

Integração de sistemas energéticos em edifícios – estratégias contemporâneas

Paulo Mendonça



UNIVERSIDADE DO MINHO
ESCOLA DE ARQUITECTURA

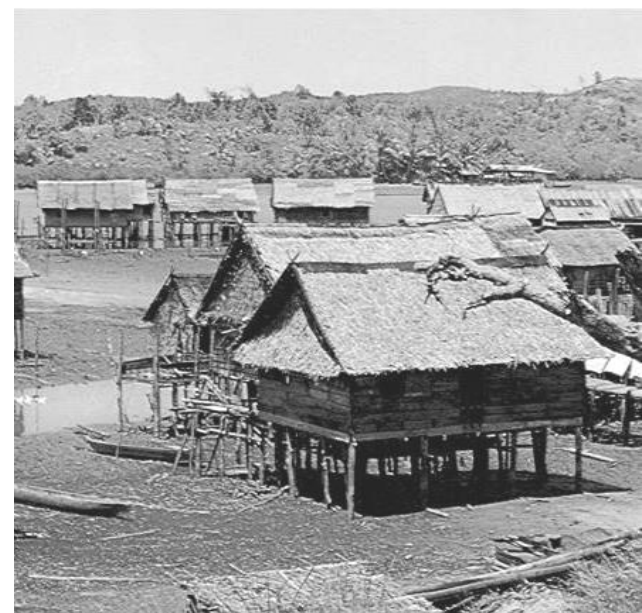


ÍNDICE

- 1 Introdução - construção: energia, economia e ambiente
- 2 Integração de sistemas passivos
- 3 Integração de sistemas ativos
- 4 Conclusões

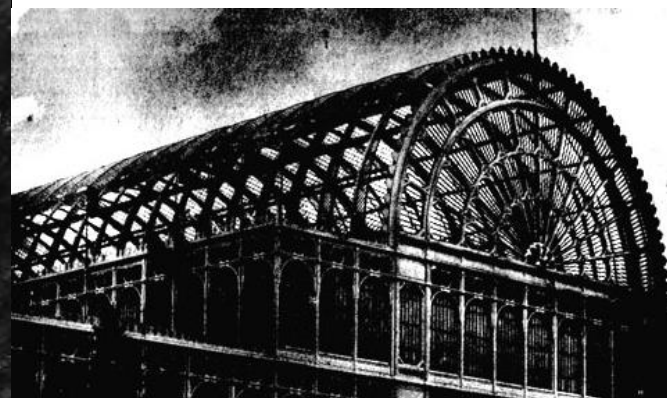
A fachada tem uma grande influência no conforto higrotérmico e iluminação.

A relação entre superfície aberta e fechada tem variado ao longo da história e em relação directa com os climas e disponibilidade de materiais e tecnologias disponíveis.





A Revolução Industrial trouxe novos métodos de produção. A construção metálica tornou possível grandes áreas de envidraçado das fachadas exteriores. Importantes avanços foram dados pelos projectistas de estufas, ainda durante o século XIX, como Charles Rohault de Fleury, Loudon ou Paxton.

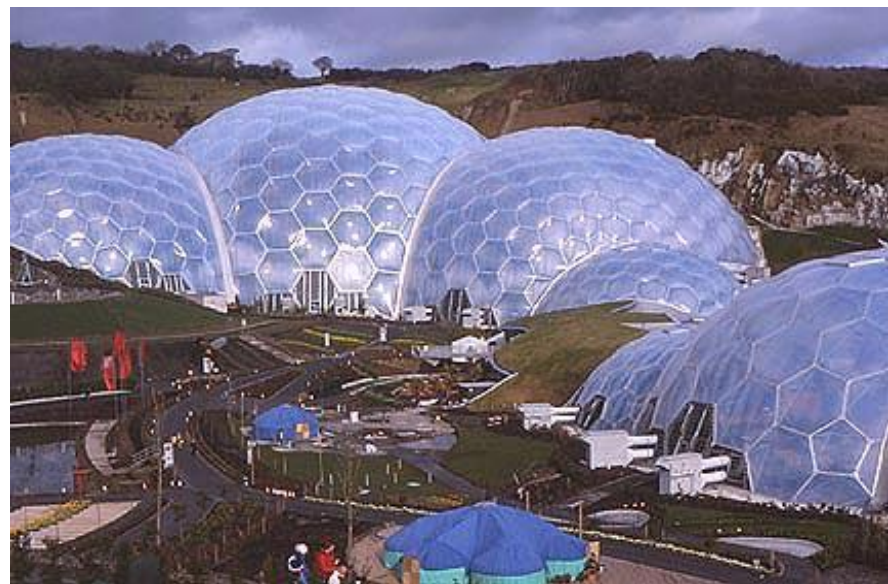


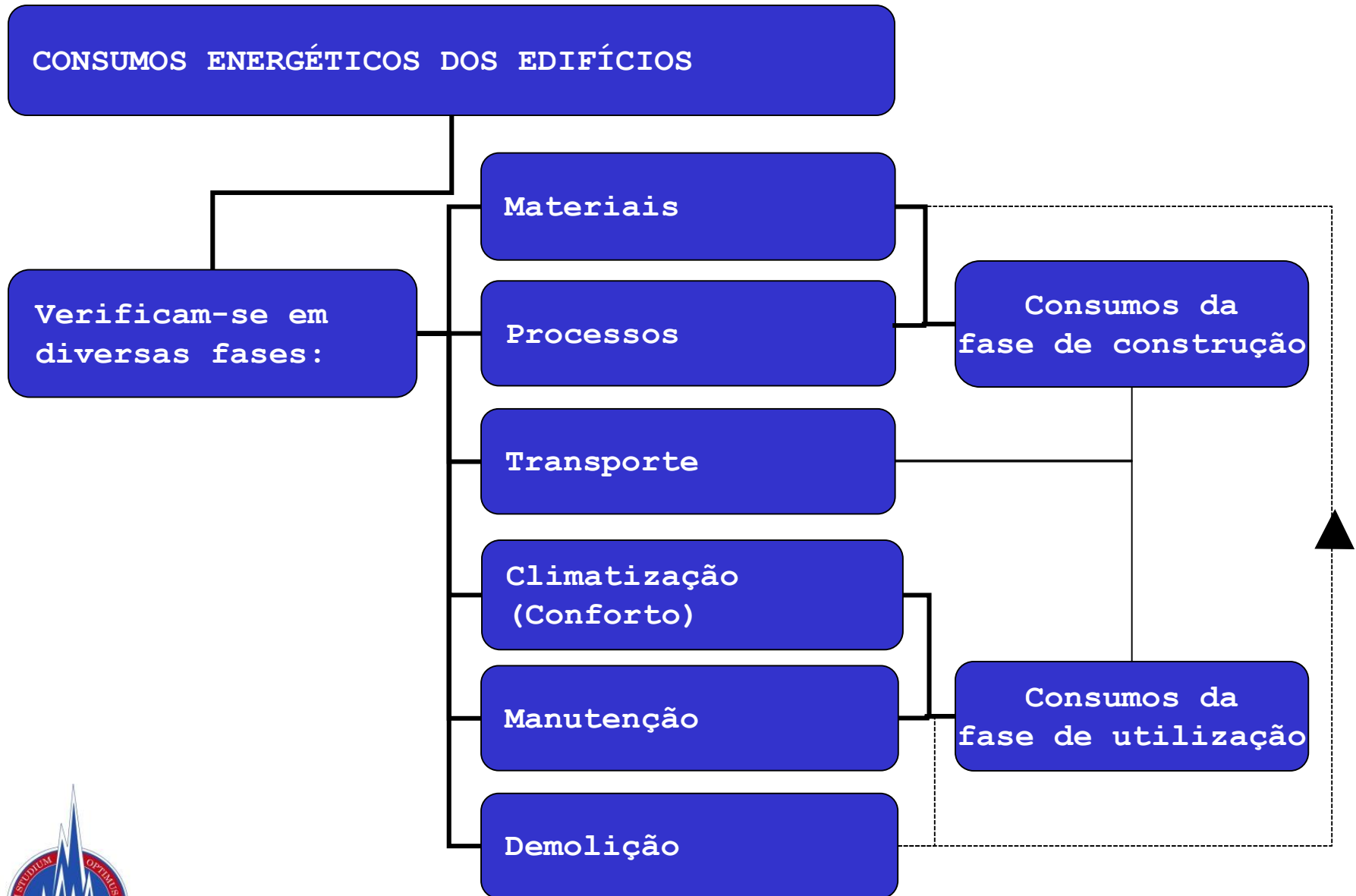
Palácio de Cristal de Londres (1851)
Paxton (1801-1875)

Estufa no Jardim Botânico de Paris (1833)
Charles Rohault de Fleury (1801-1875)



Eden Project
Nicholas Grimshaw (2001)





1 Construção: energia



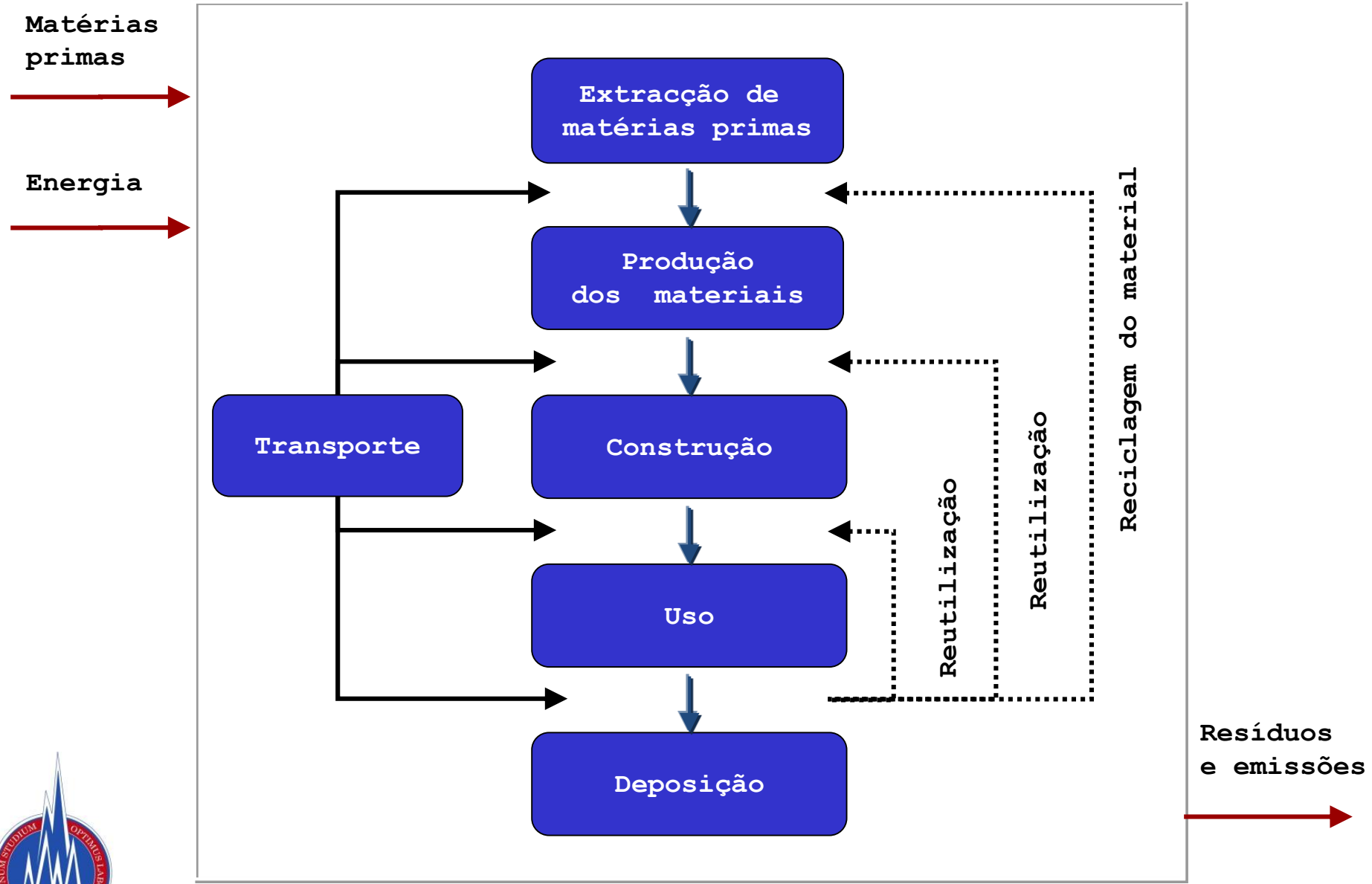
0,15kW/h



300kW/h

1 Construção: energia

Fase de construção - ACV



1 Construção: energia

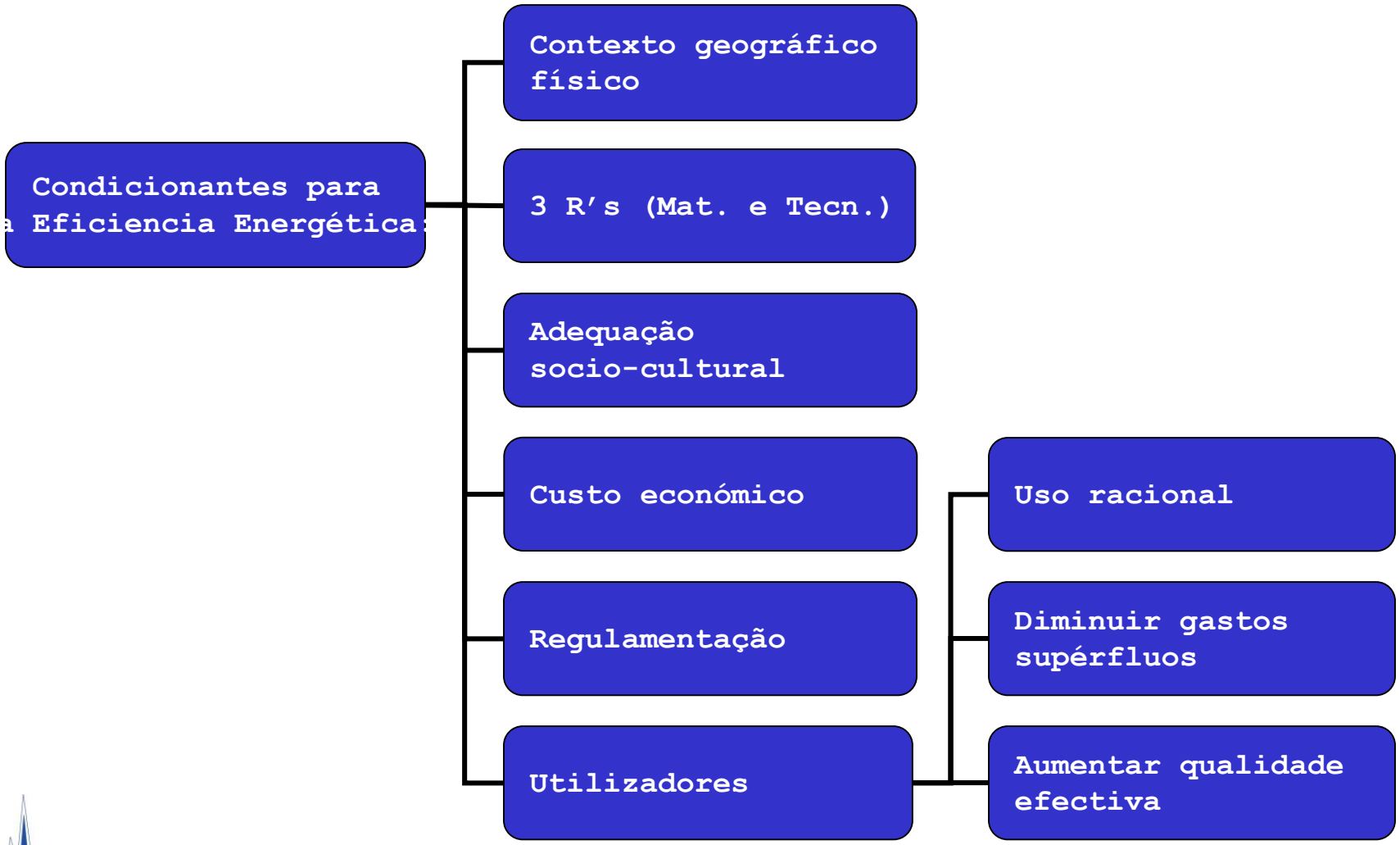


1,5kW/h



150kW/h

1 Construção: energia

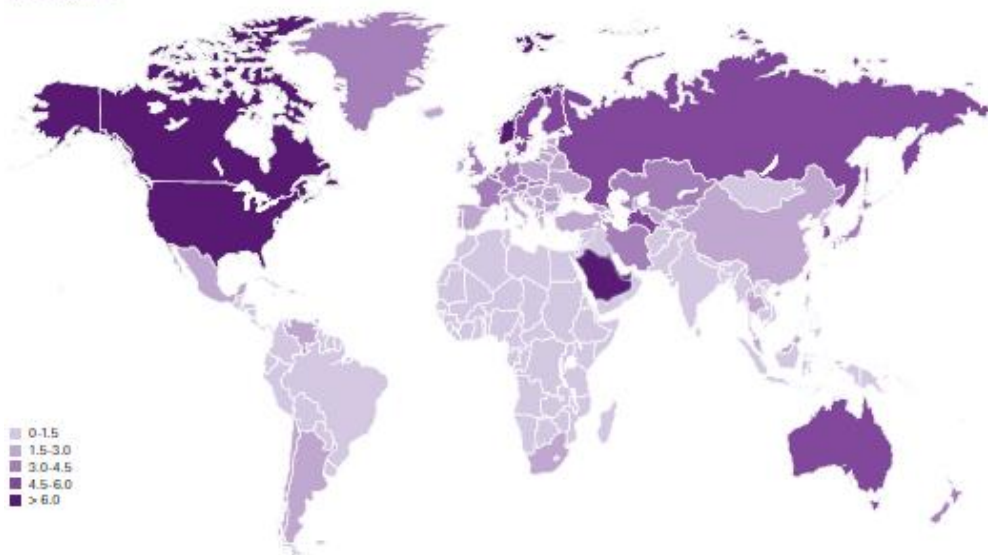


Um Norte Americano consome em média 7,9 Tep/ano, considerando que a alimentação representa apenas 0,11 Tep/ano significa que consome 70 vezes mais energia exossomatica que endossomatica... um Africano consome em média 0,4 Tep/ano, o que é apenas suficiente para suprir as necessidades endossomaticas.

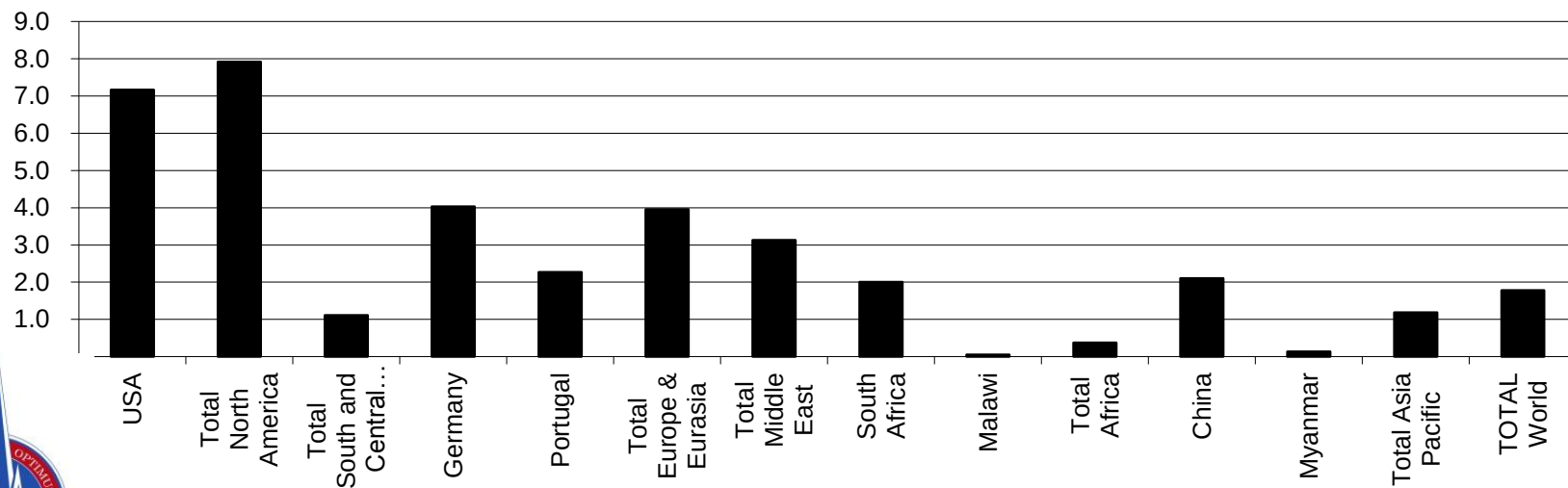
Consumo energia per capita

Consumption per capita 2013

Tonnes of equivalent



Consumo de energia primária 2013 (Tep/per capita)



Escola em Inglaterra:

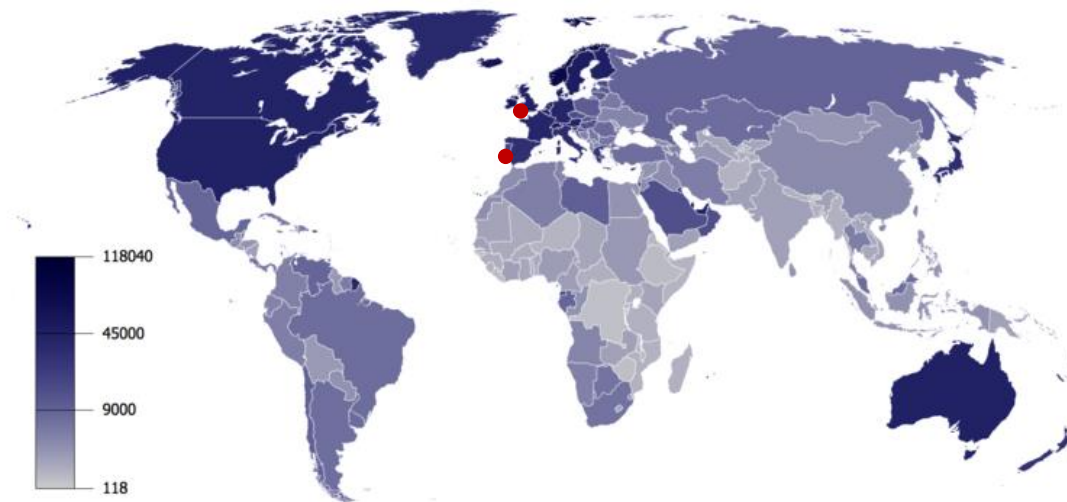


Escola em Portugal:



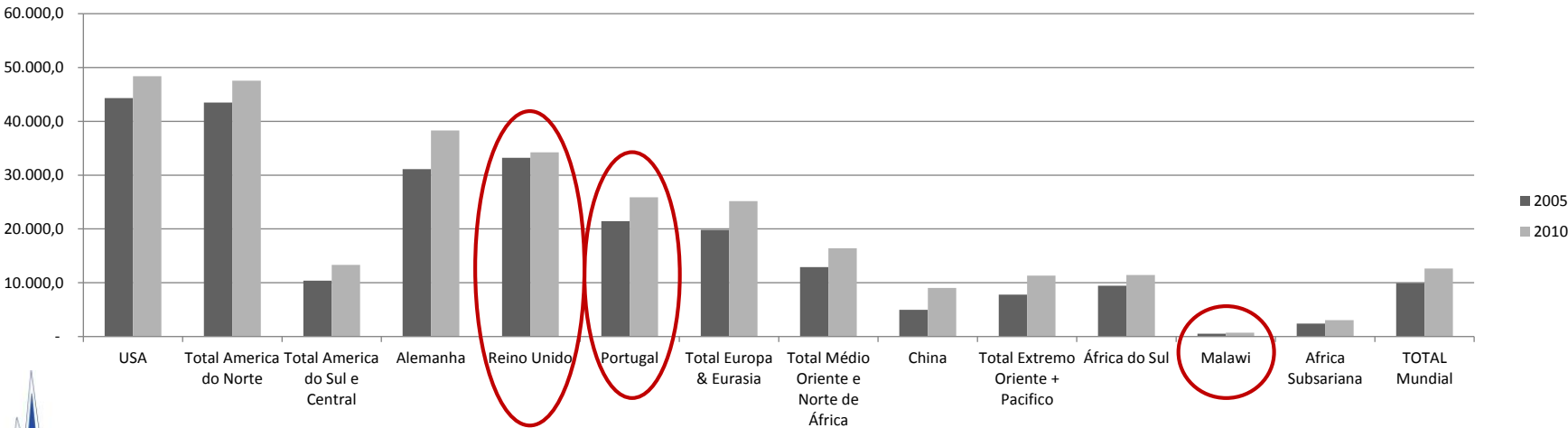
Escola no Malawi:





Mapa mundial PIB per capita 2010

Produto Interno Bruto 2005-2010 (PIB PPP/per capita)



