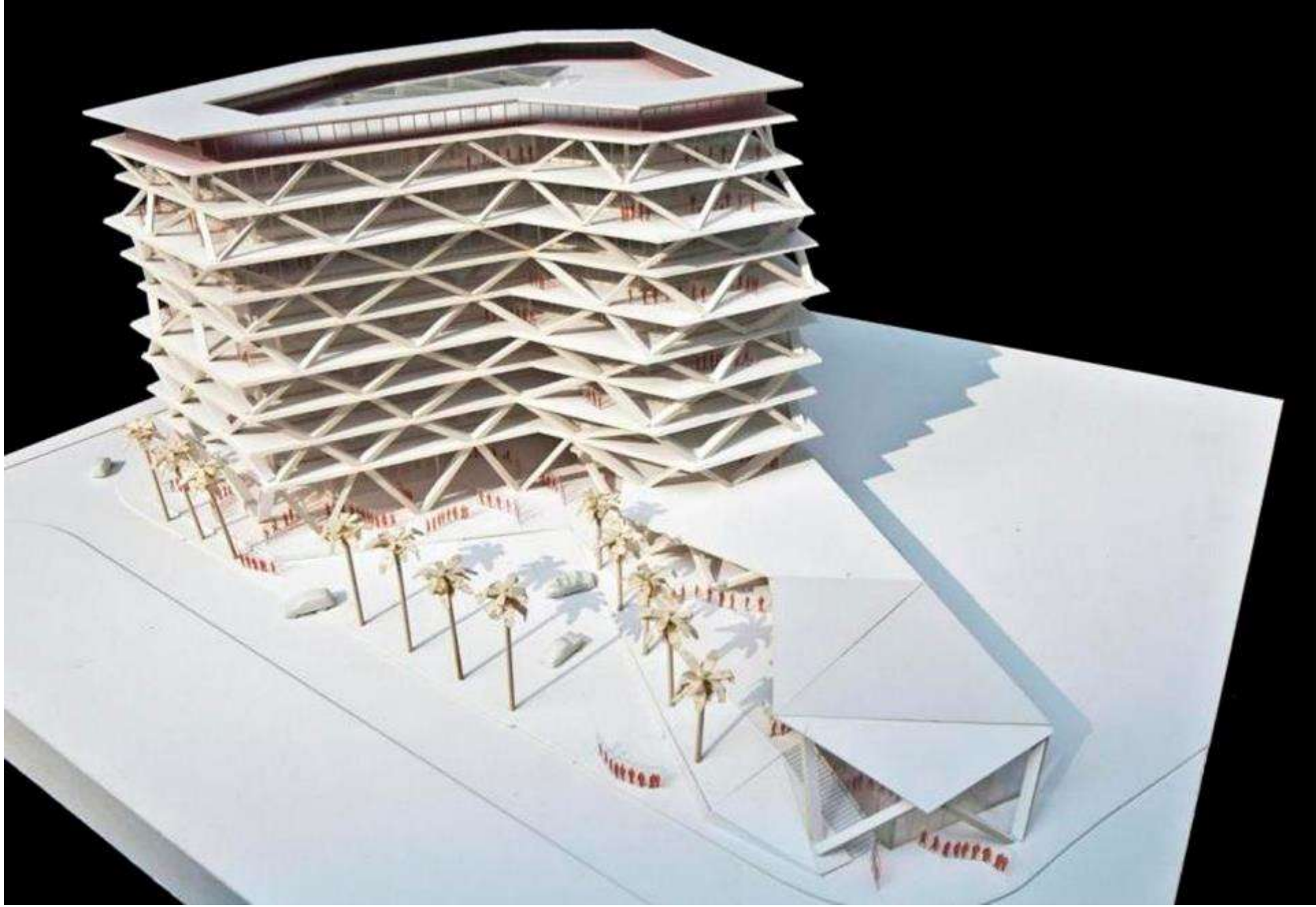
Análises paramétricas e de sensibilidade

ESTUDOS DE CASO

Aplicação em projeto.

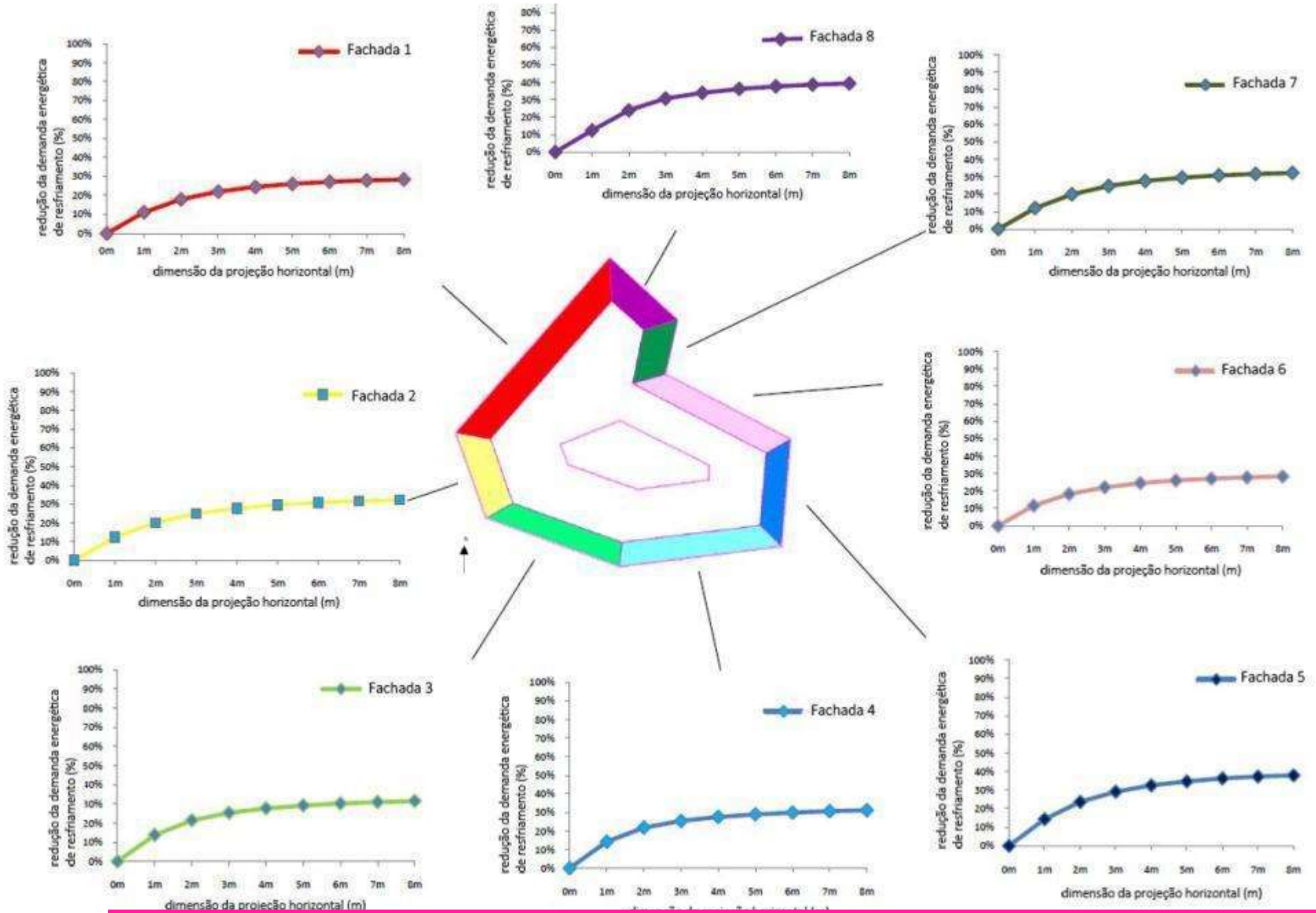
One Airport Square – OAS, Accra, Ghana

Projeto: Mario Cucinella Architects - 2015



ESTUDOS DE CASO

ESTUDOS DE CASO



TO LET

ESTUDOS DE CASO

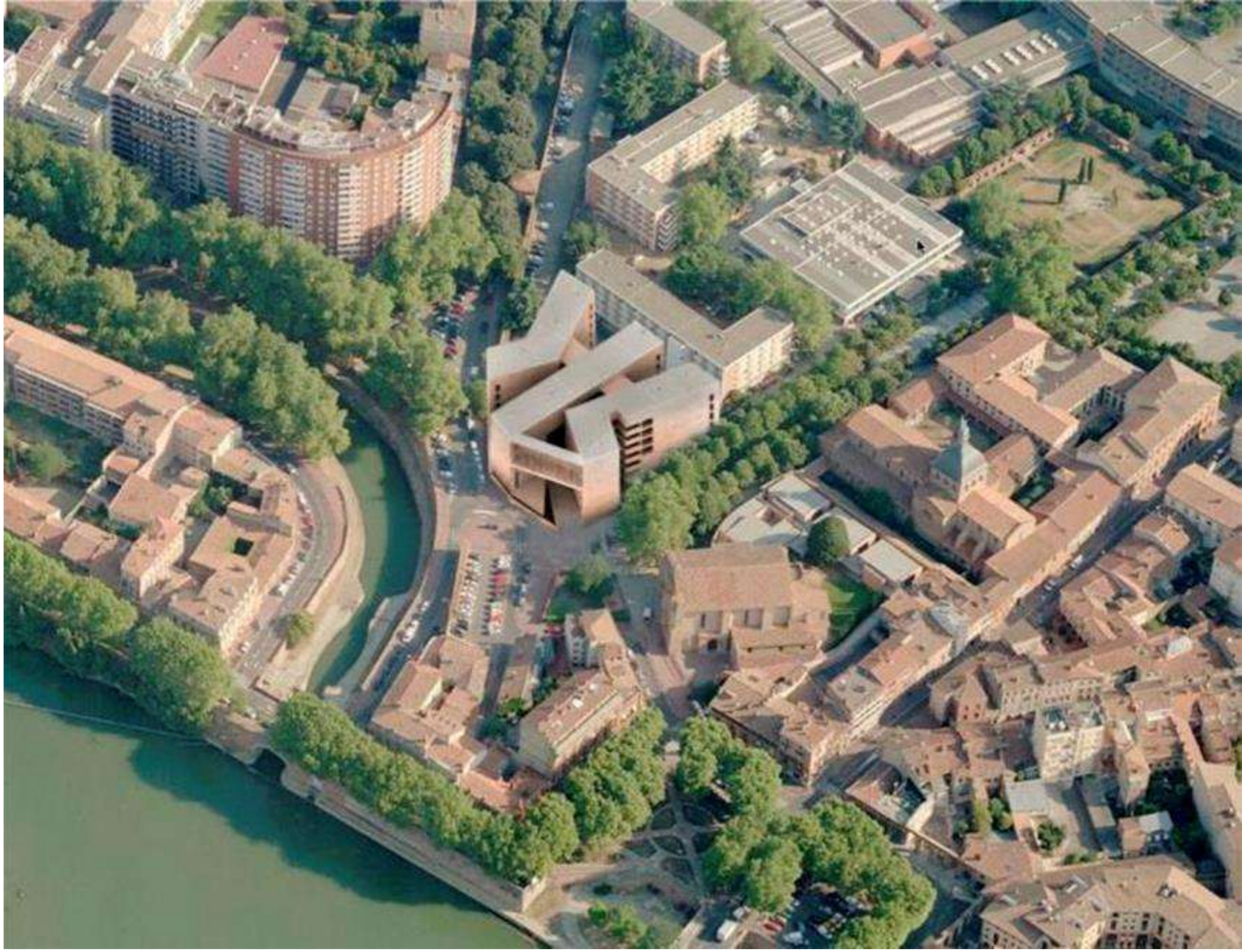
ESTUDOS DE CASO

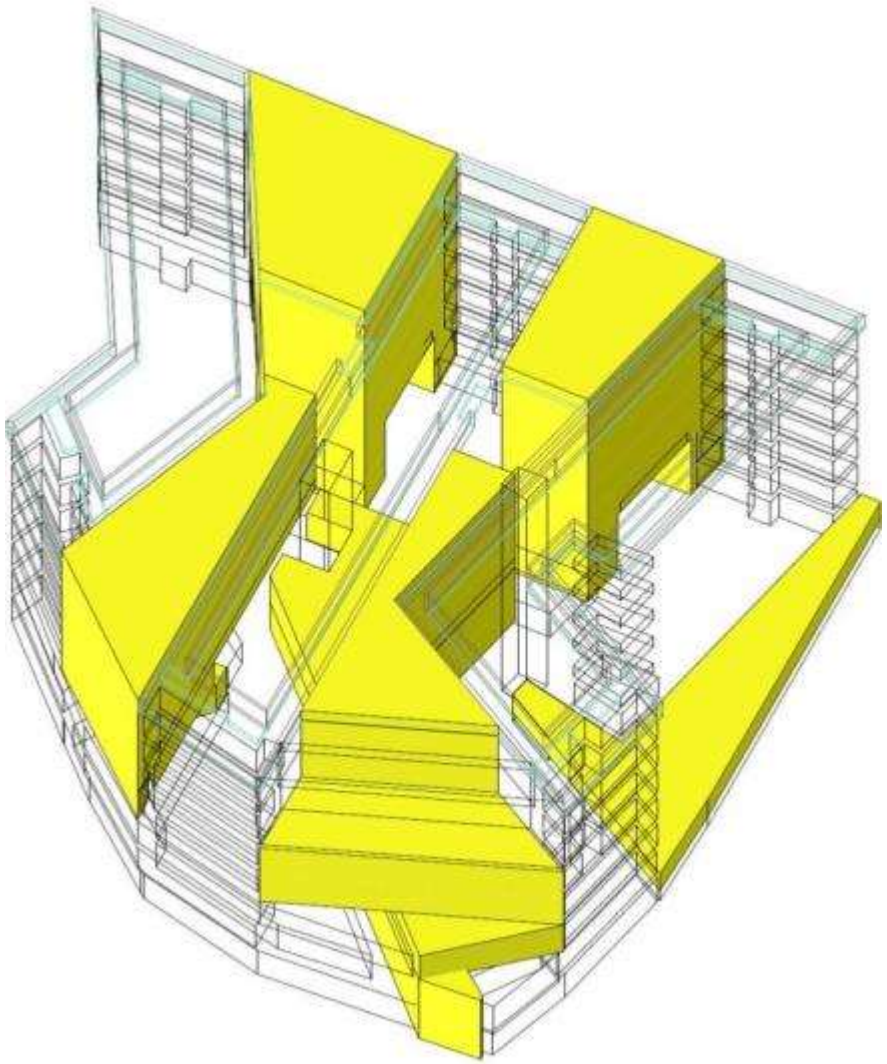
Aplicação em projeto.

