

LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA REDE EN OPERACIÓN EN BRASIL Y RESULTADOS OPERACIONALES DE UN SISTEMA



Roberto Zilles
zilles@iee.usp.br

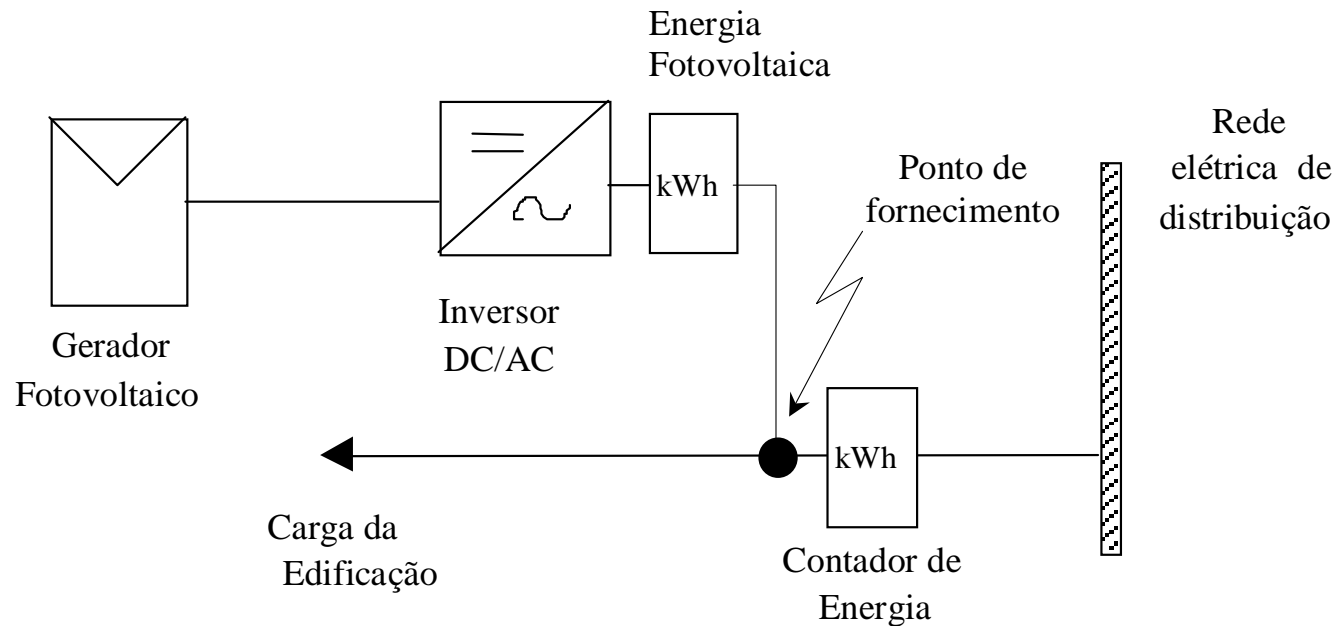
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

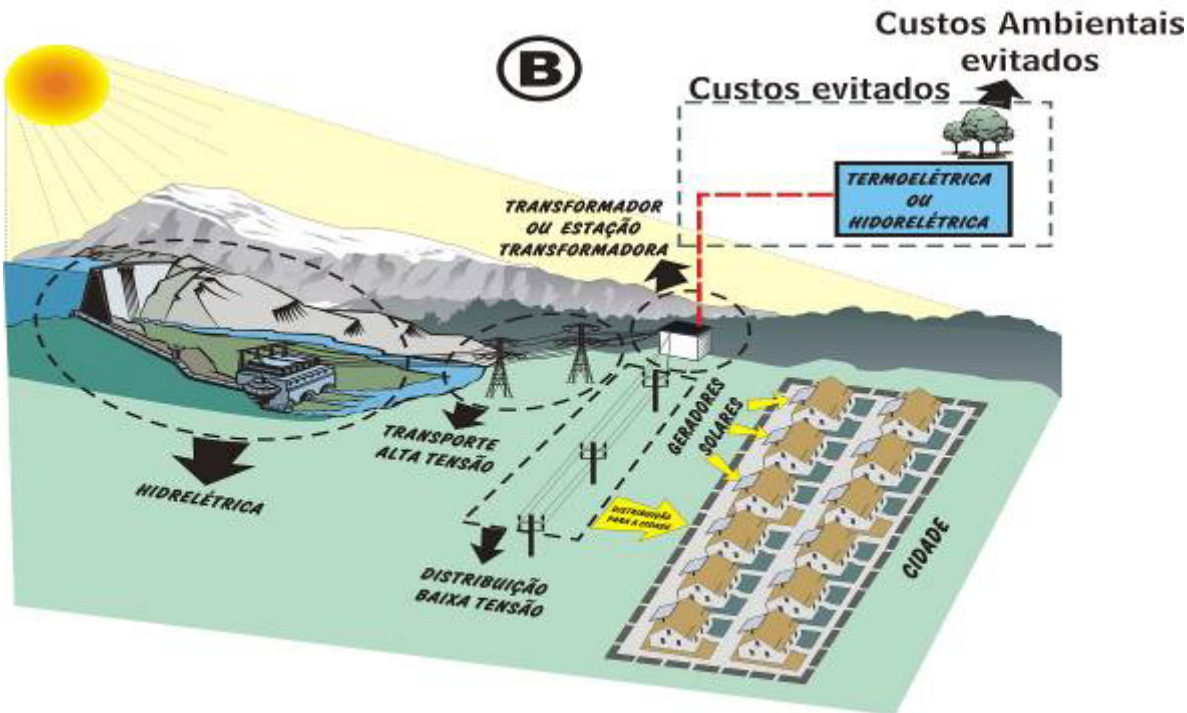
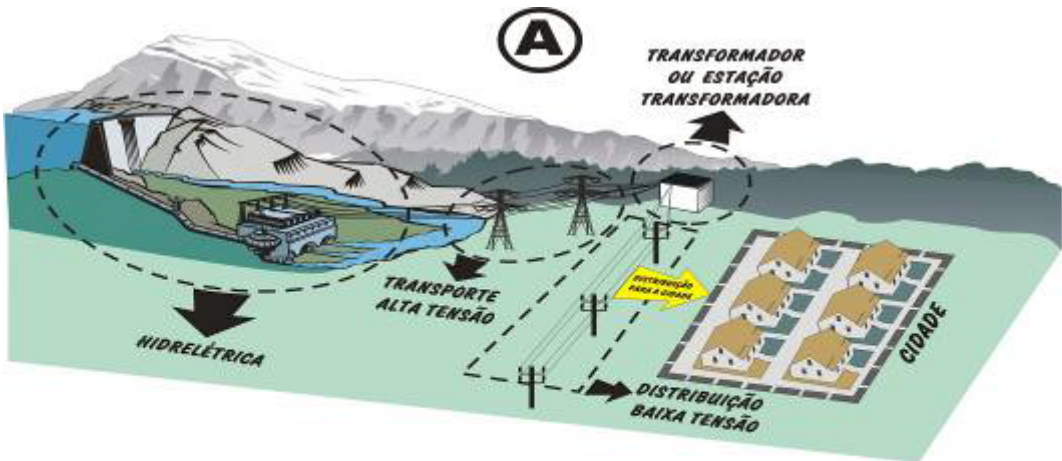


Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

Generación distribuída con sistemas fotovoltaicos conectados a la red, que son?

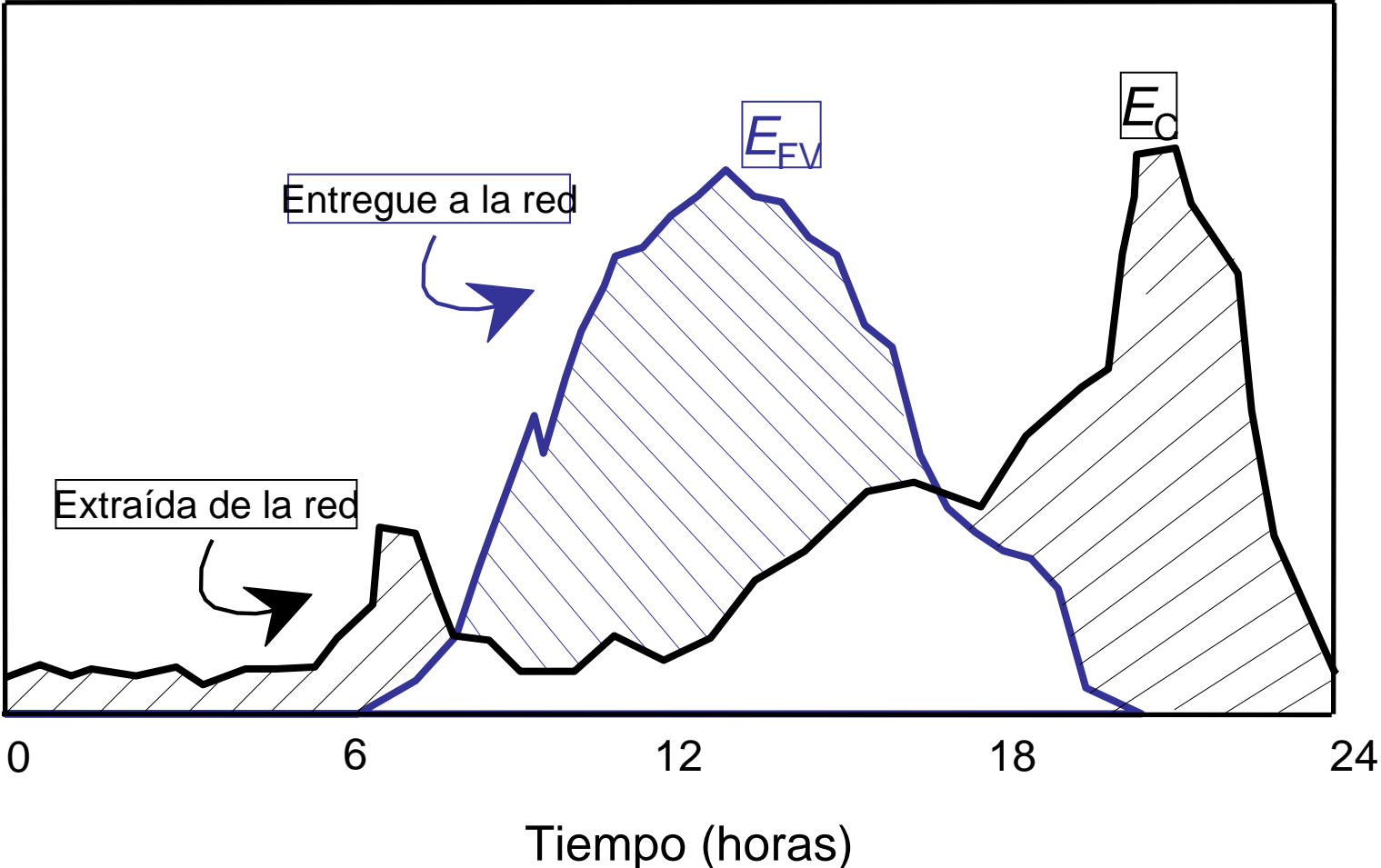
Son edificaciones que, además de consumidoras de energía, pasan a producir parte de la energía necesaria, pudiendo, en algunas situaciones verter el excedente a la red de distribución de electricidad.