1 Construção: economia

>€20.000/m²

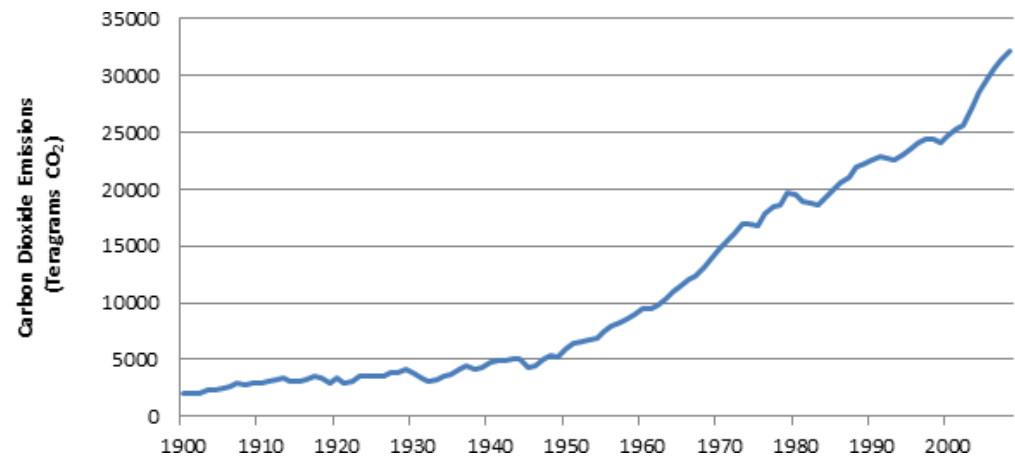


>€1.500/m²



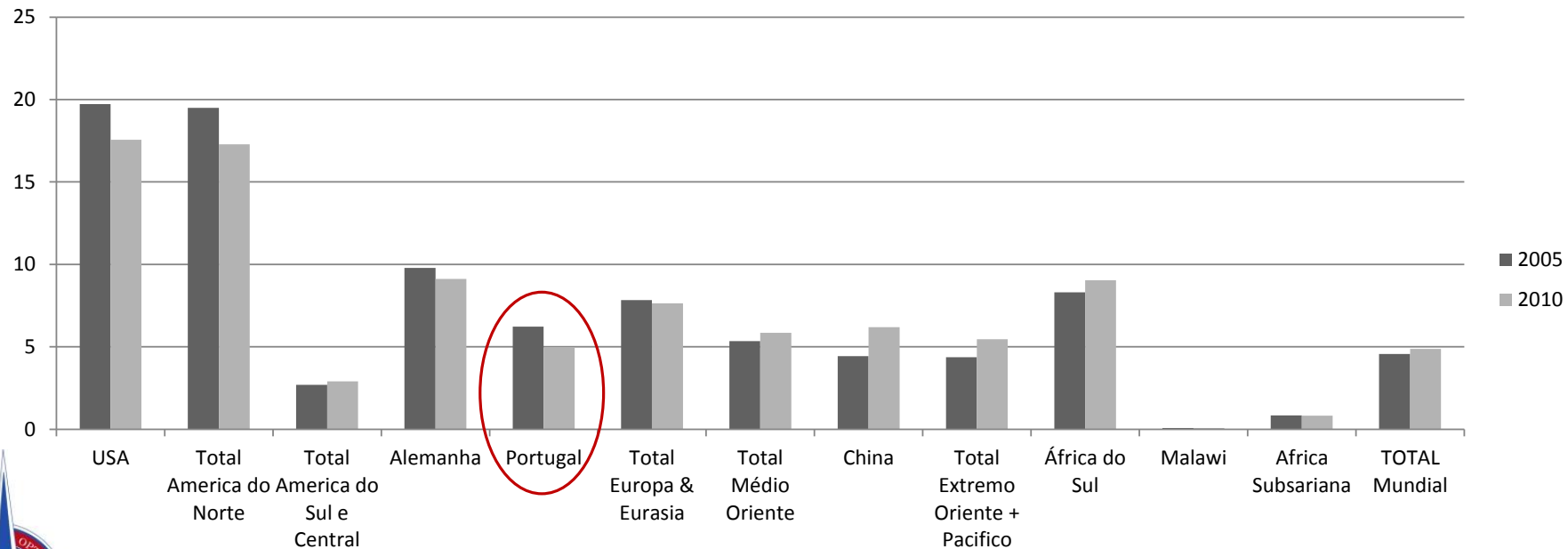
<€10/m²





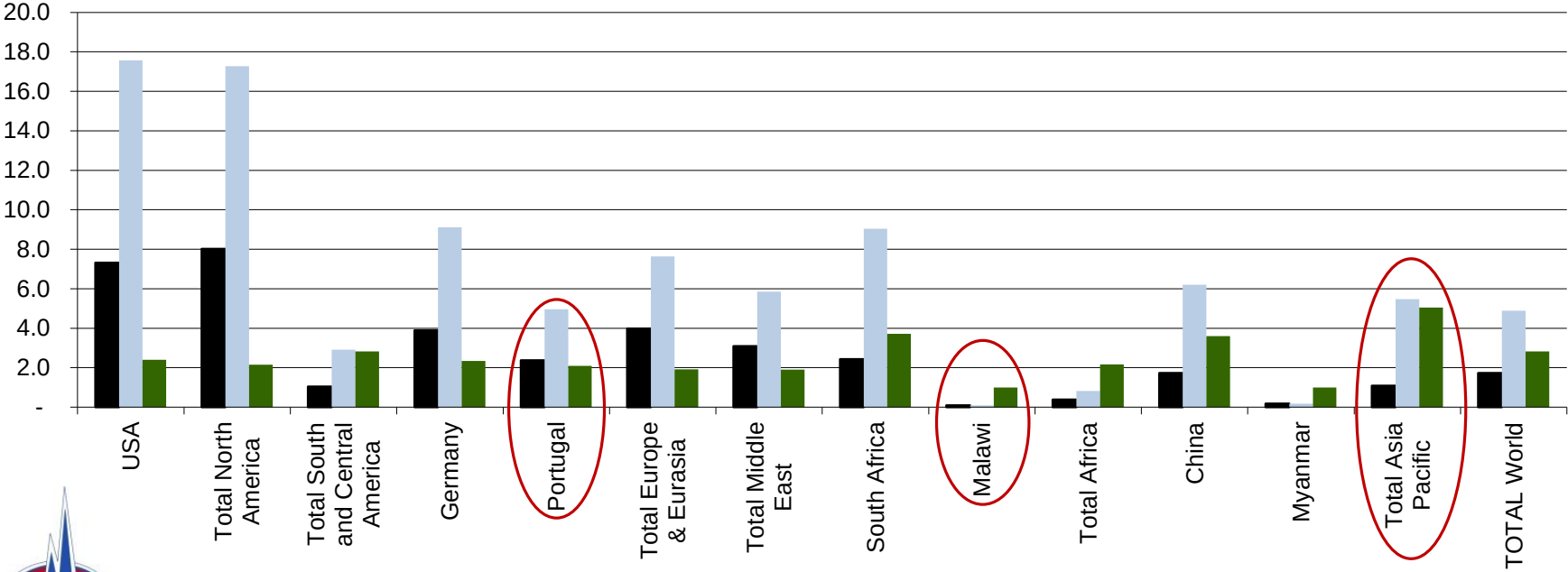
Emissões CO₂ da queima combustíveis fósseis desde 1900

Emissões CO₂ em 2005 e 2010 (toneladas/percapita)



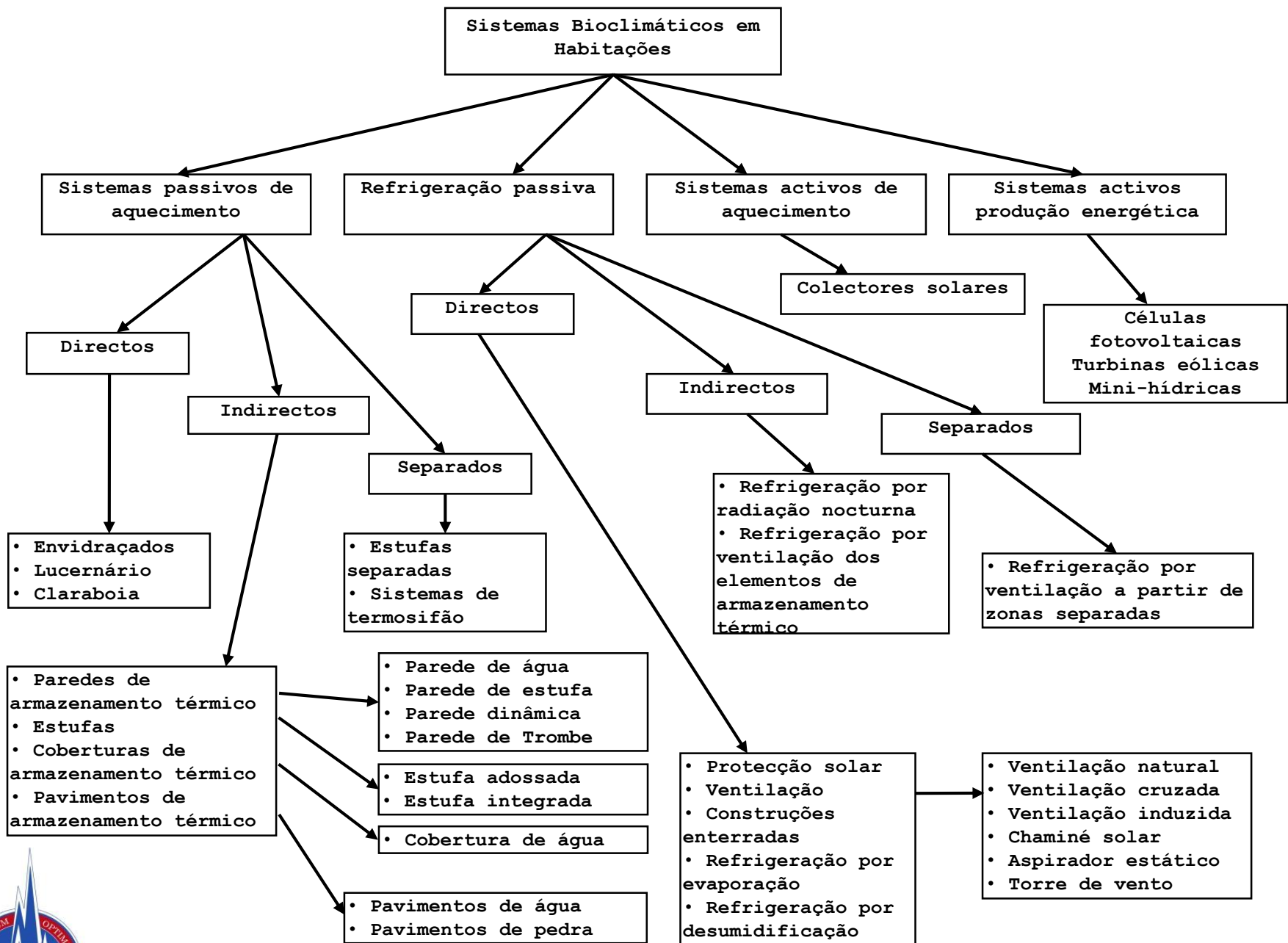
Emissões CO₂ versus consumo energético

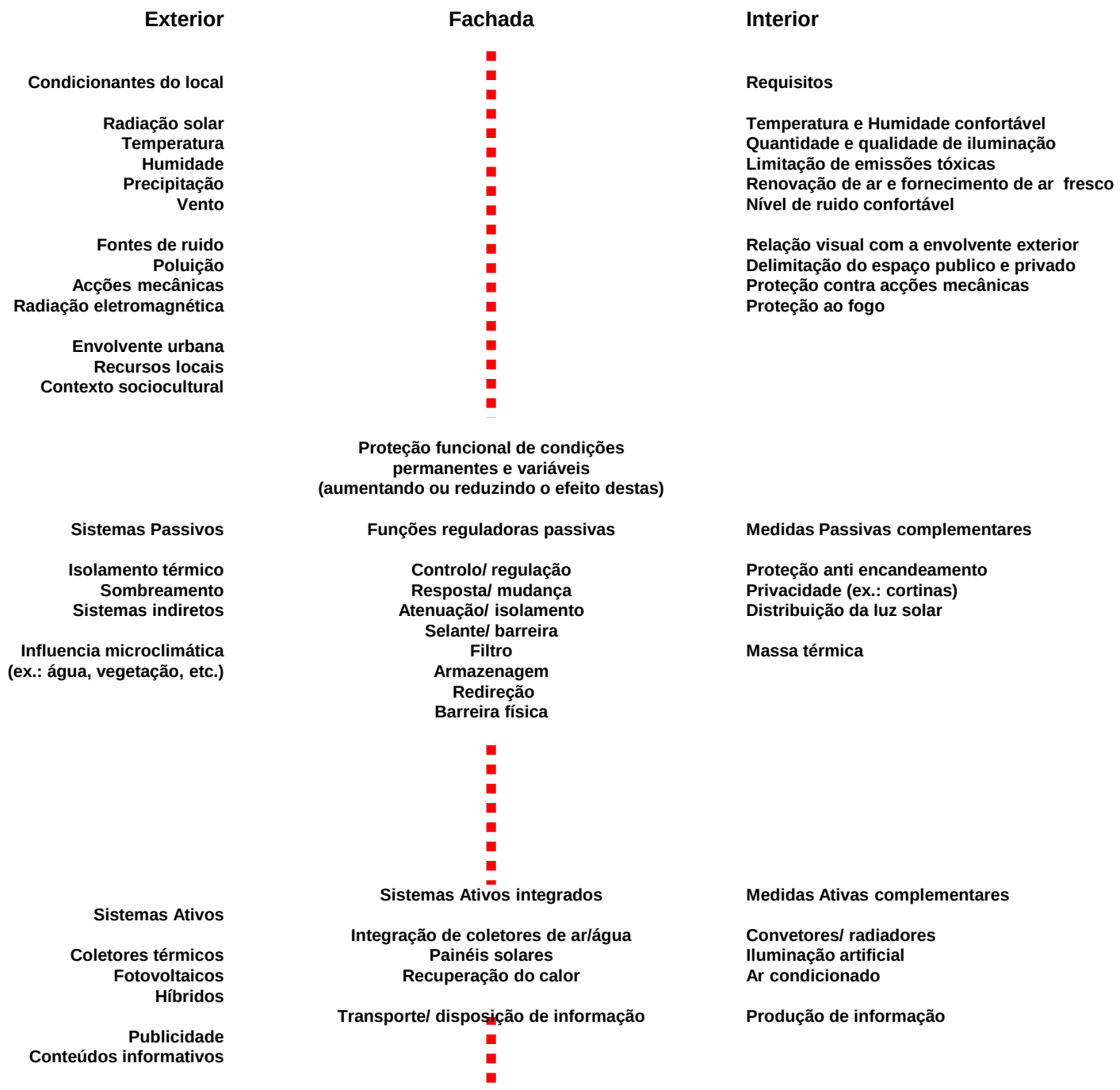
- Consumo de energia primária 2010 (TEP percapita)
- Emissões de CO₂ em 2010 (ton percapita)
- Ineficiência ambiental do consumo energético (CO₂ / TEP percapita em 2010)

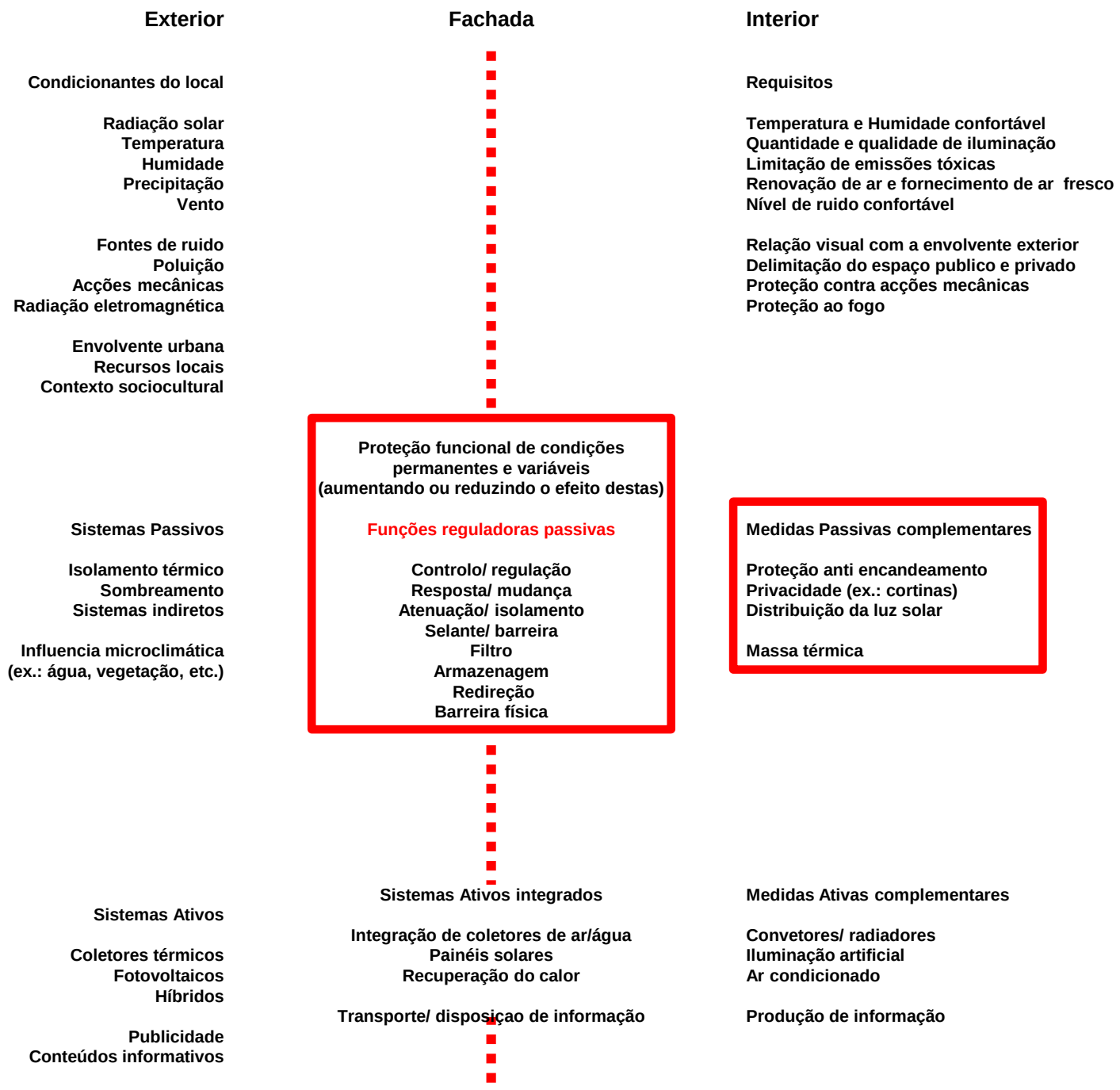


2 - Integração de sistemas passivos

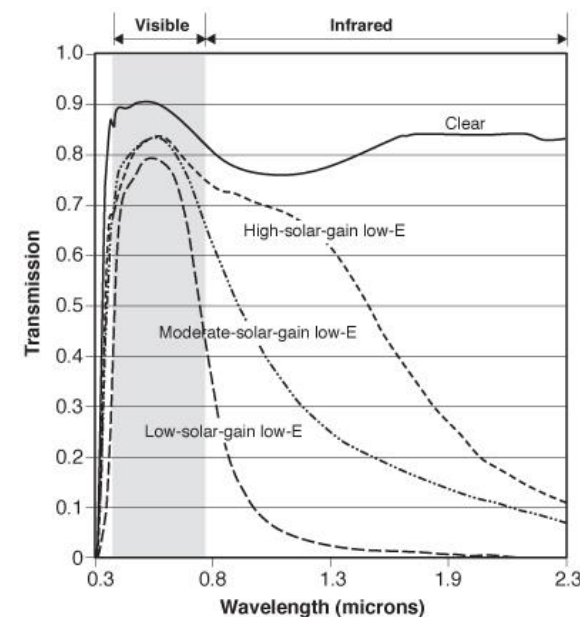
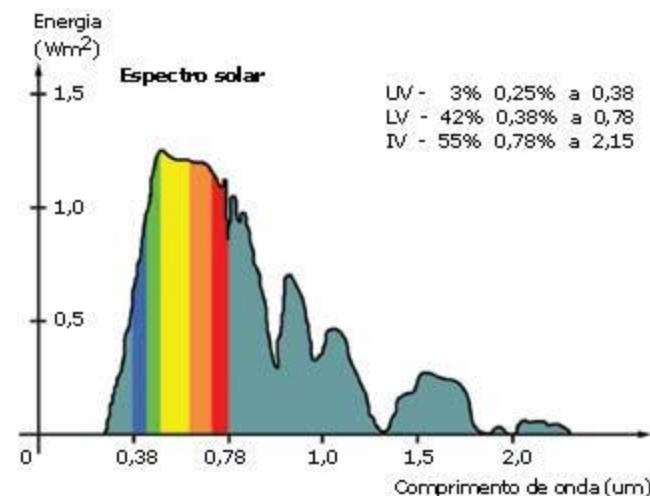






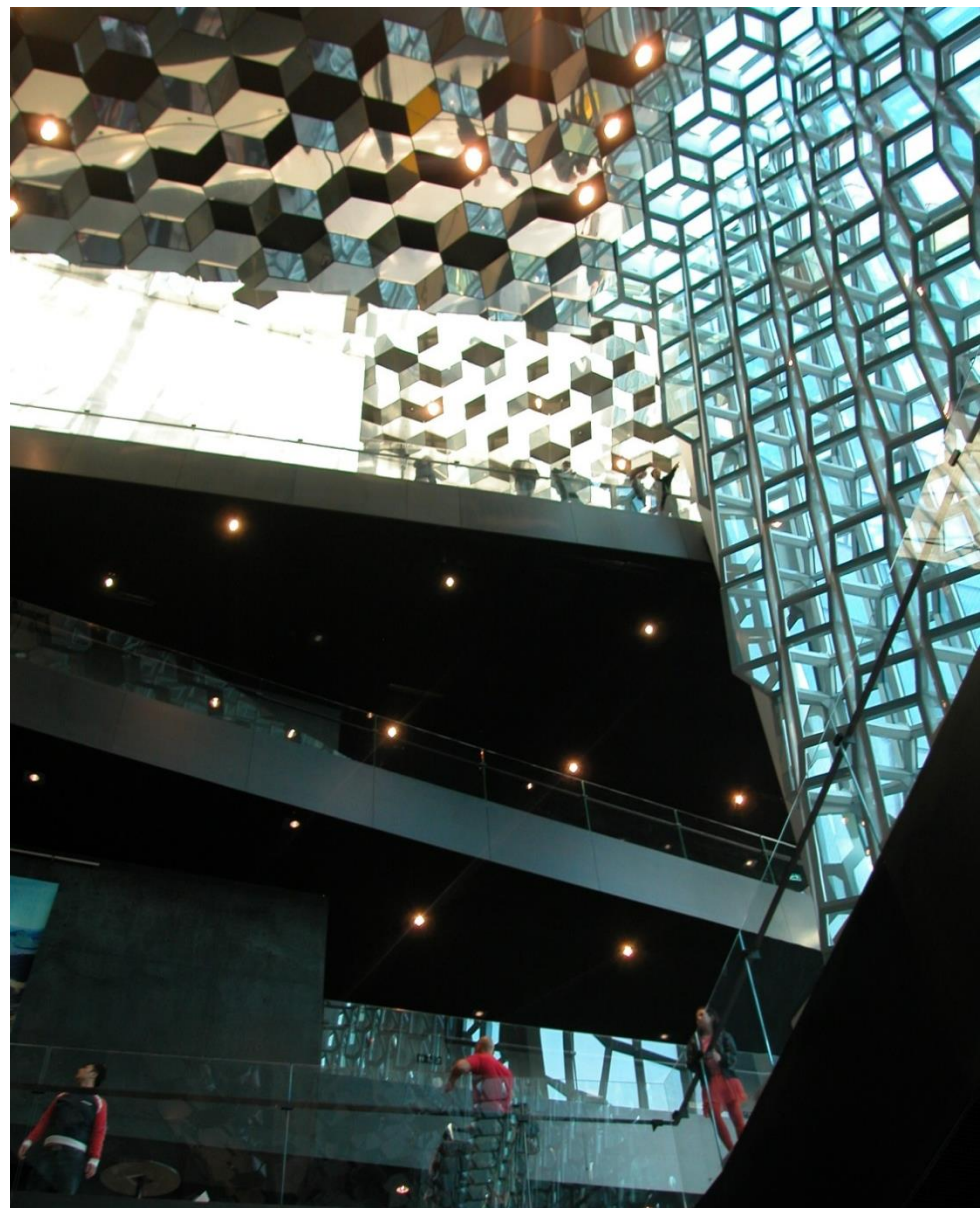


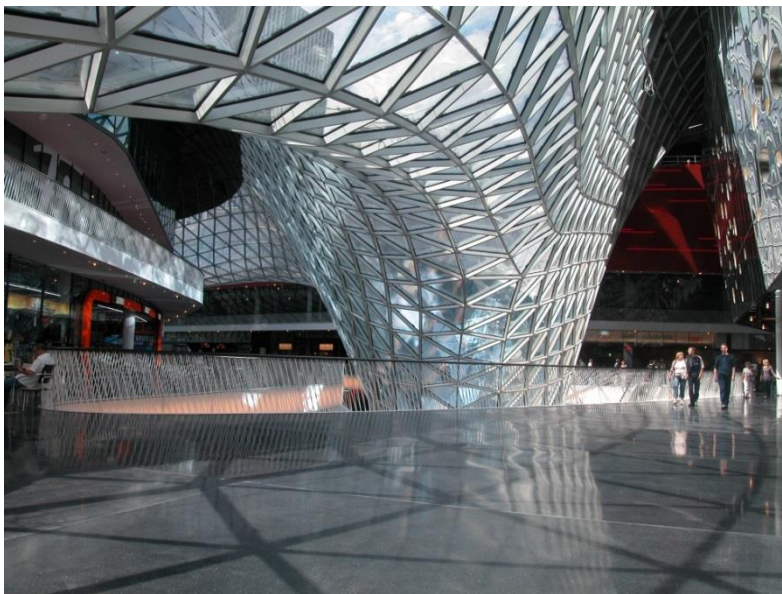
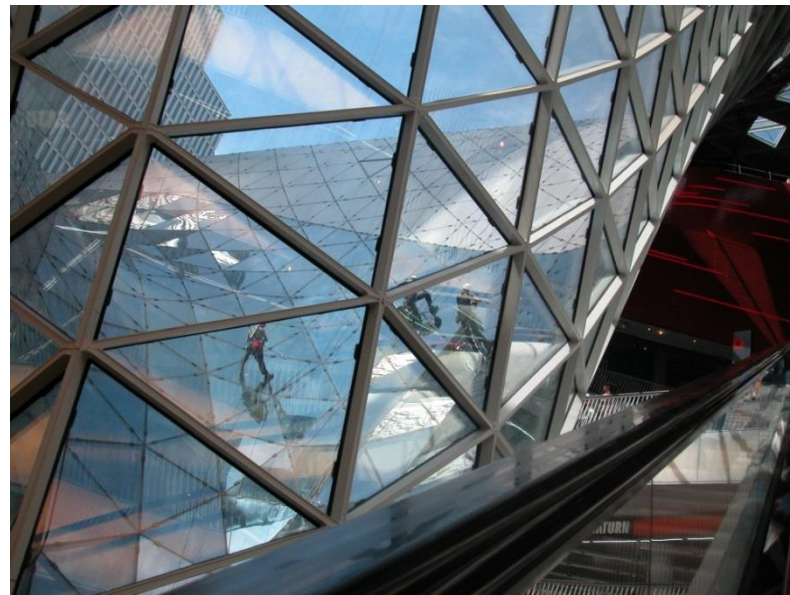
Em termos energéticos o vidro distingue-se de outros materiais de fachada pela possibilidade de permitir ganhos solares: a sua selectividade permite transmitir radiação em forma de luz visível e reter radiação térmica infra-vermelha.

