



PERSPECTIVAS DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

PROF. RICARDO RÜTHER
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
&
INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ENERGIAS
ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA - IDEAL



Eletricidade Solar

Conversão fotovoltaica

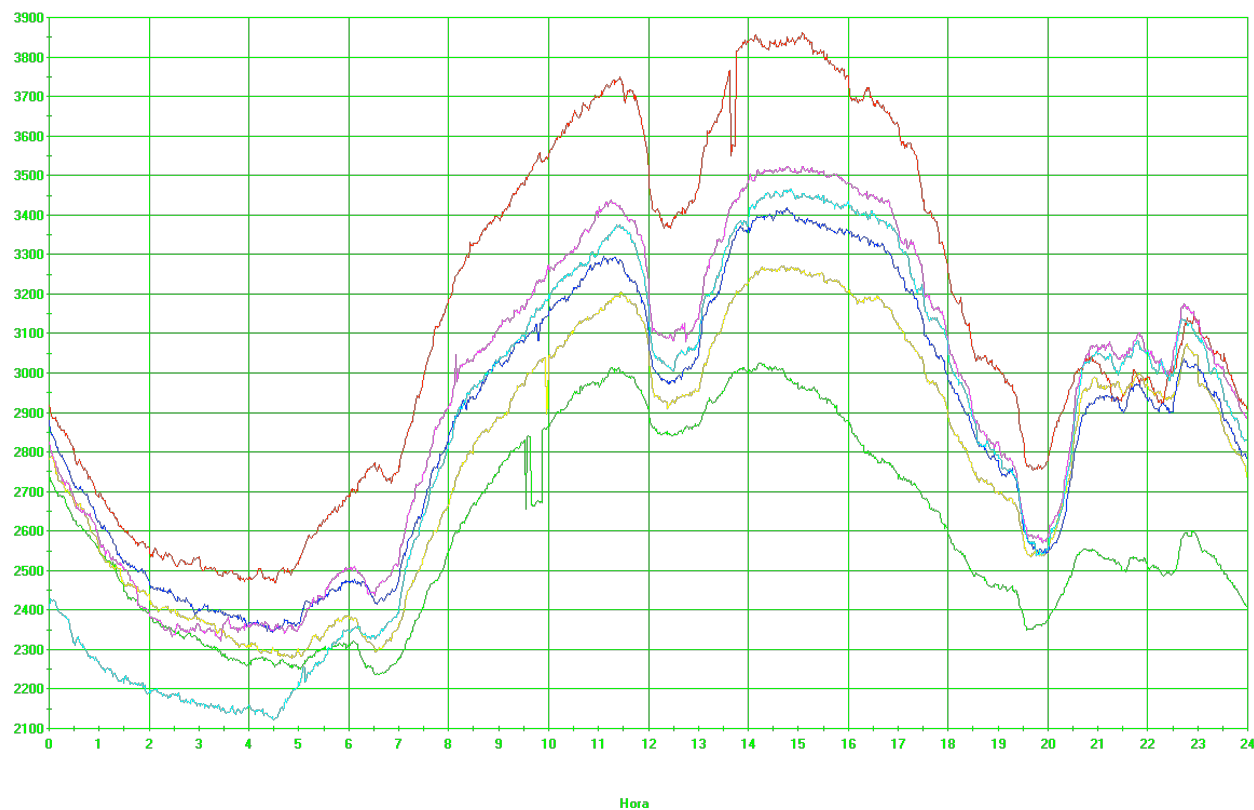


D.M. Chapin, C.S. Fuller & G.L. Pearson, 1954. A New Silicon p-n- Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power. Journal of Applied Physics, vo. 25, p. 676-677.



A curva de carga do sistema elétrico brasileiro esta se modificando

— 24/01/2012 - (PI) ESTD_SC\$TOT\$CARGA_SC_CALC\$MW - VALUE
— 23/12/2011 - (PI) ESTD_SC\$TOT\$CARGA_SC_CALC\$MW - VALUE
— 22/12/2011 - (PI) ESTD_SC\$TOT\$CARGA_SC_CALC\$MW - VALUE
— 21/12/2011 - (PI) ESTD_SC\$TOT\$CARGA_SC_CALC\$MW - VALUE
— 20/12/2011 - (PI) ESTD_SC\$TOT\$CARGA_SC_CALC\$MW - VALUE
— 19/12/2011 - (PI) ESTD_SC\$TOT\$CARGA_SC_CALC\$MW - VALUE





Qual o potencial da geração solar?

Comparação com a geração hidrelétrica

- Usina Hidrelétrica de ITAIPU:

1350 km² (Lago de Itaipu) = **14 GW** = **80 to 90 TWh / ano**
20% da eletricidade consumida no Brasil em 2013

- Cobrindo o lago de ITAIPU com um grande gerador fotovoltaico:

(eficiência de 10%, irradiação solar do local da usina)

Gerador solar de 1350 km² de área = **135 GWp** = **202 TWh / ano**
45% da eletricidade consumida no Brasil em 2013

Área da ilha de Florianópolis = 424,4 km²



Geração centralizada x geração distribuída (GD)





Geração centralizada x geração distribuída (GD)





Geração centralizada x geração distribuída (GD)

PAOLO VI AUDIENCE HALL



Cidade do Vaticano





Geração centralizada x geração distribuída (GD)

A CASA NOVA DE GISELE BÜNDCHEN



Foto aérea mostra a casa da top Gisele Bündchen e do marido, Tom Brady, que encontra-se em fase de conclusão; imóvel foi avaliado em 25 milhões de dólares



Geração centralizada x geração distribuída (GD)

CASA EFICIENTE ELETROSUL/UFSC

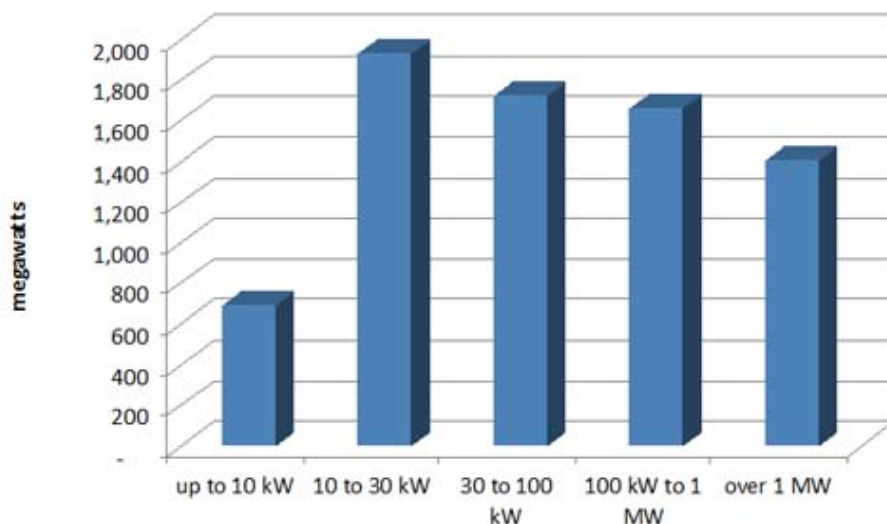




A primeira etapa da utilização da geração solar fotovoltaica é a integração nas edificações

A Alemanha já tem mais de 1,3 milhão de usinas fotovoltaicas distribuídas
A maioria delas (80%) é de pequeno porte (≤ 1 MW)
A maioria delas está conectada na baixa tensão