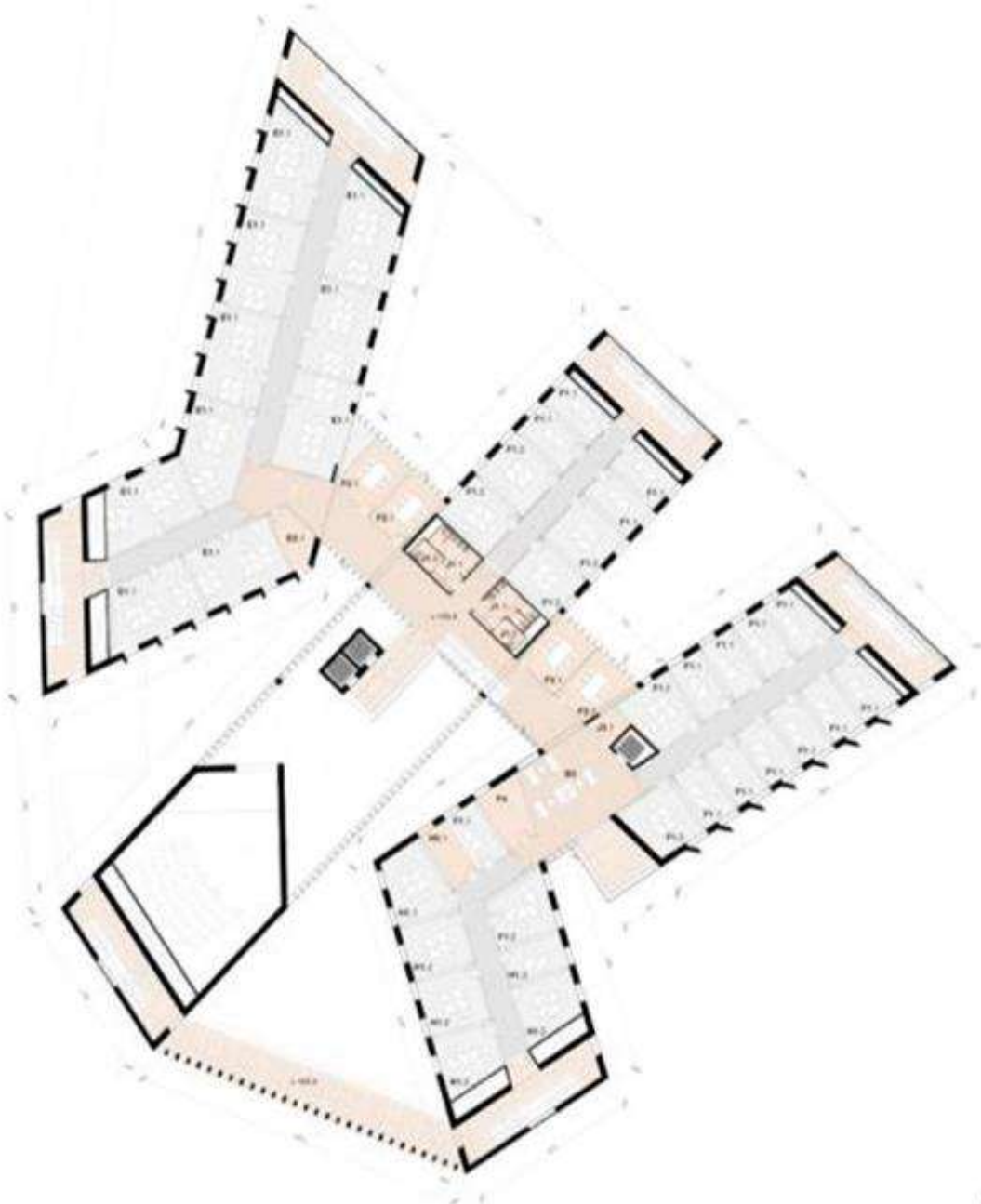
Toulouse School of Economics, TSE, Toulouse, França