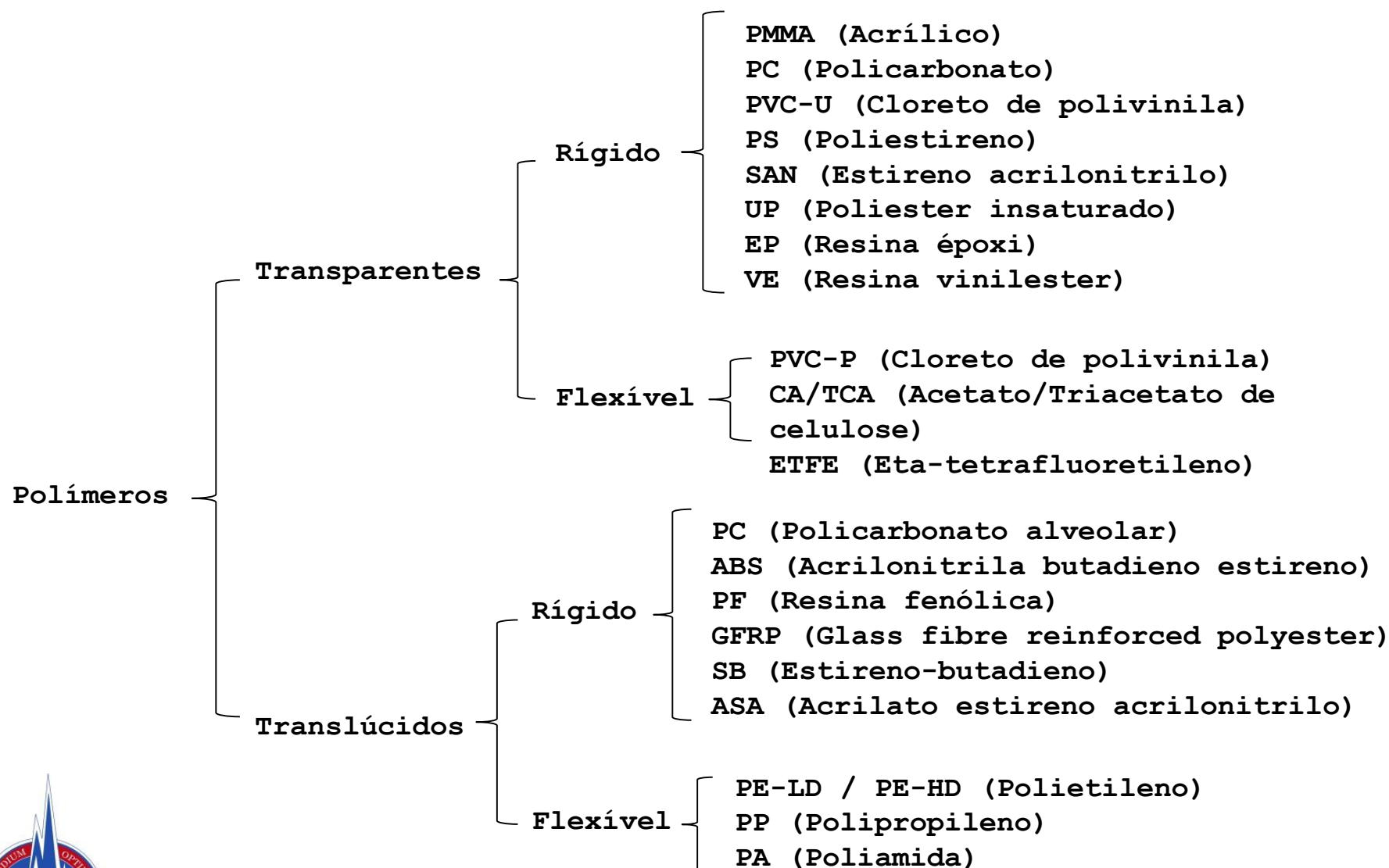


A condutibilidade térmica do vidro é de $1,1 \text{ W.m/}^\circ\text{C}$, um valor relativamente baixo face à densidade, de 2500 kg/m^3 . O vidro é o material transparente por excelência, constituindo a solução de referência para janelas e fachadas cortina. A sua substituição por materiais alternativos, ainda que possível e efetiva, não tem ainda um significado relevante sob o ponto de vista quantitativo.

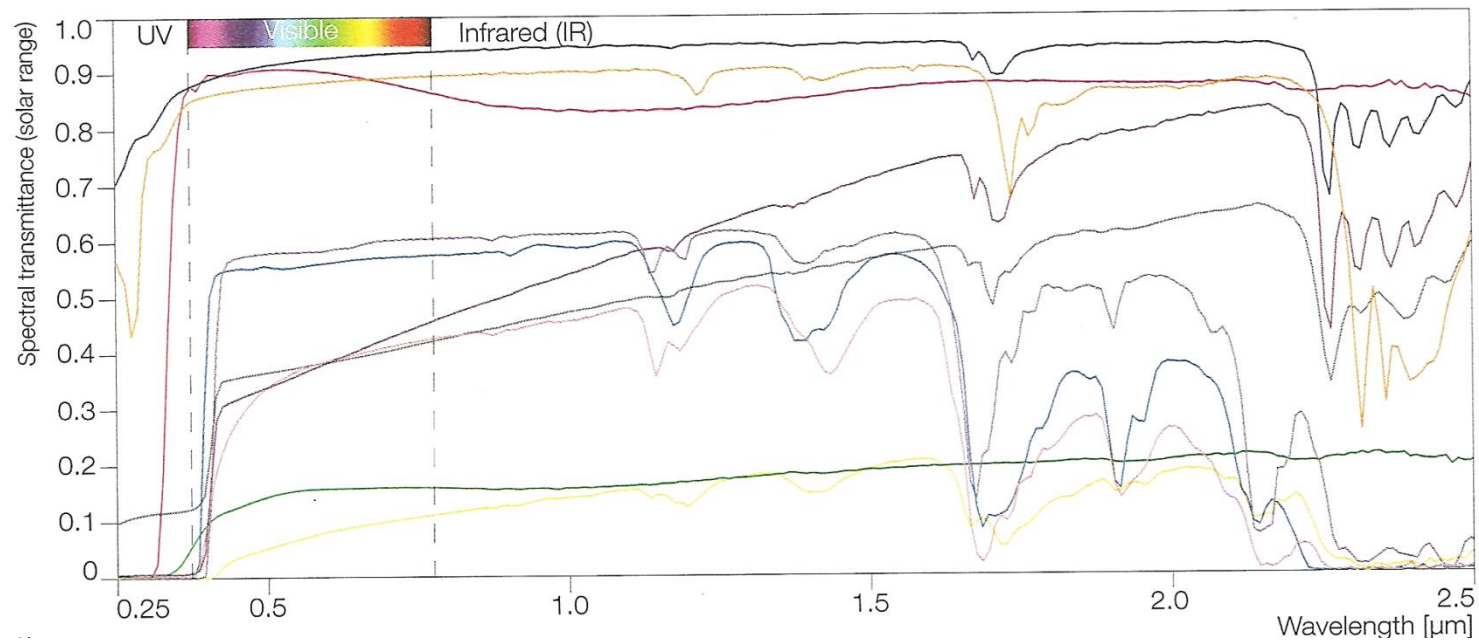
Harpa, Reykjavík, Iceland (2011) Henning Larsen







- | | |
|--|----------------------------------|
| Sheets | Woven fabrics |
| — PC multi-wall sheet, 16 mm | — Polyester-PVC |
| — PMMA twin-wall sheet, lattice, 16 mm | — PTFE/glass, type II (bleached) |
| — GFRP sheet, solid, natural colour | — PTFE fabric |
| Foils | Glass (for comparison) |
| — ETFE foil, 200 μm , clear | — Float glass, standard, 3 mm |
| — ETFE foil, 250 μm , white | |
| — PE foil, standard, with UV stabiliser, 200 μm | |



PMMA - Estádio Olímpico de Munique (1968-72)

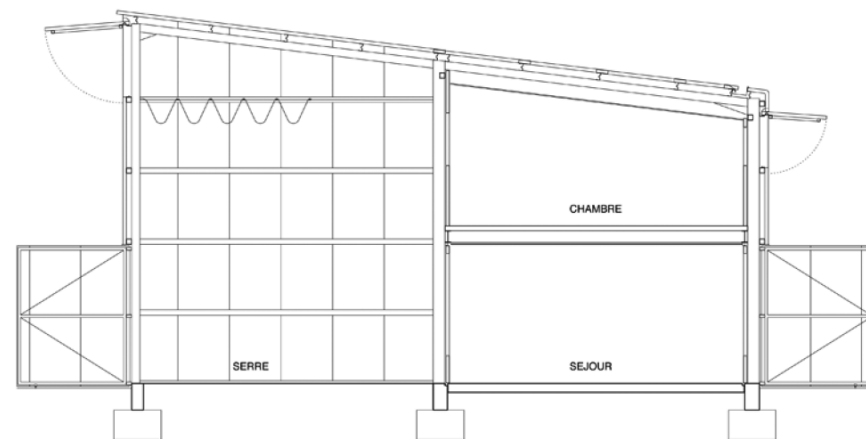
Gunther Benisch + Frei Otto



PC - Aviva Stadium, Dublin (2007-2010) Populous



PC - Maison Latapie, Floirac (1993) Lacaton & Vassal



COUPE TRANSVERSALE (EST/OUEST)

Película de PVC transparente

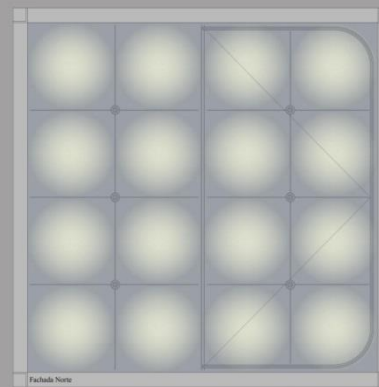
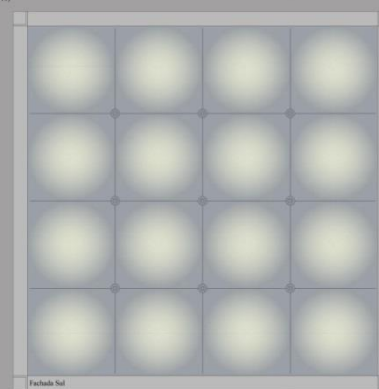


Fachadas Pneumáticas em ETFE

Álvaro Silva, 41915

Universidade do Minho (Diogo Rodrigues, 49843)

Fachada e Cortina (esc. 1/10)

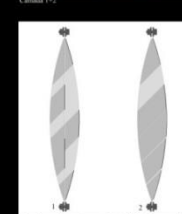
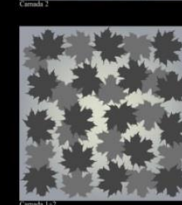
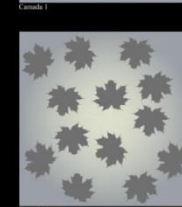
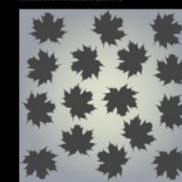


Construções Leves

Construção e Tecnologia

Guimarães, 7 de junho de 2010

Sistema de sombreamento (esc. 1/5)



Exemplo de sombreamento: cortado (esc. 1/5) e dos cortados (2)



GLASS FIBER SCREWED TO BATTEN

MIN 50mm FROM TOP LAYER TO SCREW

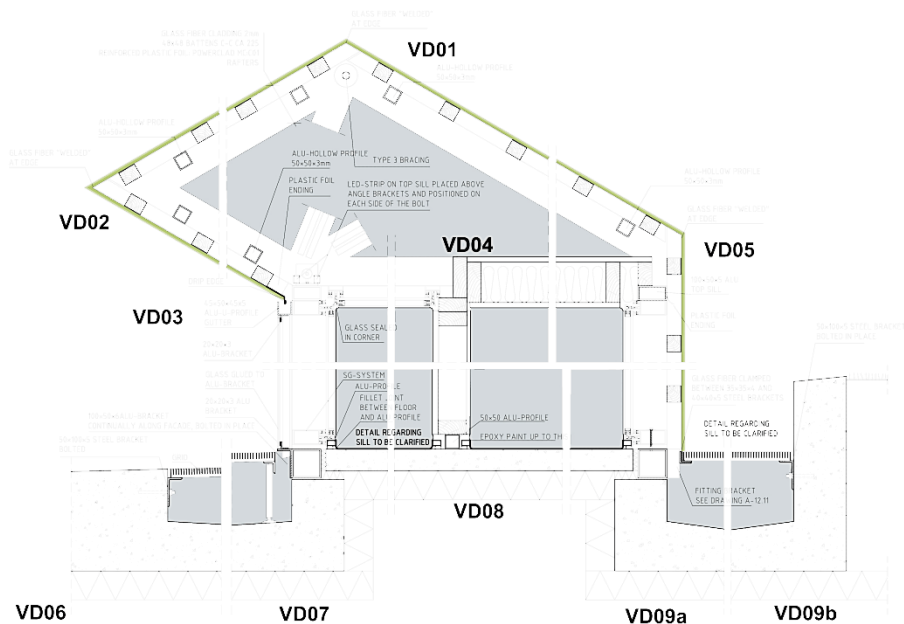
LAYER 3

LAYER 2

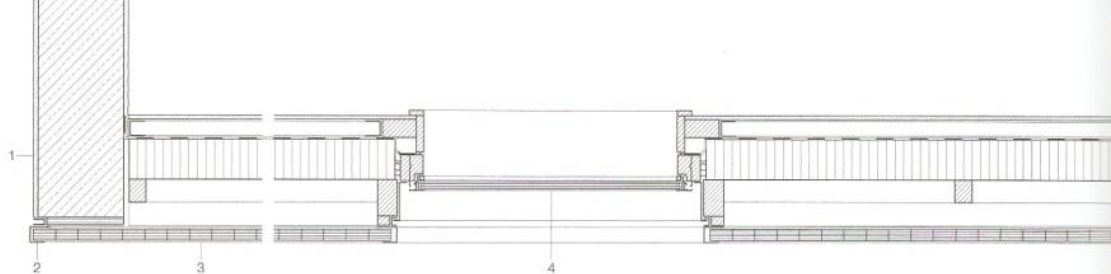
LAYER 1

PRECASTED GLASS FIBER/
POLYESTER LAYER

C CONNECTION OF GLASS FIBER ELEMENTS (PRECASTED IN PRODUCTION HALL) AROUND CORNER

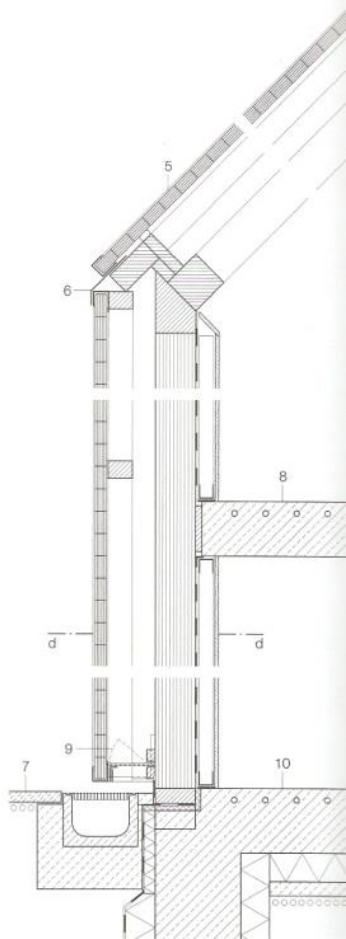


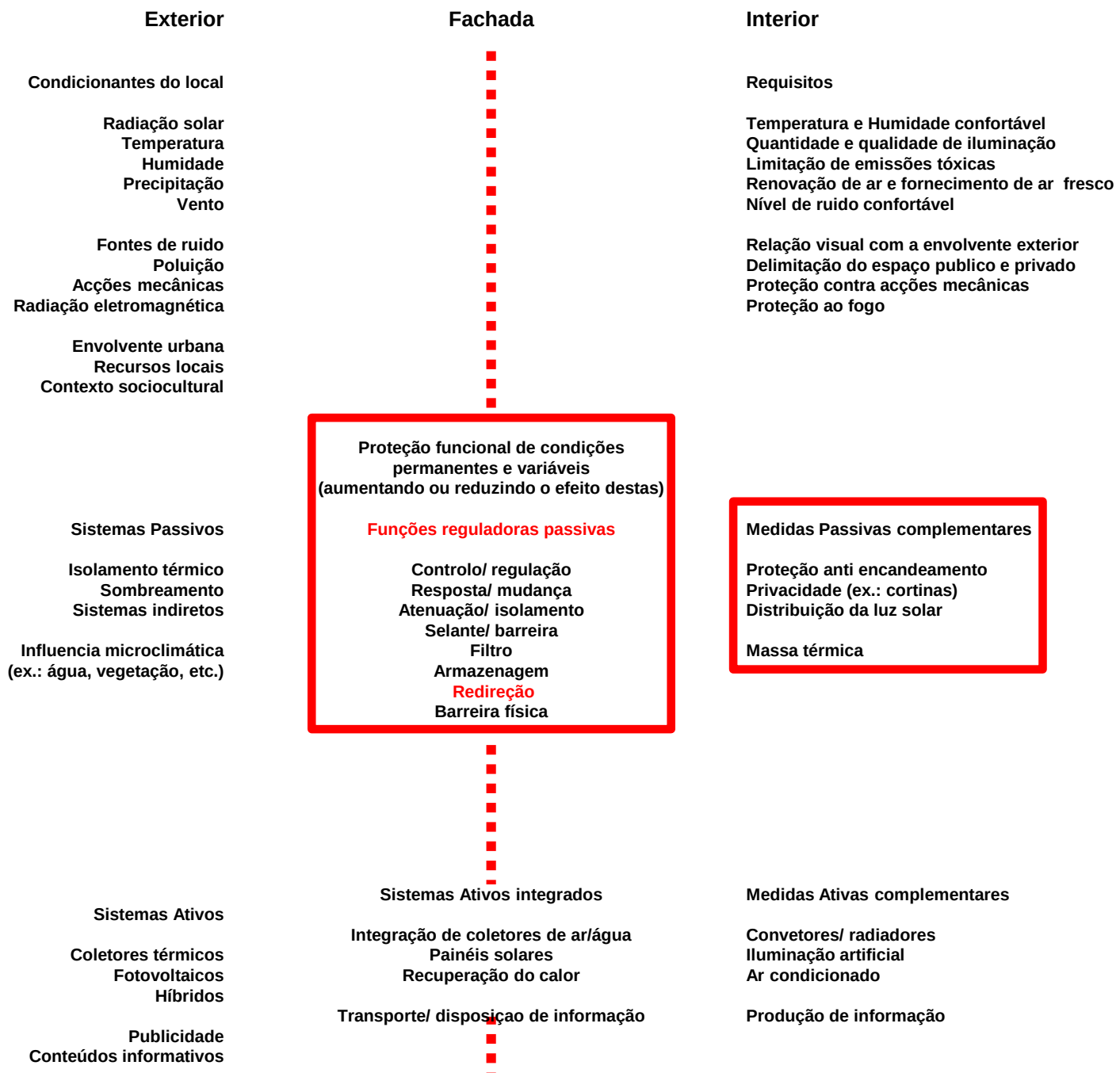
Patchwork house, Müllheim
(2005) Pfeifer Kuhn



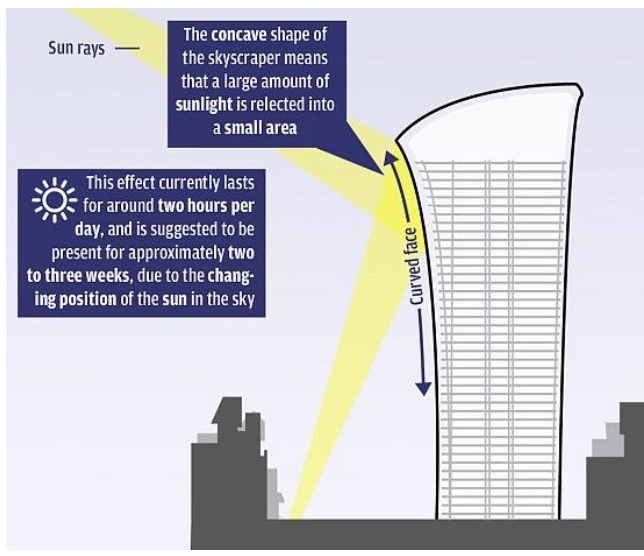
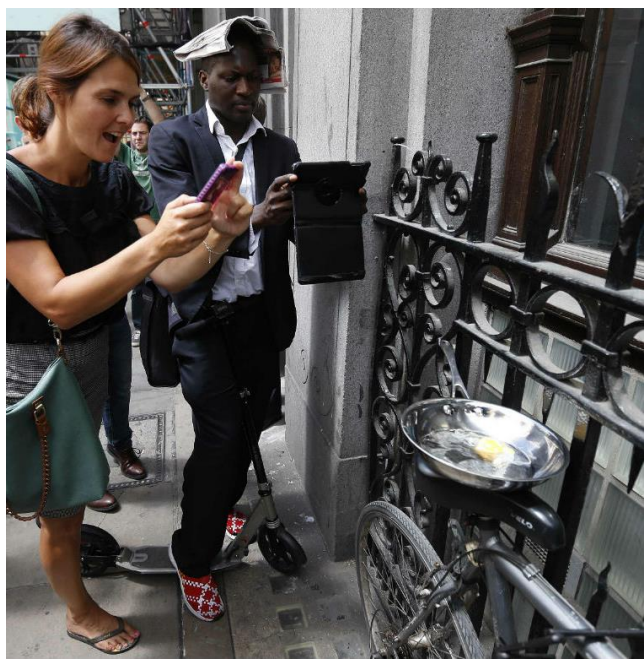
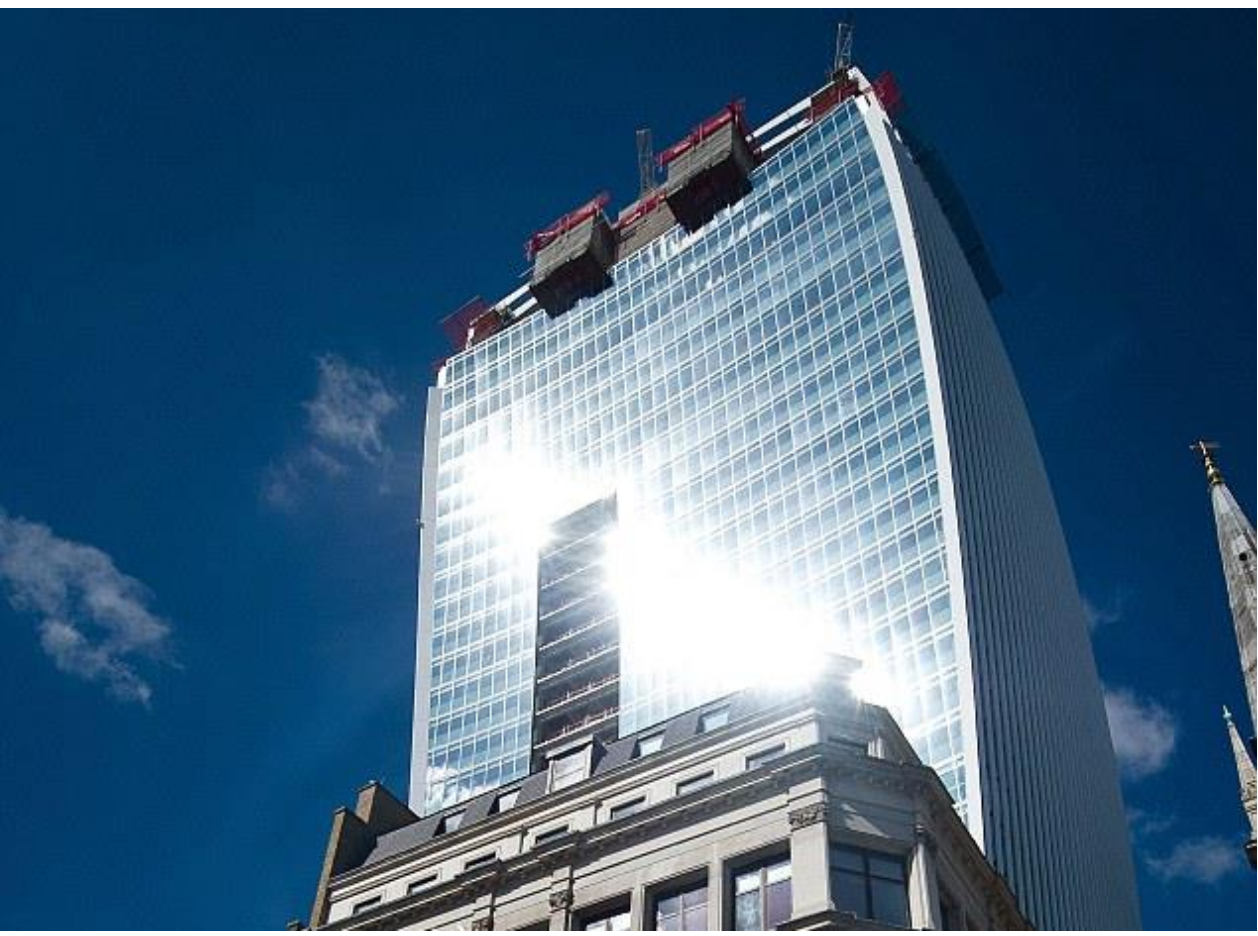
Horizontal section • Vertical section Scale 1:20

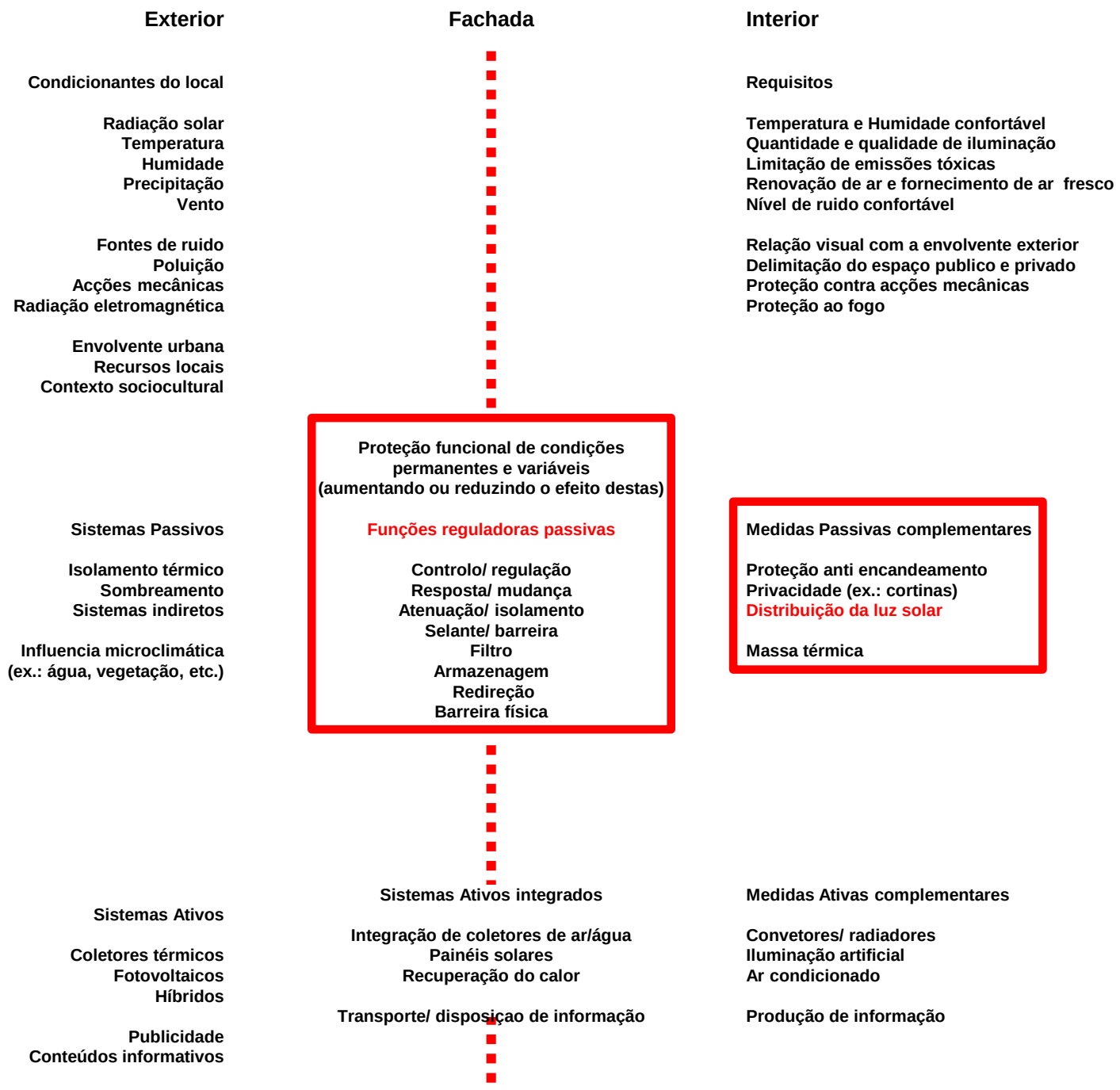
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">1 Gable wall: 15 mm render
300 mm aerated concrete plaster2 Aluminium trim, 50 x 50 mm channel3 Wall construction:
40 mm polycarbonate multi-wall sheets
flat suction anchor
60 x 80 mm battens
60 x 80 mm counter battens
140 mm edge-fixed solid timber elements
vapour barrier
50 mm steel channel framing
12.5 mm plasterboard4 Insulating glass:
4 mm + 16 mm cavity + 4 mm5 Roof construction:
40 mm polycarbonate multi-wall sheets | <ul style="list-style-type: none">6 60 x 80 mm battens
60 x 80 mm counter battens6 Sheet metal flashing7 Floor construction, terrace:
50 mm concrete flags
150 mm granite ballast8 Thermoactive reinforced concrete suspended floor
slab, 190 mm9 Check flap: PTFE-membrane, stainless steel insect
screen10 Floor construction, ground floor:
220 mm thermoactive reinforced concrete
ground slab
100 mm thermal insulation
50 mm blinding11 Sheet metal ridge capping12 Top-hung roof windows13 Purlin, 140 x 140 mm |
|--|--|