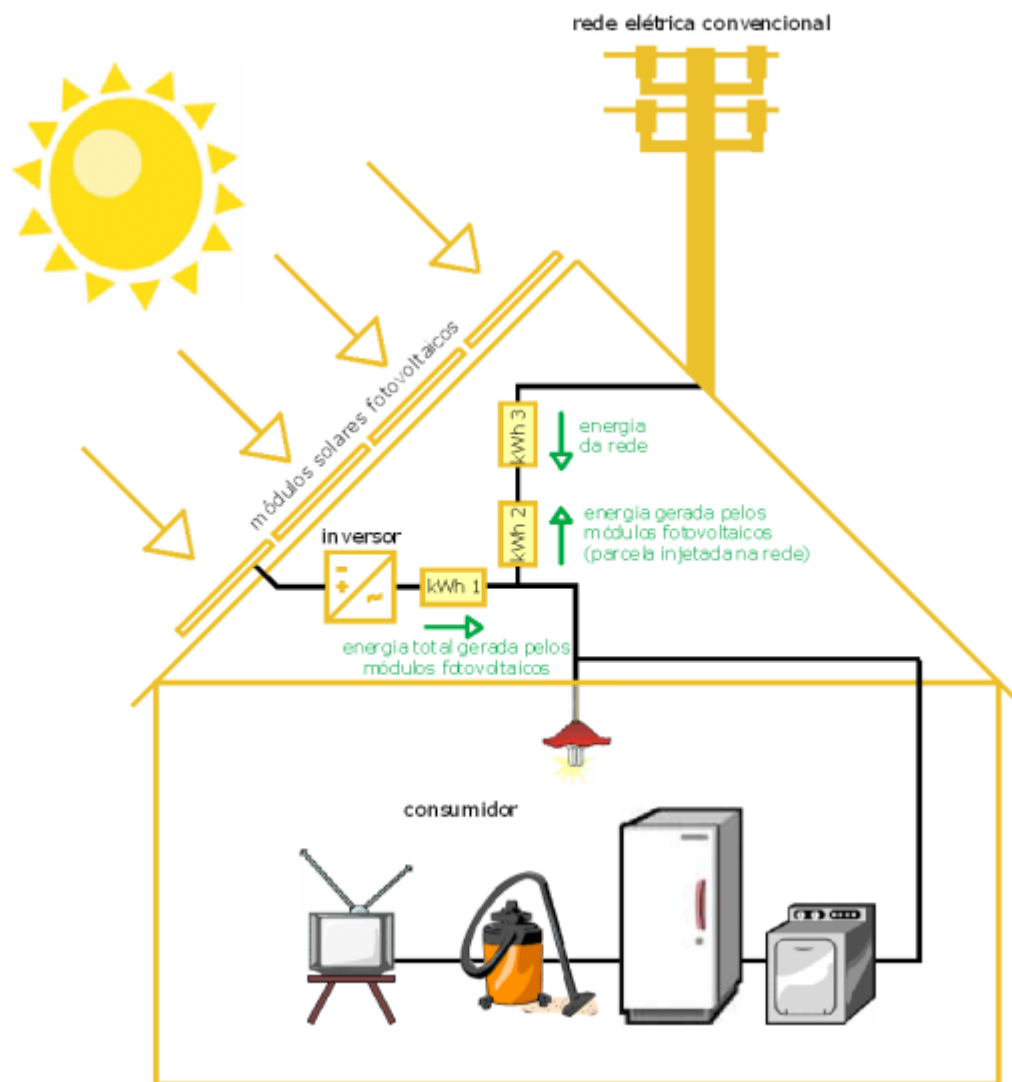
German Solar PV Capacity Installed in 2010



German 2010 Solar PV Installations Size Range

Size	Capacity MW	Systems	Capacity %
up to 10 kW	688	106,737	9%
10 to 30 kW	1,929	103,020	26%
30 to 100 kW	1,722	32,466	23%
100 kW to 1 MW	1,666	7,088	22%
over 1 MW	1,404	534	19%
Total	7,408	249,845	

COMPETITIVIDADE COM A TARIFA RESIDENCIAL



Modelo adotado no Brasil – REN 482/2012 (potência até 1 MW):

- Sistema de compensação de energia (*net metering*)
- Conexão na rede através da Unidade Consumidora
- Injeta o excedente na rede elétrica e pode usar este crédito em até 3 anos

Como Fazer



<http://www.americadosol.org/guia-de-microgeradores-fotovoltaicos/>

OPÇÕES TECNOLÓGICAS: USINAS E TELHADOS

Existem 7 tecnologias comercialmente disponíveis, que apresentam distintas eficiências:

1) CPV (InGaP/GaAs/Ge): 53.5 m²

13.44 kWp (4m²/kWp)

820 Suns (38.5% eff)

0.1° tracking accuracy

2) mono-Si: 58.8m²

9.36kWp (6.3m²/kWp)

3) multi-Si: 64.3m²

9.165kWp (7m²/kWp)

4) a-Si: 140.7m²

9kWp (15.6m²/kWp)

5) a-Si/μc-Si: 100m²

9.088kWp (11m²/kWp)

6) CdTe: 80.6m²

8.96kWp (9m²/kWp)

7) CIGS: 81.5m²

9.12kWp (8.9m²/kWp)

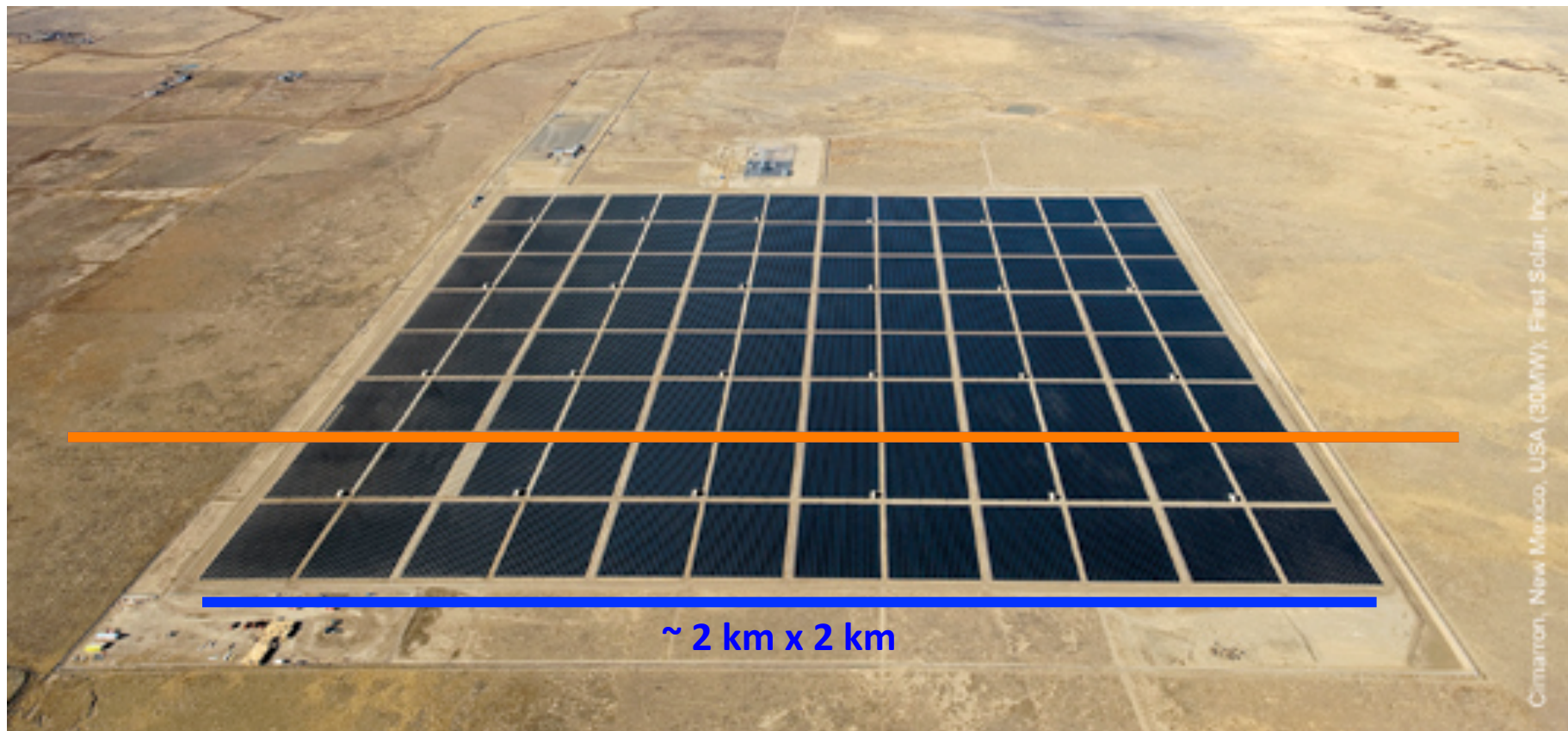




A questão da eficiência!