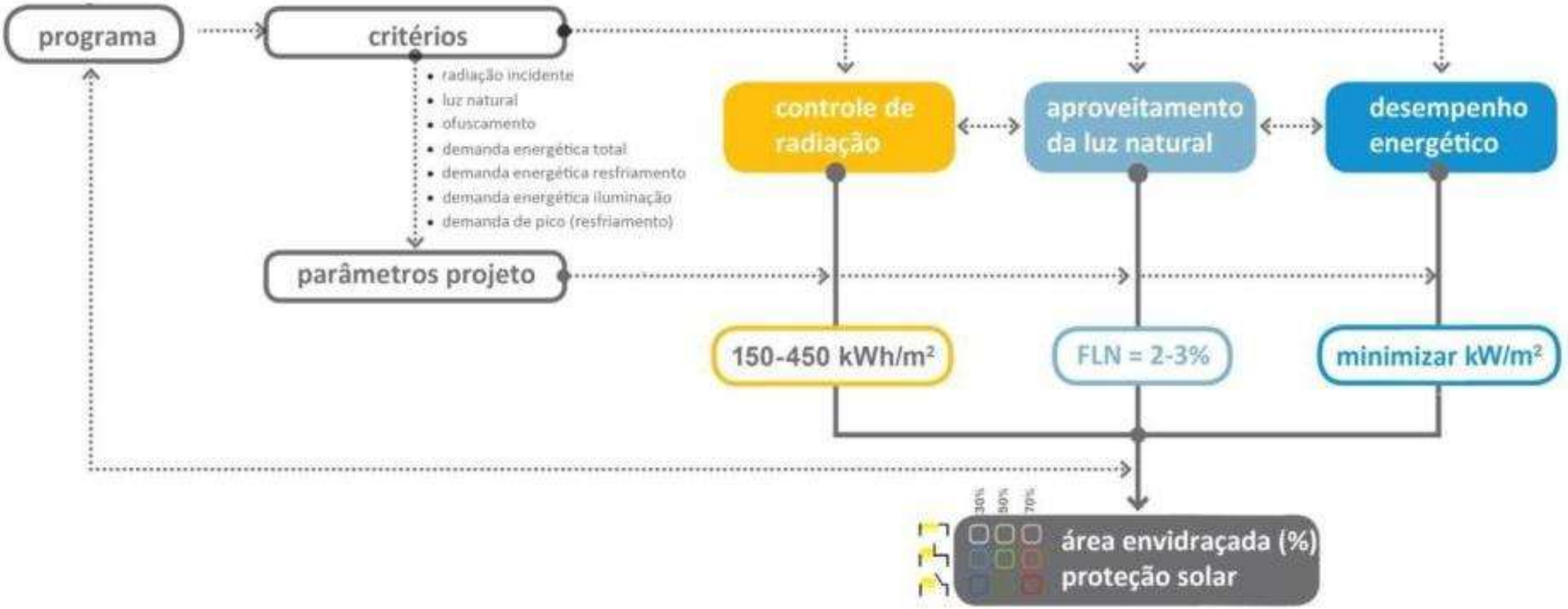
Projeto: Grafton Architects - 2009

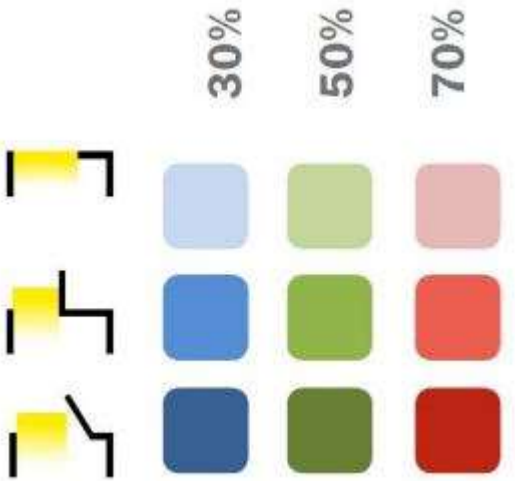
ESTUDOS DE CASO

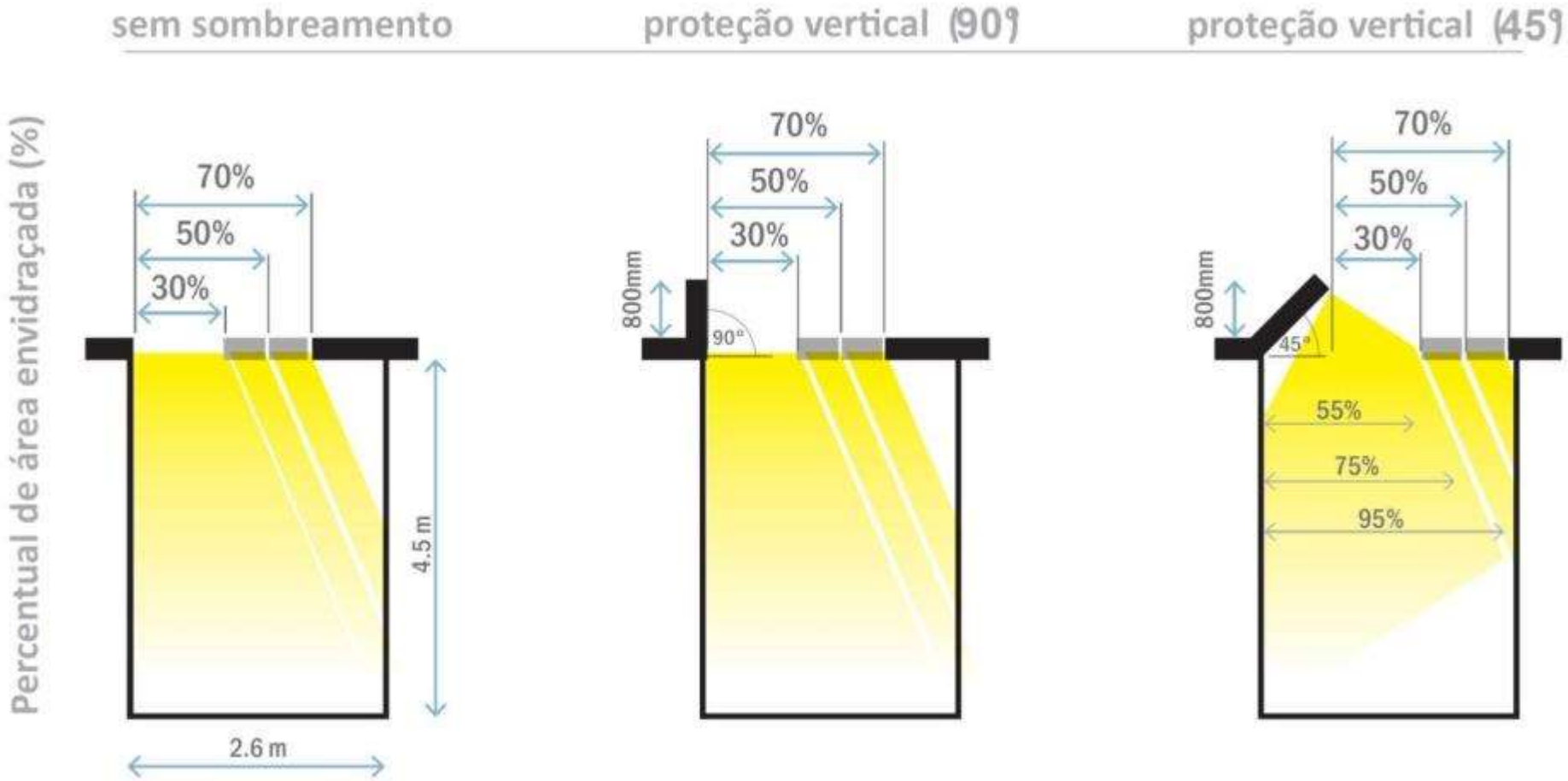


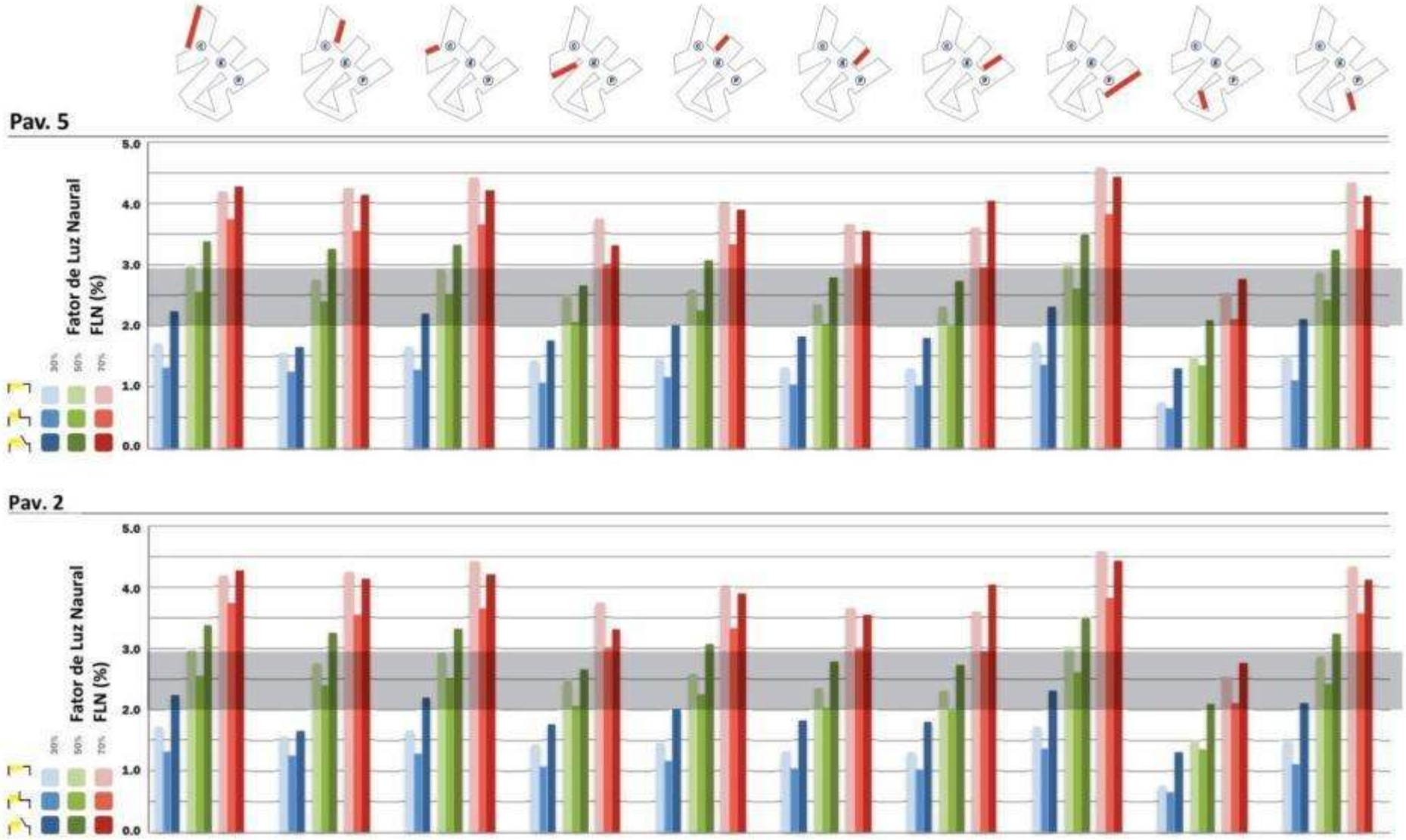


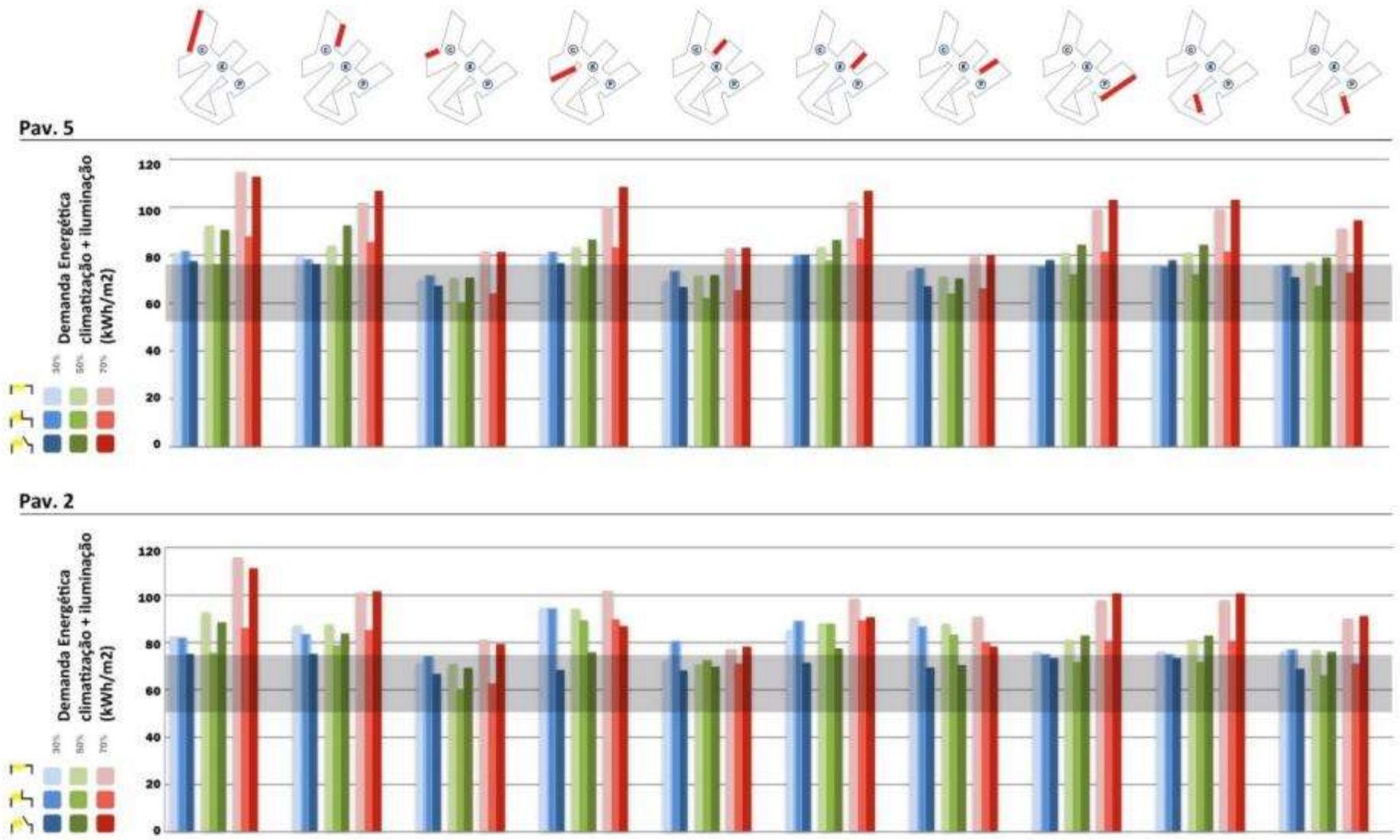


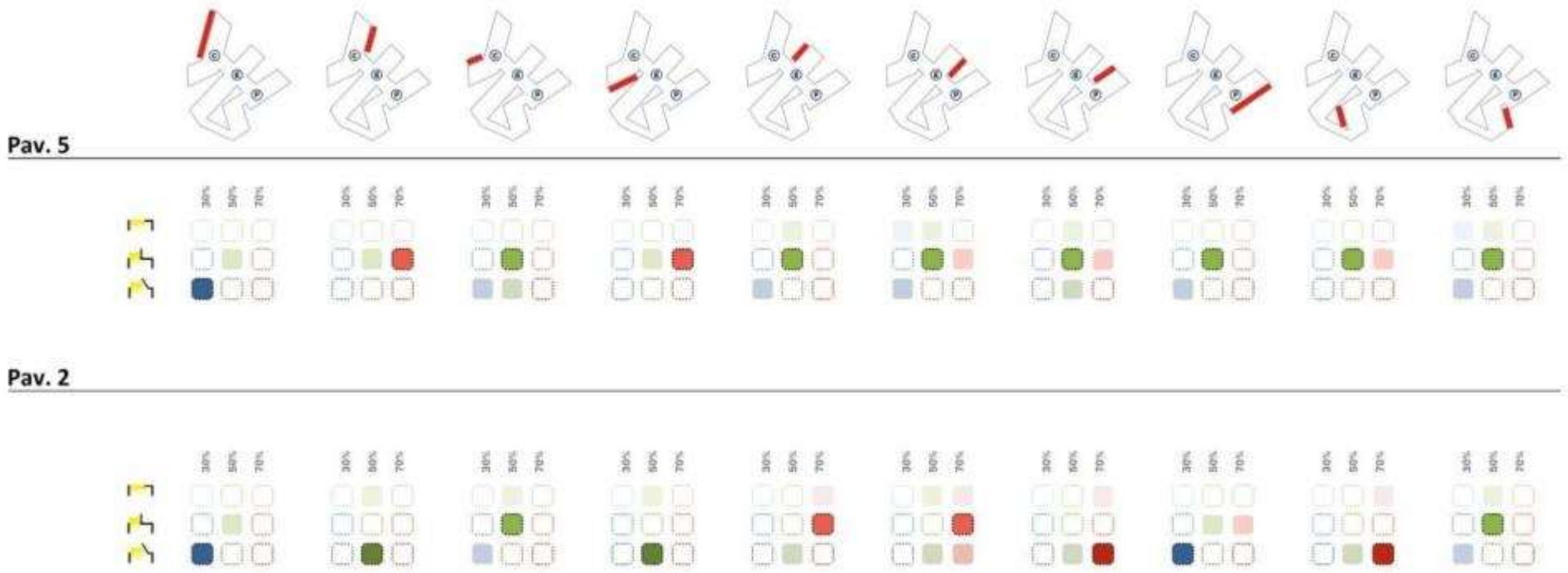

programa
critérios
radiação incidente
luz natural
ofuscamento
demanda energética total
demanda energética resfriamento
demanda energética iluminação
demanda de pico (resfriamento)
parâmetros projeto
controle de radiação
aproveitamento da luz natural
desempenho energético
150-450 kWh/m²
FLN = 2-3%
minimizar kW/m²
30%
50%
70%
área envidraçada (%)
proteção solar


30%
50%
70%


sem sombreamento
proteção vertical (90°)
proteção vertical (45°)
Percentual de área envidraçada (%)
70%
50%
30%
4.5 m
2.6 m
800mm
90°
45°
55%
75%
95%


Pav. 5
Fator de Luz Naural FLN (%)
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
30%
50%
70%
Pav. 2
Fator de Luz Naural FLN (%)
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
30%
50%
70%


Pav. 5
Demanda Energética climatização + iluminação (kWh/m2)
120
100
80
60
40
20
0
Pav. 2
Demanda Energética climatização + iluminação (kWh/m2)
120
100
80
60
40
20
0


Pav. 5
Pav. 2

wwr = 30%
wwr = 50%
wwr = 70%

PROPOSTA

Abordagem presente-futuro

CLIMA

CONFORTO

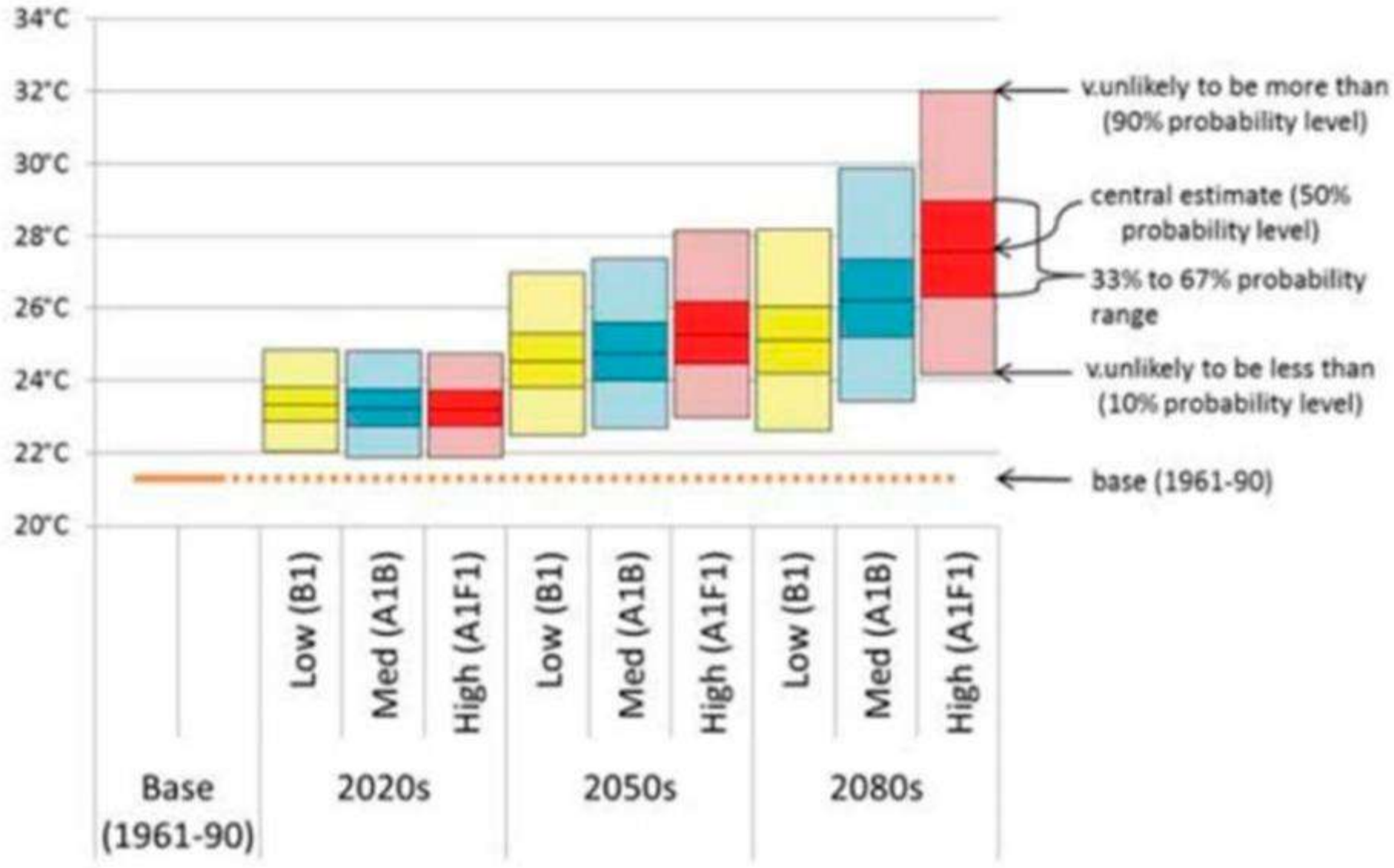
ESCRITÓRIO

PROPOSTA

Clima

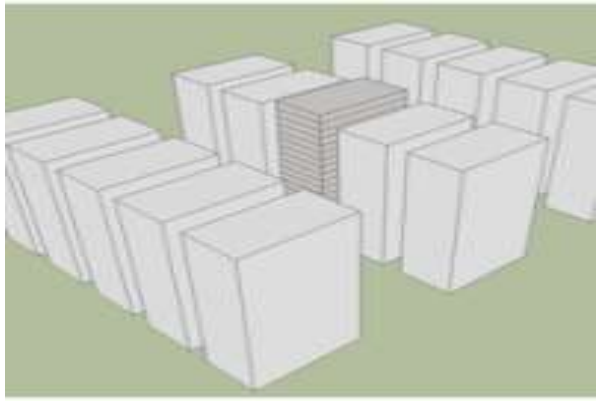
Mudanças climáticas, microclimas urbanos e adensamento urbano.

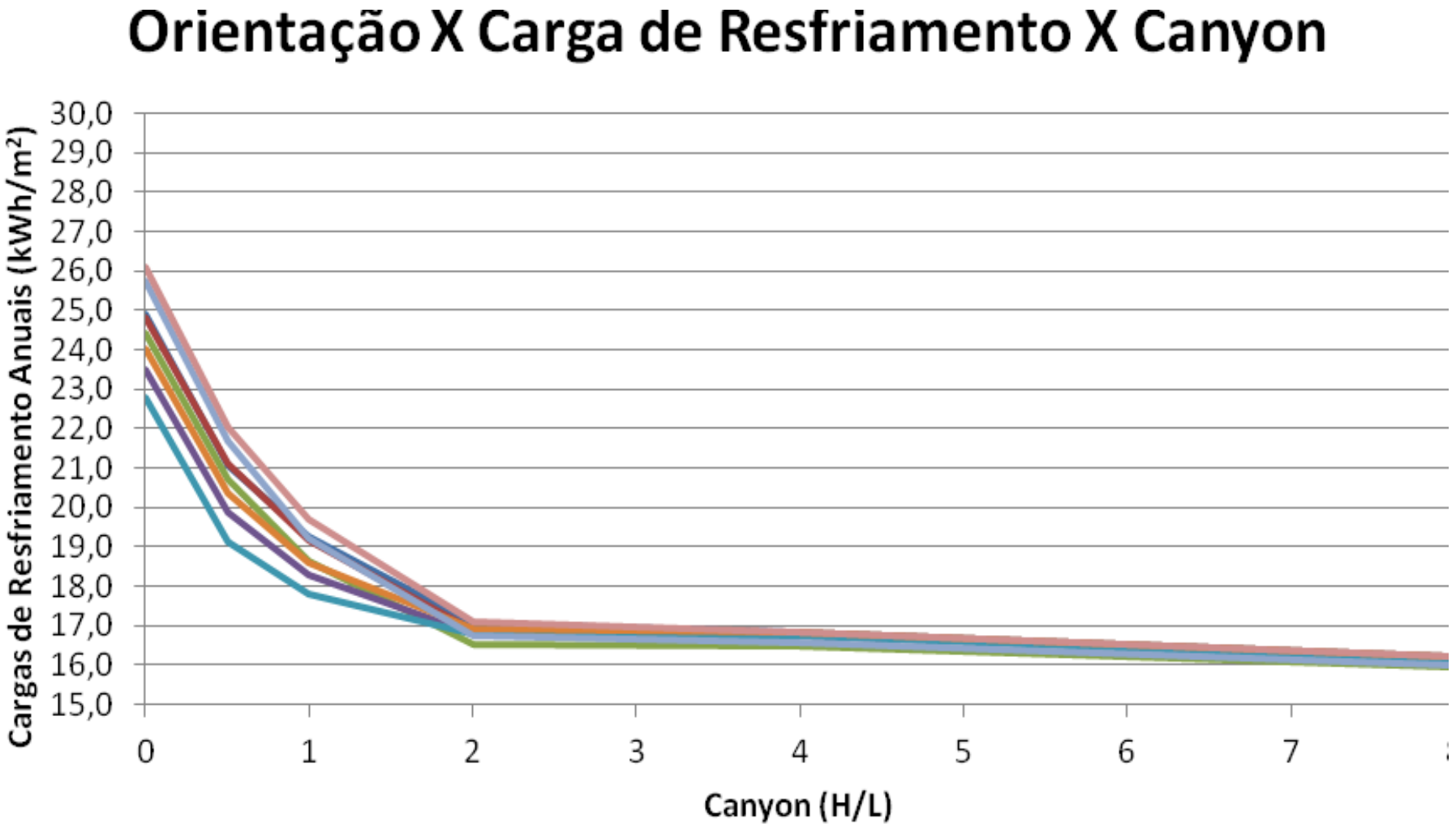
Clima e mudanças climáticas



Probabilistic climate profiles. CIBSE (2014).