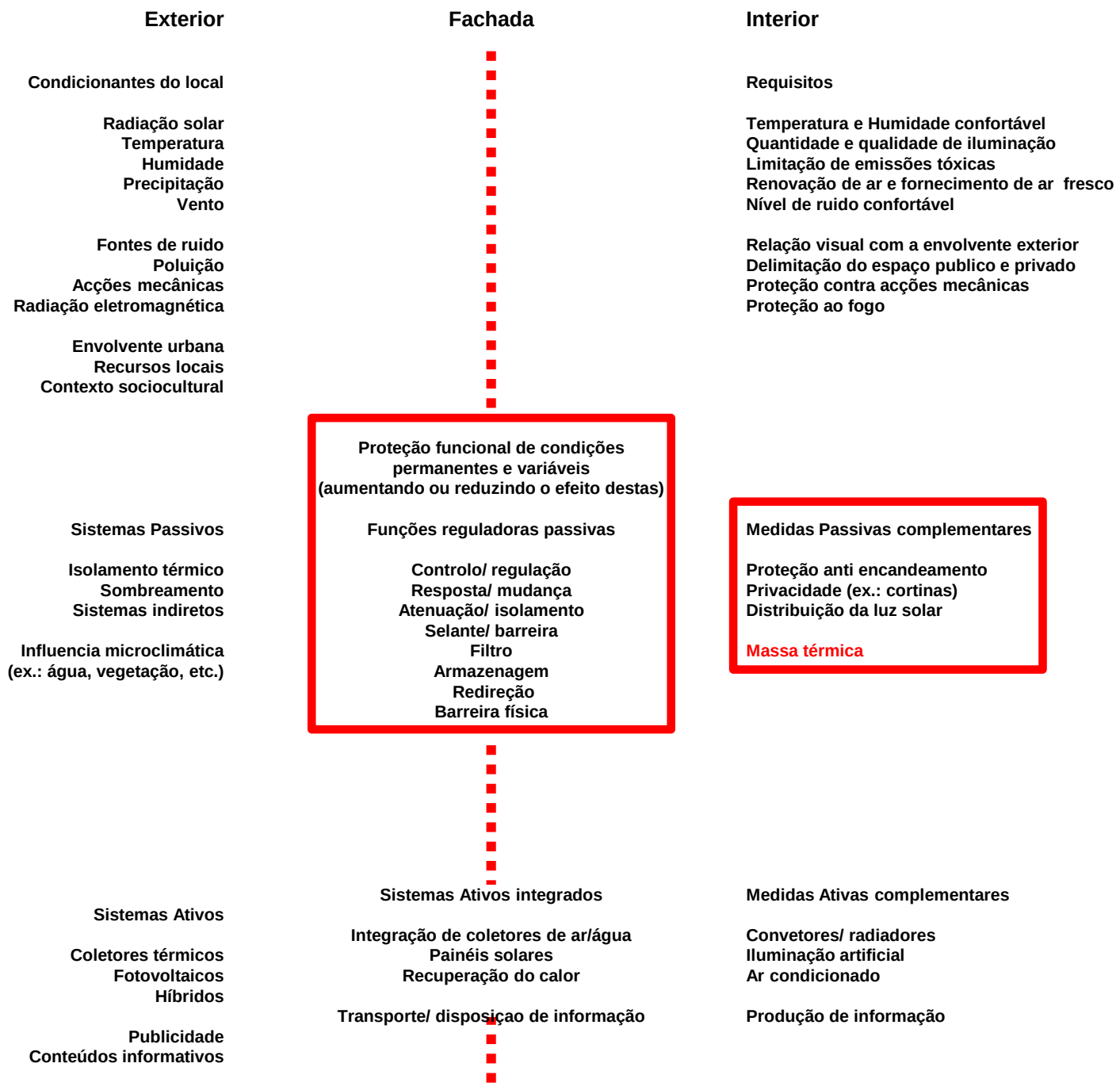
2 Edifício 20 Fenchurch Street, Londres (2014)
Rafael Viñoly





2 Torre do Reichstag
(1999)



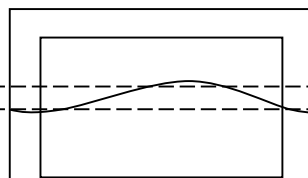
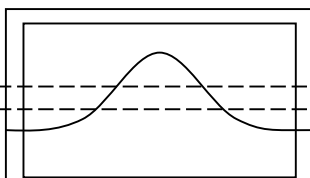
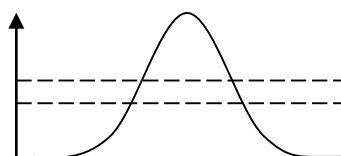




Temperatura exterior

Construção leve
(Temp. interior)

Construção pesada
(Temp. interior)



Temperatura de conforto

Classe de inércia térmica	I_t [kg/m ²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

$$I_t = \frac{\sum_i M_{s_i} \cdot r \cdot S_i}{A_p}$$

em que:

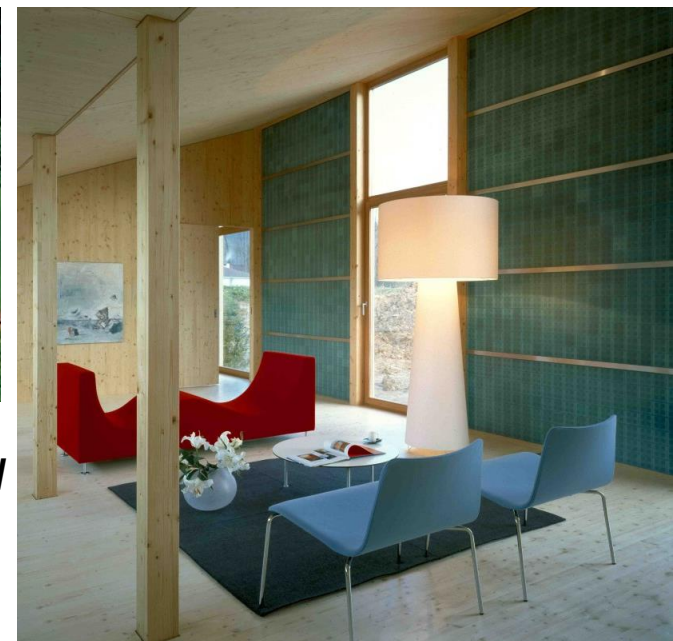
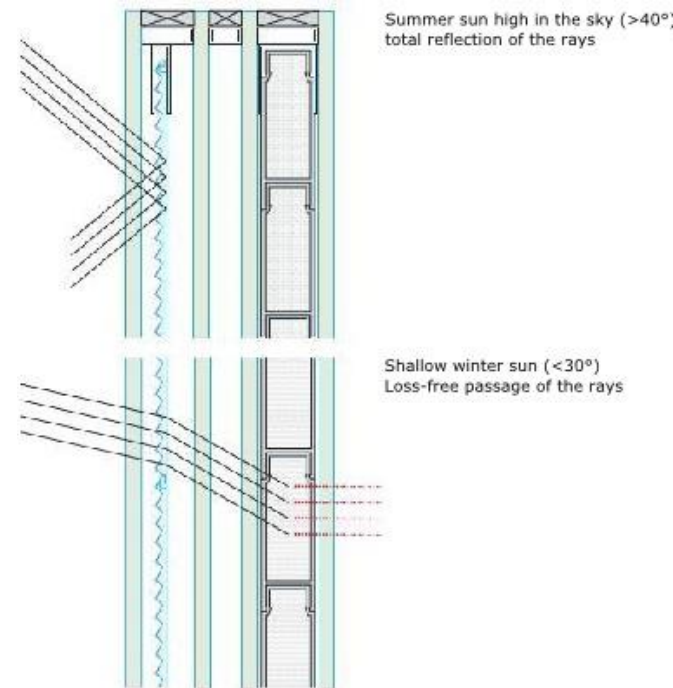
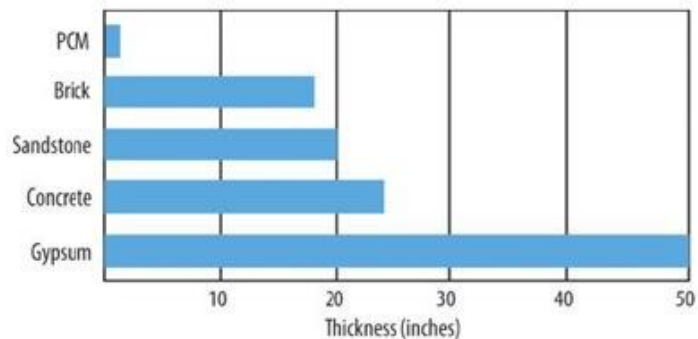
M_{s_i} - Massa superficial útil do elemento i , [kg/m²]

r - Fator de redução da massa superficial útil

S_i - Área da superfície interior do elemento i , [m²]

A_p - Área interior útil de pavimento, [m²]

Massa térmica não convencional - PCMs House in Ebnat, Kappel (2002) Dietrich Schwarz

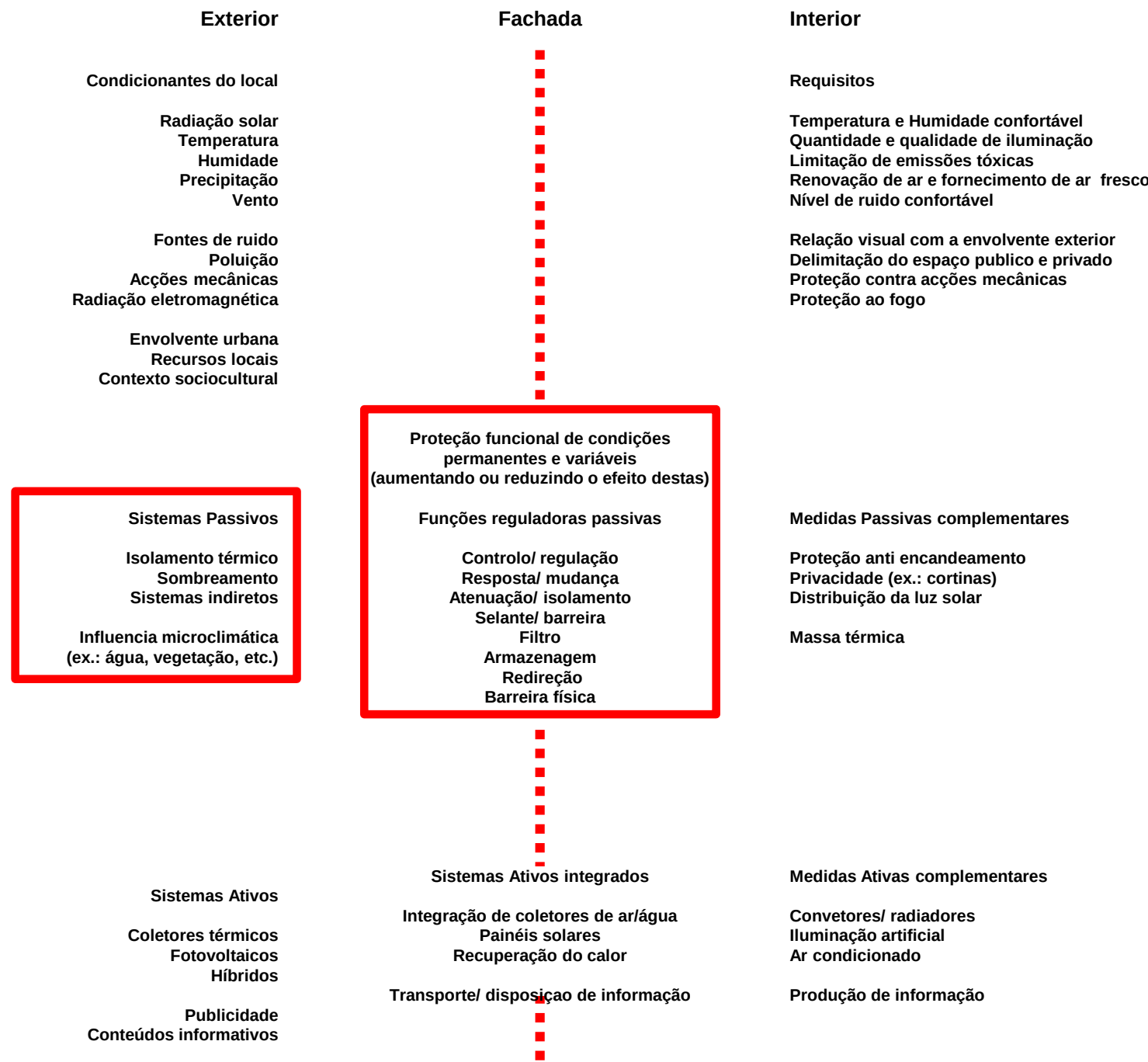


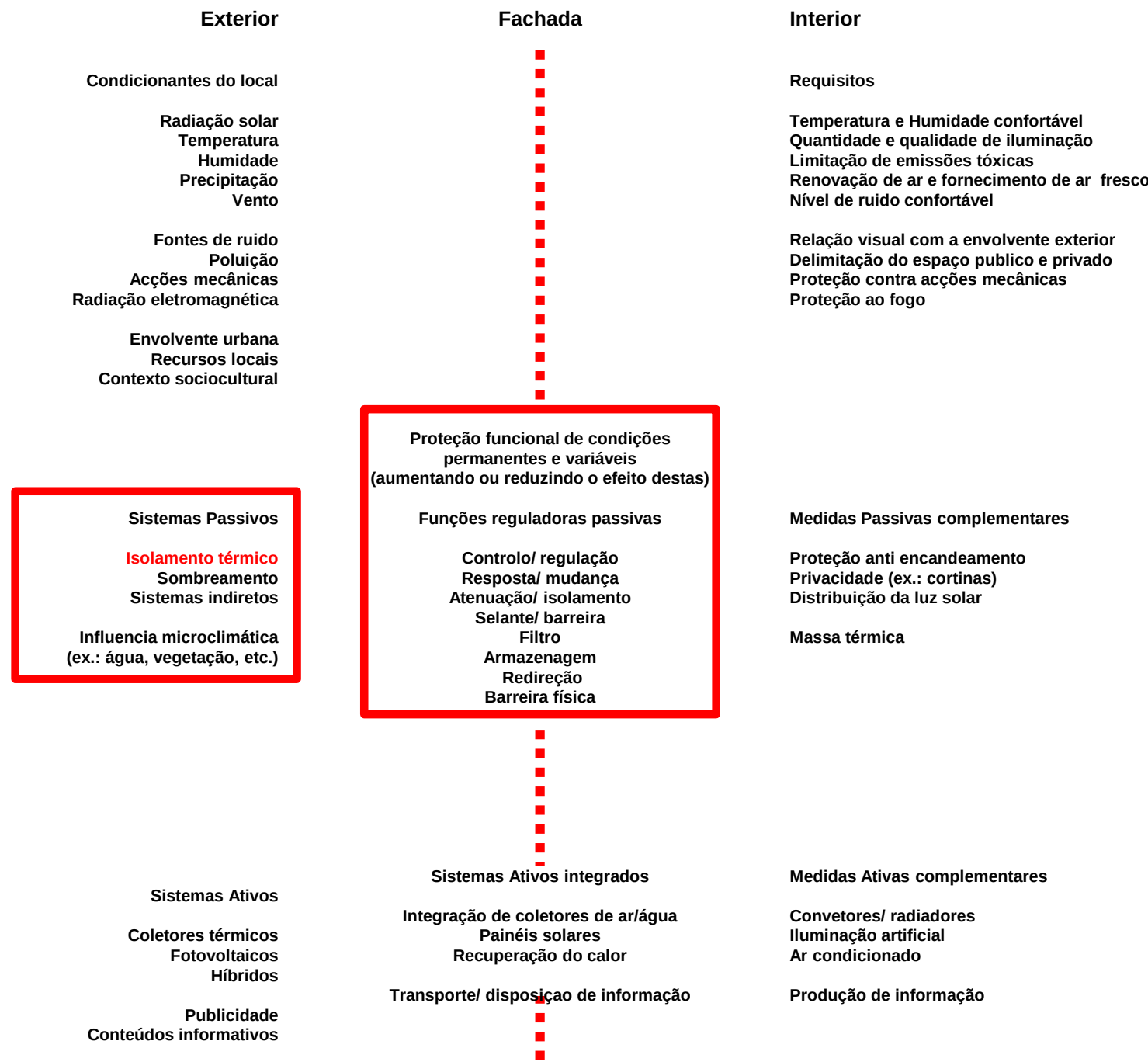
<http://www.glassxpcm.com/>

Numa Célula tipo Passys foi feito um ensaio onde se pretendia determinar qual o efeito dum PCM natural (óleo de côco) como regulador térmico numa construção sem qualquer massa térmica. Nas Figuras podem ver-se imagens da colocação do óleo de côco no Pavimento da Célula, inserido em recipientes de plástico, correspondendo a 100kg, ou seja 9,2 kg por m² de área útil de pavimento. O total ensaiado de 300 kg correspondeu a 27,6 kg por m² de área útil de pavimento.*

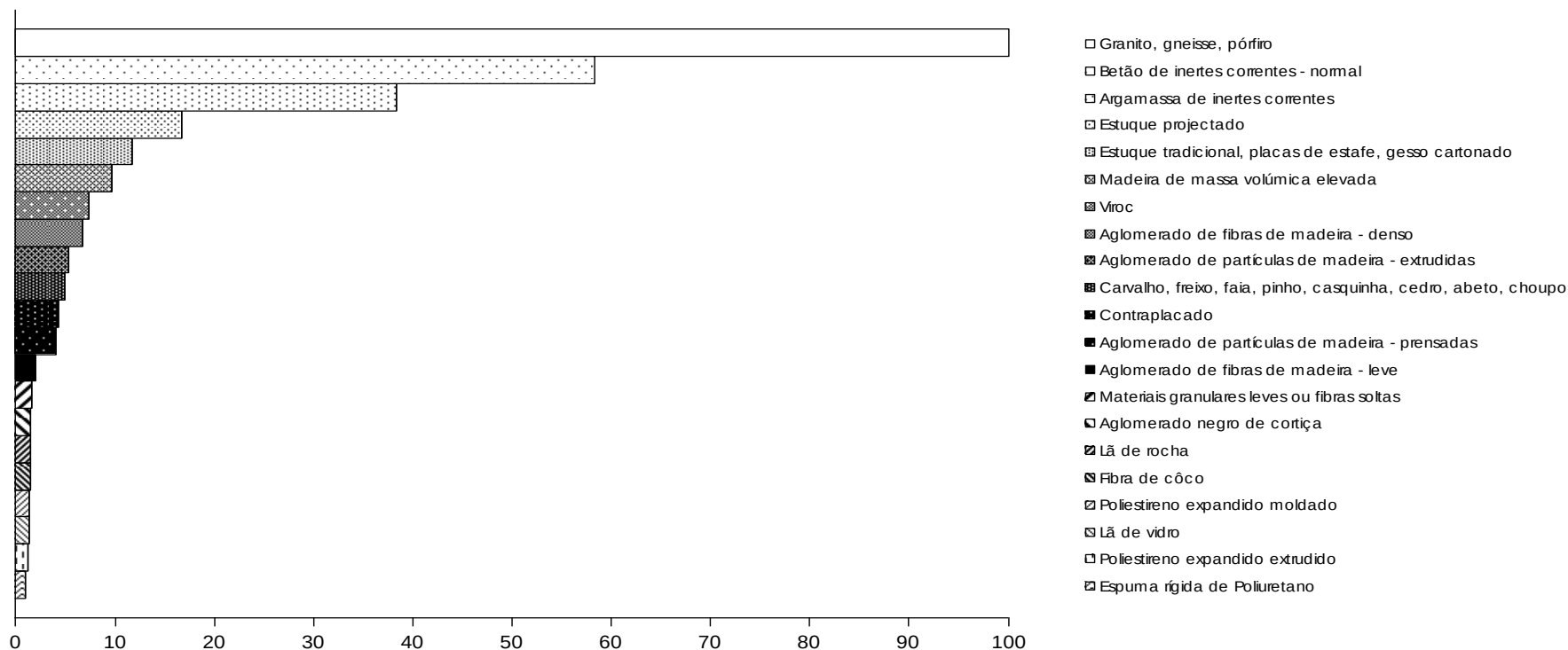
* estudo efectuado na Universidade do Minho pelo autor no âmbito da Tese de Doutoramento "Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados"







Espessura equivalente ao coeficiente de transmissão térmica de 100cm de granito para diversos materiais de construção.



Tipos de
isolamentos

Espumas
poliméricas

EPS/XPS



PUR/PIR



Espuma de
polietileno



Fibras
inorgânicas

Lã de rocha



Fibra de
vidro



Fibras
orgânicas

Cortiça



Fibra de côco



Espuma de celulose



Lã de ovelha



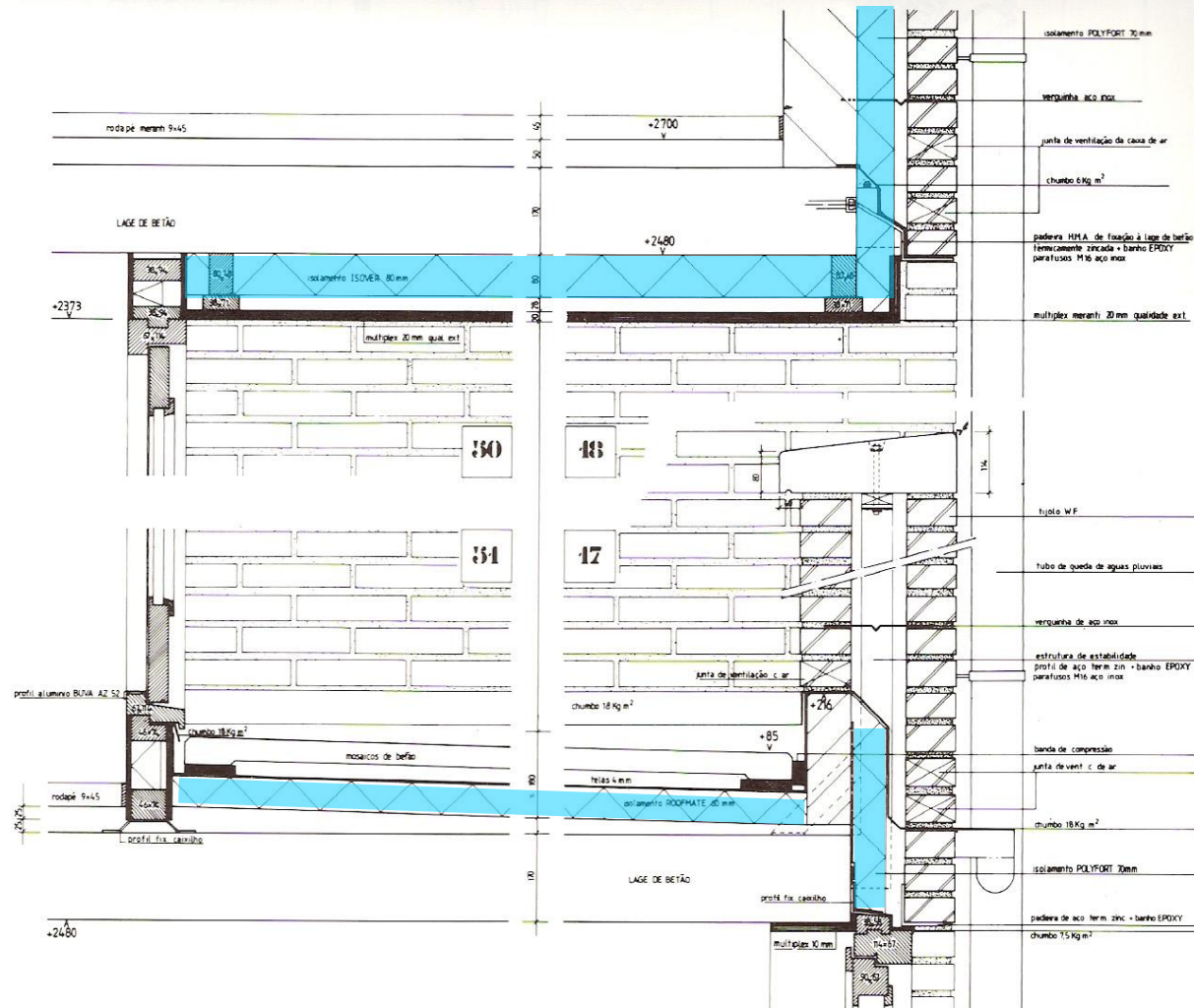
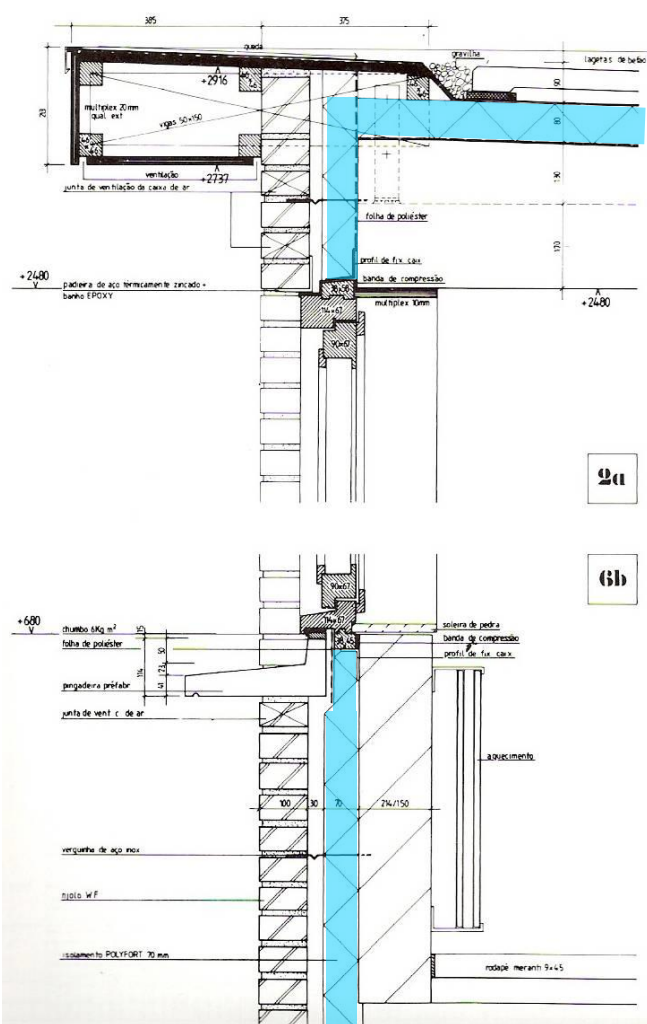
Síntese de soluções de elementos opacos de fachada e dos isolamentos térmicos utilizados nestas