A questão da eficiência!



**First Solar Desert Center-CA, 550 MWp (AC) – 3 years to build (~ 500 ha)
Has a 28.5% larger footprint than it would have if multi-Si were used**



A questão da eficiência!





VANTAGENS DA CONEXÃO À REDE

- ❖ **Dispensam** os bancos de baterias.
- ❖ Quando há **excedente de geração**, o mesmo é **injetado** na rede elétrica, com acúmulo de **créditos** para a unidade geradora.
- ❖ Quando a geração é **inferior ao consumo**, o déficit é **suprido** pela rede.



Munich Trade Fair Centre, 2001- 1 MWp



Vila Olímpica em Sydney, 1999 - 857 kWp



BAPV X BIPV

❖ BAPV (Building-applied photovoltaic system)

- ❖ Módulos FV instalados sobre a edificação, com características diferentes da edificação (orientação e inclinação)
- ❖ Retrofit
- ❖ Não substitui o material de vedação
- ❖ Coberturas



❖ BIPV (Building-integrated photovoltaic system)

- ❖ Módulos FV instalados sobre a edificação, com as mesmas características da edificação (orientação e inclinação)
- ❖ Pode substituir o material de vedação
- ❖ Coberturas, fachadas, brises e pérgolas



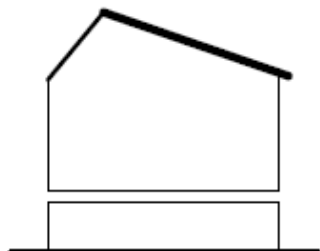


BAPV EM COBERTURAS

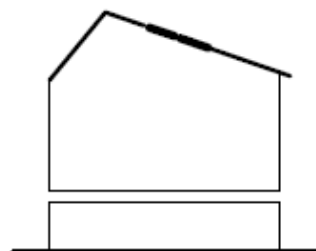




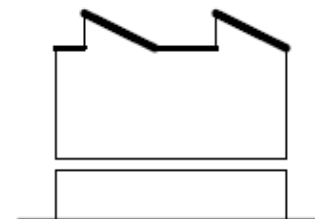
FORMAS DE INTEGRAÇÃO FOTOVOLTAICA A EDIFICAÇÕES (BIPV)