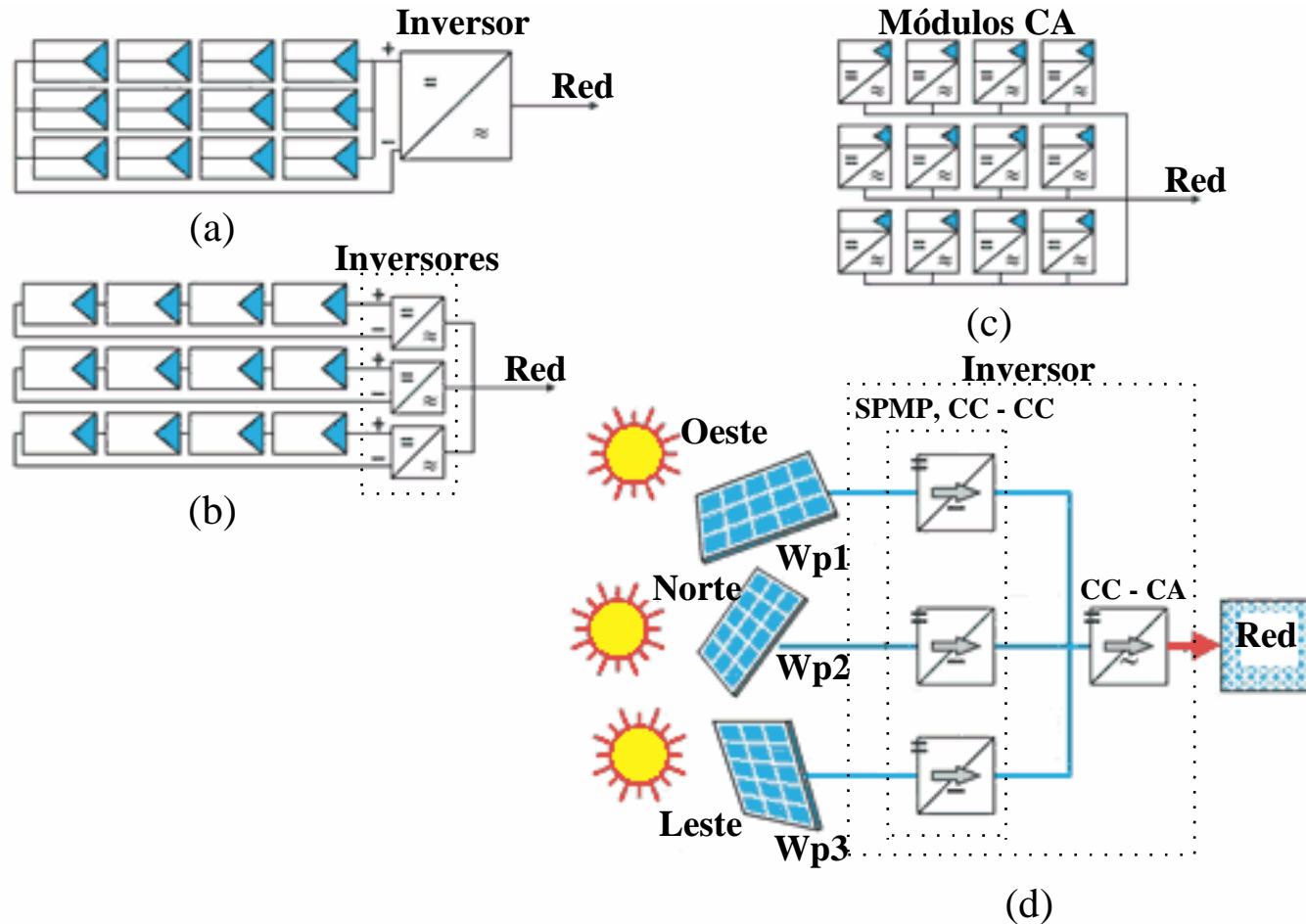


INTERACCIÓN CON LA RED ELÉCTRICA

Potencia



➤ Configuraciones - (generadores fotovoltaicos y convertidores CC/CA)