	Constituição	Isolamento		Poliestireno expandido moldado	Poliestireno expandido extrudido	Espuma rígida de poliuretano	Lã mineral em placas	Lã mineral em mantas	Aglomerado negro de cortiça	Fibra de côco
		Localização	Solução							
Paredes opacas de fachada	Panos simples	Exterior	Revestimento sobre isolante	x			x	o	x	
			Revestimento independente c/ isolante caixa-de-ar	x	x	x	x	o	x	x
		Interior	Revestimento sobre isolante	x	x	x	x	x	x	x
			Revestimento independente c/ isolante caixa-de-ar	x	x	x	x	o	x	x
	Panos múltiplos	Intermédio	Preenchimento parcial caixa-de-ar	x	x	x	x	o	x	x
			Preenchimento total da caixa-de-ar	x	x	x	x	x	x	x

Legenda: x – Viável em todas as situações o – Viável em condições especiais (fixações mecânicas ou adesão a elemento que lhe confira rigidez)

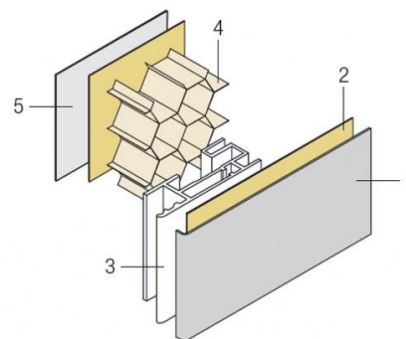
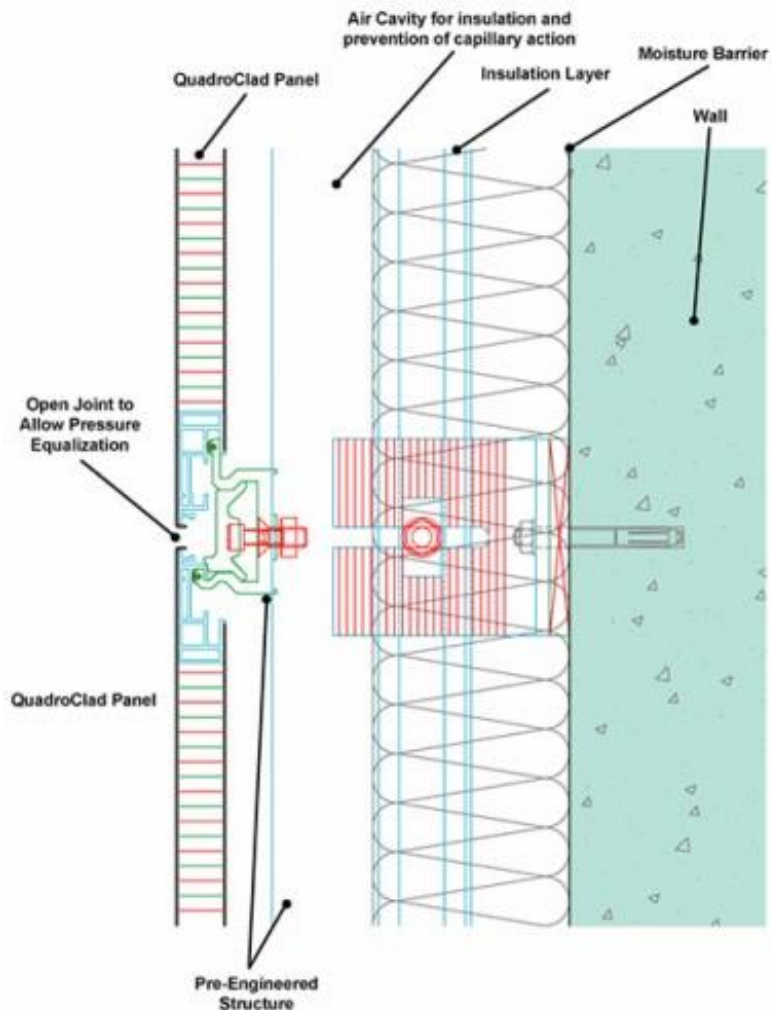
Fonte: Adaptado de (Pina dos Santos 1990) e Catálogo (Isover/Roclaire)

Isolamento térmico - cx de ar de parede dupla



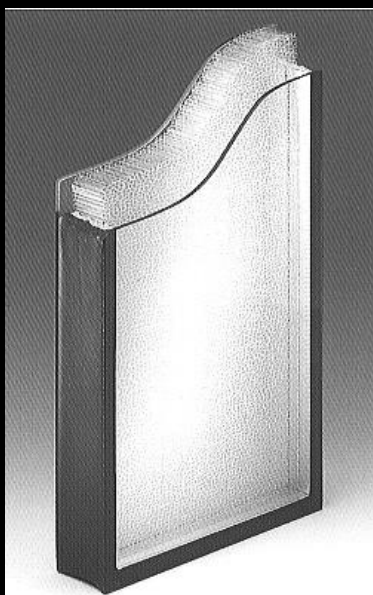
2 Isolamento térmico exterior - ETICS



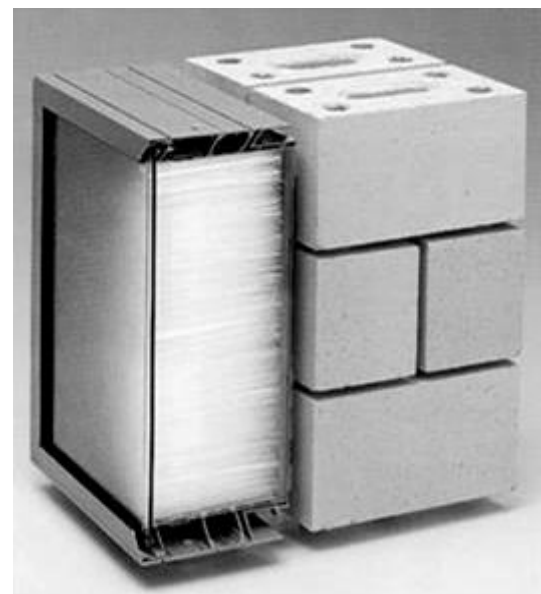


1. Pre-coated and roll formed aluminum external skin
2. Adhesive file
3. Aluminum extrusion
4. Aluminum honeycomb
5. Pre-coated aluminum internal skin





Painel Kapipane
($U = 0,6$ a $1,3 \text{ W/m}^2\text{°C}$)



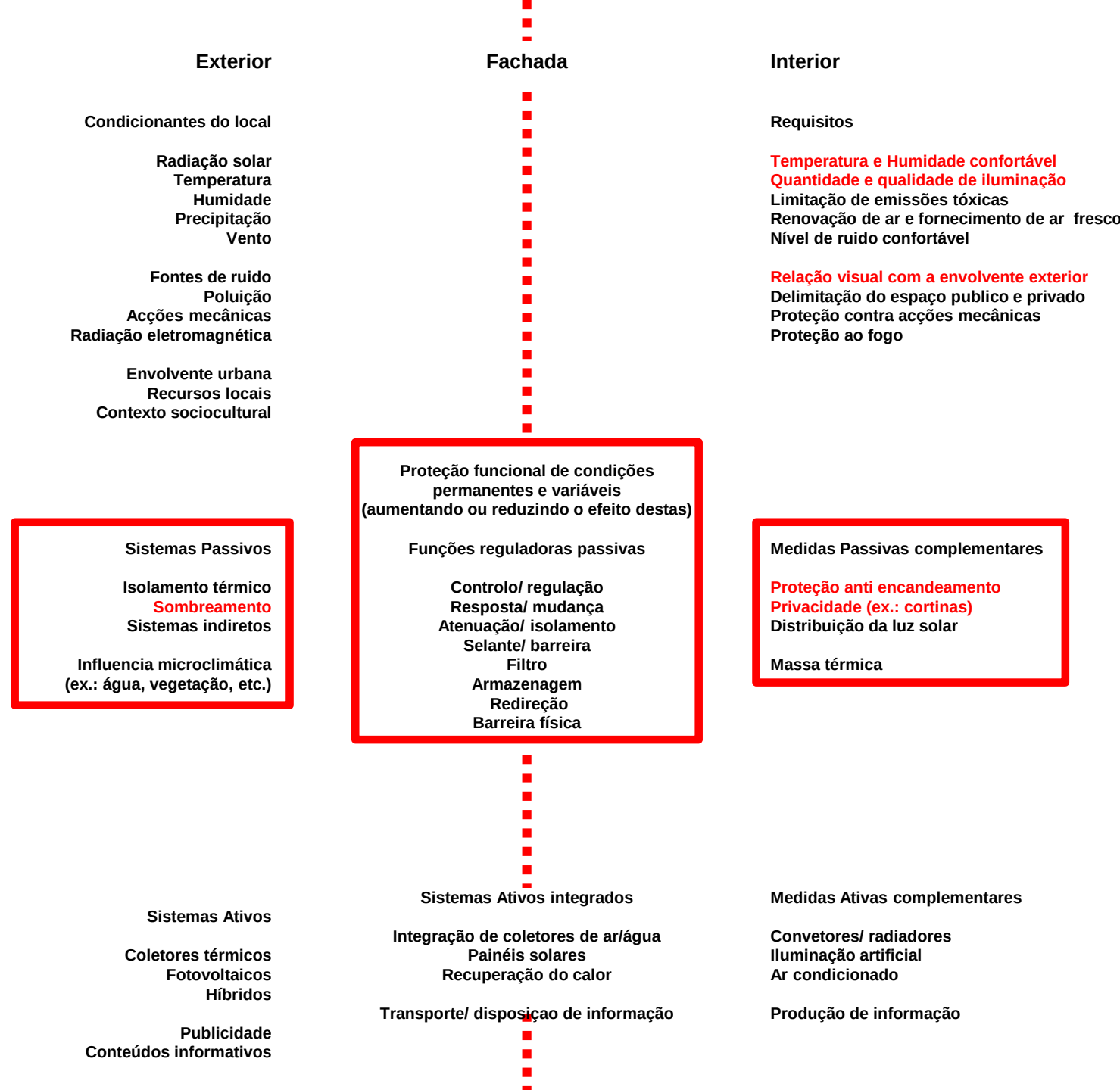
Isolamento translúcido (SolFas)
sobre parede acumuladora

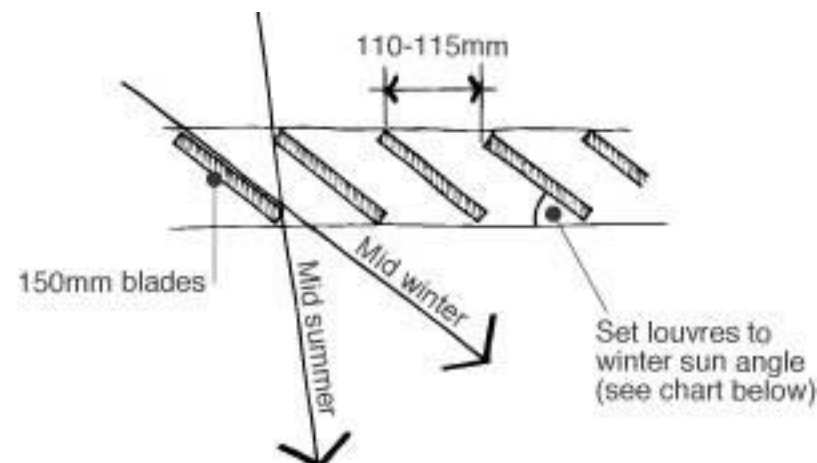
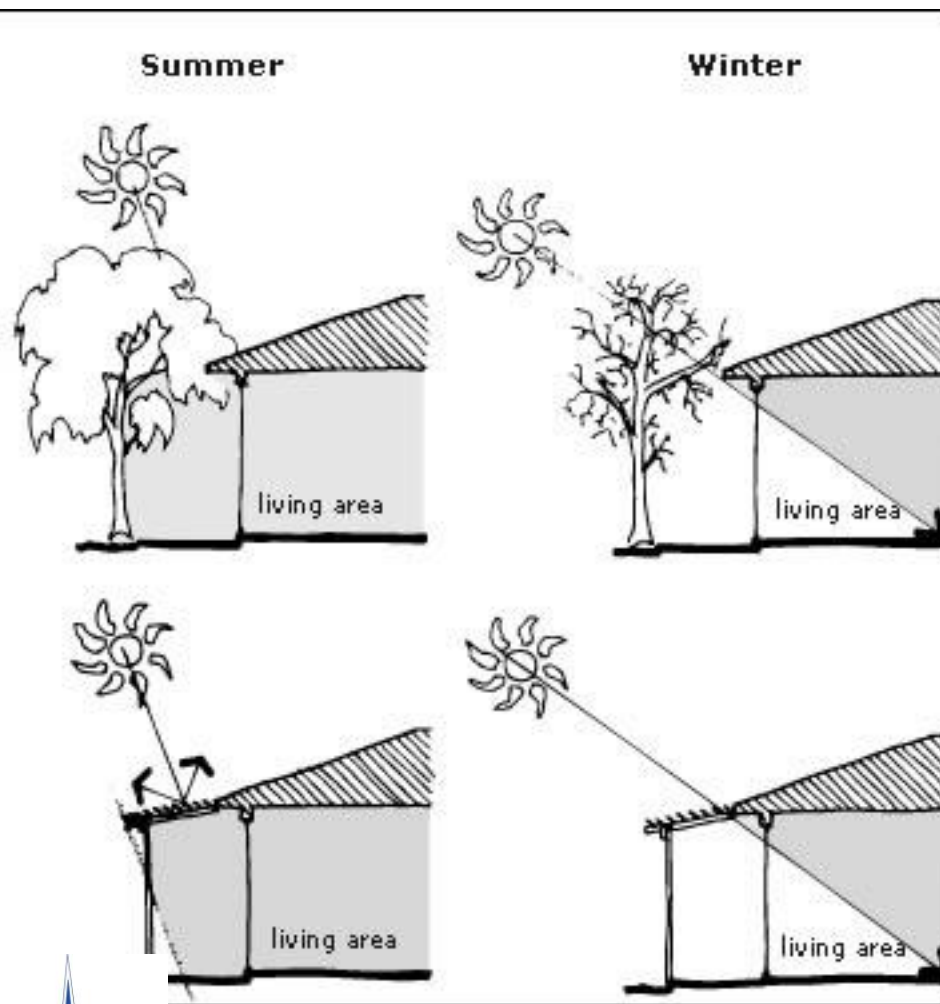
OKAPANE

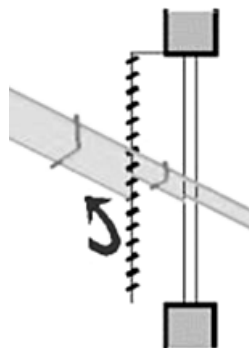
The Nelson-Atkins Museum of Art, Kansas City (2007)

Steven Holl

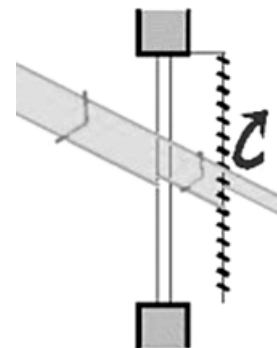




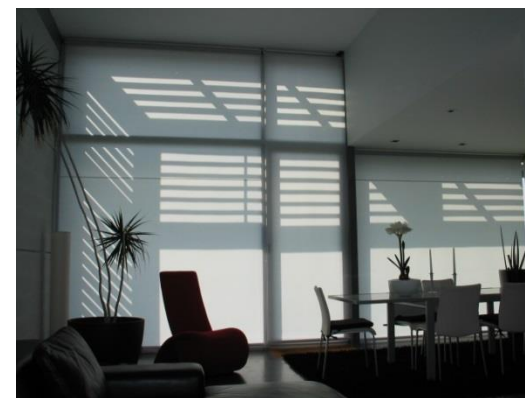




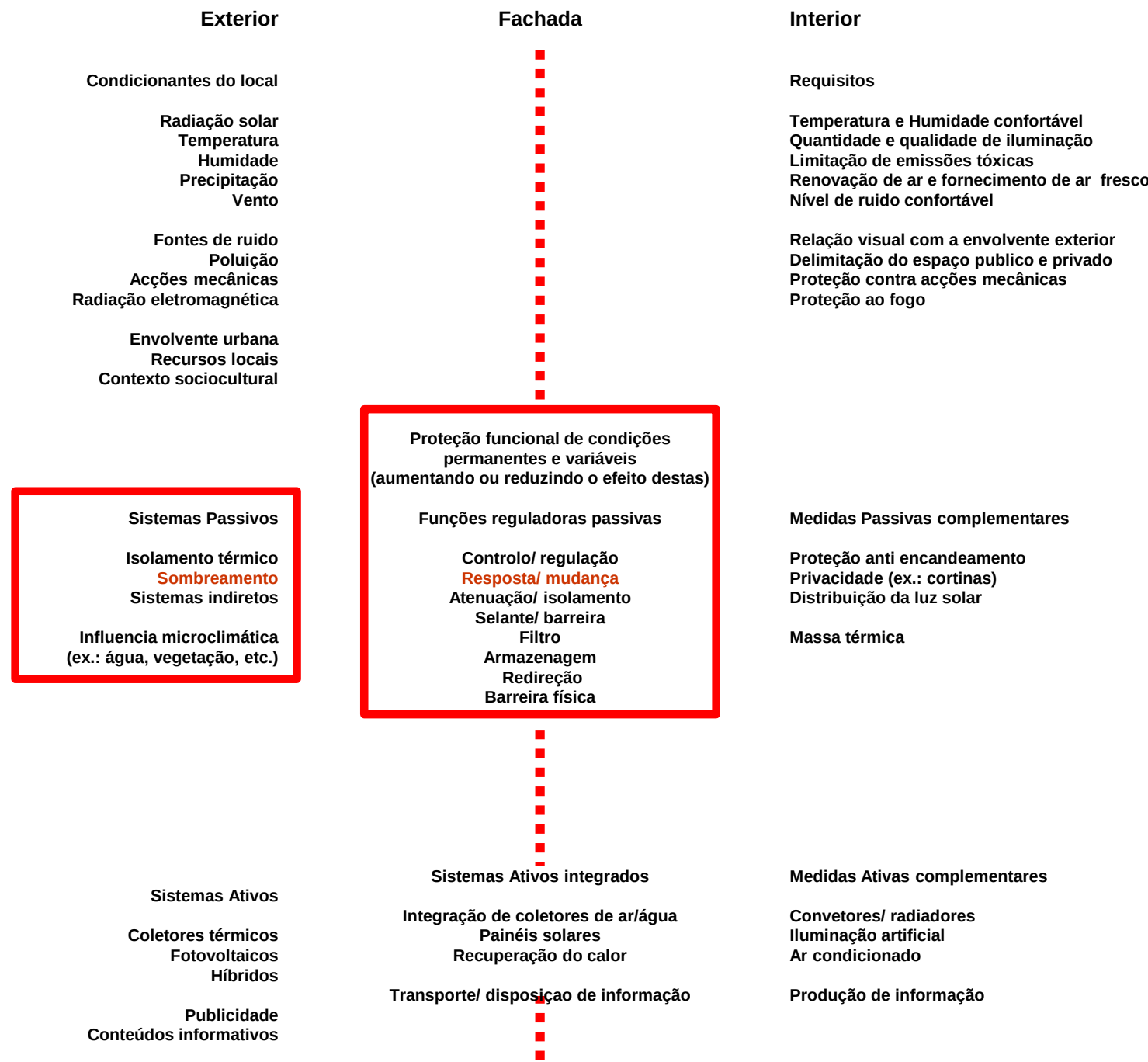
Proteção exterior



Proteção interior

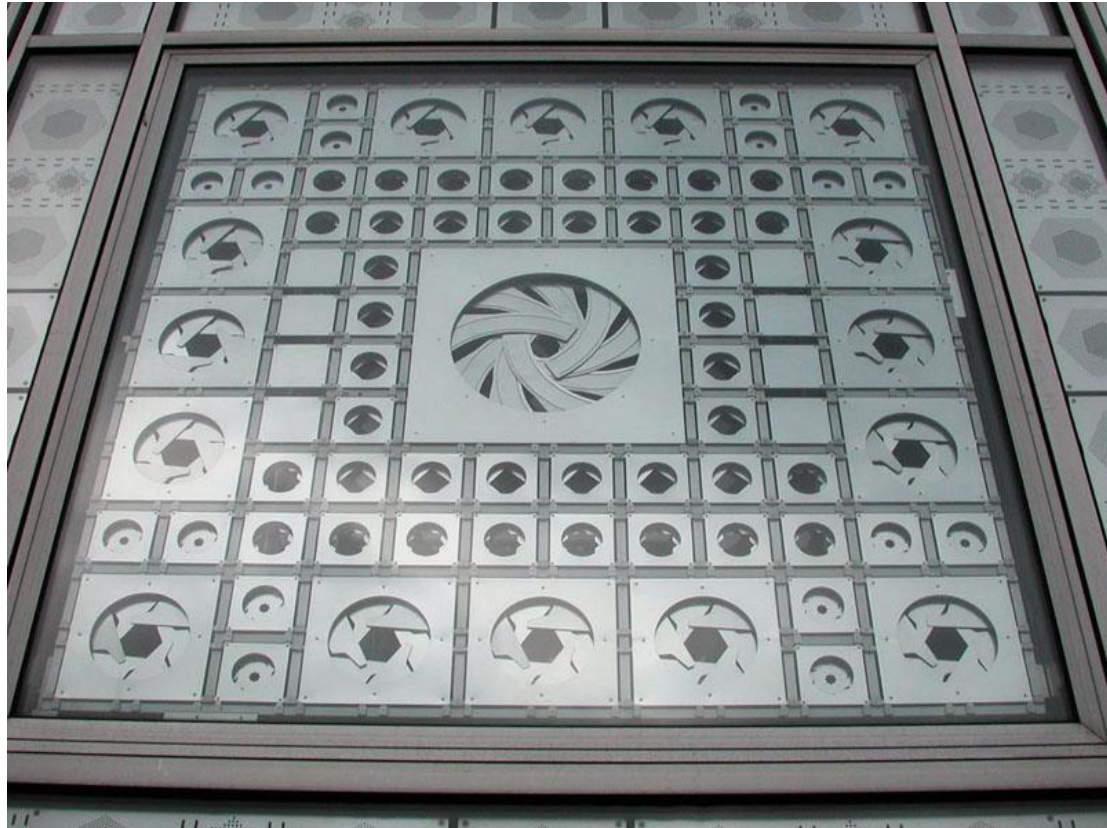


Os dispositivos de sombreamento exterior, além de impedirem a radiação directa de atingir o vidro, permitem a dissipação por convecção do calor absorvido no material do sombreador. Com proteções interiores, obtém-se um fator de ganho solar maior, favorável no Inverno mas desfavorável no Verão. A solução ideal será a de poder contar com as duas situações, utilizando protecção exterior no Verão e interior no Inverno para regulação da luminosidade e privacidade.