Adensamento urbano



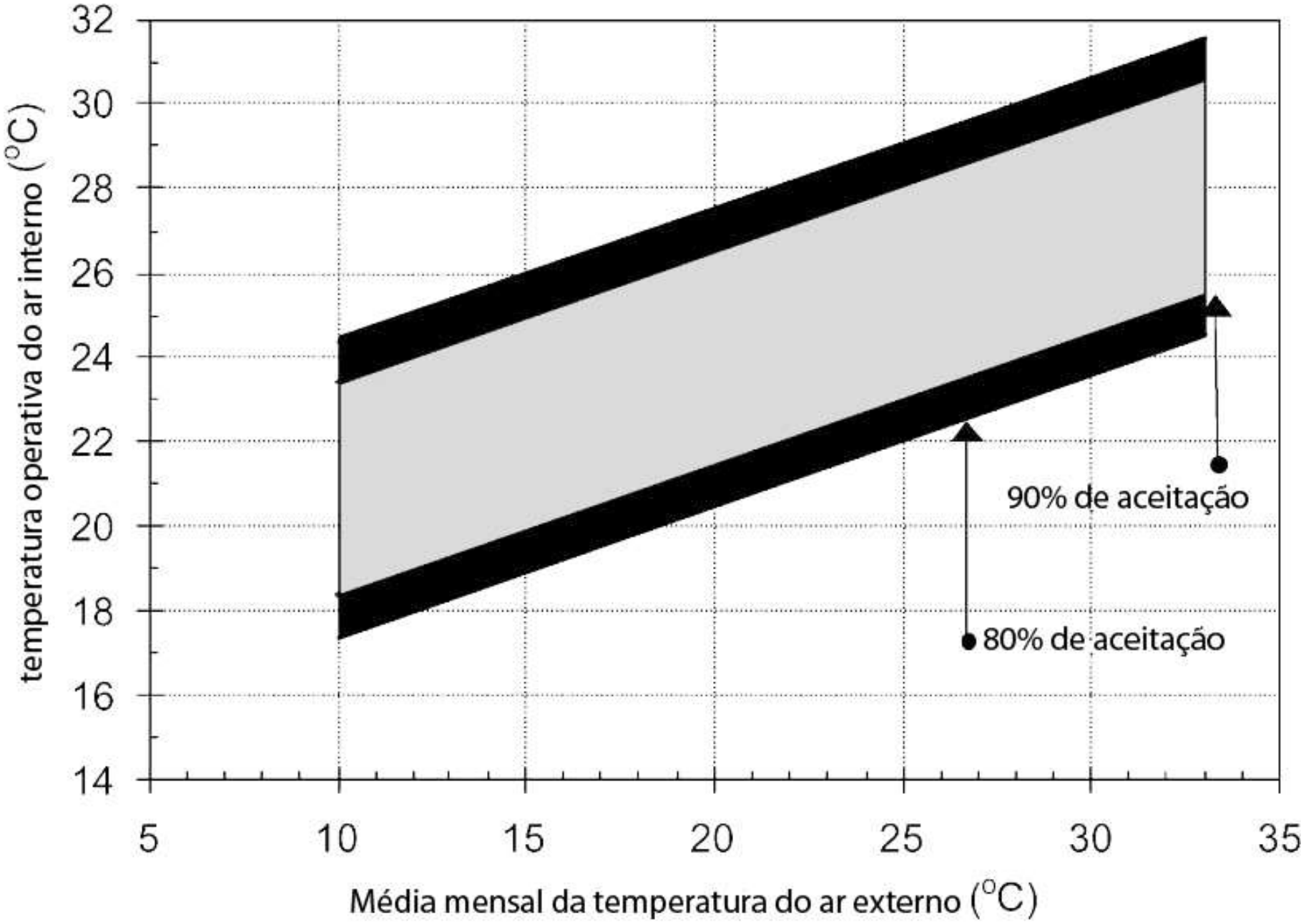


PROPOSTA

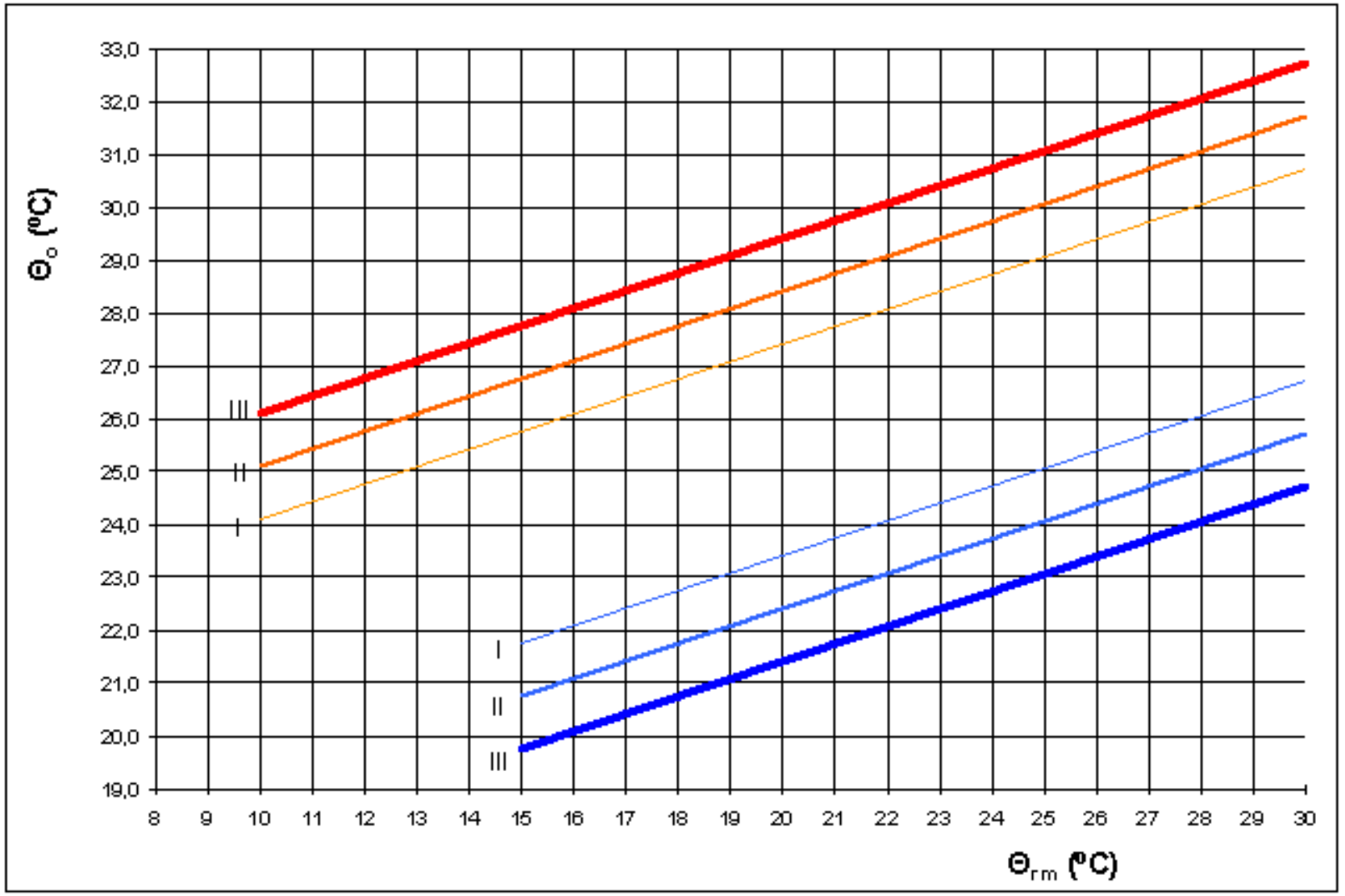
Conforto

Conceito de conforto adaptativo e os hábitos culturais.

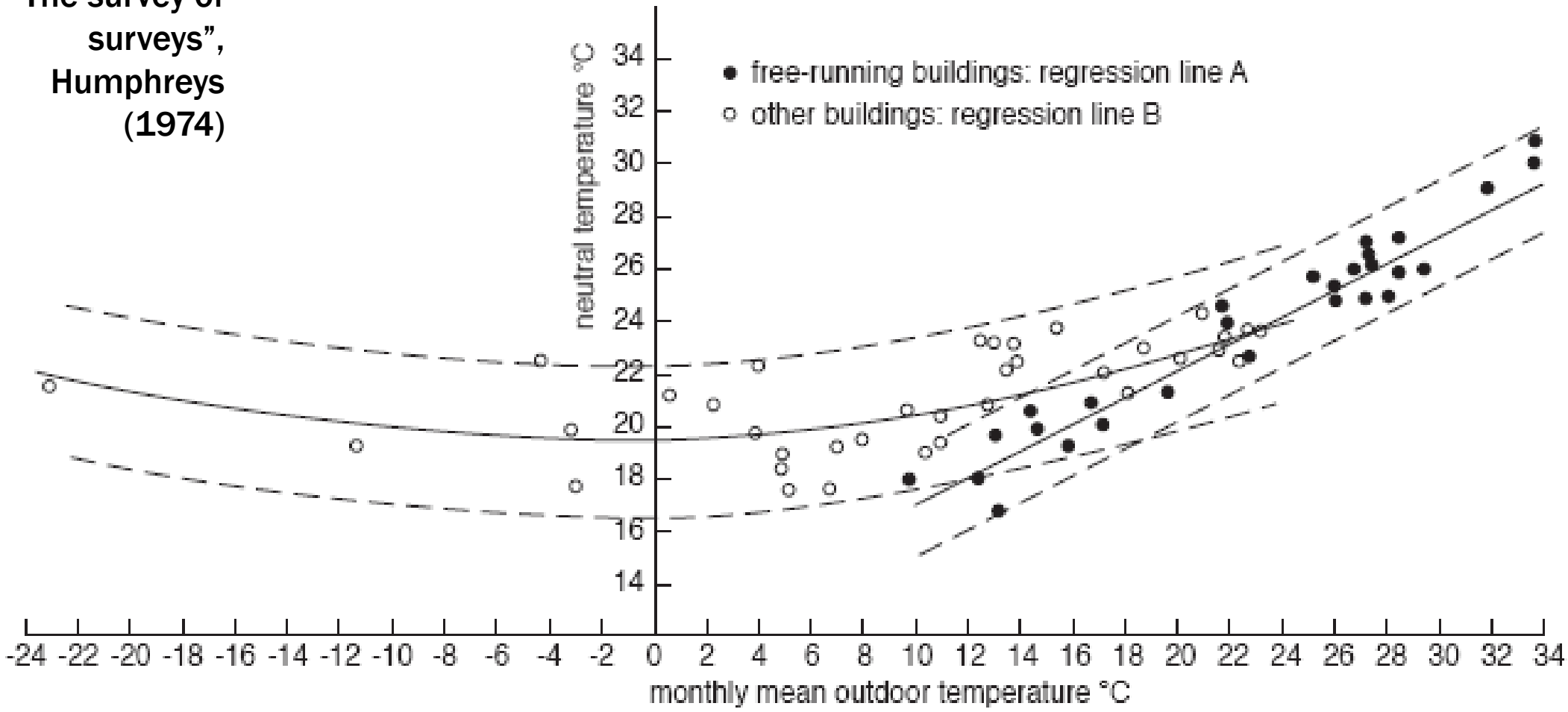
MODELO ADAPTATIVO ASHRAE 55 (2004, 2010)



MODELO ADAPTATIVO BS EN (2007)



"The survey of surveys", Humphreys (1974)



Adaptive opportunity

Comfort temperature **decrement / increment** on standard comfort zone width (+/- 2.5ºK from neutral).