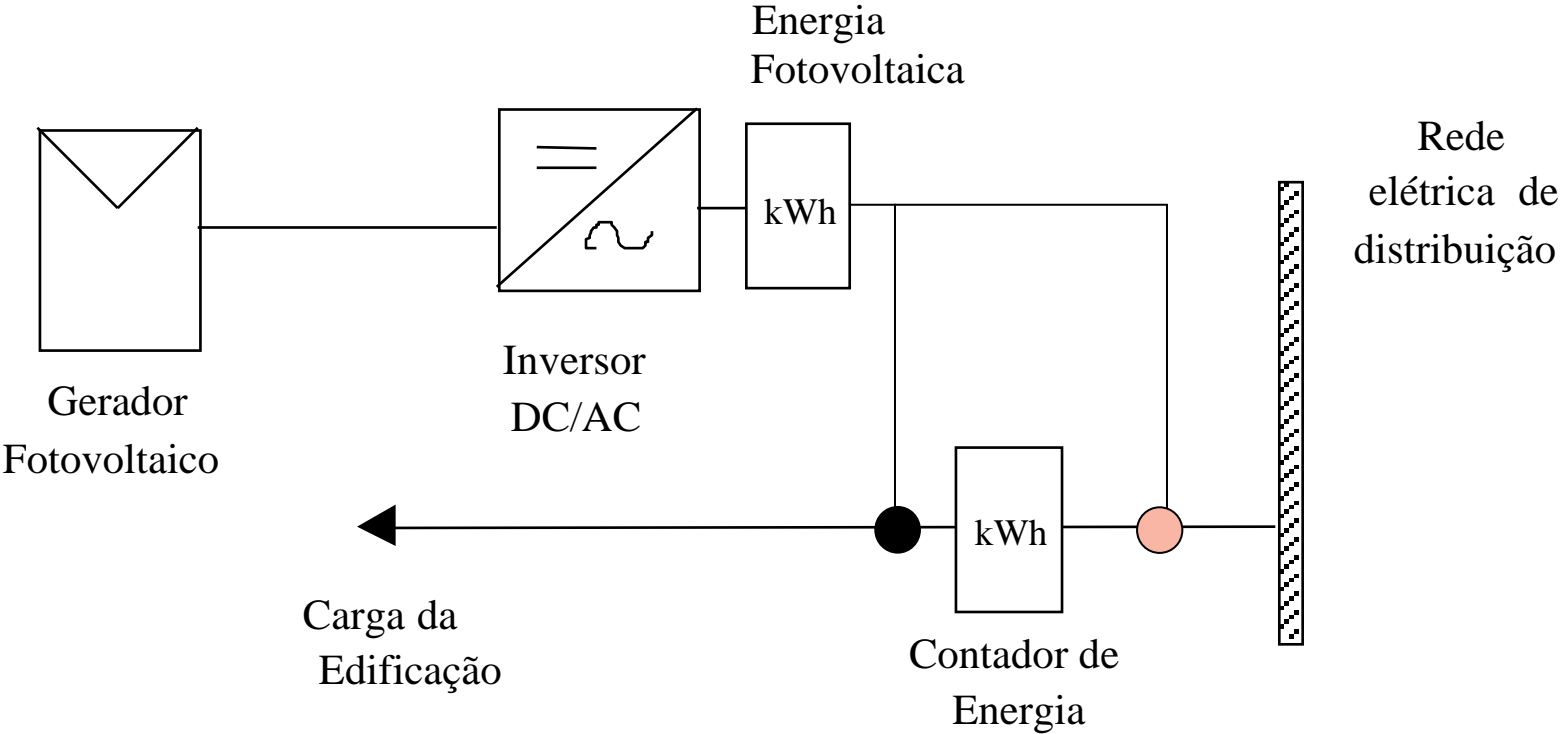


- (a) Sistemas con una única combinación generador-inversor centralizada;
- (b) Sistemas con varias combinaciones generador-inversor descentralizadas
- (c) Módulos CA;
- (d) Sistemas con varias combinaciones de generadores y un único inversor centralizado

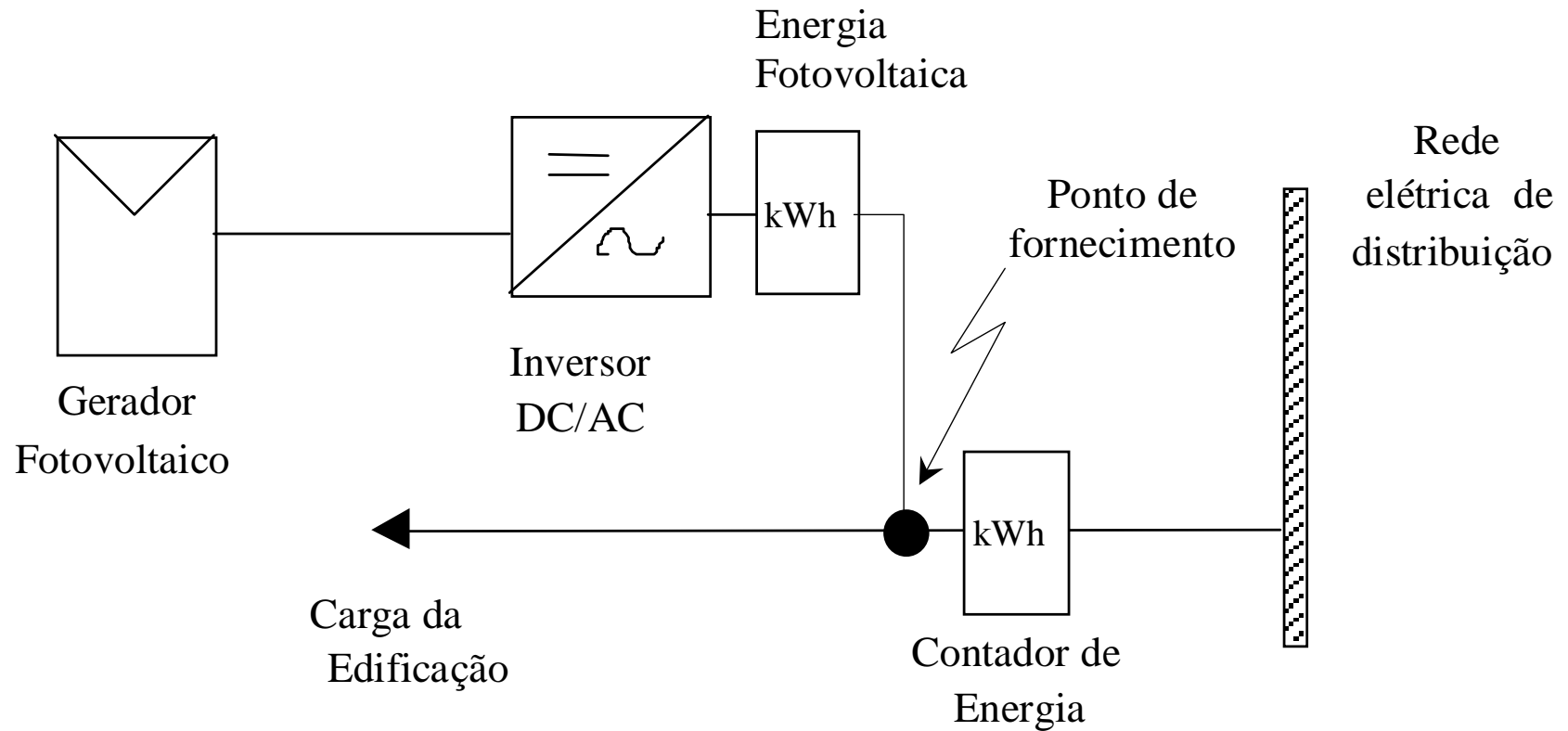
Sistemas con varias combinaciones generador-inversor descentralizadas
16 kWp + 6 inversores CC/CA de 2,5 kW (15 kW)