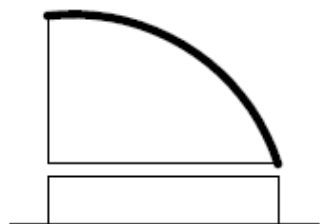
a) Integração no telhado



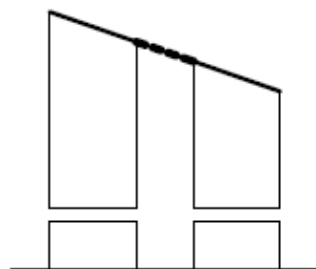
b) Sobreposição no telhado



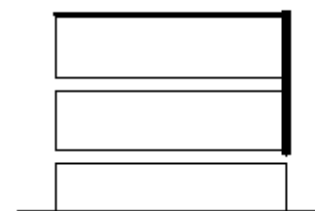
c) Aplicação em sheds



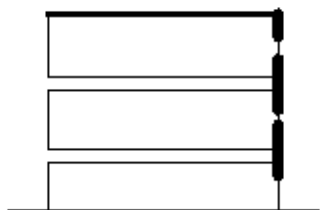
d) Parede/cobertura curva



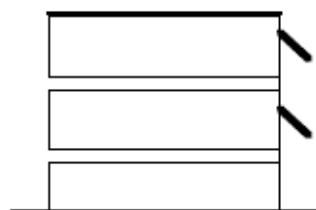
e) Átrio



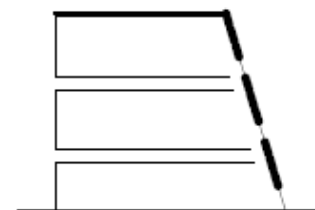
f) Fachada



g) Fachada com janelas



h) brises



i) Fachada inclinada com janelas



BIPV EM COBERTURAS



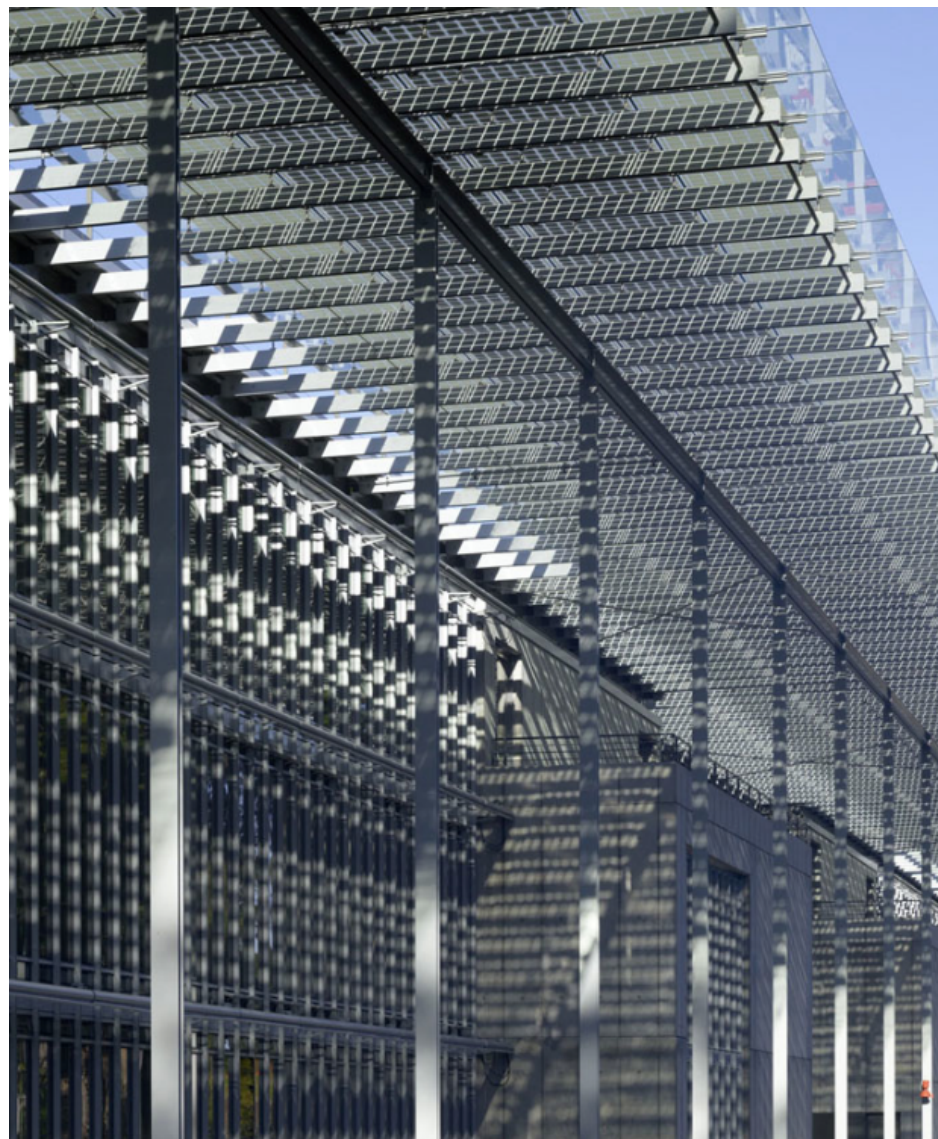
Sistema Residencial – Cingapura
44 kWp





BIPV EM COBERTURAS

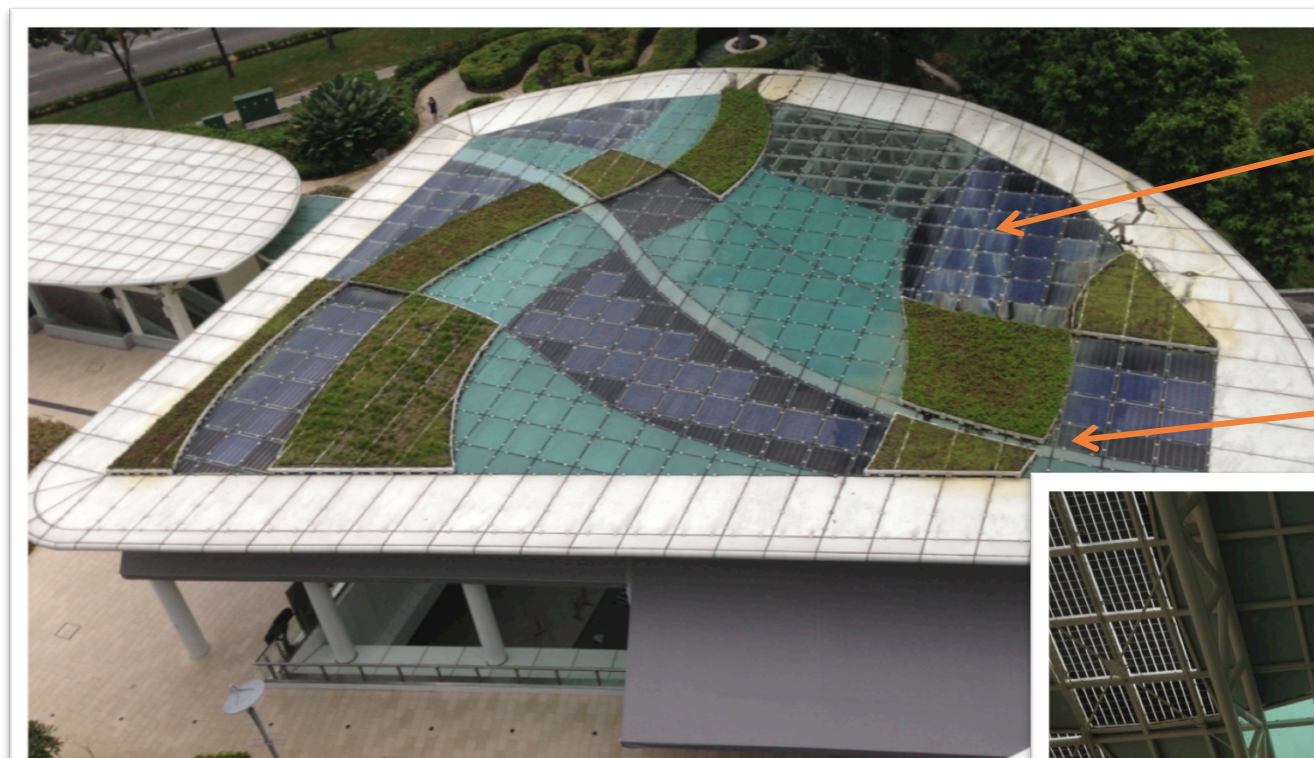
Galeria de Ciências
da Califórnia – San Francisco



Renzo Piano

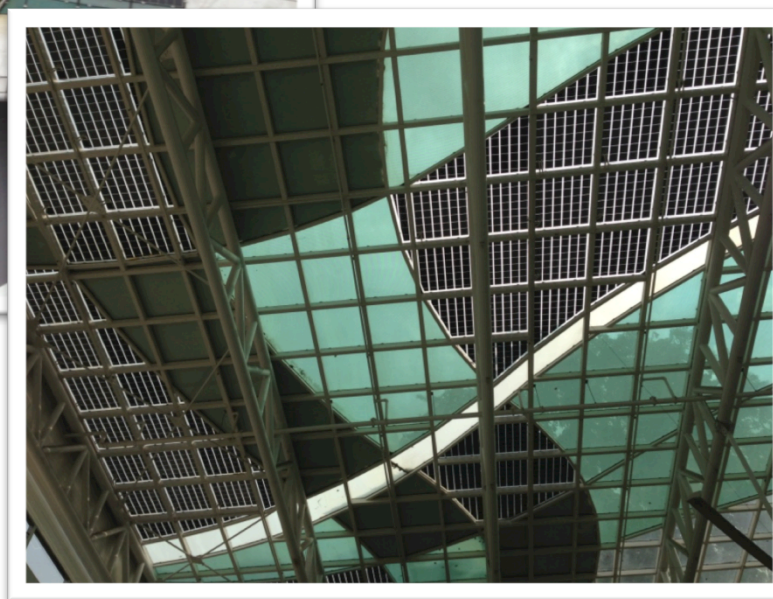


BIPV EM COBERTURAS



Módulo FV

Material semelhante
ao módulo FV para
completar o desenho



Praça coberta— Cingapura
10 kWp



BIPV EM COBERTURAS



Edifício comercial – Cingapura
72 kWp





BIPV EM COBERTURAS



Renovação da “Palmenhouse”
Munique – Alemanha
306 módulos com 35% de
transparência 27 kWp





BIPV EM COBERTURAS

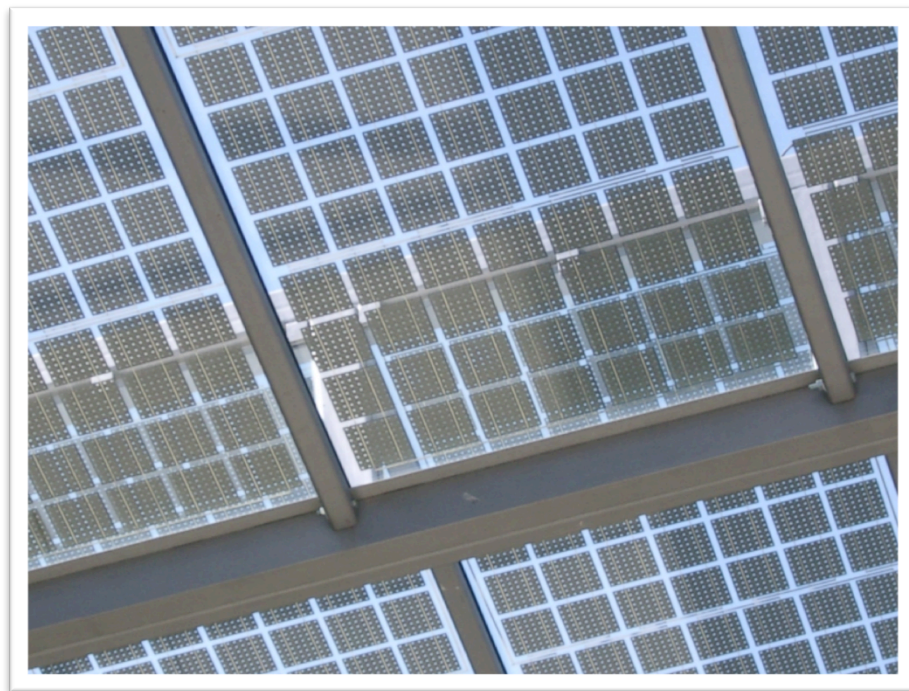


Arq. Rolf Disch projetou a cidade solar
SonnenSchiff, **em Freiburg**, Alemanha.
1/3 da energia é consumida
2/3 da energia é vendida