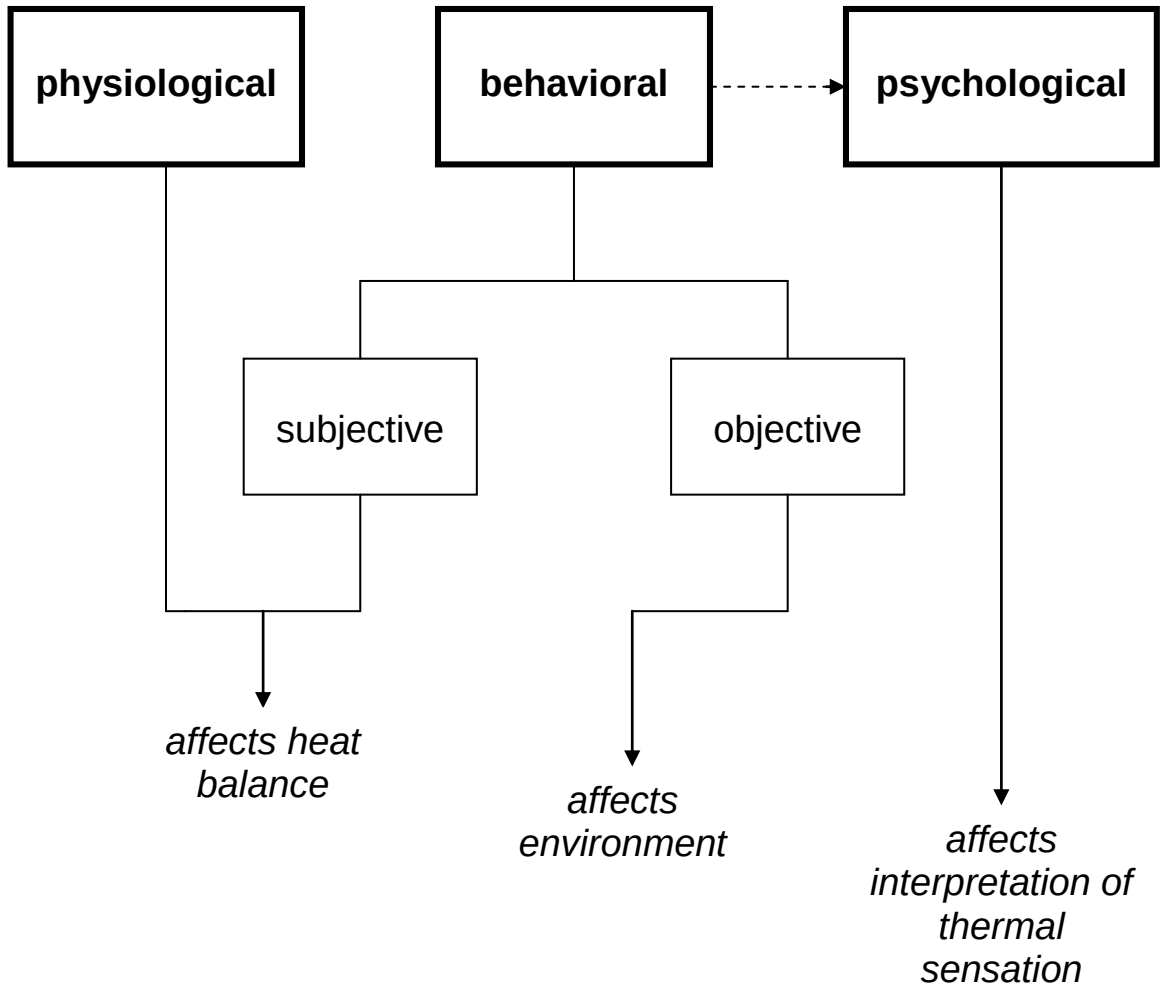
Personal

1	free dress code	
	1.0 – 0.3 Clo	+ 2.5
	1.0 – 1.2 Clo	- 1.5
2	Non-upholstered chair	+ 0.5
3	Access to cold/hot drinks	+ 0.75 (- 0.5)
4	Metabolic rate and posture	+ 1.0 (- 0.5)

Building

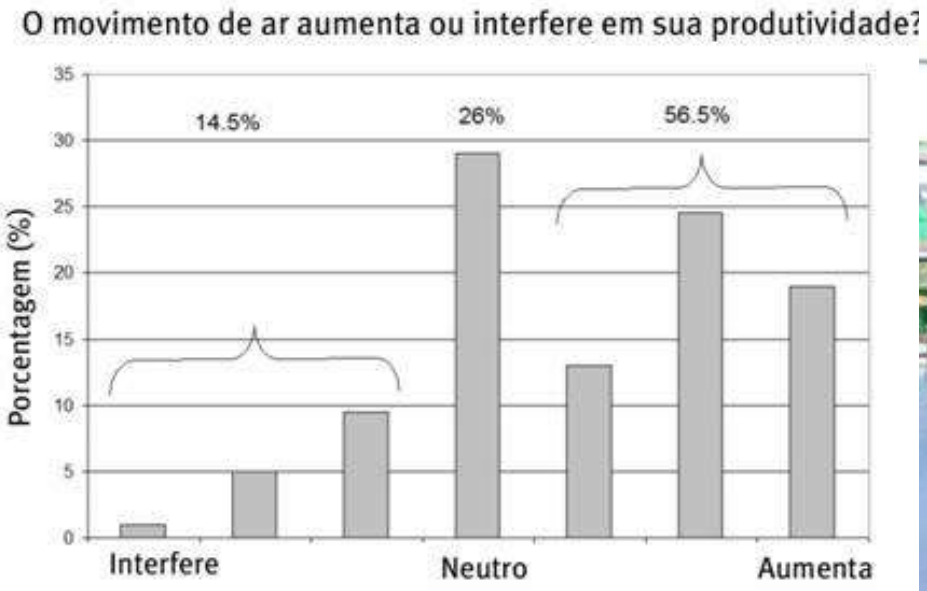
5	Desk fan or ceiling fan	+ 2.5
6	Openable window	+ 1.5
7	Operable blinds	+ 1.0
8	Spatial variation	+ 1.25

Mecanismos de adaptação



PROPOSTA

PROPOSTA



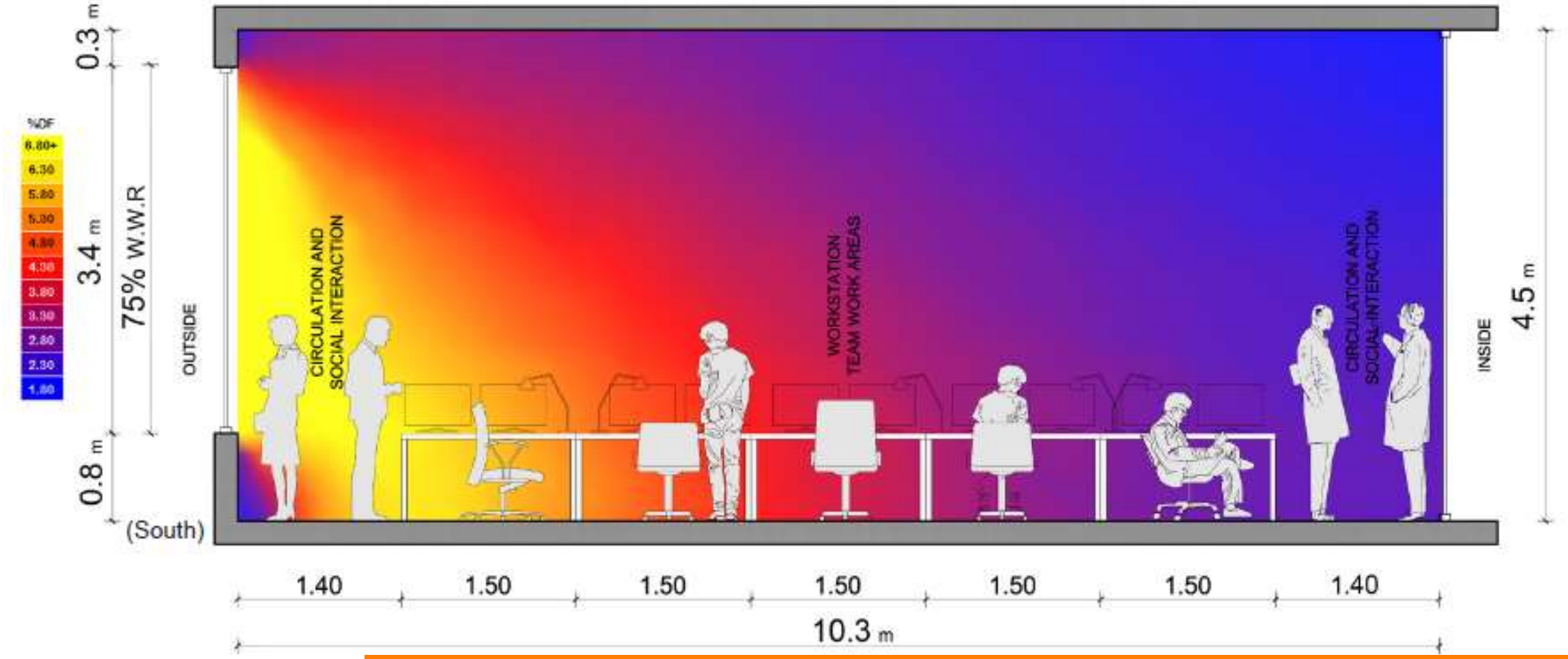
Impacto do movimento de ar na produtividade.
Fonte: Brager e De Dear (2004)

PROPOSTA

Mossborne Academy
Community School,
Londres

LUZ NATURAL

- Nível de luz recomendado - 300 lux a 500 lux (CIBSE, 2015)
- Intervalo de iluminâncias úteis – 100 lux a 3.000 lux (Mardaljevic. et al, 2012)
- Diferença entre mínimo e máximo de até 10 vezes (Reinhart, 2011)



PRODUTIVIDADE E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE:

Alguns dos efeitos positivos nas condições ambientais e na produtividade dos usuários de edifícios de escritório, conhecidos ha mais de uma década são:

• Qualidade do ar interno: 6 a 9 por cento de aumento da produtividade (Wyon, 2004).

•Ventilação natural: 3 a 18 por cento de aumento da produtividade (NSF, IUCRC, 2004).

•Controle localizado das condições térmicas: 3.5 a 37 por cento de aumento da produtividade (Loftness *et al*. 2003).

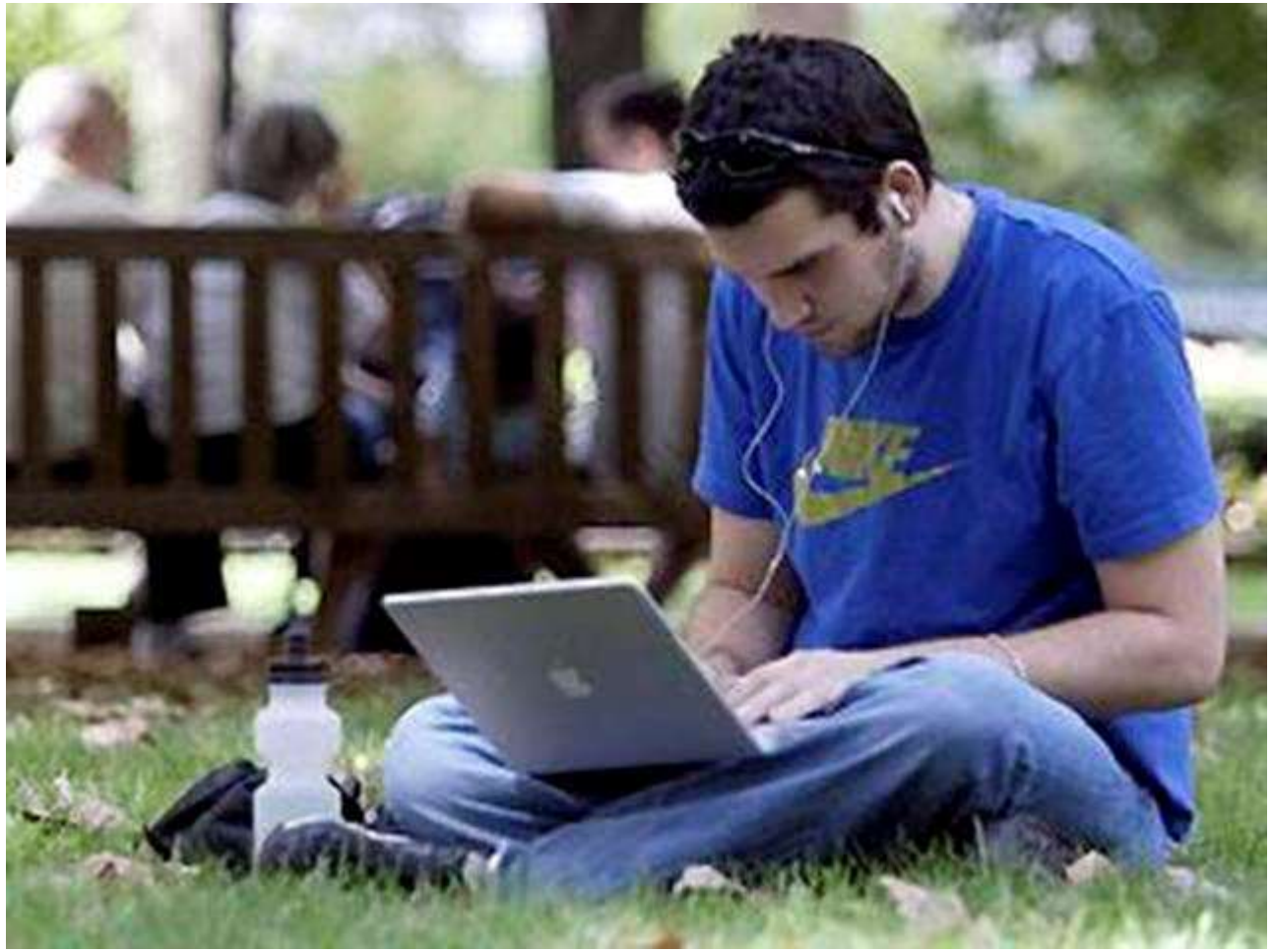
•Luz natural: 3 a 40 por cento de aumento da produtividade e valor de venda de um edifício (Loftness *et al*., 2003).

PROPOSTA

Escritório

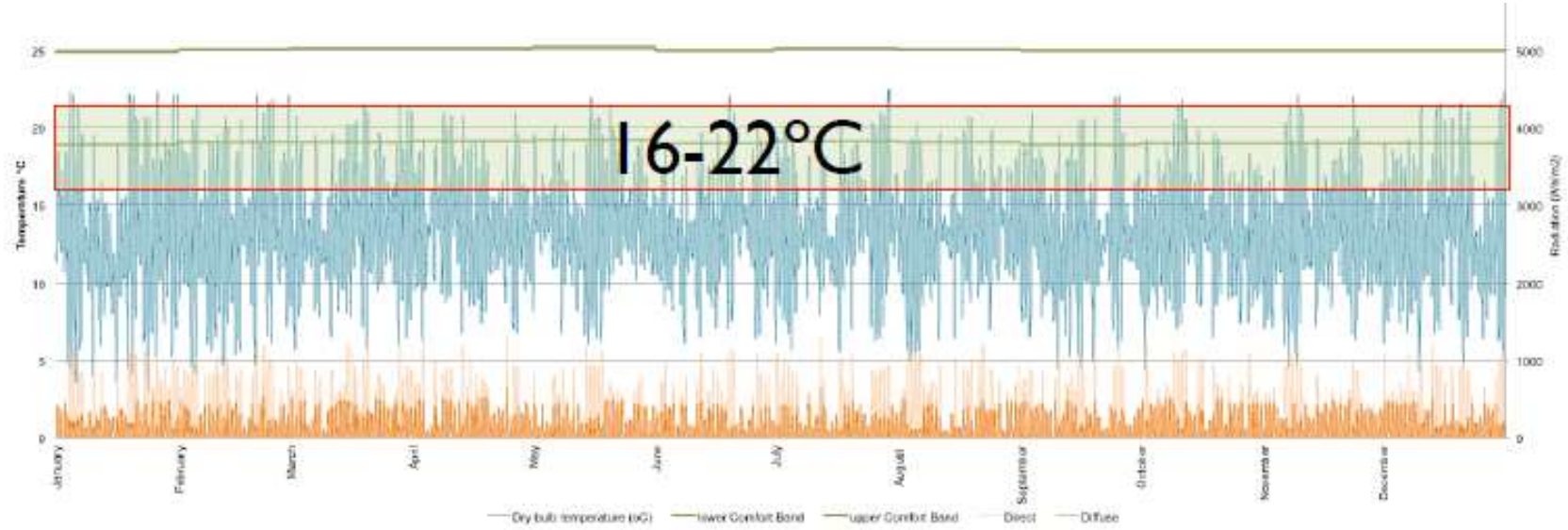
Ambiente de trabalho Vs. Estação de trabalho e a revolução tecnológica.