Instalación del Centro Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL-ELETROBRAS, Rio de Janeiro



SISTEMAS EN OPERACIÓN EN BRASIL





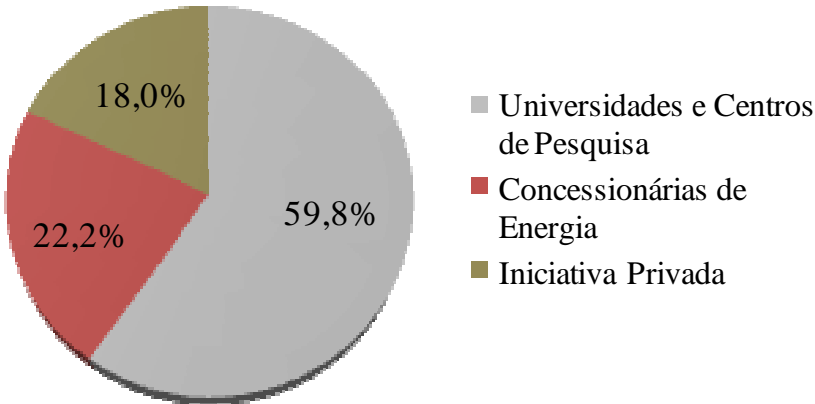
Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red en Brasil

- 39 SFCR instalados entre 1995 e 2009
- 35 en operación
- Potencia en operación 161 kW_p
- Mayoría asociada a proyectos de I+D
- Predominancia de sistemas en las Regiones Sudeste y Sur

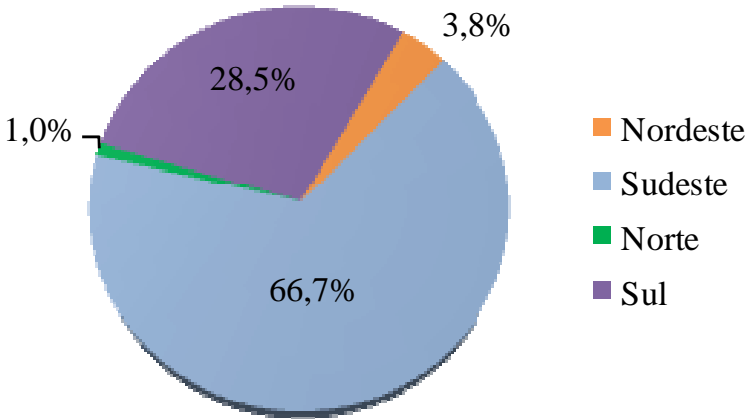
Localización de los SFCR en operación

LOCAL	SISTEMAS	POTÊNCIA INSTALADA (kW _p)
UFSC - Labsolar	3	13,34
USP – IEE/LSF	4	16,10
UFRGS	1	4,80
UFPE – Grupo FAE	3	5,18
UFJF	1	31,70
UFPA - GEDAE	1	1,60
UNICAMP– LH2	1	7,50
CEPEL	1	16,32
CELESC	3	4,20
CEMIG	4	11,29
Eletrosul	2	14,30
Tractebel Energia	3	6,00
IEM - RS	1	3,30
ClínicaHarmonia -SP	1	0,90
GREENPEACE	1	2,80
Residências Particulares	2	3,90
Solaris (Leme -SP)	1	1,00
Grupo Zeppini	2	17,10
TOTAL	35	161,32

Potencia instalada de acuerdo con vínculo/Región



Distribución de la potencia operacional de acuerdo con el vínculo institucional



Distribución de la potencia operacional de acuerdo con la región geográfica



2.2 kWp, LABSOLAR - UFSC, Florianópolis



Sistemas con varias combinaciones generador-inversor descentralizadas

16 kWp, CEPEL, Rio de Janeiro





31,7 kWp de la Universidad Federal de Juiz de Fora

Gerador Fotovoltaico 10,2kWp Centro de Cultura e Eventos – UFSC, Florianópolis



4.8 kWp, UFRGS, Porto Alegre





2,5 kWp en el aparcamineto de la Motor Z – Grupo Zeppini

2,9 kW, GREENPEACE



3 kWp, IEE-USP



Funcionalidad. Parámetros de mérito

➤ PARÁMETROS DE MÉRITO DE UN SISTEMA FV

➔ Productividad del generador, Y_A ("Array Yield")

$$Y_A = \frac{E_{GFV,\tau}}{P_{nomG}} \quad \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \leftrightarrow \text{h} \right)$$

➔ Energía producida por el generador, por unidad de potencia instalada

• Productividad final del sistema, Y_F ("Final Yield")

$$Y_F = \frac{E_{FV,\tau}}{P_{nomG}} \quad \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \leftrightarrow \text{h} \right)$$

Madrid, $Y_F = 1435 \text{ kWh/kWp}$

Berlin, $Y_F = 898 \text{ kWh/kWp}$

➔ Energía UTIL producida por el sistema, por unidad de potencia instalada

– Factor de capacidad, CF

$$CF = \frac{\int_0^{8760h} P(t) dt}{P_{nom} \times 8760h}$$

Algunos datos de productividad

SISTEMA	CF	Y_F (kWh/kW _p)	TECNOLOGIA
UFSC- Prédio da Engenharia Mecânica	14,0%	1226	a - Si
UFSC - Centro de Cultura e Eventos	16,0%	1402	a - Si
USP - LSF	16,8%	1472	c-Si
USP - Prédio da Administração do IEE	12,5%	1095	c-Si
UFPA- GEDAE	14,8%	1296	c-Si
UFRGS	13,8%	1209	c-Si
CEPEL	14,7%	1288	c-Si
Grupo Zeppini - Fundação Estrela	12,5%	1095	a -Si

ESTIMATIVA DE LA ENERGIA QUE PUEDE PRODUCIR UN SFCR

Factores de capacidad de sistemas conectados a la red

<u>Ciudad</u>	<u>CF* (%)</u>
Buenos Aires	14,0
Porto Alegre	14,5
São Paulo	15,0
<u>Arequipa</u>	<u>18,0</u>

* valores para orientaciones y inclinaciones óptimas.