BIPV EM COBERTURAS



Municipality centre Ludesch/Austria – 2006
120 módulos – 350 m² - 19,08 kWp



BIPV EM COBERTURAS



6,68 MWp
China





BIPV EM FACHADAS





BIPV EM FACHADAS



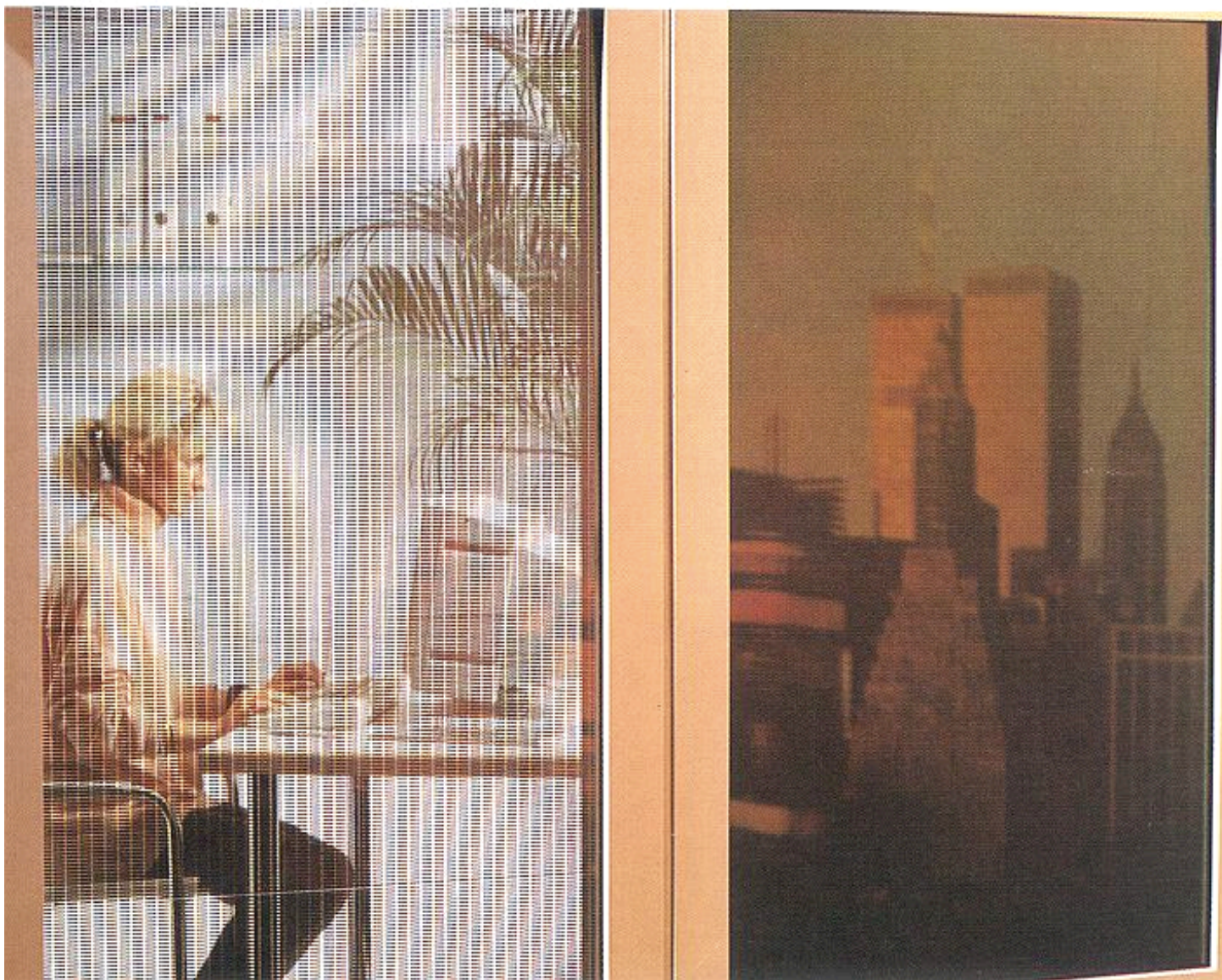


BIPV EM FACHADAS





BIPV EM FACHADAS





BIPV EM BRISES



PROJETO ESTÁDIOS SOLARES

OPÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A COPA 2014 NO BRASIL



Projeto Estádios Solares



Estádio do Pituaçu, Salvador – BA (em operação desde abril 2012) 400kWp
programa de P&D da COELBA/NEOENERGIA - ANEEL

Projeto Estádios Solares



Mineirão Solar, Belo Horizonte – MG (inaugurado em maio/2013) 1500 kWp realizado em parceria com a CEMIG

Projeto Estádios Solares



Maracanã Solar, Rio de Janeiro – RJ (inaugurado em junho/2013) 390 kWp realizado pela Light



CENTRO DE CULTURA E EVENTOS DA UFSC





CASA EFICIENTE DA ELETROSUL

BAPV





ELETROPOSTO ELETROSUL



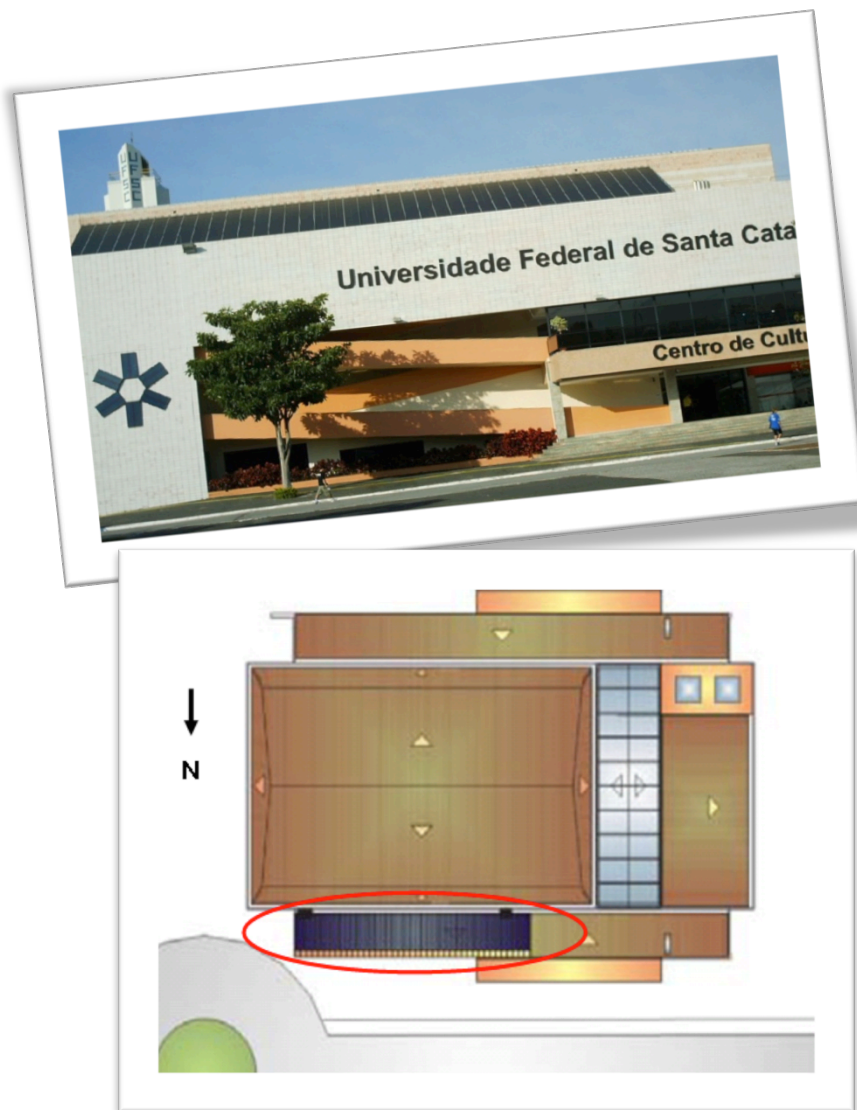


Compromissos entre forma e função

SISTEMA FOTOVOLTAICO DE REFERÊNCIA

- ❖ 27° (= latitude)
- ❖ Norte
- ❖ 10,24 kWp
- ❖ Centro de Cultura e Eventos da UFSC
- ❖ 80 módulos silício amorfo de 128 W
- ❖ 7 inversores = 7 subsistemas
- ❖ Sistema de referência: orientação e inclinação ideais