PROPOSTA



PROPOSTA

16°C overcast
20°C overcast
25°C overcast
22°C clear
26°C clear
17°C overcast
16°C overcast
16°C overcast
15°C overcast
21°C overcast
19°C clear
20°C overcast
15°C overcast
29°C clea
21°C overcast



40%
Daytime

PET
Physiological Equivalent Temperature

=

VARIABLES

Ext. Temp. Wind. Met. Clo.

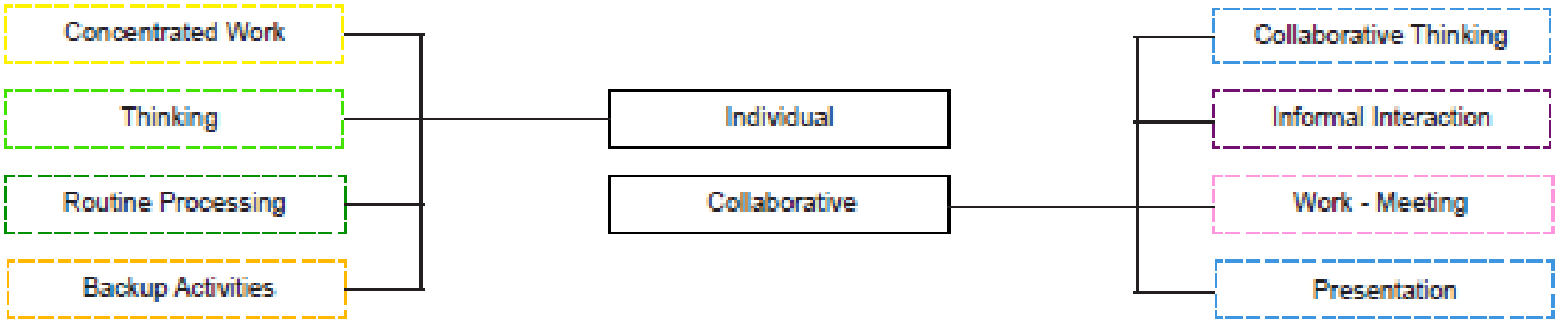
Integração entre interior e exterior – ambiente externo para a realização de atividades internas - o caso de Bogotá

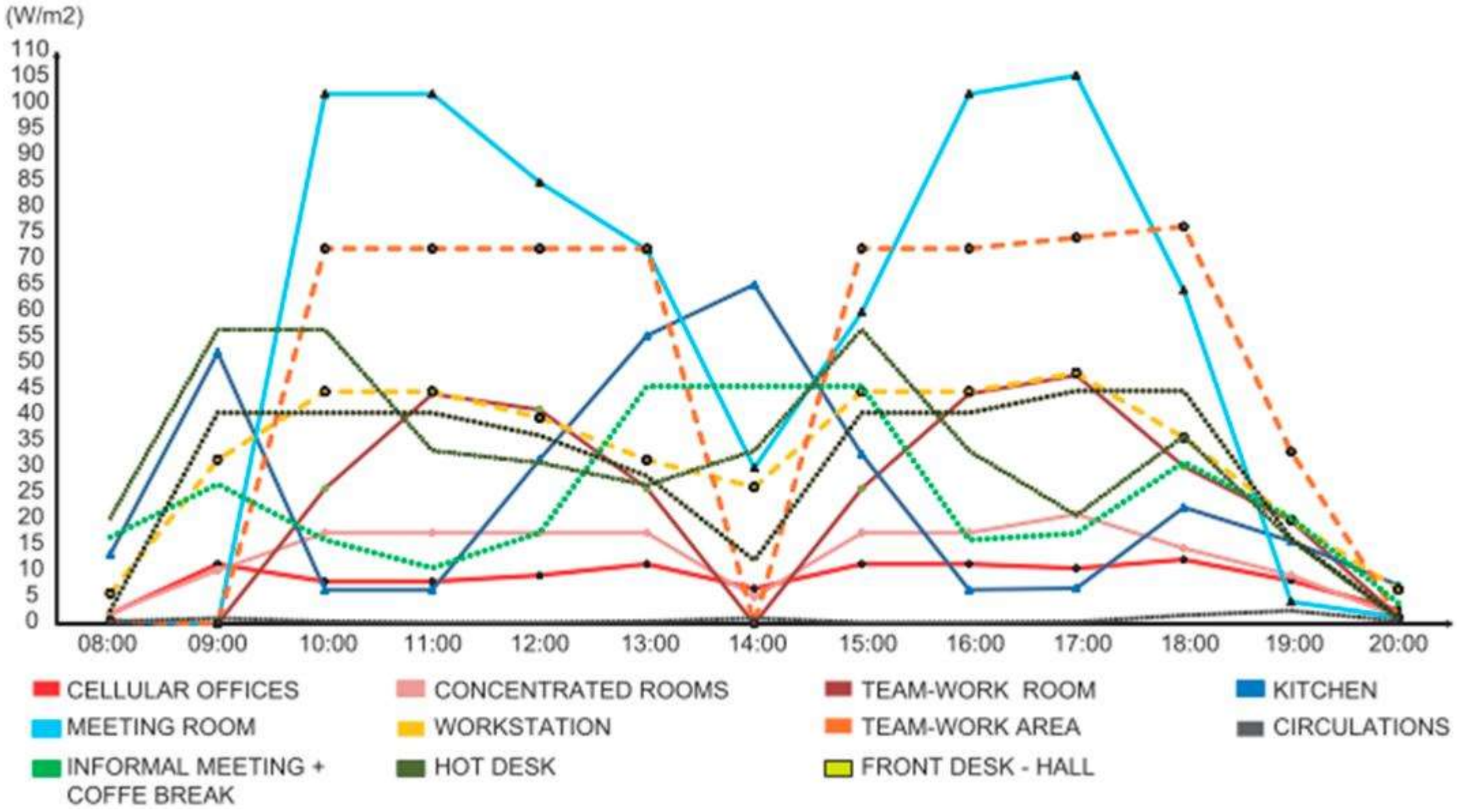
*Below 15°C + wind =COLD

*No wind + 10°C = comfort **92%** during daytime

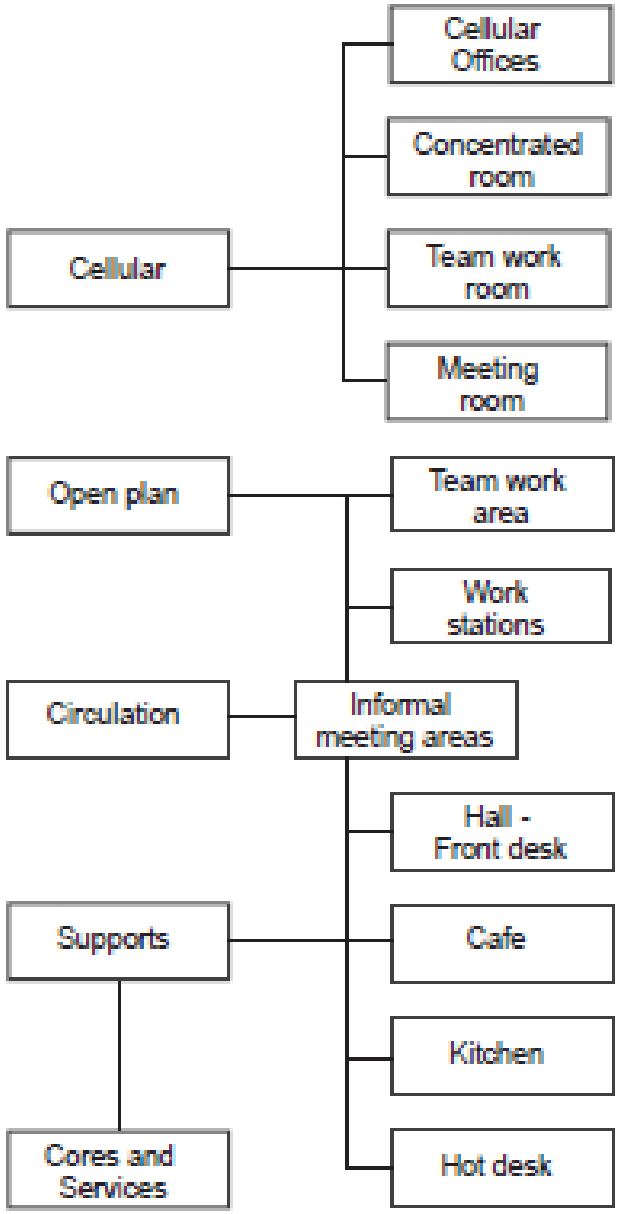
*22°C or more= wind desirable

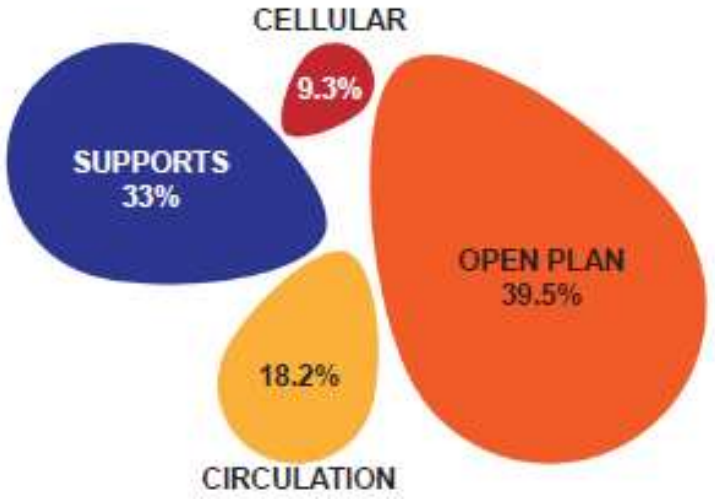
PROPOSTA

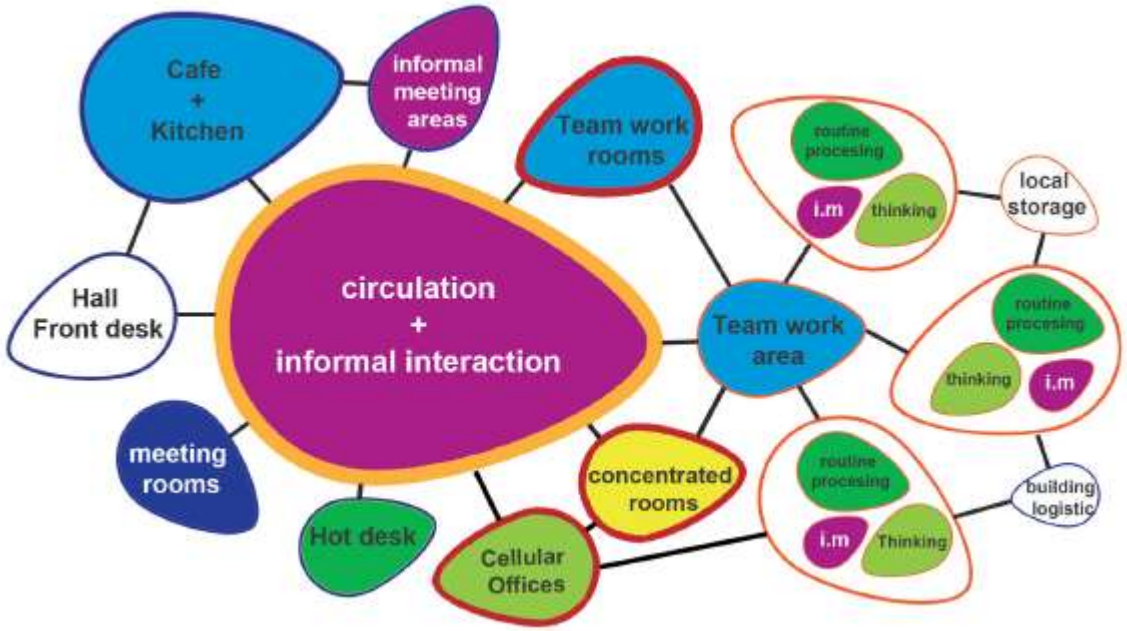

Concentrated Work
Thinking
Routine Processing
Backup Activities
Individual
Collaborative
Collaborative Thinking
Informal Interaction
Work - Meeting
Presentation


(W/m2)
110
105
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
08:00
09:00
10:00
11:00
12:00
13:00
14:00
15:00
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
CELLULAR OFFICES
CONCENTRATED ROOMS
TEAM-WORK ROOM
KITCHEN
MEETING ROOM
WORKSTATION
TEAM-WORK AREA
CIRCULATIONS
INFORMAL MEETING + COFFE BREAK
HOT DESK
FRONT DESK - HALL

PROPOSTA


Cellular
Cellular Offices
Concentrated room
Team work room
Meeting room
Open plan
Team work area
Work stations
Circulation
Informal meeting areas
Supports
Hall - Front desk
Cafe
Kitchen
Hot desk
Cores and Services


CELLULAR
9.3%
SUPPORTS
33%
OPEN PLAN
39.5%
18.2%
CIRCULATION


Cafe + Kitchen
informal meeting areas
Team work rooms
routine processing
i.m
thinking
local storage
Hall Front desk
circulation + informal interaction
Team work area
routine processing
thinking
i.m
meeting rooms
concentrated rooms
routine processing
i.m
Thinking
building logistic
Hot desk
Cellular Offices