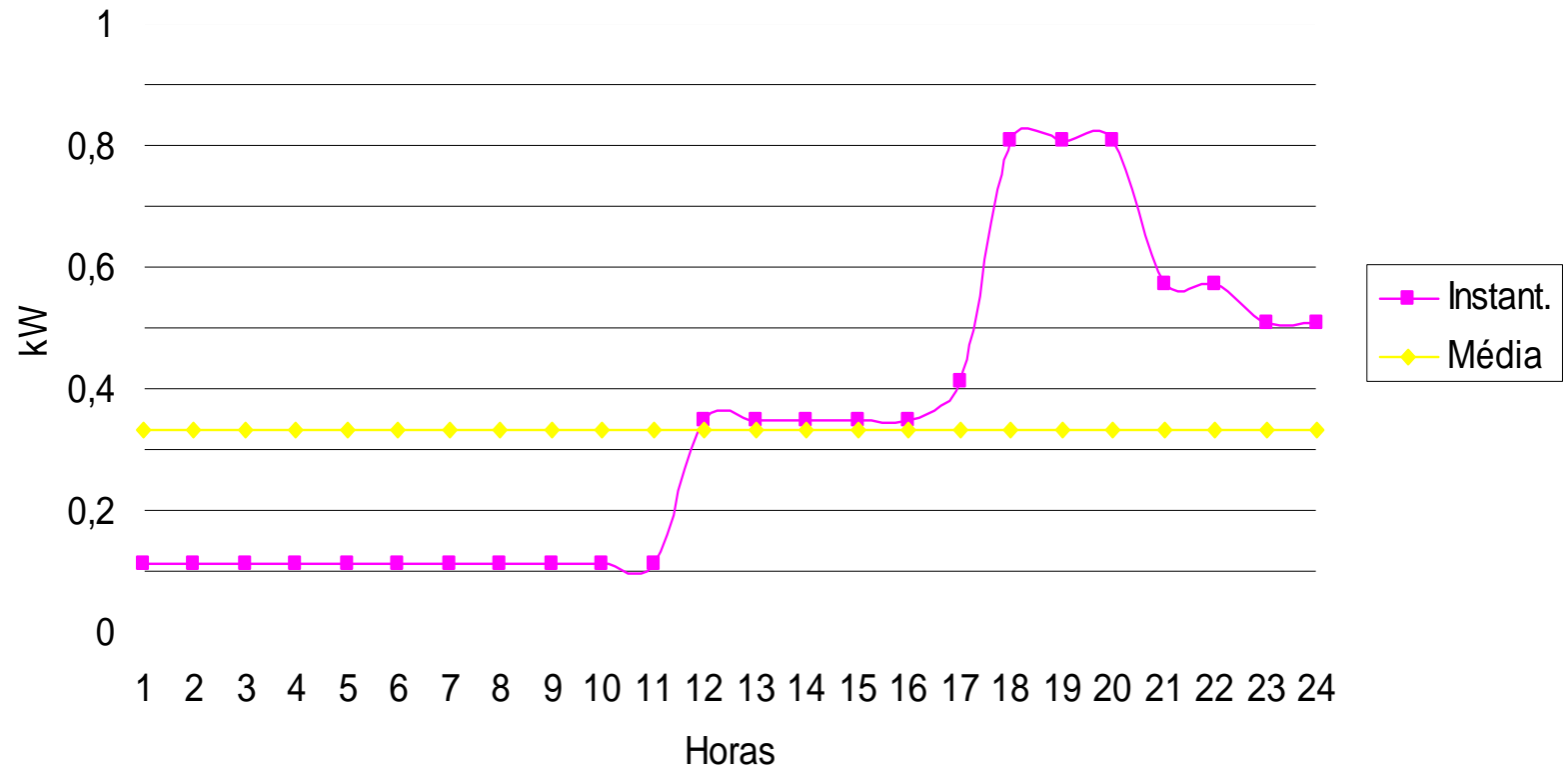
Energía anual (kWh) = CF × Potencia Nominal(kW) × 8760(h)

Por ejemplo:

Un sistema con potencia nominal de 1kWp, aproximadamente 10m², instalado en la ciudad de Arequipa, podrá entregar anualmente 1577 kWh = 0,15 × 1kW × 8760h, o sea aproximadamente 131 kWh/mês.