ESTUDO DE CASO

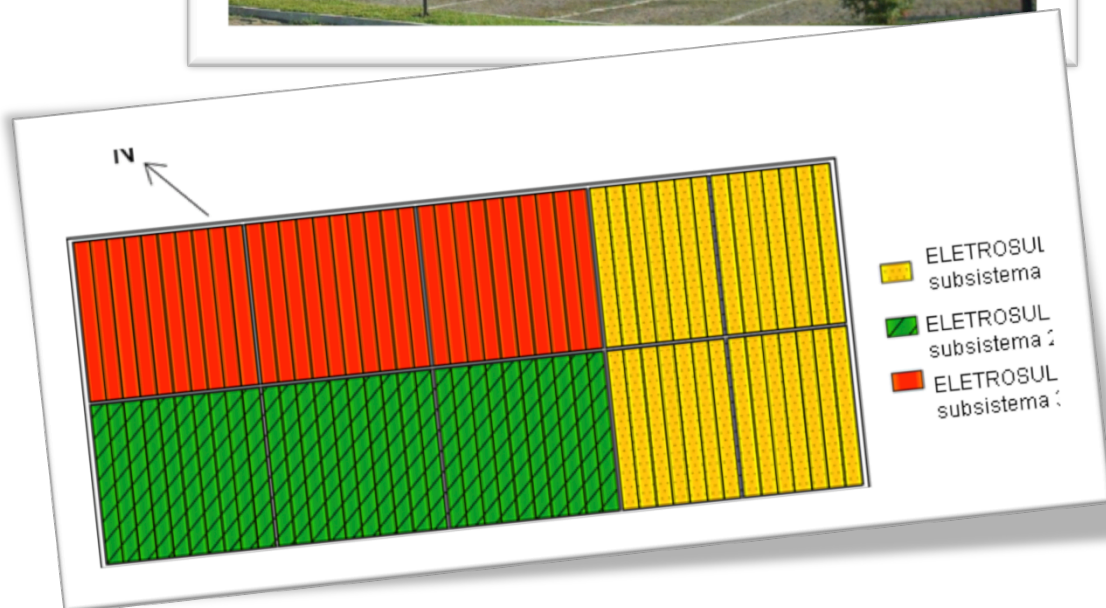




Compromissos entre forma e função

SISTEMA FOTOVOLTAICO CURVO

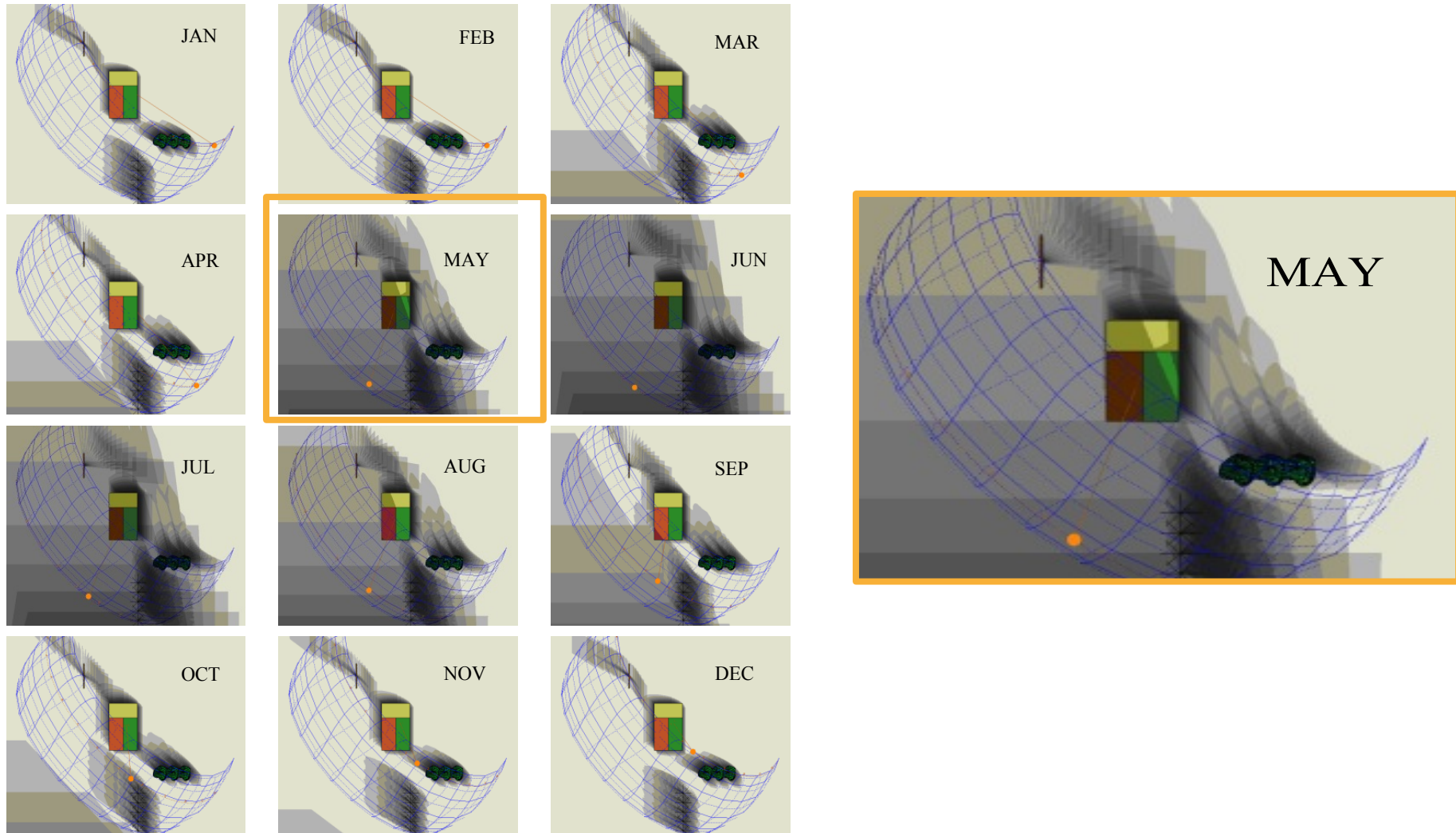
- ❖ 9° em média ($\neq$ latitude)
- ❖ Nordeste e Sudoeste
- ❖ 11,97 kWp
- ❖ Estacionamento da ELETROSUL
- ❖ 88 módulos silício amorfo de 136 W
- ❖ 3 inversores = 3 subsistemas
- ❖ 234 m²



ESTUDO DE CASO



Compromissos entre forma e função



Análise de sombreamento de geradores fotovoltaicos

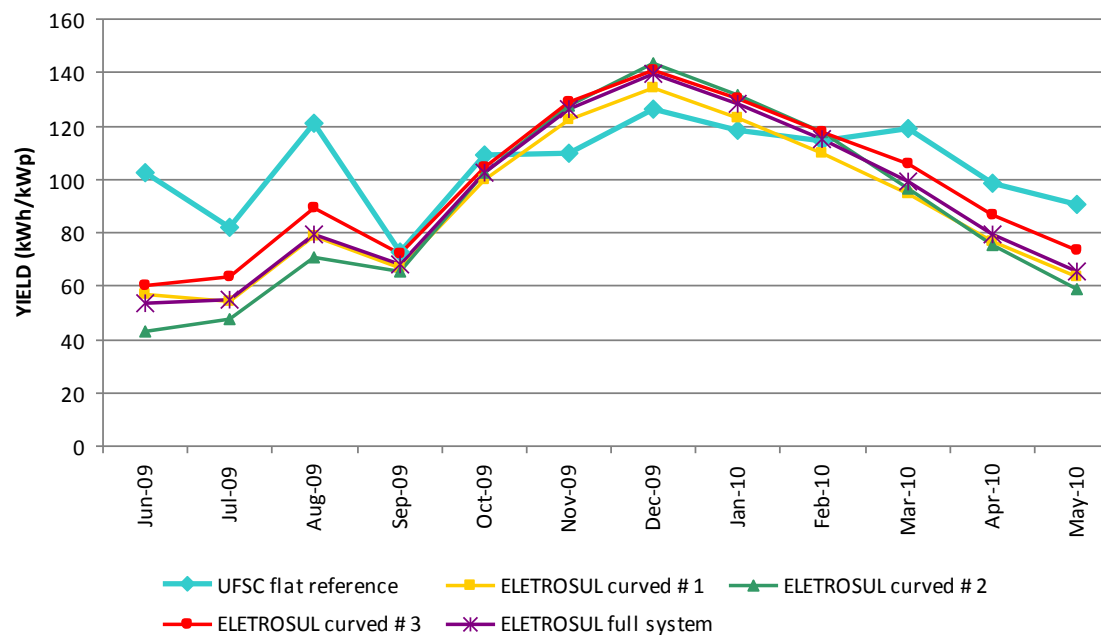
Urbanetz, J., Zomer, C. & Rüther, R., Compromises between form and function in grid-connected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites, Building and Environment (Elsevier), Vol. 46 (2011), pp. 2107-2113.