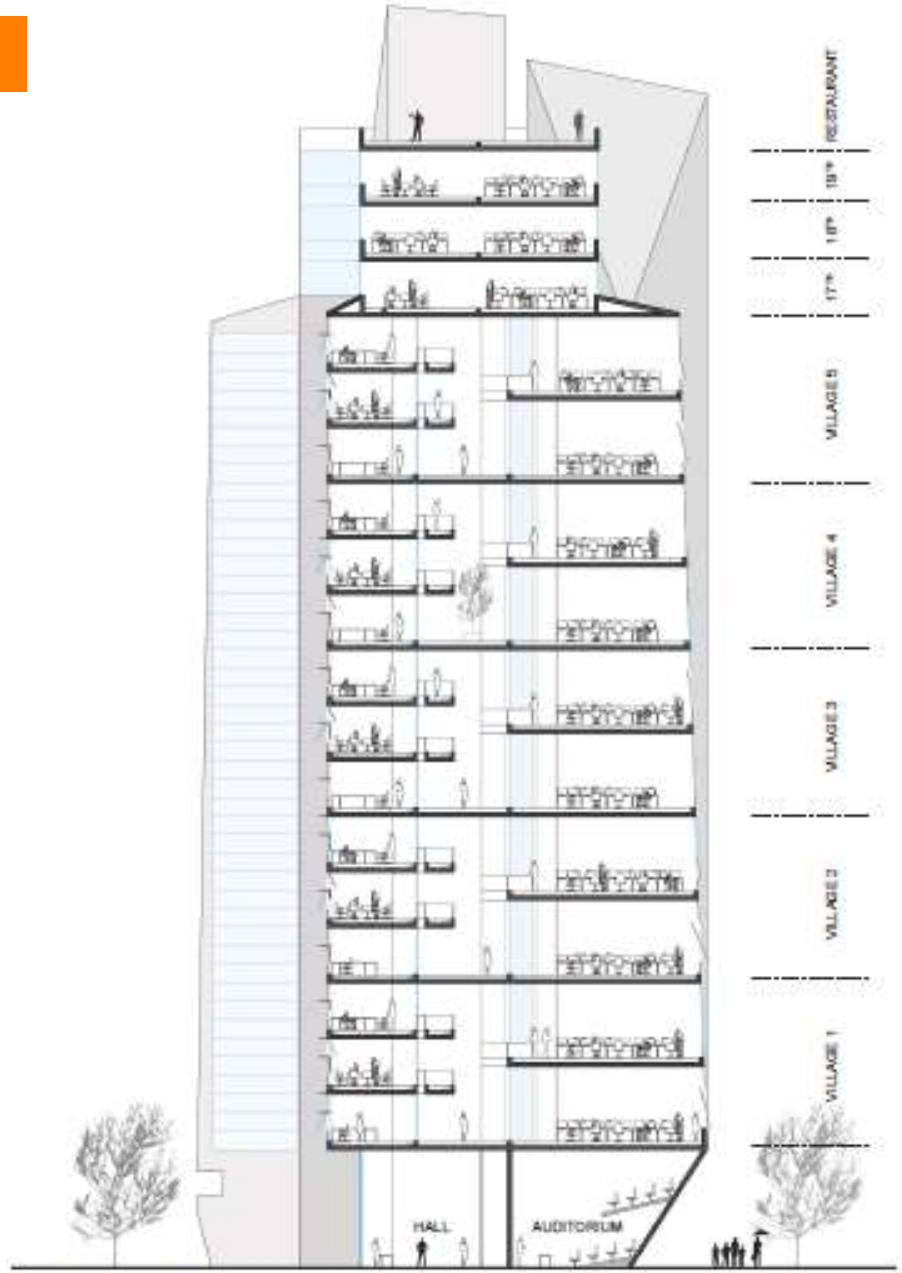
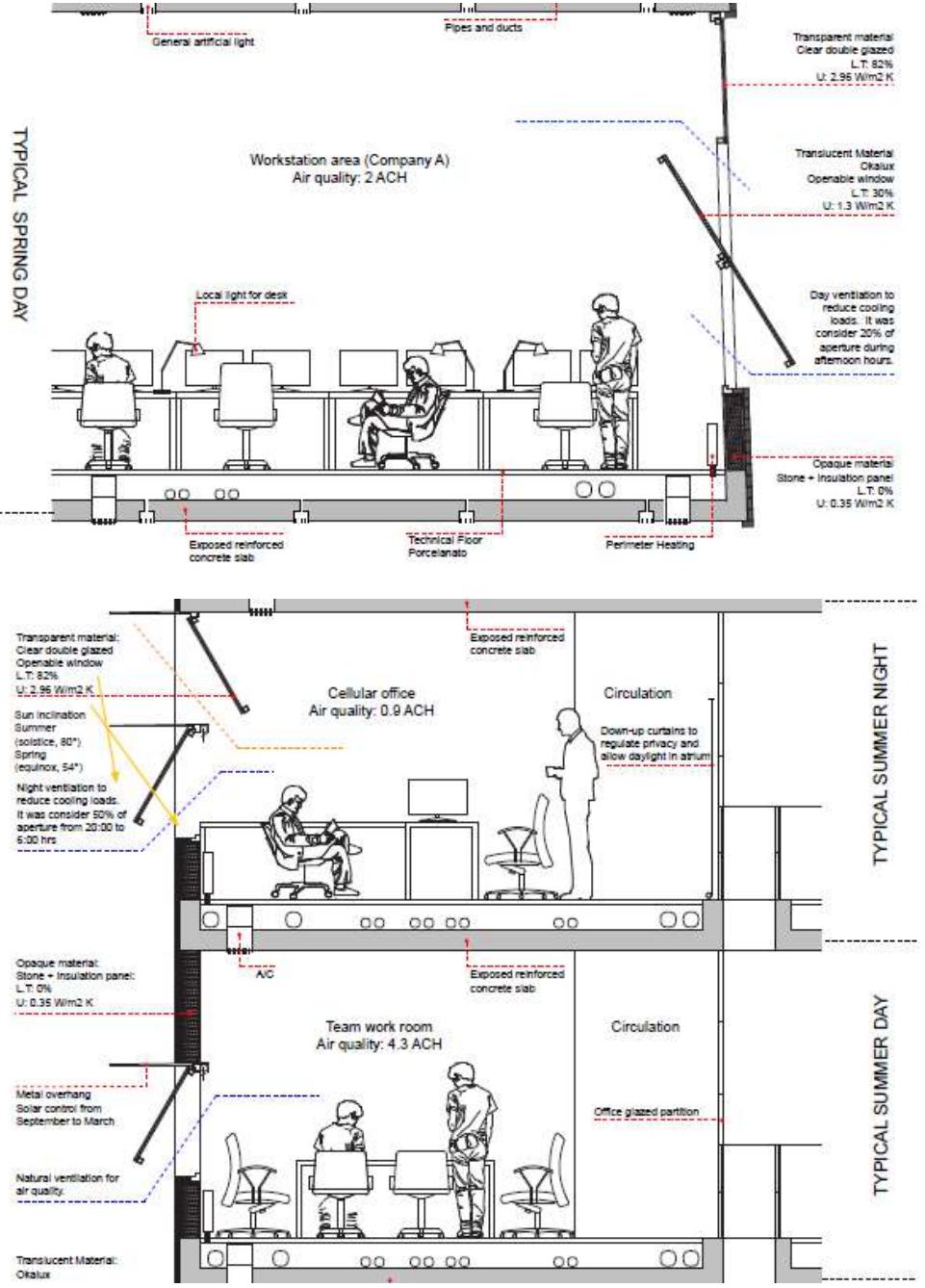


Fig 6.23: Building section. Esc: 1:300

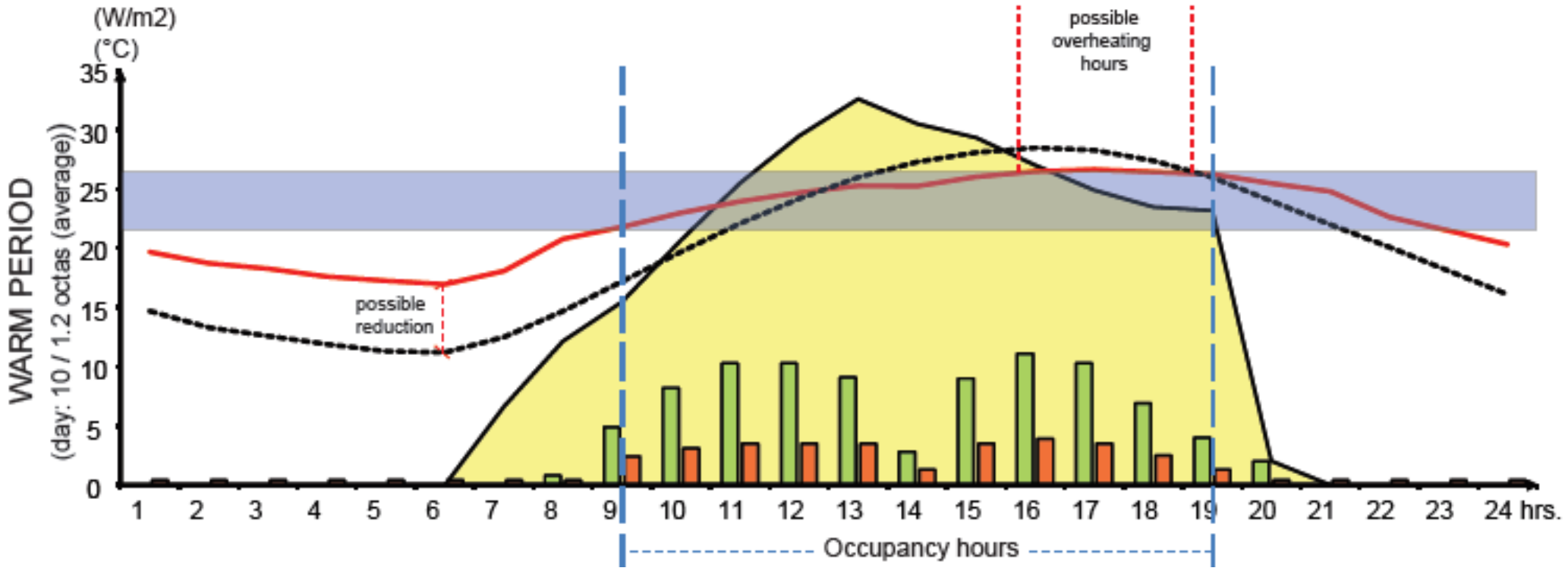


Sweet, (2012).

- "CELLULAR PRIVATE" A

- Overheating hours (>26.4°C): 8.4%
- Cold hours (<18.9°C): 25.8%

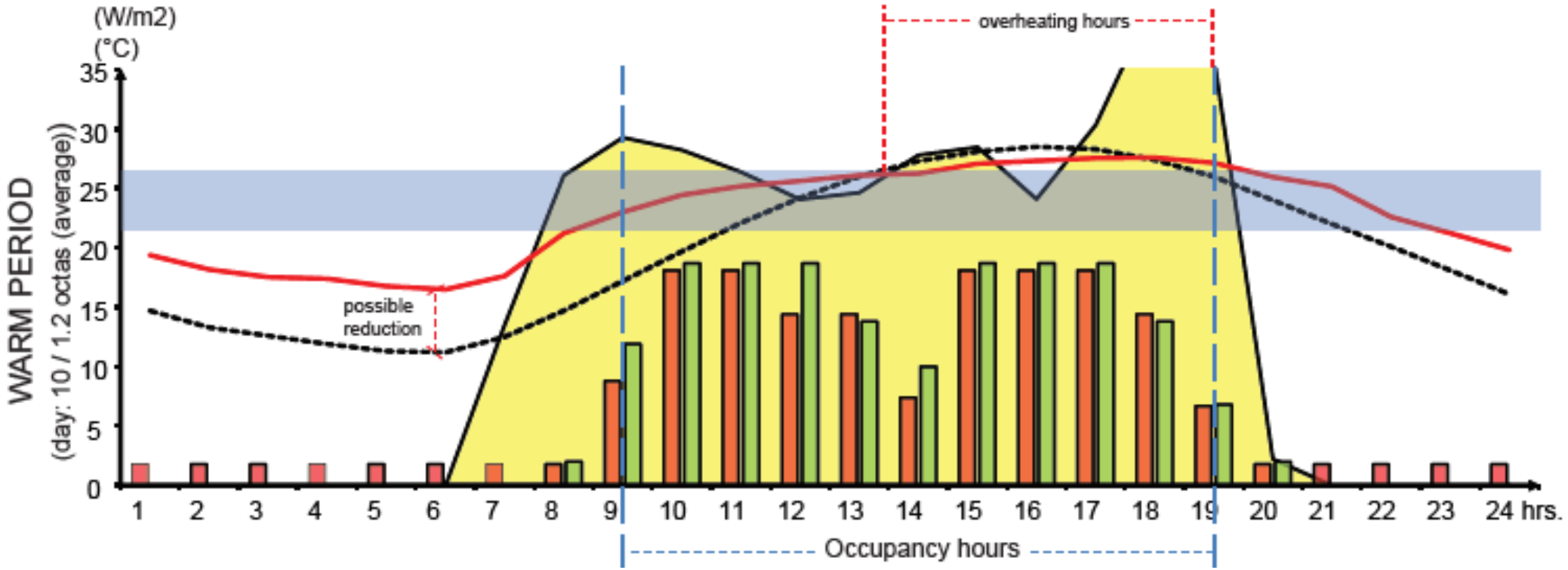
- Maximum temperature:29.2 °C
- Minimum temperature: 11.08 °C



- "OPEN-PLAN SHARED" A

- Overheating hours (>26.4°C): 12.4%
- Cold hours (<18.9°C): 28.2%

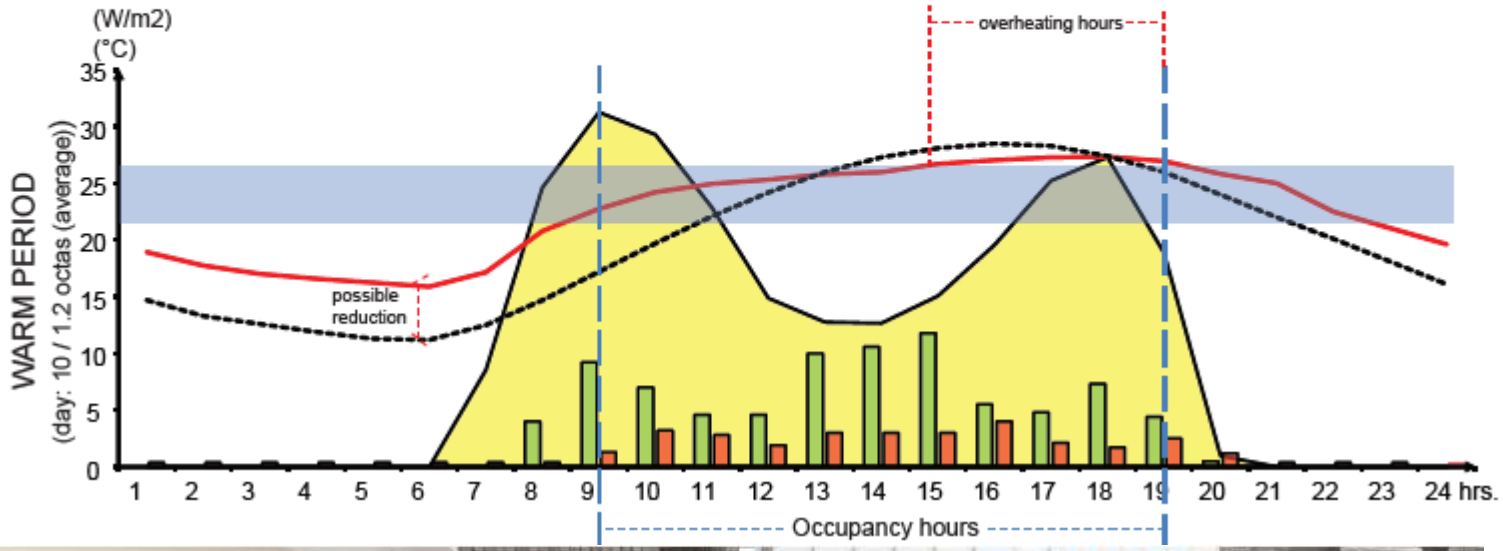
- Maximum temperature:29.4°C
- Minimum temperature: 10.8 °C