Ejemplo – Calcular el tamaño del sistema de generación para suministrar 50% de la energía correspondientes a la curva de carga abajo, representativa de um residência:

- Considere o CF para Arequipa = 18%



Consumo total diario, 8 kWh
Mensual, 240 kWh



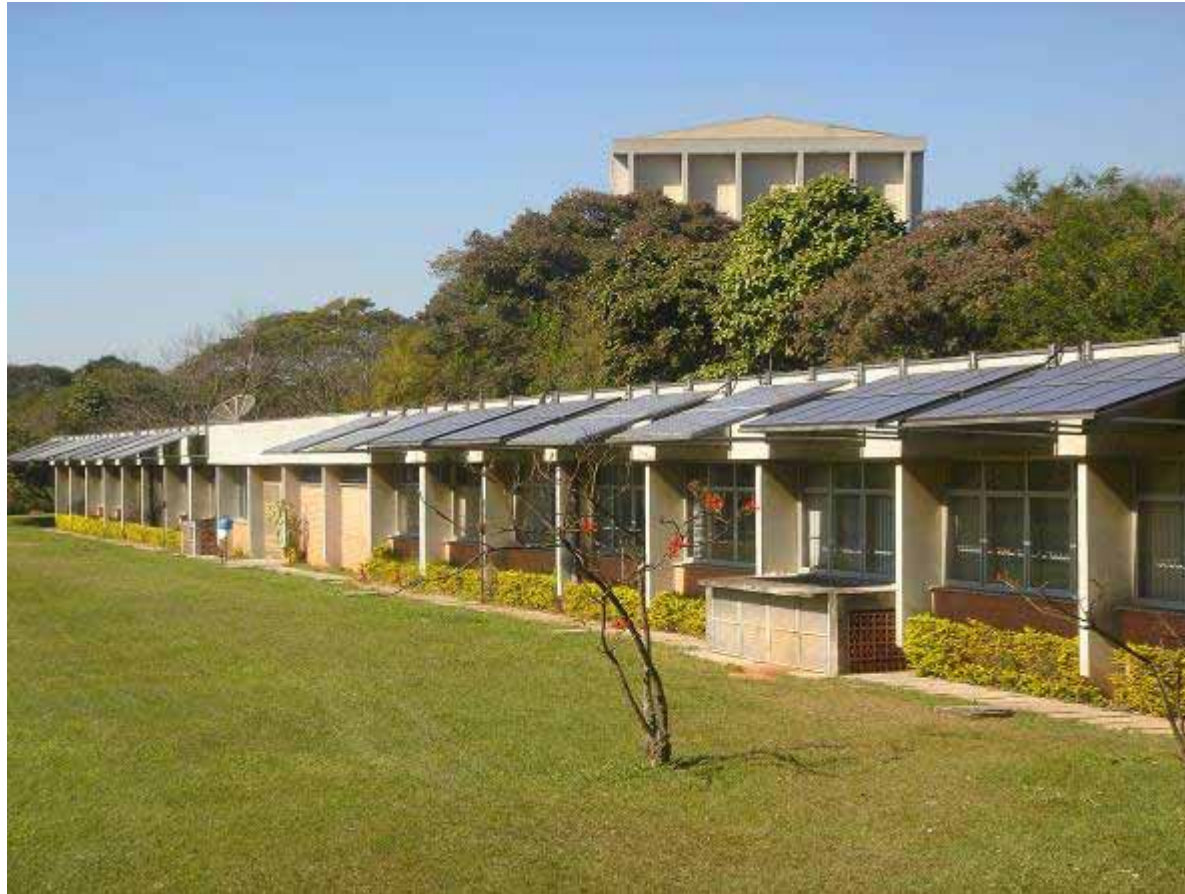
Ejemplo - Arequipa: $CF= 18\%$

$$CF = \frac{\int_0^{8760h} P(t)dt}{P_{nom} \times 8760h}$$

$$0,18 = \frac{0,5 * 8 \text{ kW} * 365}{P_{nom} \times 8760h}$$

$$P_{nom} = 926 \text{ Wp}$$