Compromissos entre forma e função

Rendimento anual do gerador fotovoltaico (kWh/kWp)

	UFSC flat reference	ELETROSUL curved # 1	ELETROSUL curved # 2	ELETROSUL curved # 3	ELETROSUL full system
Yield (kWh/kWp)	1265	1080	1081	1173	1110
%	100	85	85	93	88



Produtos do IDEAL: Cartilha



<http://www.americadosol.org/guia-de-microgeradores-fotovoltaicos/>

Produtos do IDEAL: Selo Solar





AMÉRICA DO SOL

Página inicial
Sobre o Simulador Solar
Contato

Simulador Solar

 Like
  Share
 557

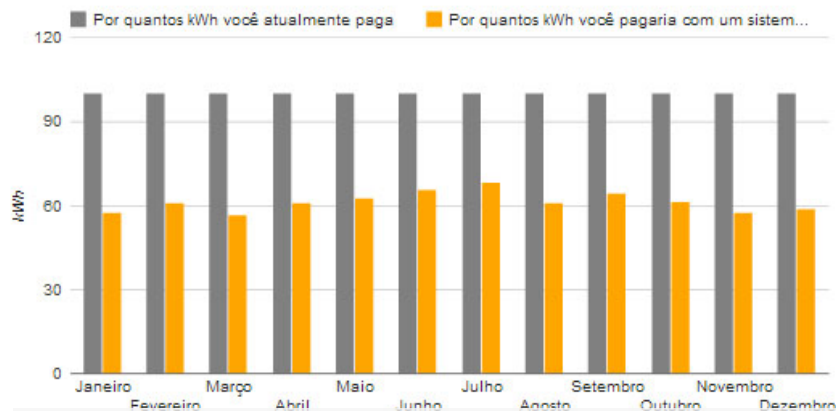
Novo!



Você já pensou em gerar sua própria eletricidade? Que tal fazer isso utilizando uma fonte limpa e inesgotável - o Sol? Com o Simulador Solar você poderá calcular qual deve ser a potência de um sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) para atender à necessidade energética anual de sua casa, seu escritório ou sua indústria.

Você saberá quanto um sistema fotovoltaico geraria anualmente, quantia essa que você deixaria de consumir da rede elétrica e, portanto, economizaria na sua conta de luz. Você também terá uma ideia aproximada da área necessária em seu telhado ou terreno para instalar os módulos fotovoltaicos.

Gostou da ideia? Então, faça agora uma simulação. Ela é totalmente gratuita e levará menos de 5 minutos. Você só precisa ter em mãos a sua conta de luz mais recente.



<http://www.americadosol.org/simulador>



AMÉRICA DO SOL

Resumo
Consumo elétrico
Fatura de eletricidade
Irradiação Solar
Fornecedores

Resumo da Simulação




Novo!



Florianópolis, SC Latitude: -27.82° S, Longitude: -48.52° O

Com base nos dados de consumo elétrico informados por você e na radiação solar do local selecionado, um sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) de cerca de 400 Wp de potência instalada atenderia sua necessidade energética. O sistema proposto geraria em média 468 kWh por ano, quantidade essa de eletricidade que você não precisará mais pagar a sua distribuidora. Desse modo, você também evitaria a emissão de 135 quilogramas de dióxido de carbono (CO₂) por ano.

Esse é um número aproximado e foi calculado para abastecer 100% da sua demanda elétrica descontando um consumo mínimo da rede elétrica que corresponde ao custo de disponibilidade (saiba mais sobre isso na aba Fatura de Energia).

A simulação considera que os módulos fotovoltaicos instalados estariam voltados para o Norte e com uma inclinação ótima, a qual corresponde à latitude da localização escolhida. Contudo, não considera as condições de vizinhança do local informado por você para instalar o sistema e que podem levar a uma revisão da produção elétrica devido aos sombreamentos dos módulos, tais como árvores ou edificações próximas. Portanto, esse resultado serve apenas para lhe dar uma ideia da potência necessária para a sua demanda elétrica.

Para saber quanto custaria a instalação de um sistema fotovoltaico com essa potência, procure no Mapa de Empresas do Setor Fotovoltaico a empresa que está mais próxima de você e entregue os resultados dessa simulação para obter um orçamento (opções Relatório em PDF e enviar por email, disponíveis no topo da página).

Caso queira saber mais sobre como funciona a tecnologia fotovoltaica, acesse o portal América do Sol ou faça o download da Cartilha Educativa sobre Eletricidade Solar. Se você tem interesse em instalar um sistema fotovoltaico, acesse nossa Cartilha Educativa 'Como fazer para ter eletricidade solar em minha casa?'

Sistema Fotovoltaico

Capacidade do seu sistema (Potência)	400 Wp
Área ocupada pelo seu sistema*	de 2 a 4 m ²
Inclinação aproximada dos módulos	25°
Radiação sobre os módulos	5.517 kWh
Rendimento anual	1.157 kWh/kWp
Emissões de CO ₂ evitadas	135 kg/ano

*Considerando a utilização de módulos de silício polycrystalline

Como seria seu consumo elétrico anual

Consumo Total	1.200 kWh
Seu consumo da rede elétrica	737 kWh
Sua geração fotovoltaica	463 kWh

Celesc Distribuição S.A. (CELESC-DIS)

Av. Itamarati, 160 - Blocos A1, B1 e B2
Florianópolis, Santa Catarina
CEP: 88034-900

Novo!

<http://www.americadosol.org/fornecedores/>





Energias do Futuro

- VEÍCULOS ELÉTRICOS
- REDES INTELIGENTES (*SMART GRIDS*)
- EDIFICAÇÕES URBANAS COM
GERAÇÃO FOTOVOLTAICA INTEGRADA
(BIPV)

VEÍCULOS ELÉTRICOS (VE): NOVAS DEMANDAS DE ENERGIA

- VE poderão ser uma realidade na próxima década
- 160 kWh/1000 km (6,25 km/kWh)
= 1.6 kWp/VE/1000 km/mês
em Porto Alegre
= 20 m² no telhado
= cobertura de garagem



- Poder de compra do Estado: frotas de empresas públicas utilizando VE
- Uso diurno e estratégias de carga e descarga de baterias "smart discharging / smart charging" (V2G)



GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA E VEÍCULOS ELÉTRICOS

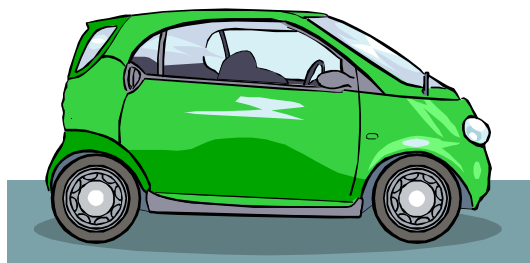




GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA E VEÍCULOS ELÉTRICOS



1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO

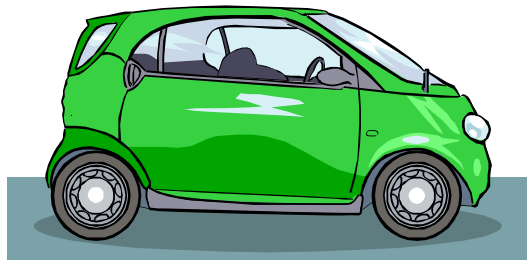


 53.900 km



Um automóvel tipo *Flexfuel* movido a álcool pode percorrer mais de 53 mil quilômetros por hectare de cana de açúcar plantado por ano !!!