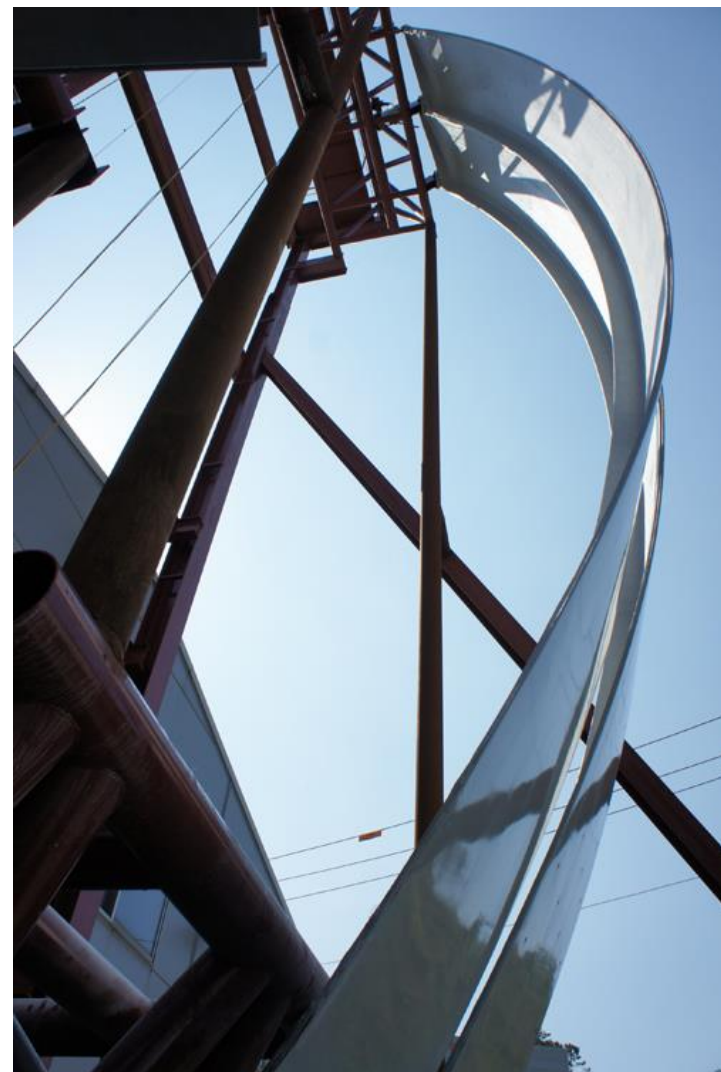
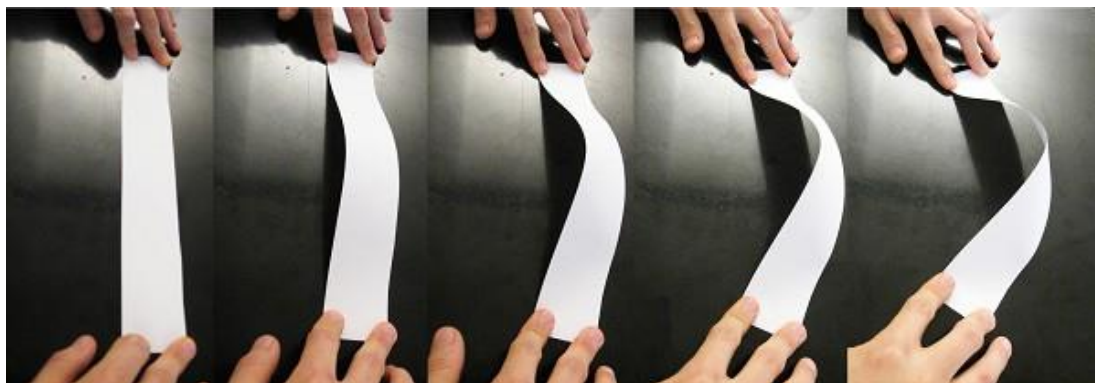


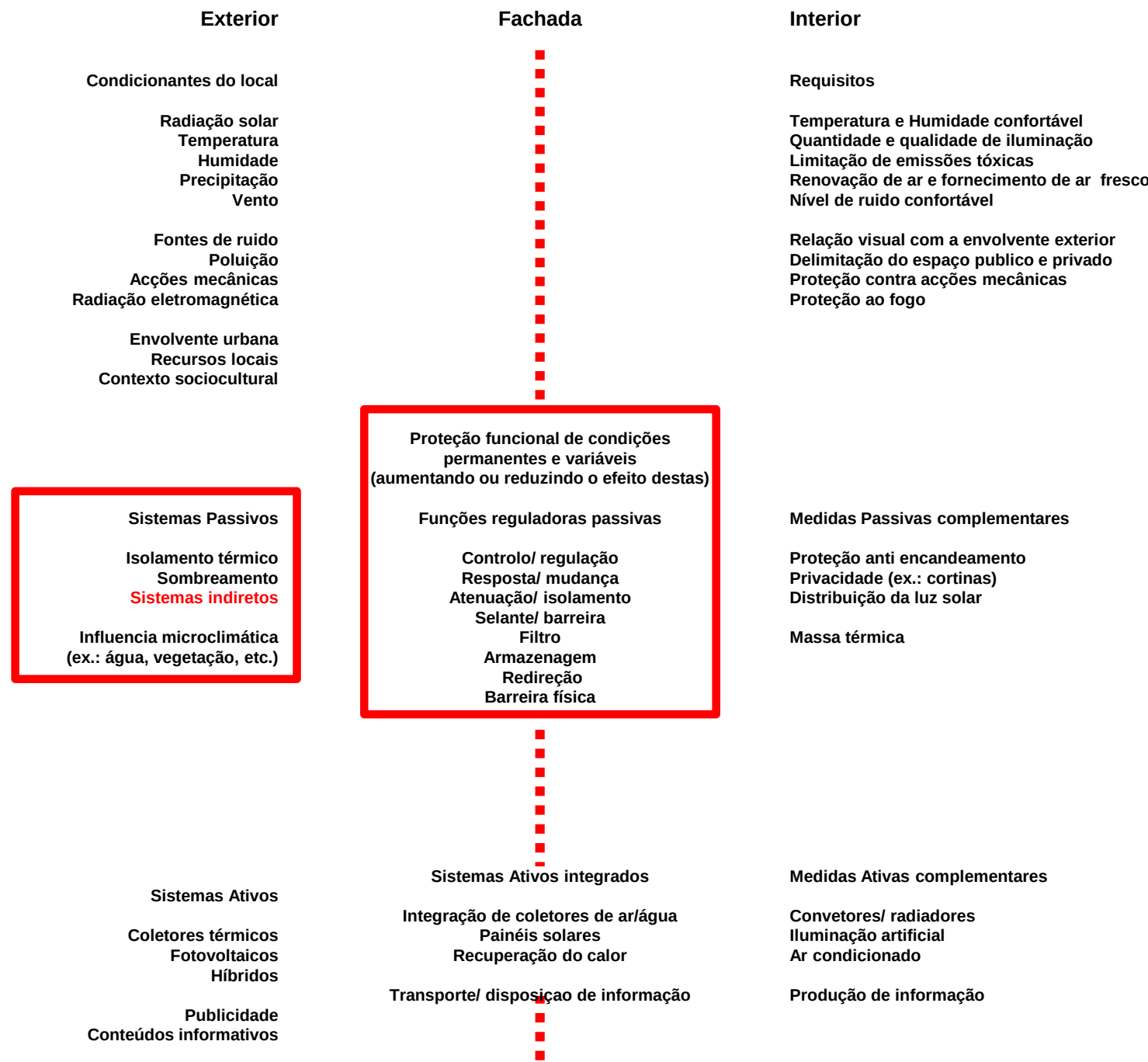


Instituto do Mundo Árabe (1987)
Jean Nouvel

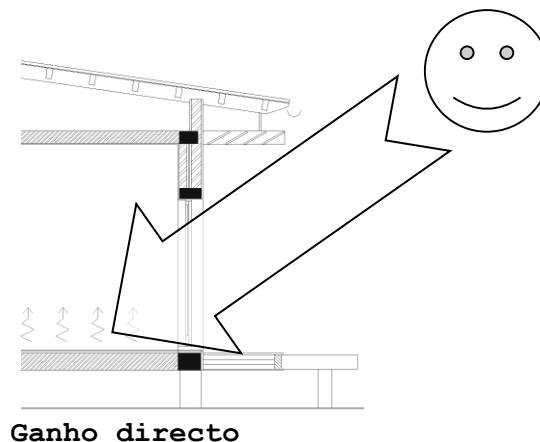


Pavilhão One Ocean, Yeosu,
Coreia do Sul, Expo 2012
SOMA

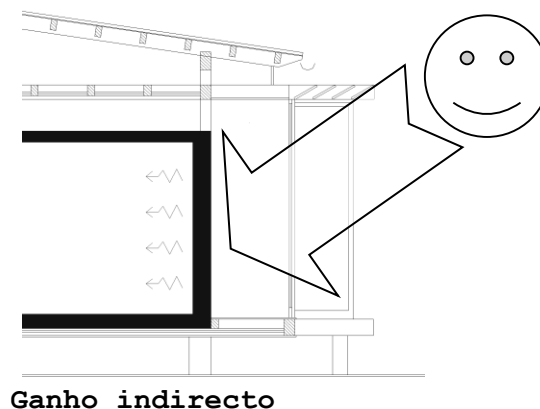




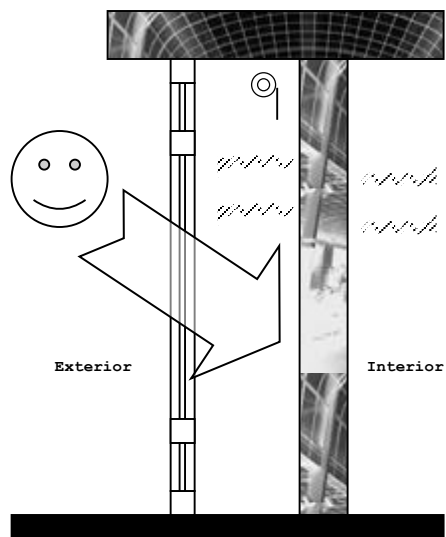
- Ganho directo (Figura 1):
Envidraçados orientados preferentemente a Sul (para o hemisfério Norte);
 - Sombreadores para Verão;
 - Massa térmica interior;



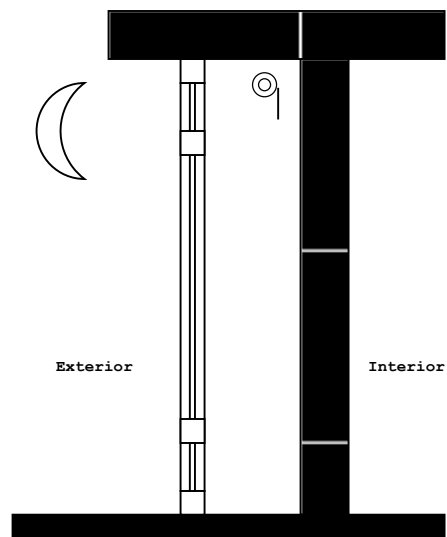
- Ganho indirecto (Figura 2):
 - Paredes de armazenamento térmico (Parede acumuladora não ventilada, Parede de Trombe e Parede dinâmica);
 - Cobertura com armazenamento térmico;
 - Estufa adossada e estufa integrada;
 - Convecção natural (termosifão);



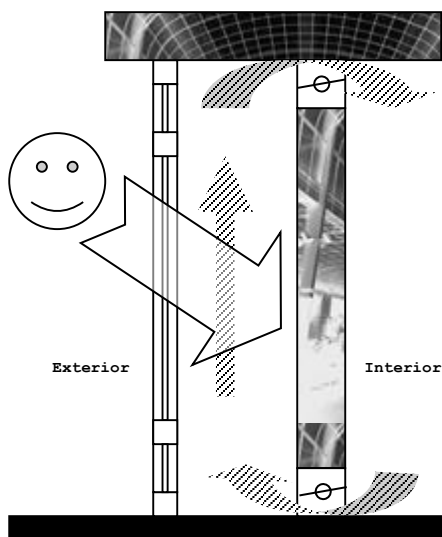
- Ganho separado:
Ganho indirecto onde existe uma maior separação - por distância ou isolamento entre o armazenamento térmico e o ambiente a climatizar.



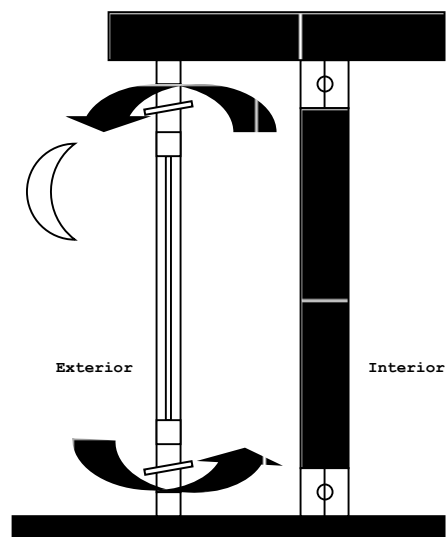
Parede acumuladora com efeito de Estufa (durante o dia em Inverno)



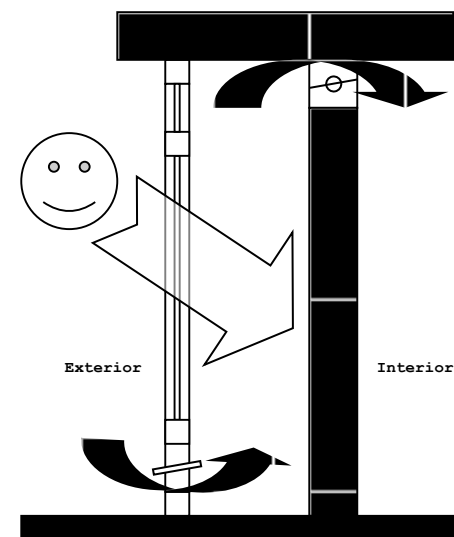
Parede acumuladora com efeito de Estufa (Durante a Noite em Inverno)



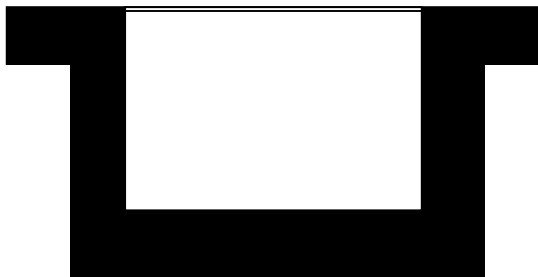
Parede de Trombe com efeito de Estufa (durante o dia em Inverno)



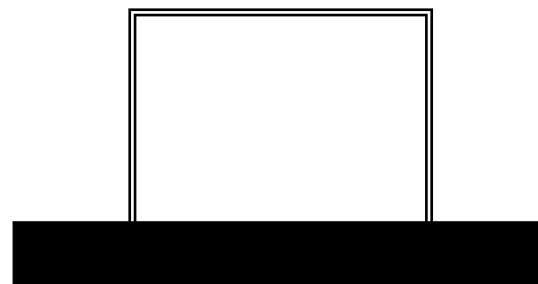
Parede de Trombe com efeito de Estufa (durante a noite no Verão)



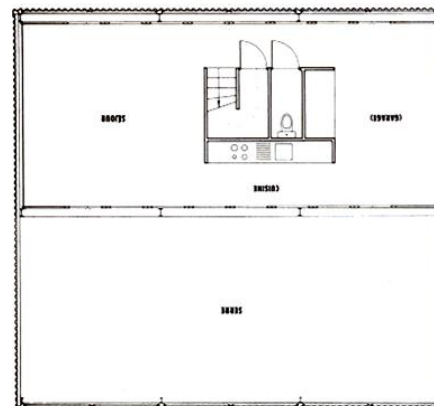
Parede dinâmica com efeito de Estufa (durante o dia em Inverno)

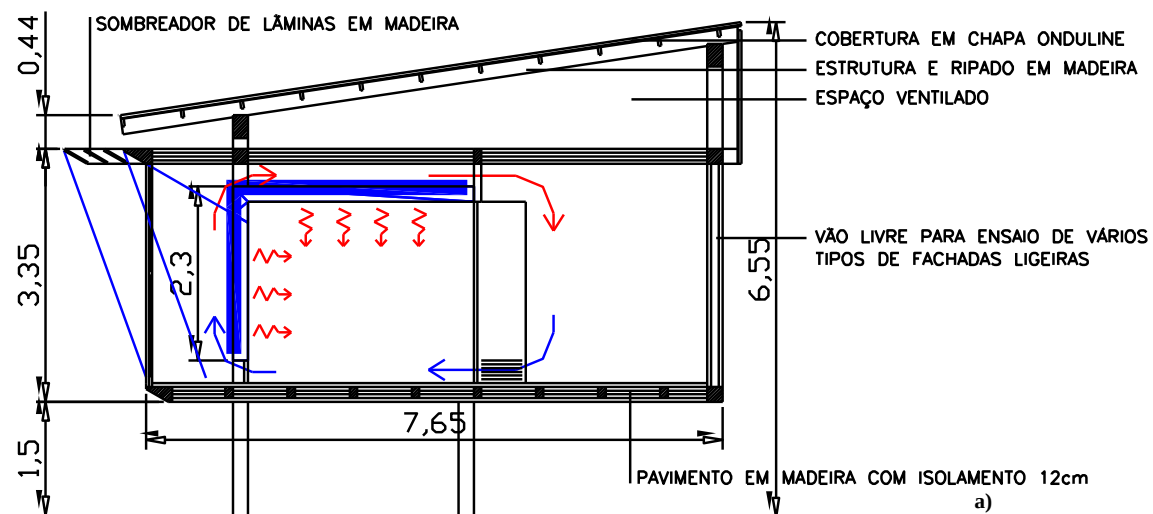


b) Estufa Integrada

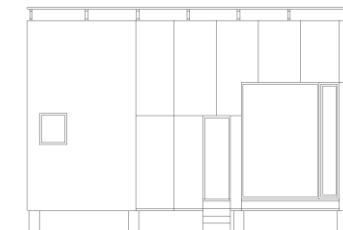


a) Estufa adossada

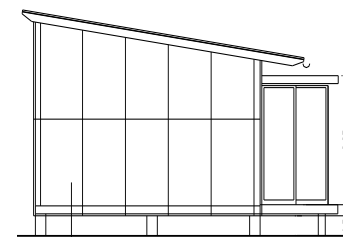
Casa Latapie,
Lacaton & Vassal



SECÇÃO LONGITUDINAL CÉLULA DE TESTE 1

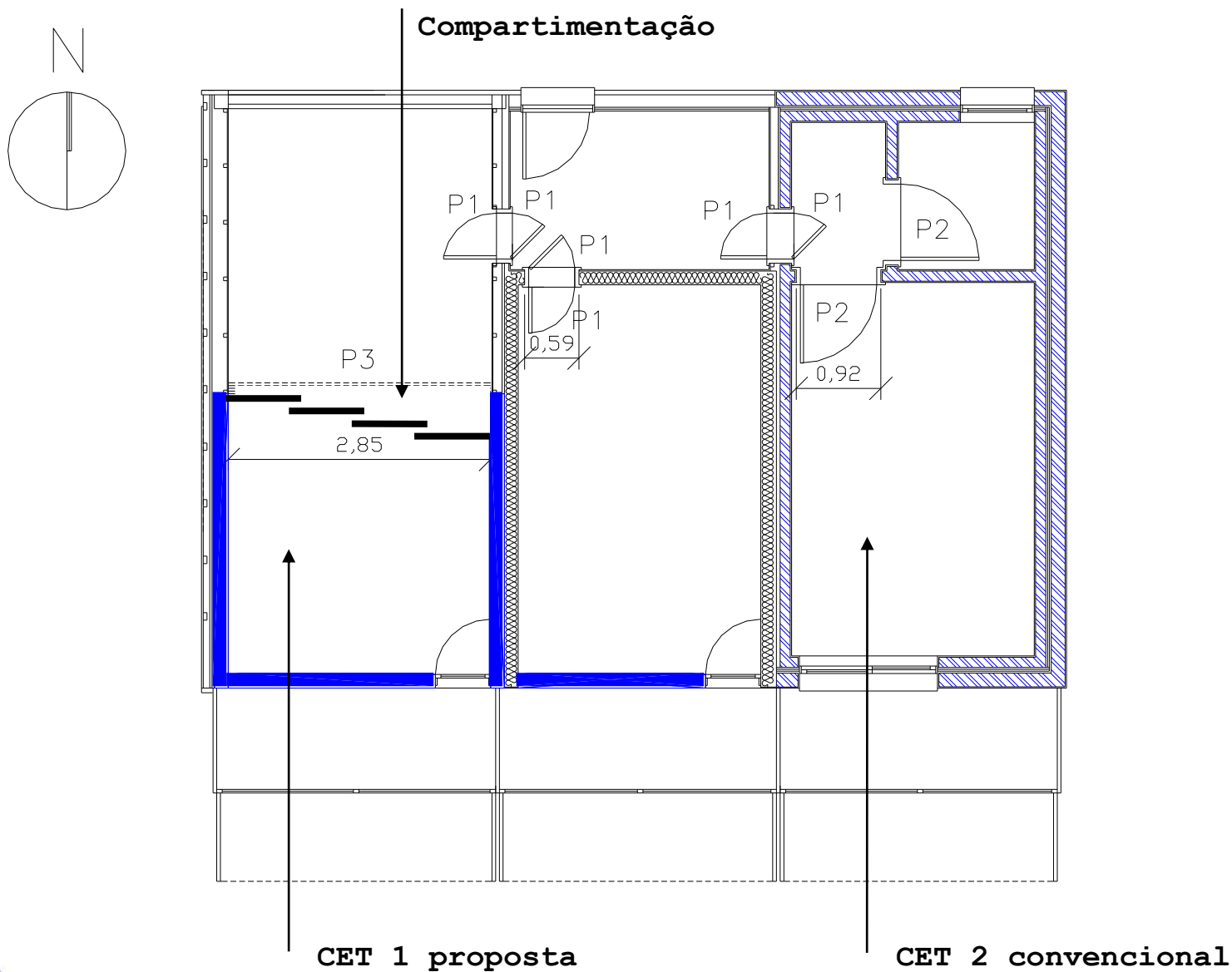


N

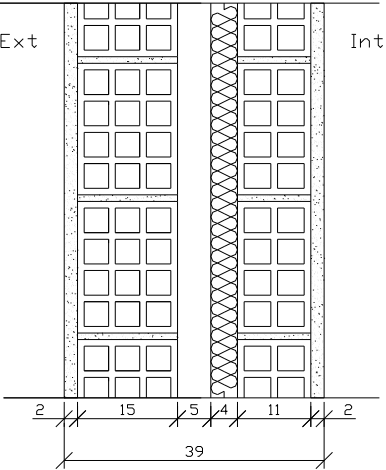


O



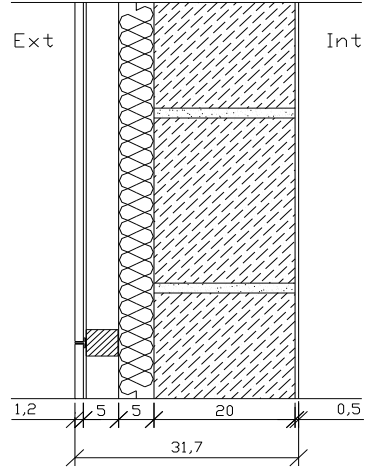


Reboco
+ Tijolo furado
+ Caixa de ar
+ Poliestireno extrudido
+ Tijolo furado
+ Reboco



Parede dupla pesada PD1.2/15

Placas aglomerado madeira/cimento
+ Caixa de ar
+ Aglomerado negro de cortiça
+ Adobe
+ Cal



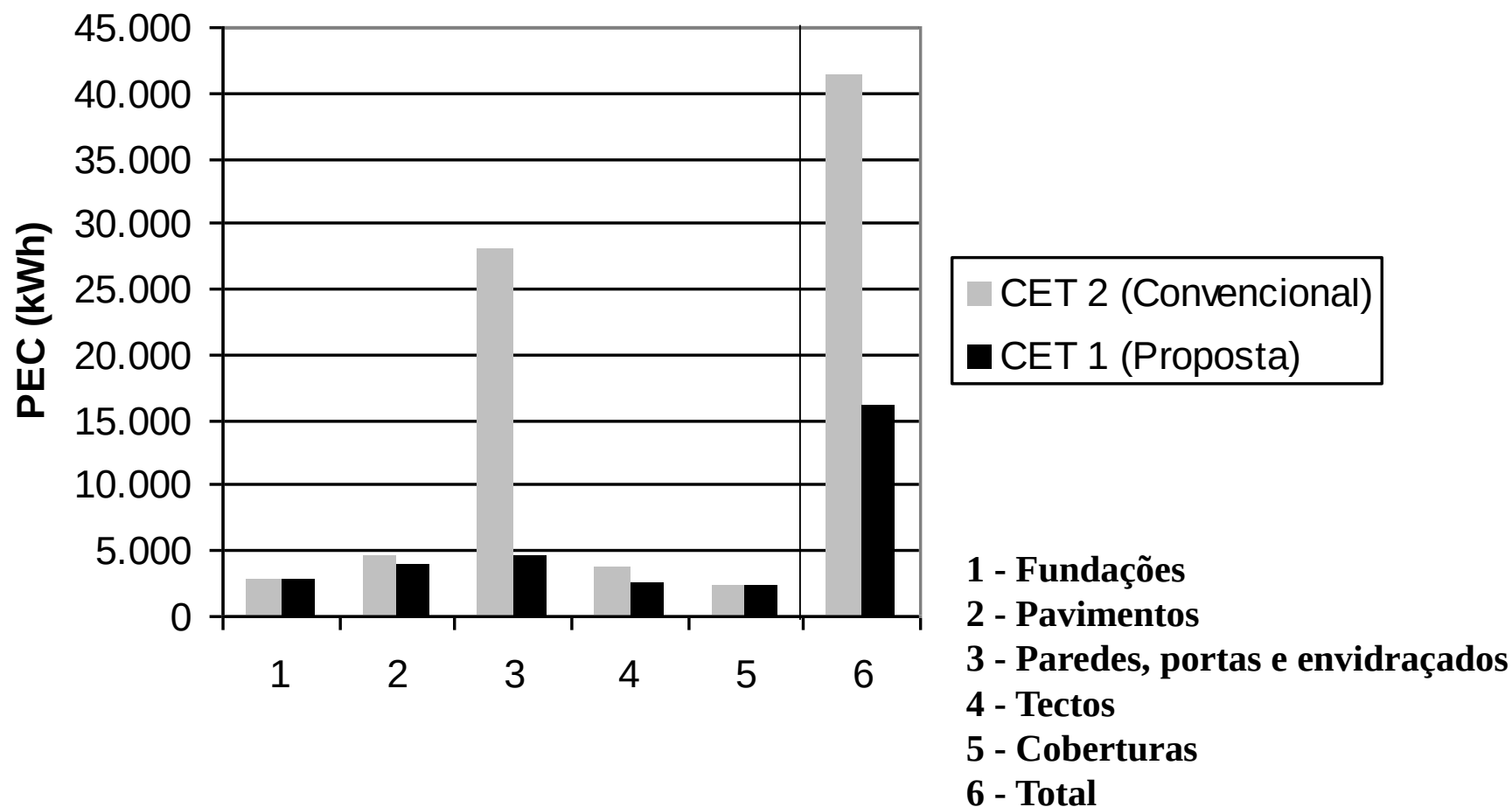
Parede mista PMD2.1/15



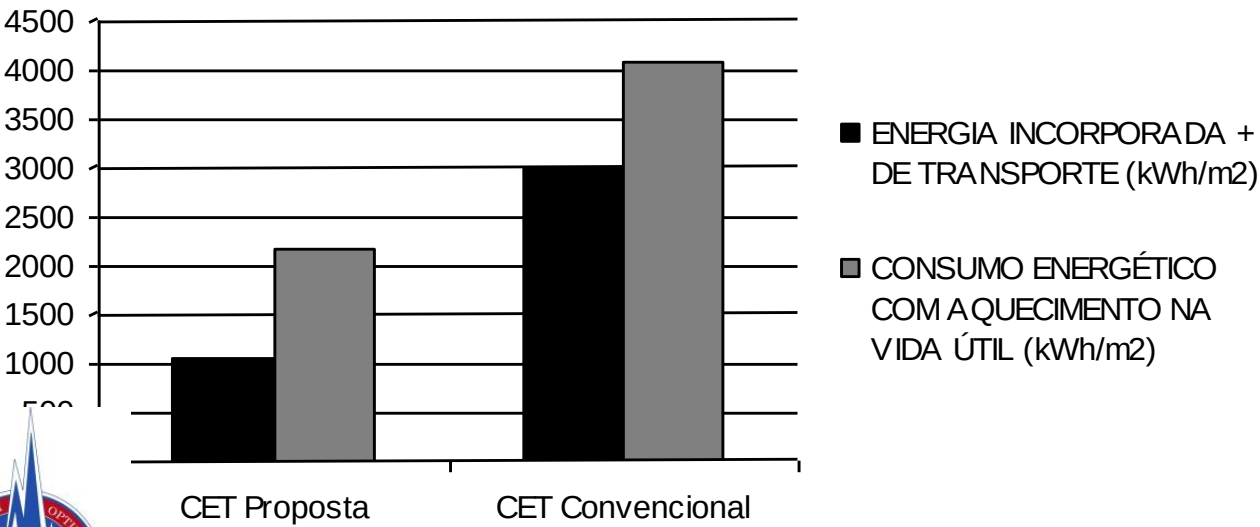
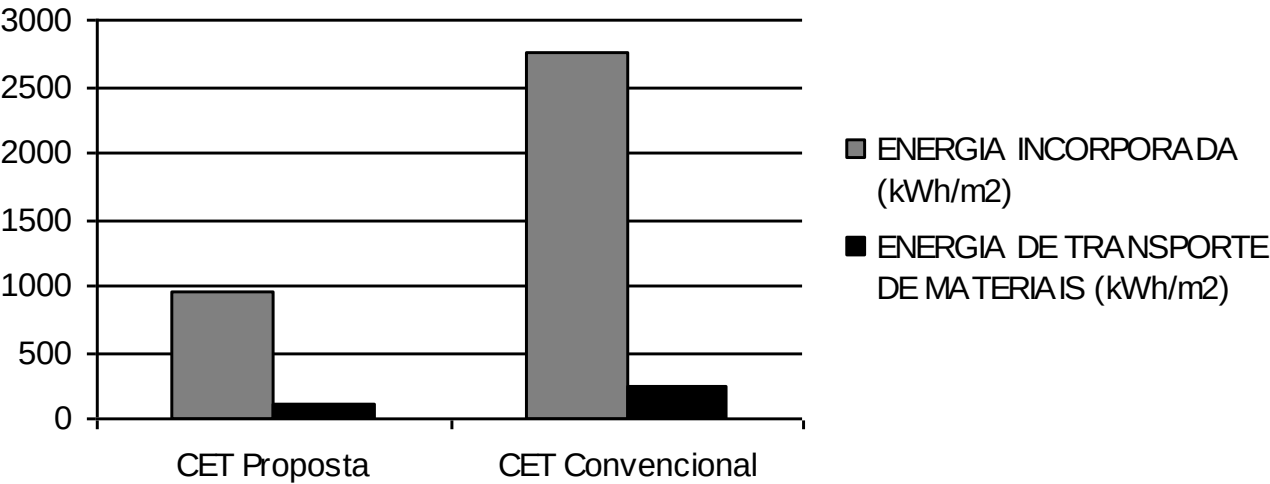
Parede tipo	Peso específico [kg/m²]	D _{n,w} [dB (A)]	Custo total da Parede na CET 2 [€/m² de a.u.p.*]
PD1.2/15	313	51	2.439
PMD2.1/15	257	53	2.139