PROPOSTA

- Overheating hours (>26.4°C): 10.9%
- Cold hours (<18.9°C): 28.2%

- Maximum temperature:29.4 °C
- Minimum temperature: 10.8 °C



Espaços de transição e a ideia de diversidade da qualidade ambiental

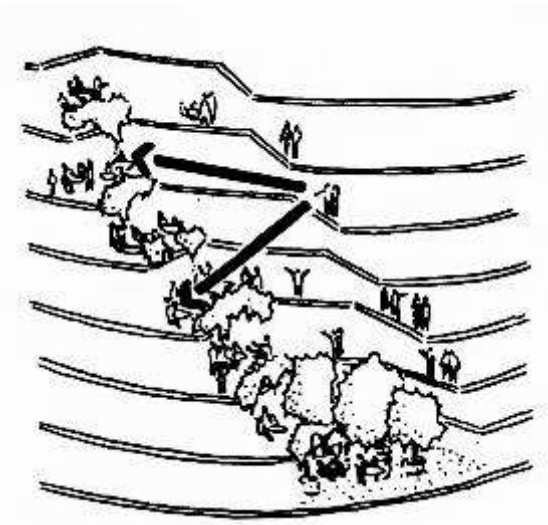
Commerzbank
HQ, Frankfurt

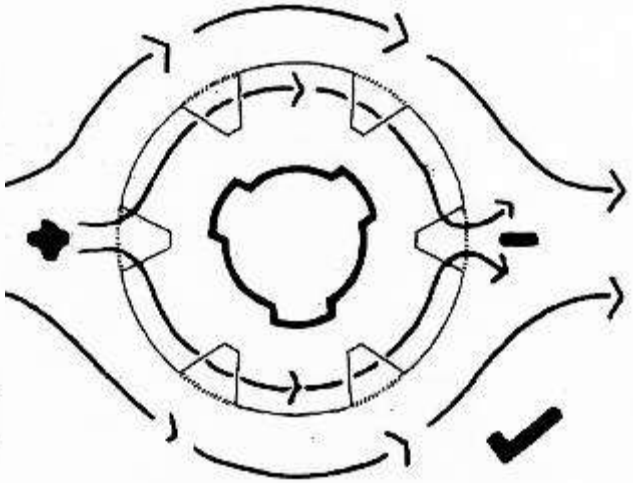
PROPOSTA

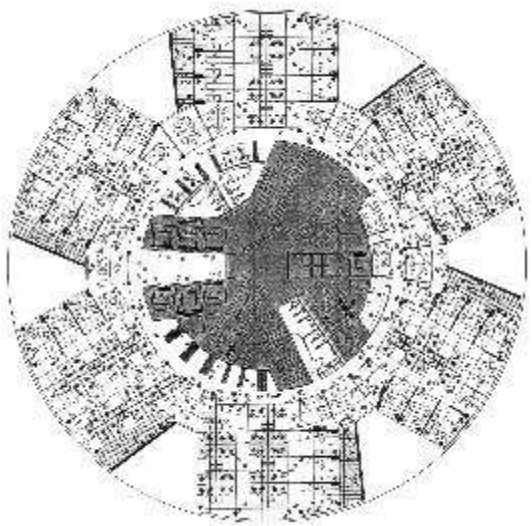
110 Bishop´s Gate, Londres

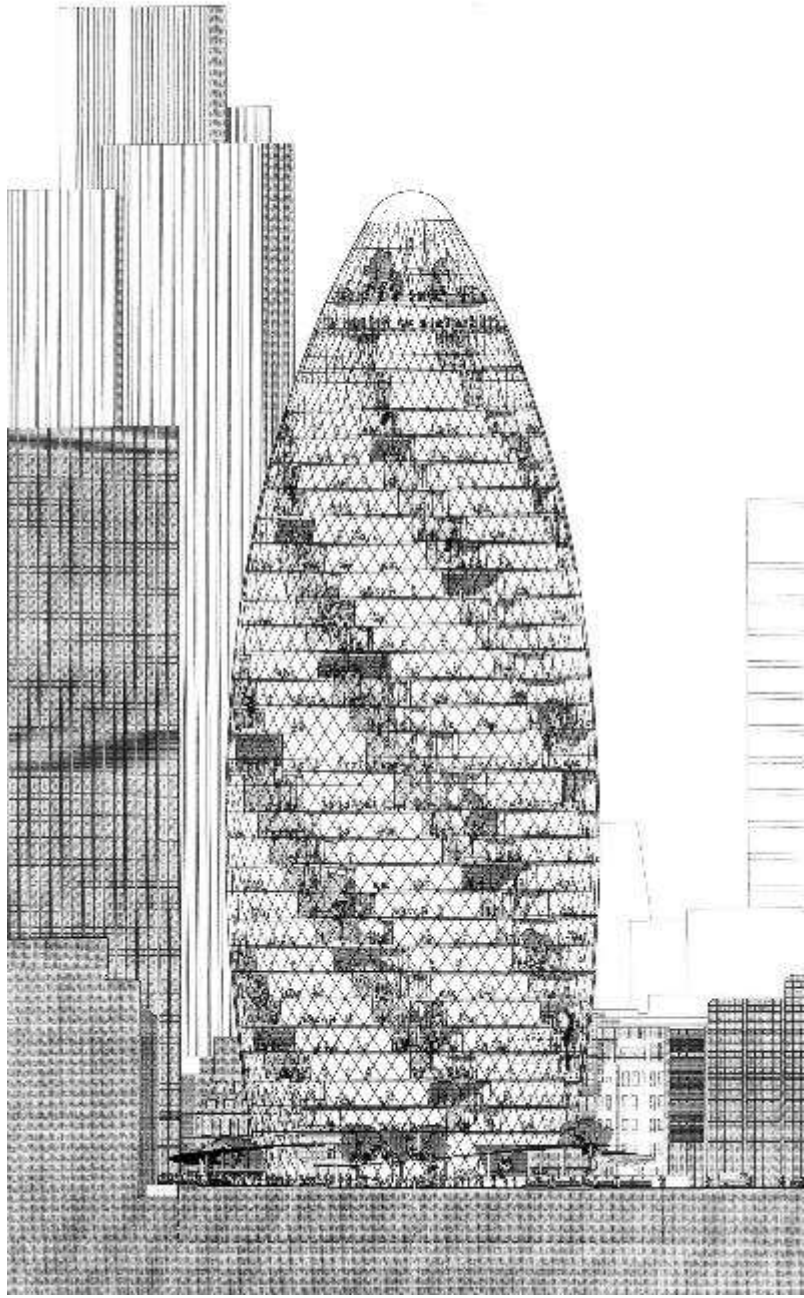
PROPOSTA

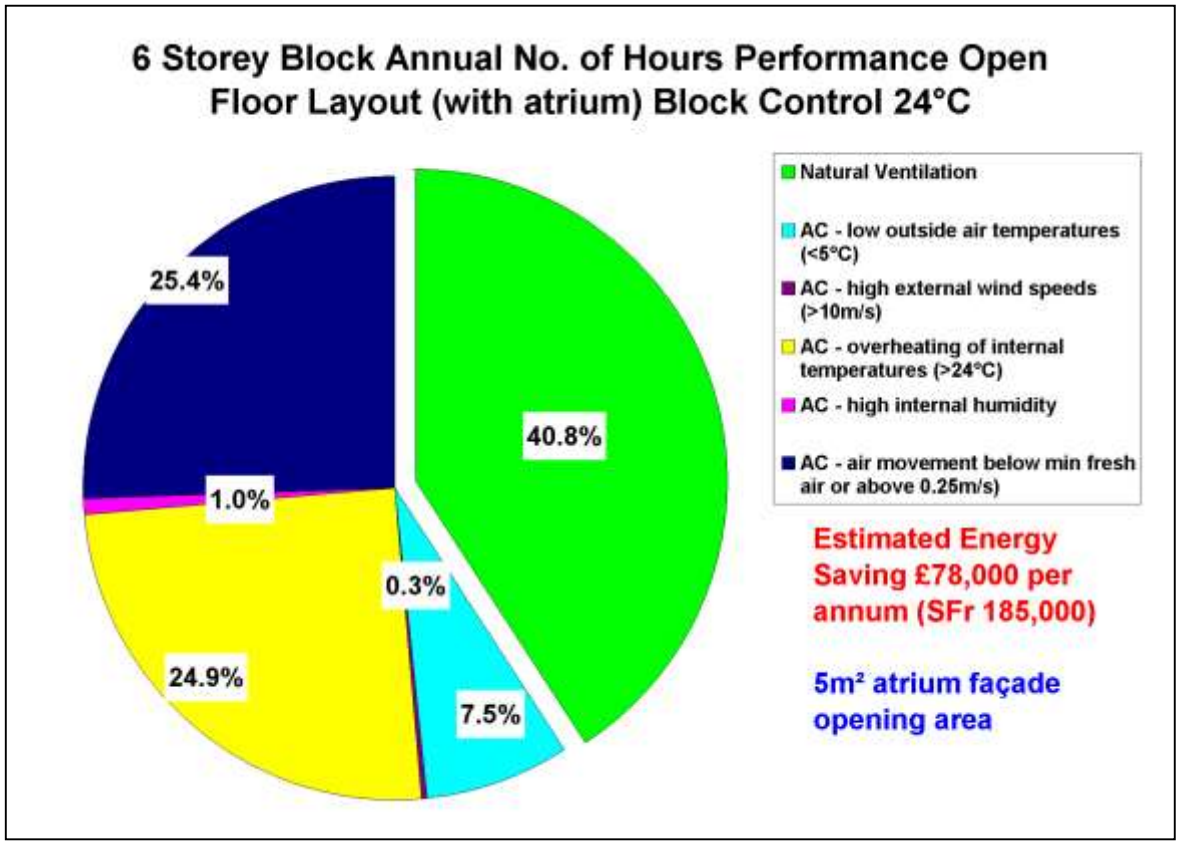
30 Saint Mary Axe, Londres

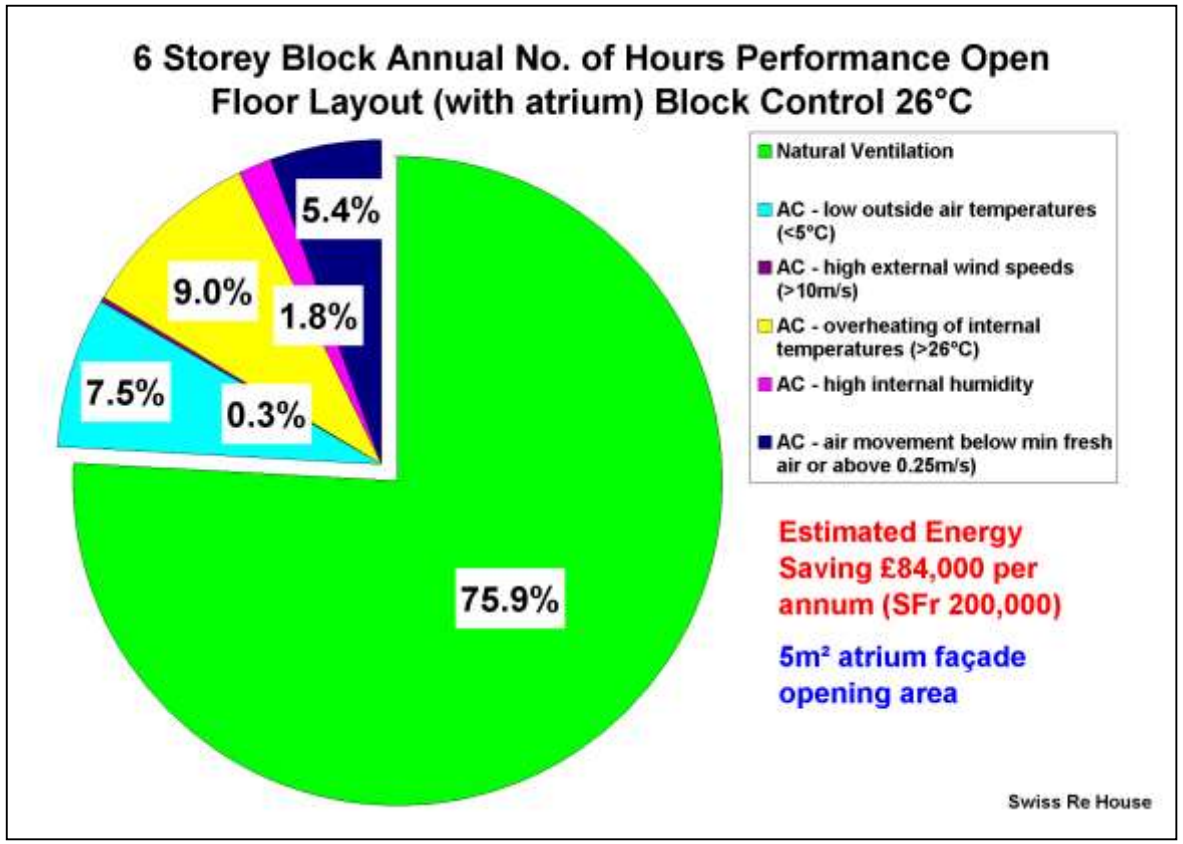









6 Storey Block Annual No. of Hours Performance Open Floor Layout (with atrium) Block Control 24°C
25.4%
40.8%
1.0%
0.3%
24.9%
7.5%
Natural Ventilation
AC - low outside air temperatures (<5°C)
AC - high external wind speeds (>10m/s)
AC - overheating of internal temperatures (>24°C)
AC - high internal humidity
AC - air movement below min fresh air or above 0.25m/s)
Estimated Energy Saving £78,000 per annum (SFr 185,000)
5m² atrium façade opening area


6 Storey Block Annual No. of Hours Performance Open Floor Layout (with atrium) Block Control 26°C
5.4%
9.0%
1.8%
7.5%
0.3%
75.9%
Natural Ventilation
AC - low outside air temperatures (<5°C)
AC - high external wind speeds (>10m/s)
AC - overheating of internal temperatures (>26°C)
AC - high internal humidity
AC - air movement below min fresh air or above 0.25m/s)
Estimated Energy Saving £84,000 per annum (SFr 200,000)
5m² atrium façade opening area
Swiss Re House

Mobilidade Espacial

Qualidade ambiental, produtividade e conservação de energia

Condições ambientais variáveis

Avaliação analítica de desempenho

Espaços de transição e interação social

Diversidade espacial e de qualidade ambiental

Avaliação ambiental multicriteriosa

Luz natural

Integração exterior e interior

Procedimentos analíticos de geração de forma

Flexibilidade de *layout*

Sombreamento, massa térmica e ventilação natural

Ambiente *Vs* estação de trabalho

Estratégias arquitetônicas e adaptação ambiental

OBRIGADA!