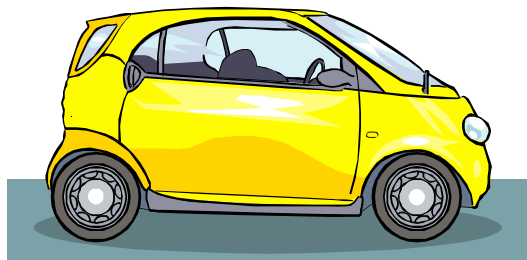
1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO



**Automóvel *Flexfuel*
Movido a Álcool**



53.900 km

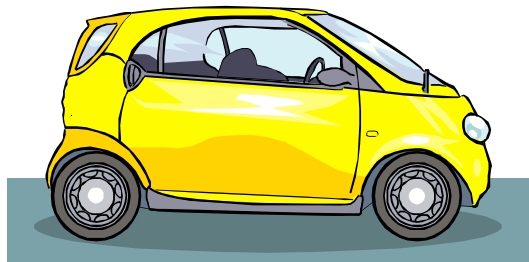


**Automóvel Elétrico
Movido a energia
solar fotovoltaica**



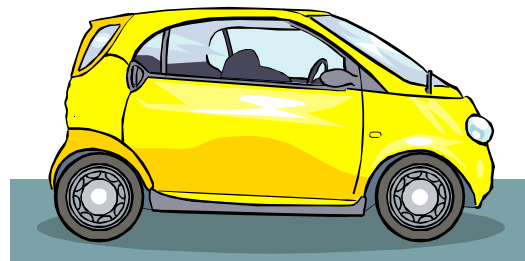
3.000.000 km

1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO



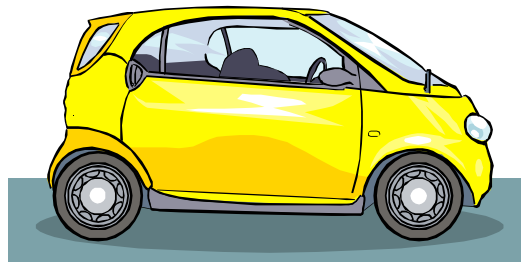
6.000.000 km

1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO



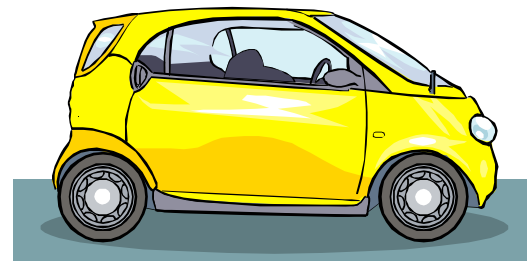
9.000.000 km

**1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO**



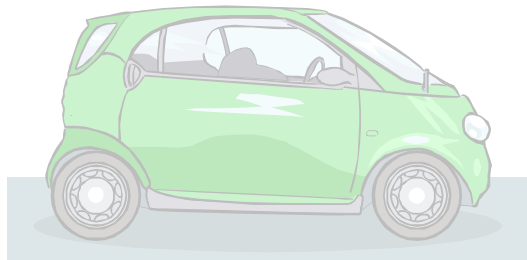
12.000.000 km

1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO



14.000.000 km

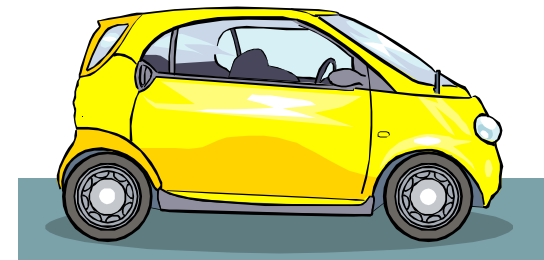
**1 HECTARE DE CANA DE AÇÚCAR/ANO
X
1 HECTARE DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS/ANO**



**O veículo *Flexfuel* movido a
álcool deu uma volta ao mundo**

**Este veículo parou de andar a
14.000.000 km atrás**

**O veículo elétrico movido a energia
solar deu 350 voltas ao mundo!**



Admitindo um rendimento do gerador fotovoltaico de 1500kWh/kWp/ano, 1,5 MWp/ha e consumo do VE de 6,25km/kWh **14.062.500 km**

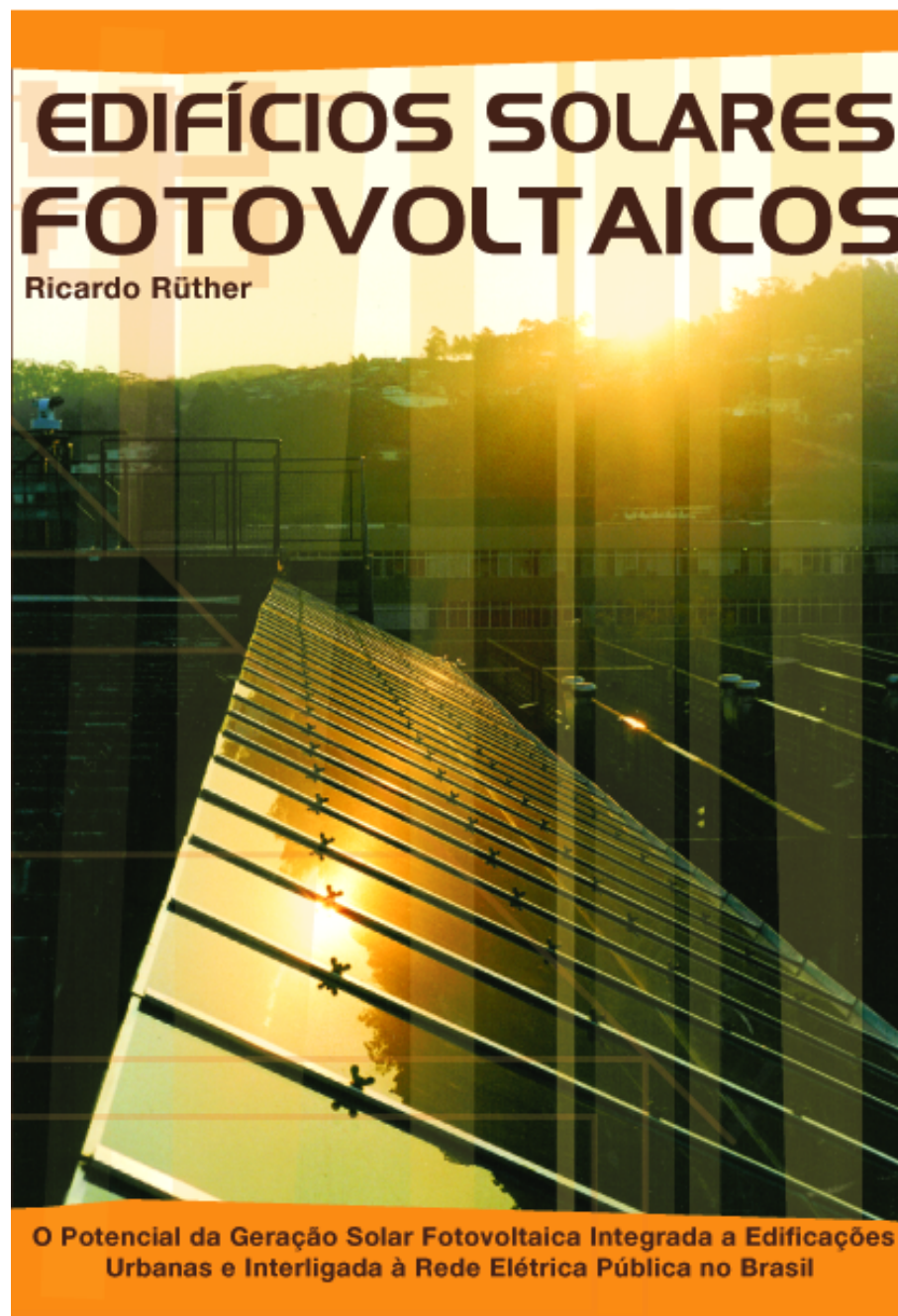
Será que essa moda pega no Brasil?



Será que essa moda pega no Brasil?



**1º gerador
fotovoltaico
conectado na
rede elétrica em
operação no Brasil
completará 17 anos
de operação
ininterrupta em
16/09/2014**



Disponível gratuitamente para download em www.fotovoltaica.ufsc.br/downloads



PERSPECTIVAS DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

PROF. RICARDO RÜTHER
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
&
INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ENERGIAS
ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA - IDEAL