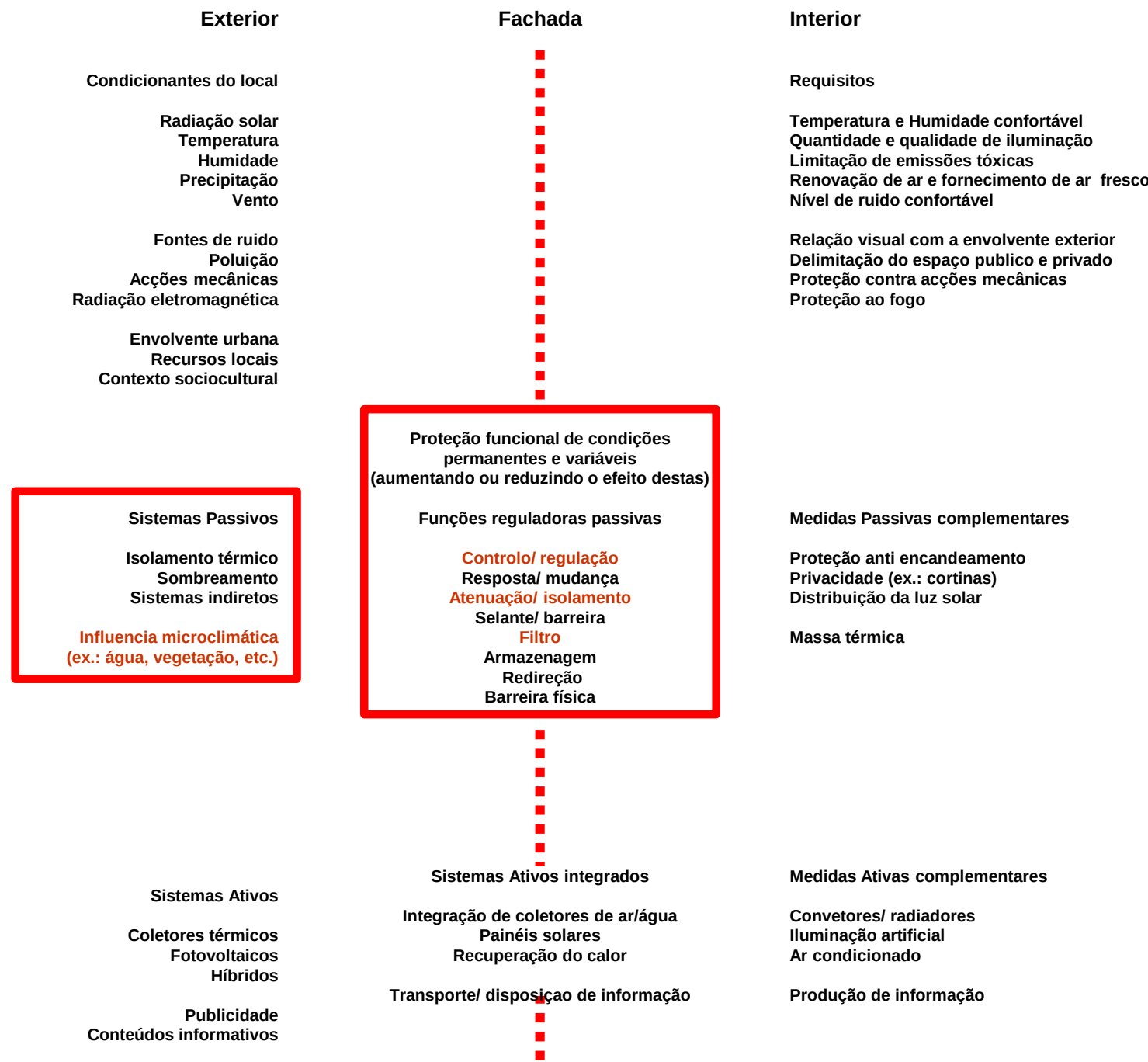
* a.u.p. – área útil de pavimento

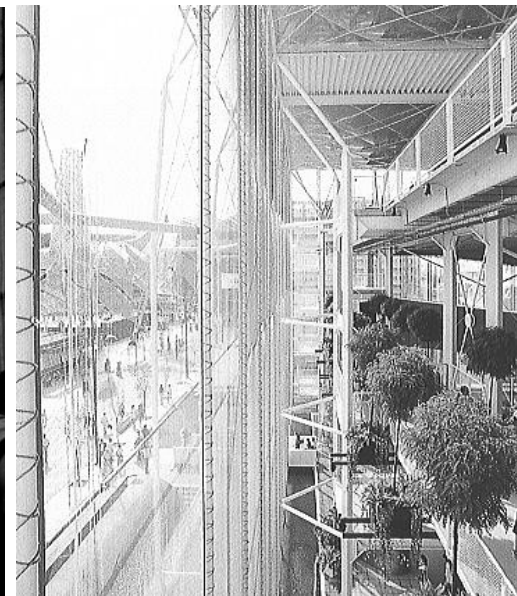
Energia incorporada dos materiais utilizados nas CET Proposta e Convencional, por posicionamento dos elementos

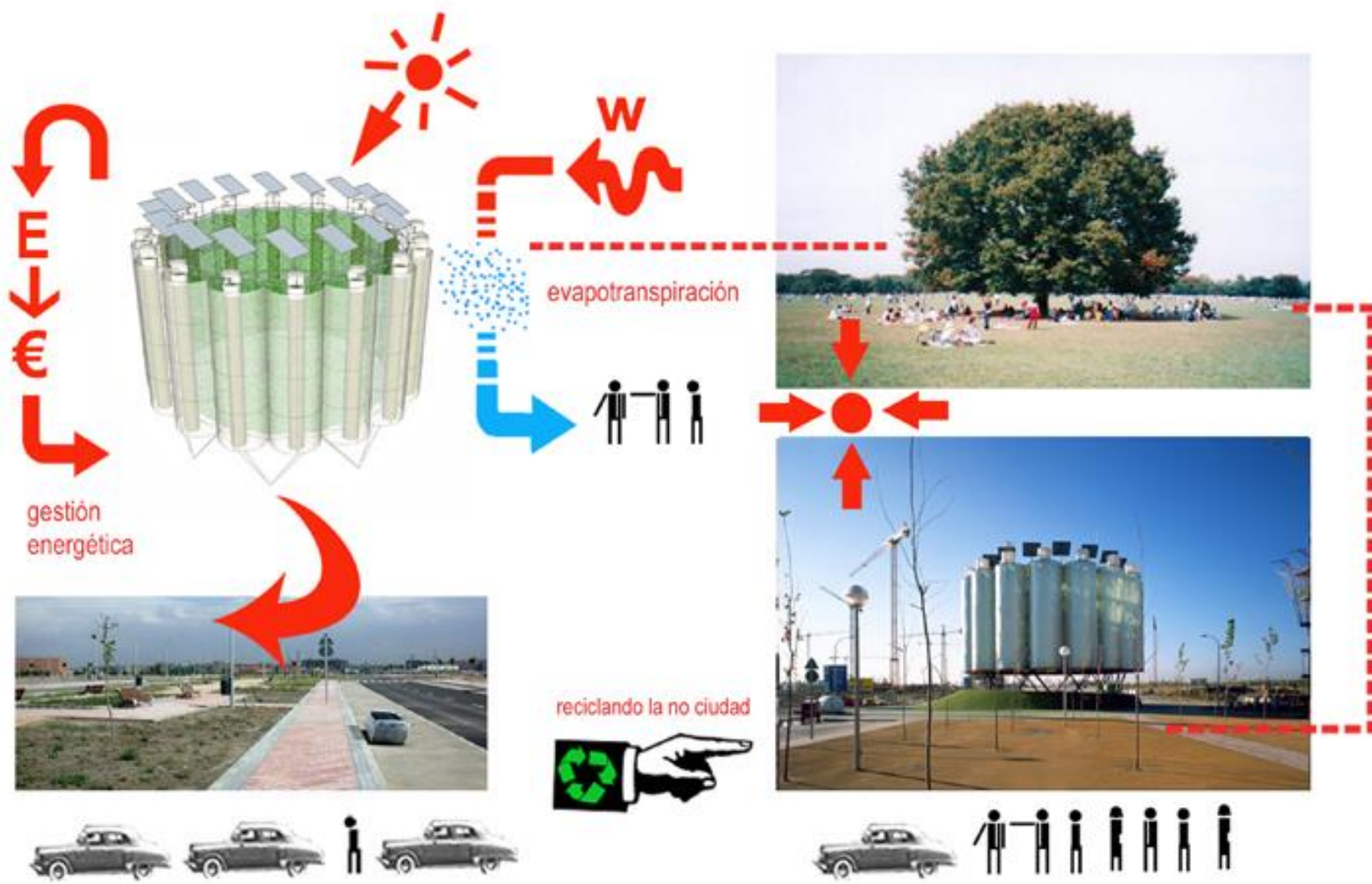


Evolução dos consumos ao longo da vida útil das duas CET

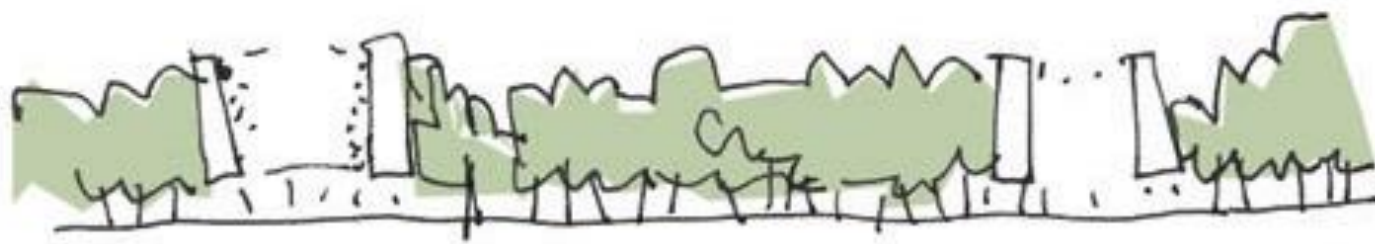
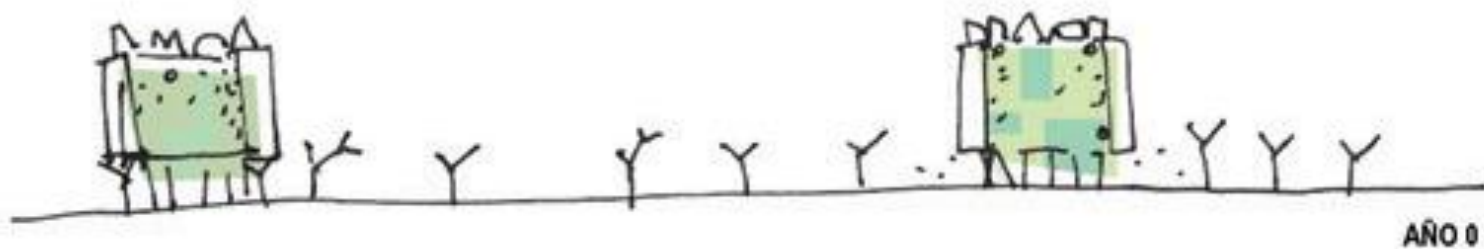
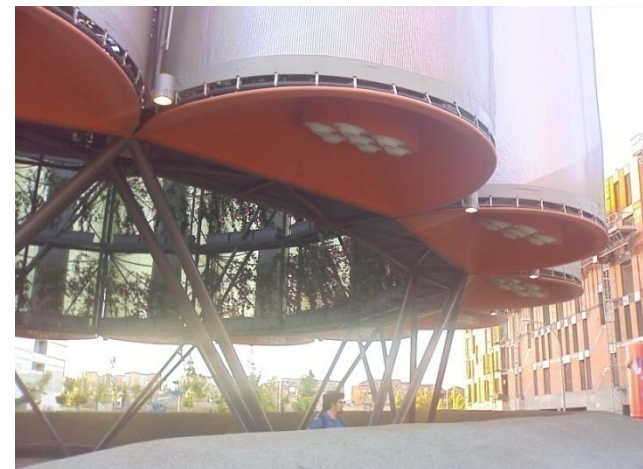
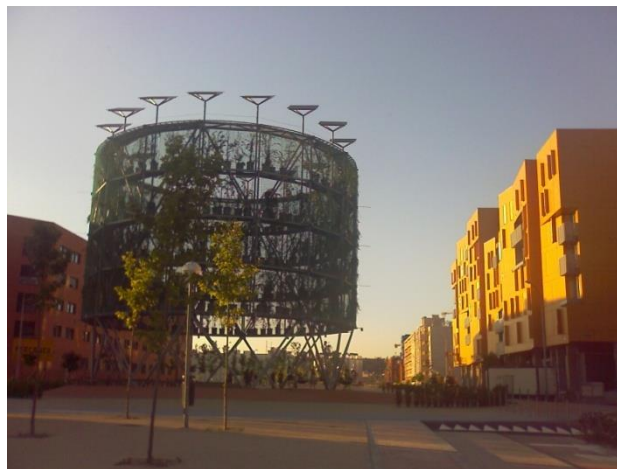








2 Influencia microclimática

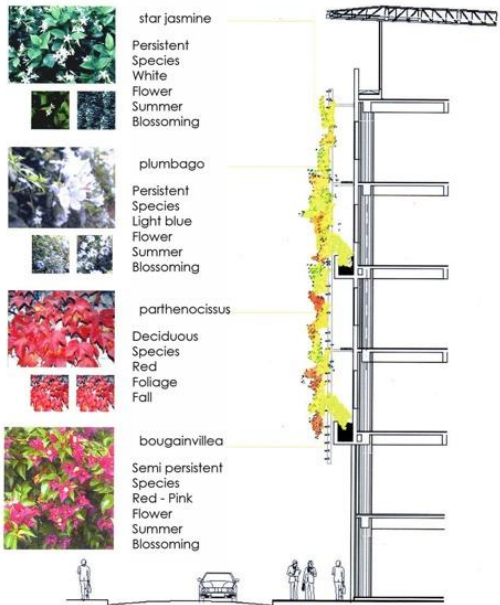
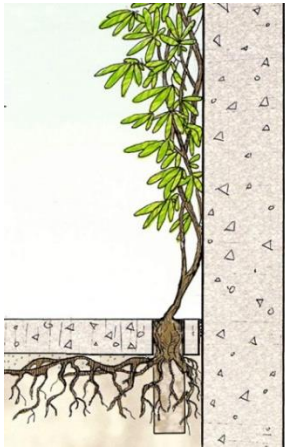
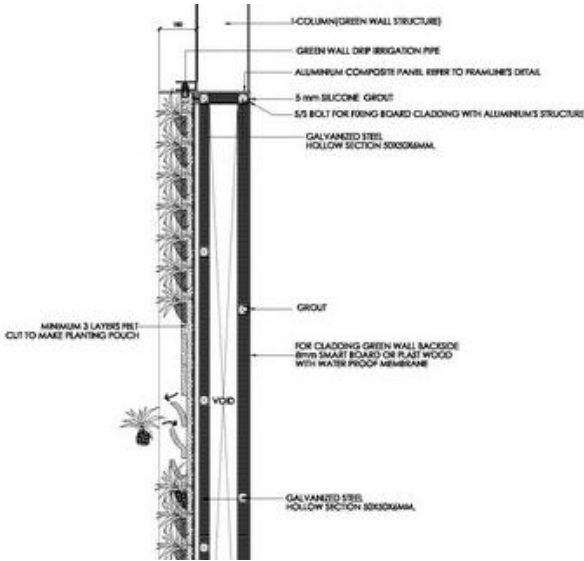


Fachadas verdes

Modulares (pequenos
contentores com terra
ou em hidroponia)

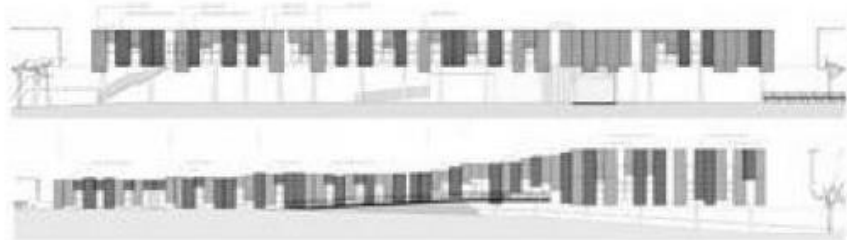
Estruturais (Floreiras com terra)

Tradicional
(Raíz no solo)



West School Complex (1997)

Duncan Lewis



Jardim vertical, CCVF, Guimarães (2008)

Disciplina de Seminário, Lic. Arq., UM



Propriedades dos envidraçados exteriores e outros materiais transparentes e translúcidos

	Transmissão Luminosa Tv	Peso próprio (kg/m ²)	Energia incorporada (kWh/m ²)	Fator solar g	Coefficiente U [W/m ² °C]	Isolamento Sonoro Rw	Durabilidade ***
Vidro simples incolor 5mm	89%	12,5	68,8 **	0,87	5,80	30	40 a 70anos
Vidro duplo incolor 6+(12)+4mm	80%	25,0	137,5 **	0,78	2,90	33	40 a 70anos
Vidro duplo c/ baixa emissividade 6+(16)+4mm	79%	25,0	137,5 **	0,63	1,40	33	40 a 70anos
Vidro duplo c/ baixa emissividade 6+(16)+4mm (argon na caixa-de-ar)	79%	25,0	137,5 **	0,63	1,20	33	40 a 70anos
Vidro duplo com aerogel (Okalux Okagel) 4+(30)+4mm ****	59%	40,1	103,5 ***	0,61	0,60	52	40 a 70anos
Vidro duplo com aerogel (Okalux Okagel) 4+(60)+4mm ****	45%	40,2	104,9 ***	0,54	0,30	>52	40 a 70anos
Painel GFRP (Scobatherm Nanogel Translucent) 50mm	23%	12,0	293,2 ***	0,26	0,40	27	30 a 50anos
Polimetilmetacrilato PMMA 4mm *****	92%	4,8	276,4 ***	0,85	5,40	26	34 a 50anos
Polimetilmetacrilato alveolar PMMA (Plexiglas Alltop) 16mm *****	82%	5,0	287,9 ***	0,91	2,50	22	30 a 50anos
Polycarbonato maciço (Makrolon GP) 4mm *****	85%	4,8	150,5 ***	0,88	5,40	21	33 a 50 anos
Polycarbonato alveolar (Makrolon multi-UV 3X/16-25) 16mm *****	66%	2,5	78,4 ***	0,62	2,00	18	33 a 50 anos
Polycarbonato alveolar (Makrolon multi-UV 5M/40-20) 40mm *****	47%	4,2	131,7 ***	0,47	1,00	19	30 a 50anos

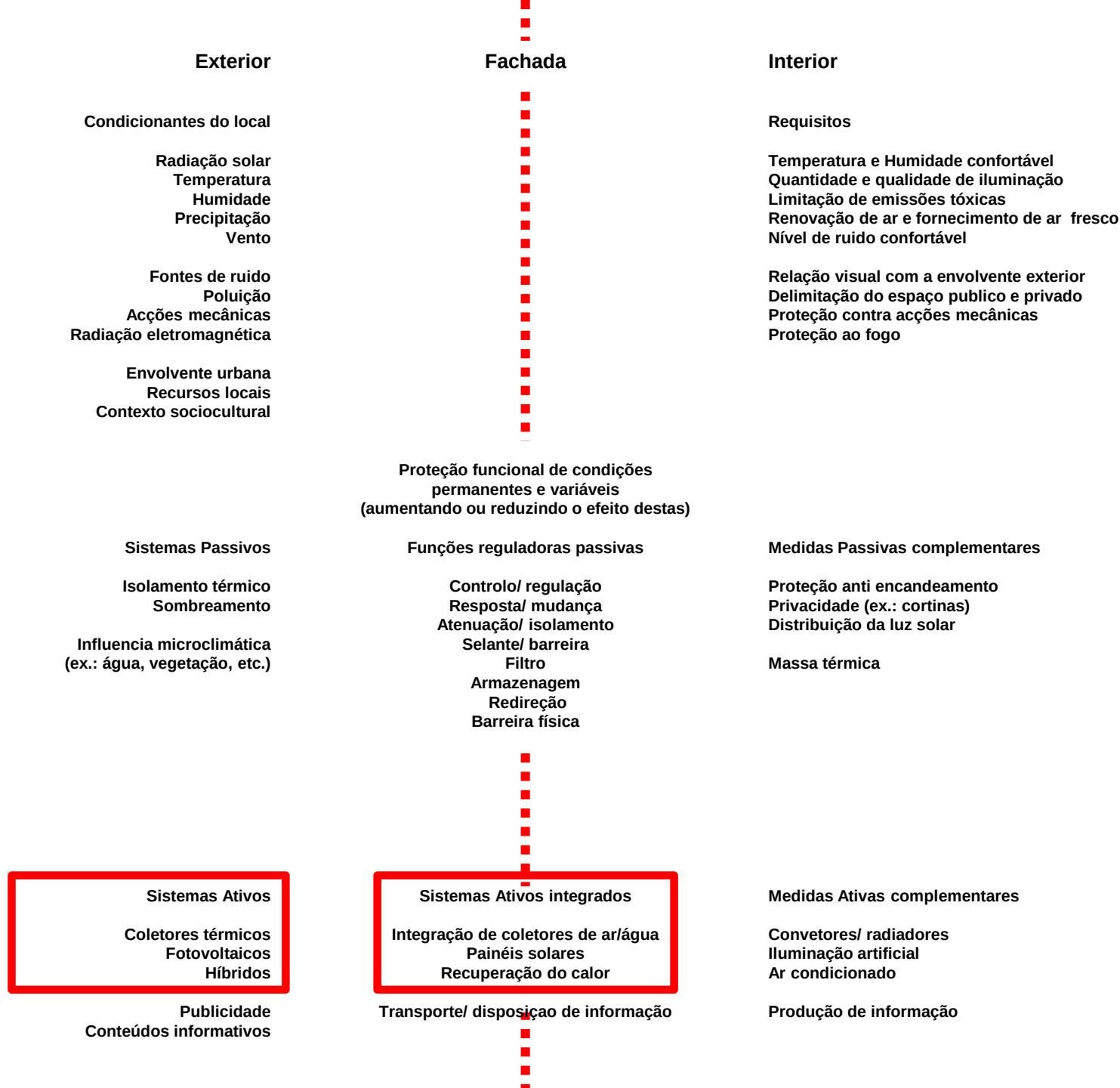
**Mumma, Tracy

***<http://perigordvacance.typepad.com/files/inventoryofcarbonandenergy.pdf>

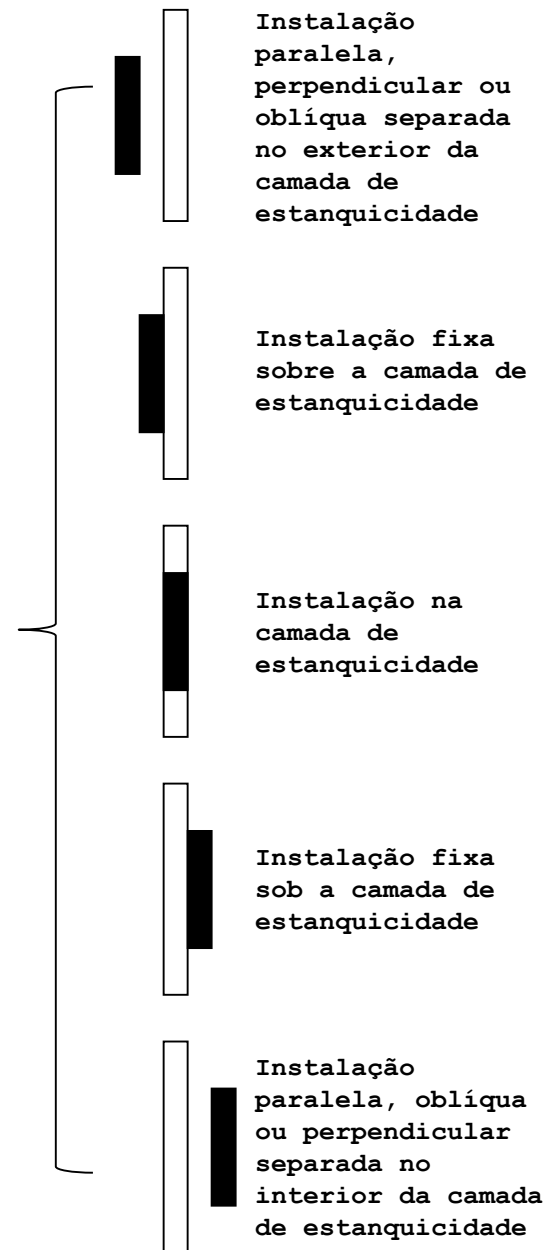
****<http://www.okalux.de>

*****Knippers et al.

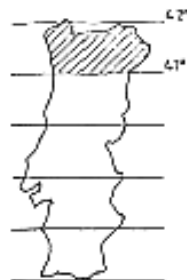




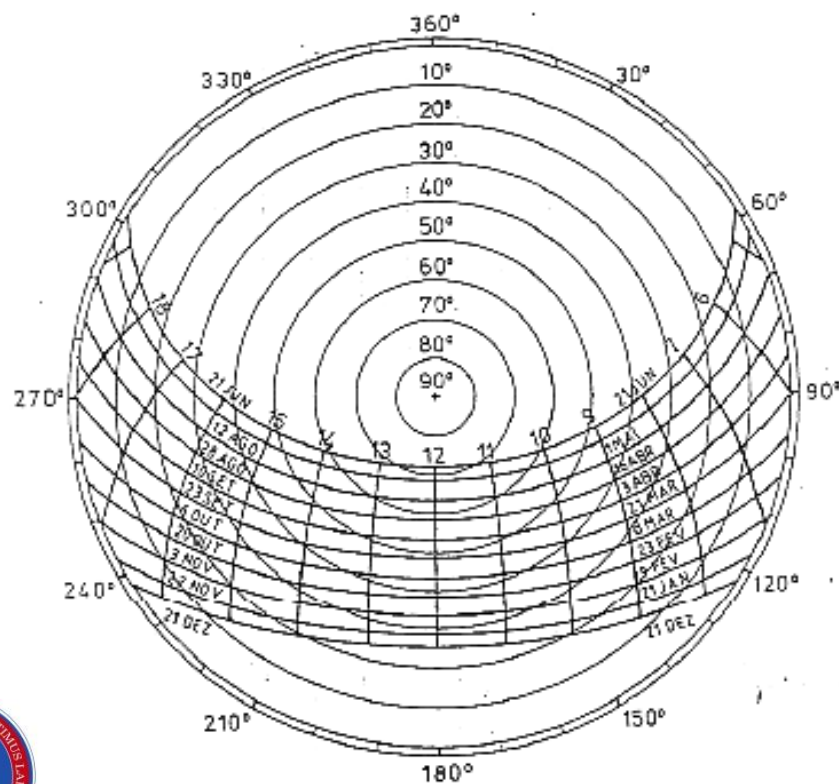
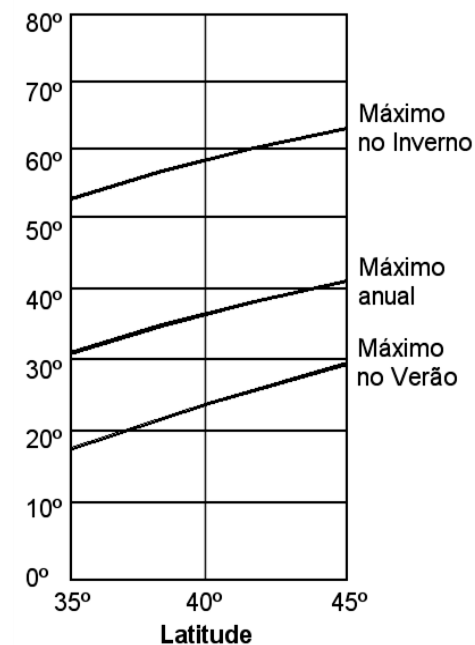
Posicionamento dos Painéis solares térmicos ou fotovoltaicos em relação à camada de estanquicidade da fachada



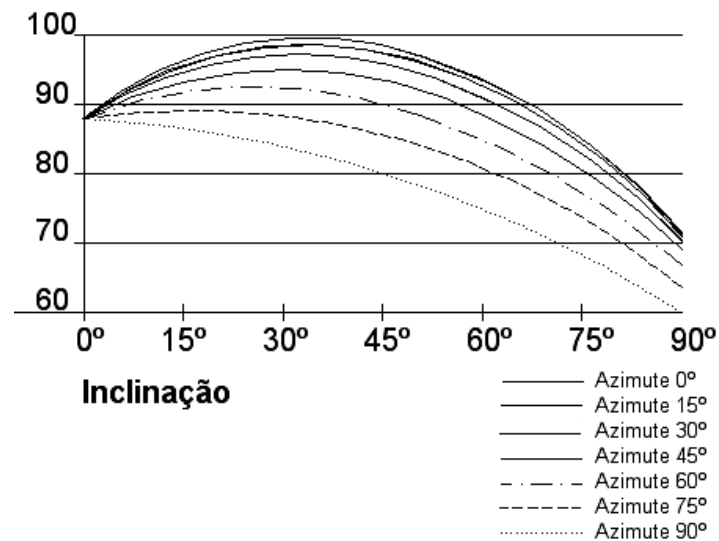
Rendimento dos painéis solares em função da inclinação, latitude e azimute

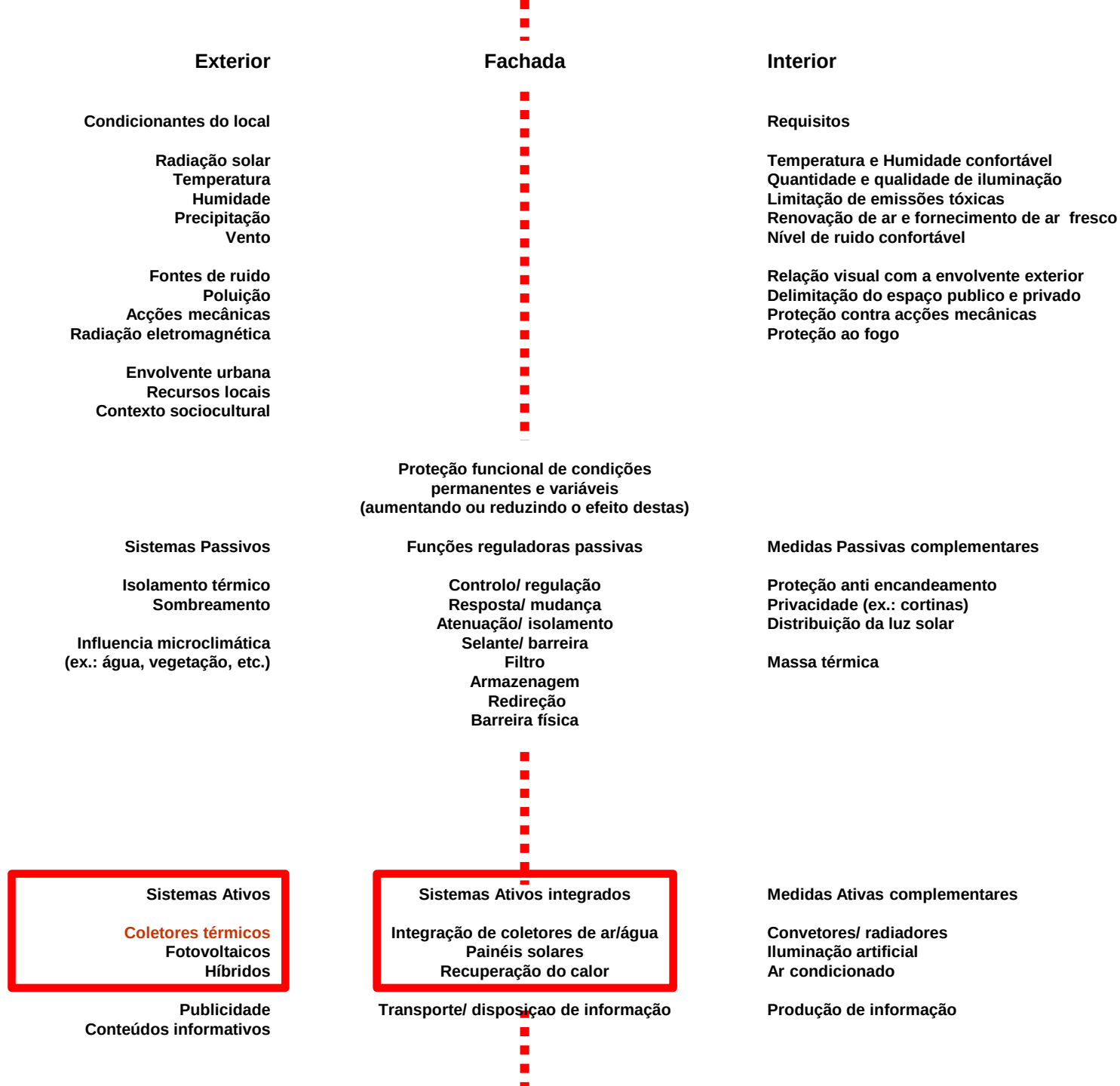


Inclinação



Rendimento (%)



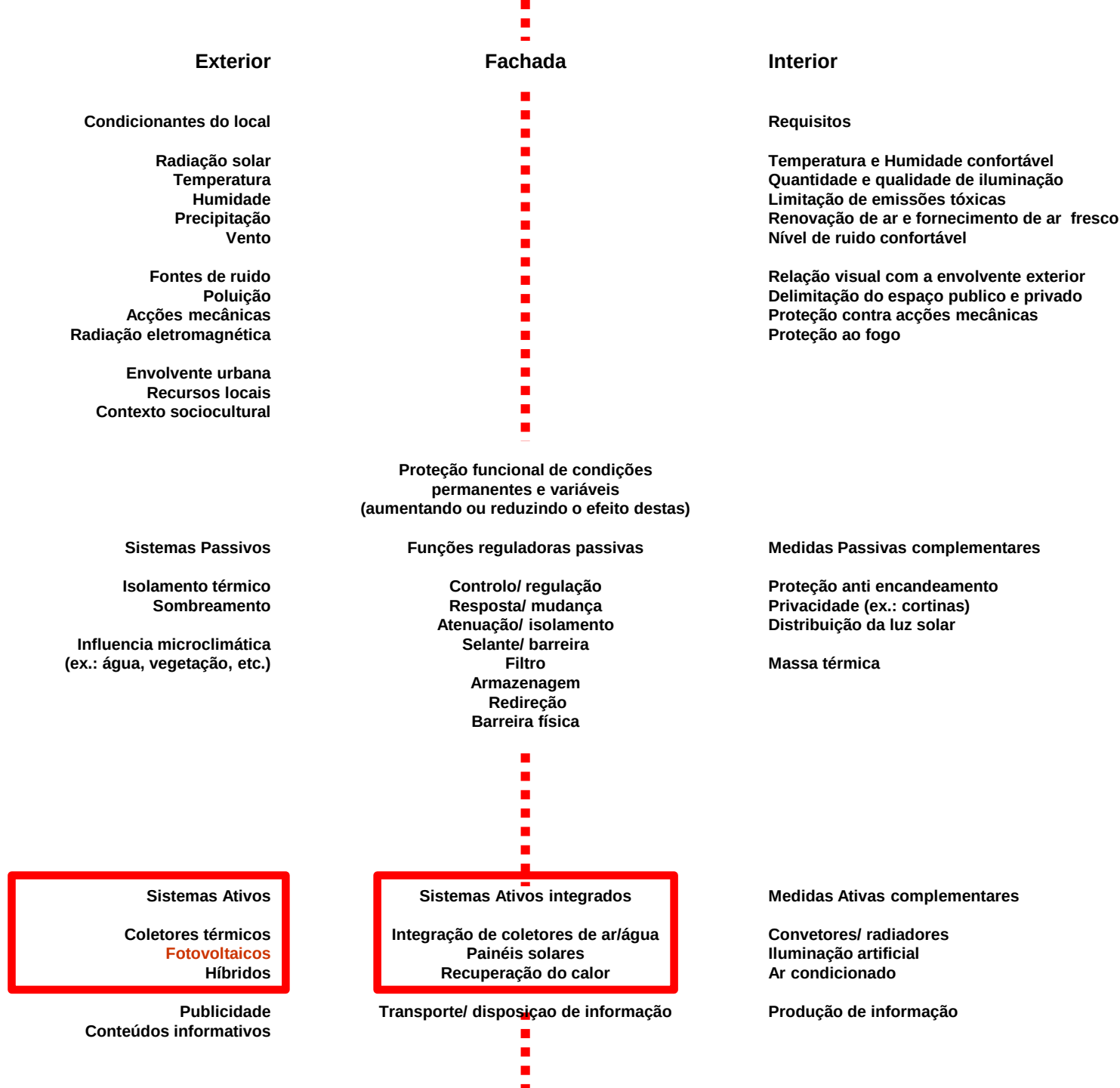


A inclusão de instalações de sistemas de painéis solares térmicos para AQS no RCCTE a partir de 2006, seguindo uma orientação da Directiva 2002/91/CE, lançou novos desafios de integração arquitectónica para este tipo de equipamentos

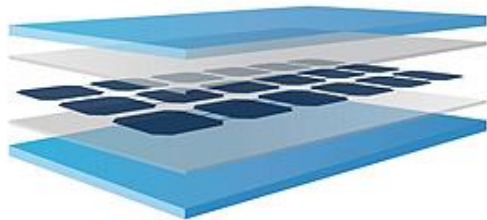




Philippon - Kalt
Architectes Urbanistes
17 Logements Sociaux a Paris 18

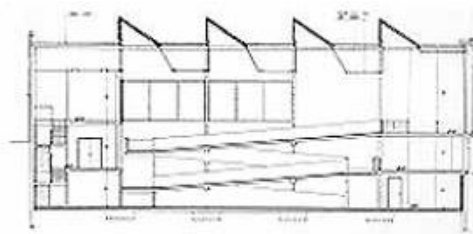


Fachada cortina dupla com câmara de ar ventilada (vidro exterior laminado com módulos PV integrados em vidro laminado)

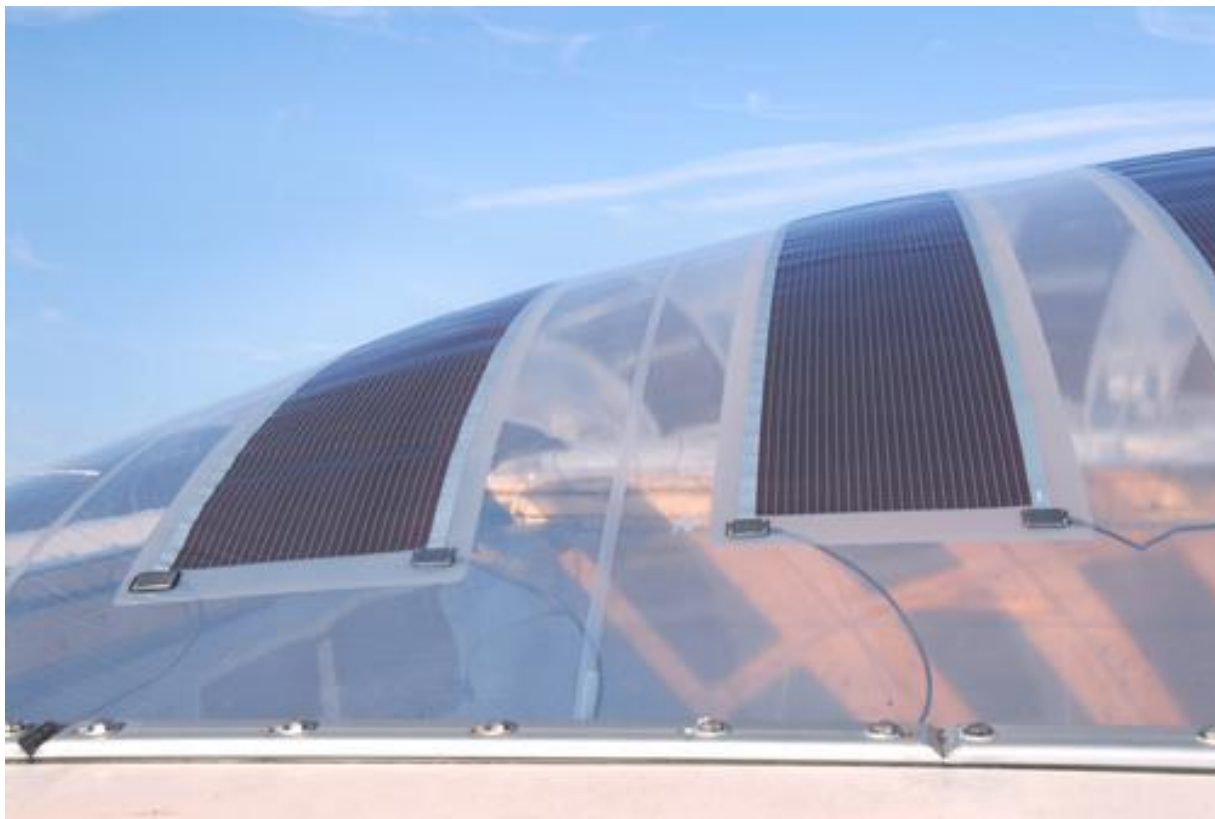
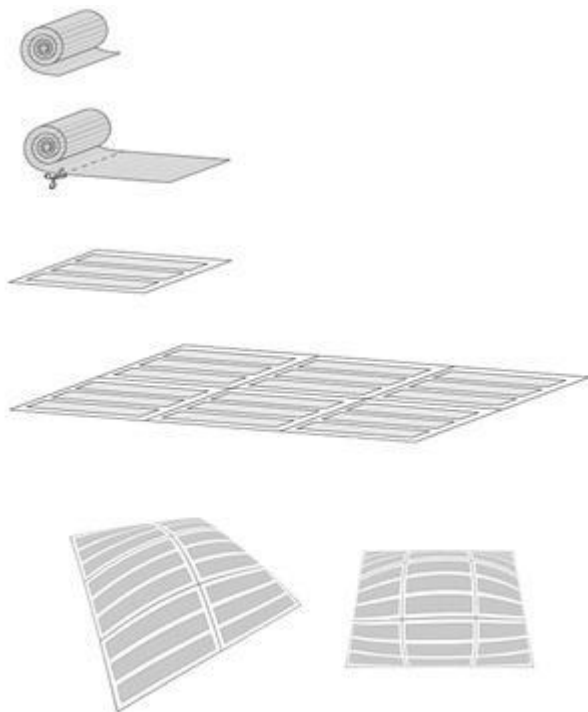


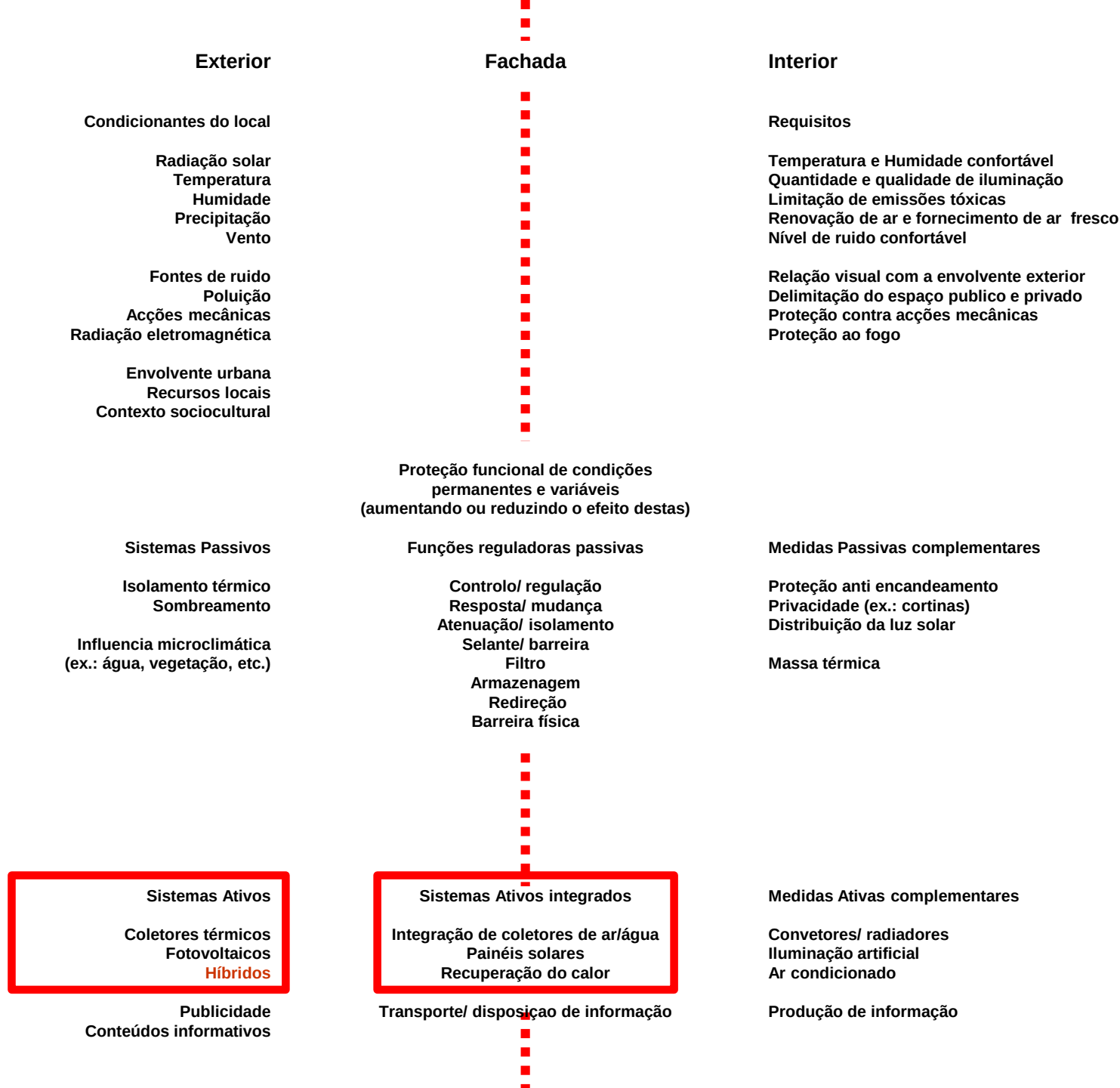
Biblioteca Pompeu Fabra
Mataró, Barcelona (1997)
Miquel Brullet

300m² de painéis na fachada e
300m² de painéis na cobertura
Potência instalada 52kWp
Produção anual 50MWh (ligada à rede)









Painéis ativos híbridos

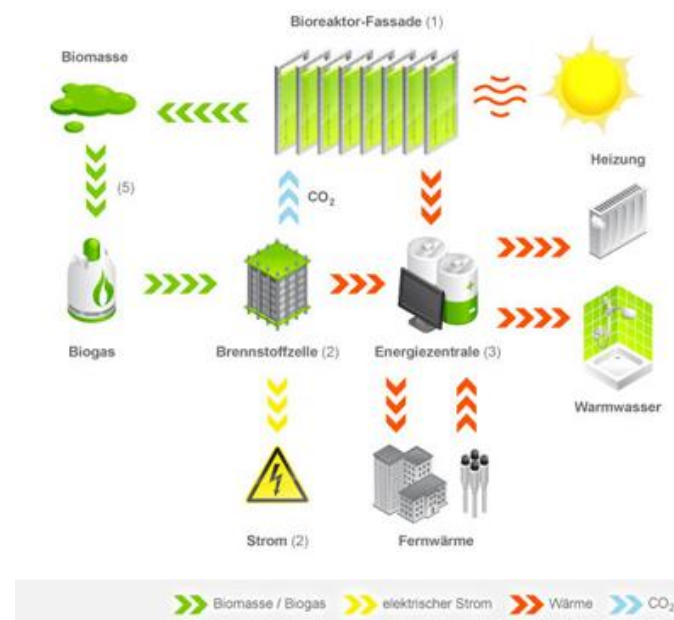
Colector solar térmico + fotovoltaico

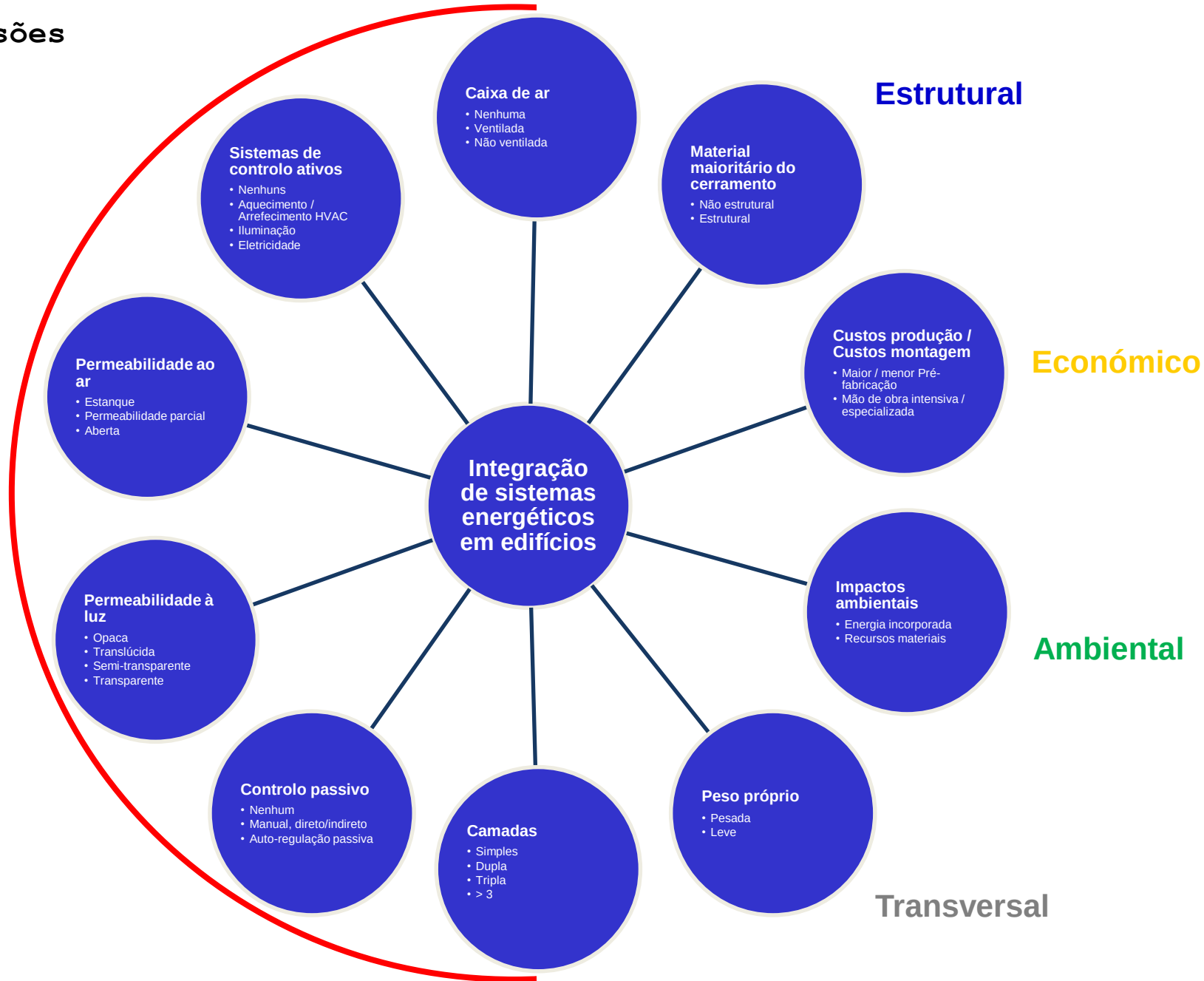


Virtu Hybrid Solar Panel



Edifício BIQ (Bio Intelligent Quotient), Hamburg (2013) Arup + SSC Strategic Science Consultants + Splitterwerk Architects





Obrigado!