12 kW_p, INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, IEE-USP

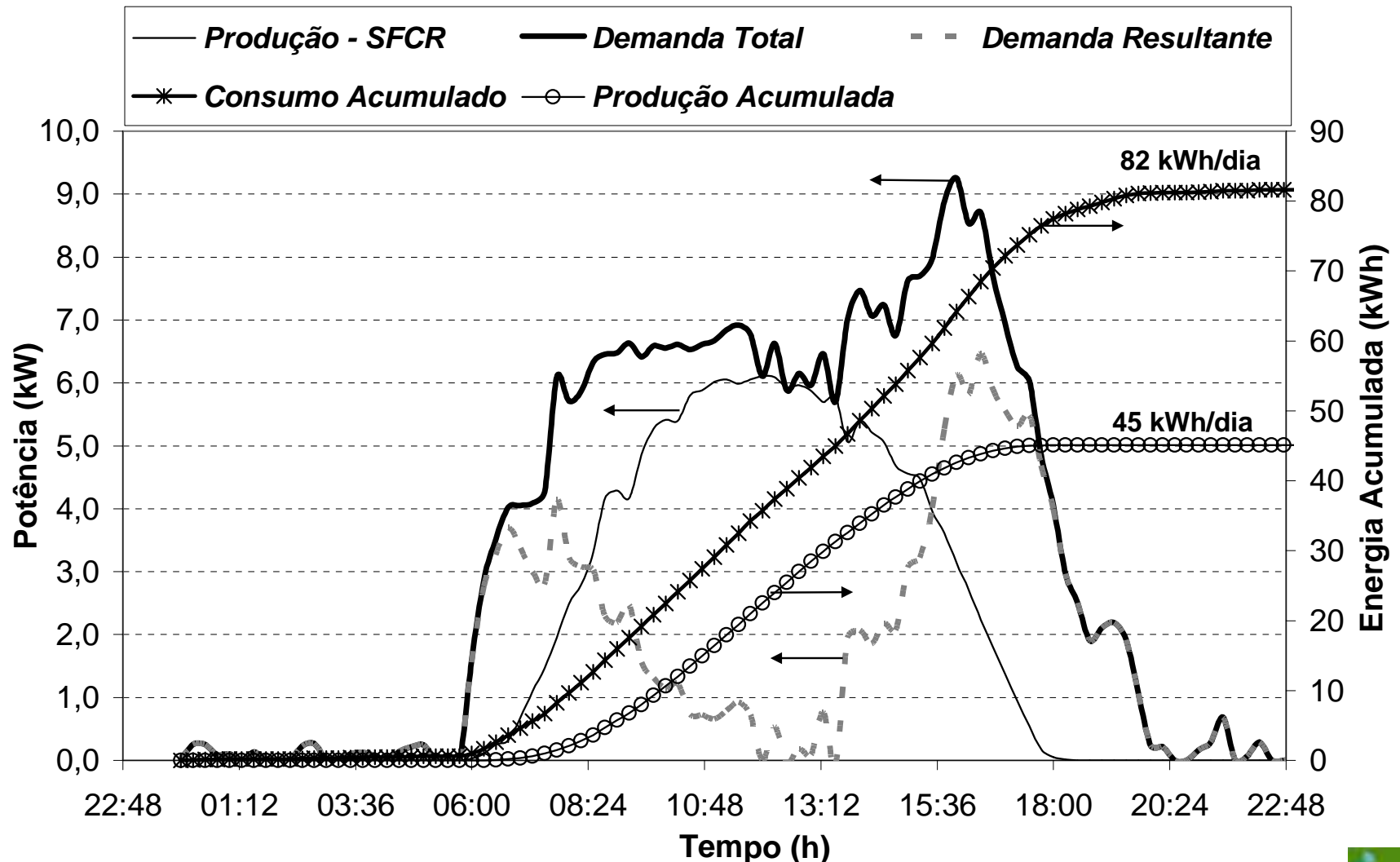


12 kW_p, INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, IEE-USP



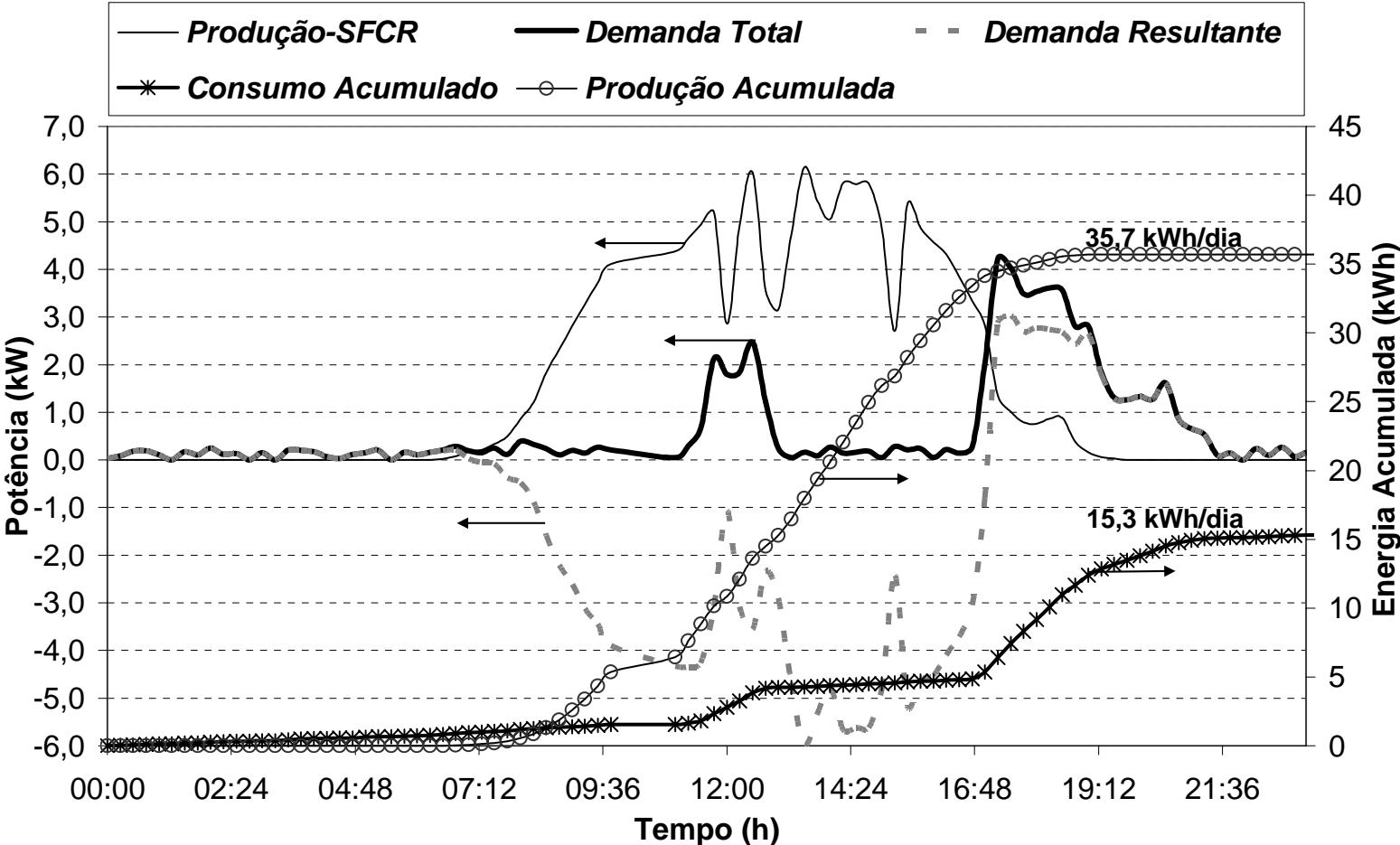
Influencia de la producción de un SFCR en la curva de carga de una edificación

Día laborable con producción solar igual a 55 % del consumo



Influencia de la producción de un SFCR en la curva de carga de una edificación

Día no laborable con producción solar igual a 233 % del consumo

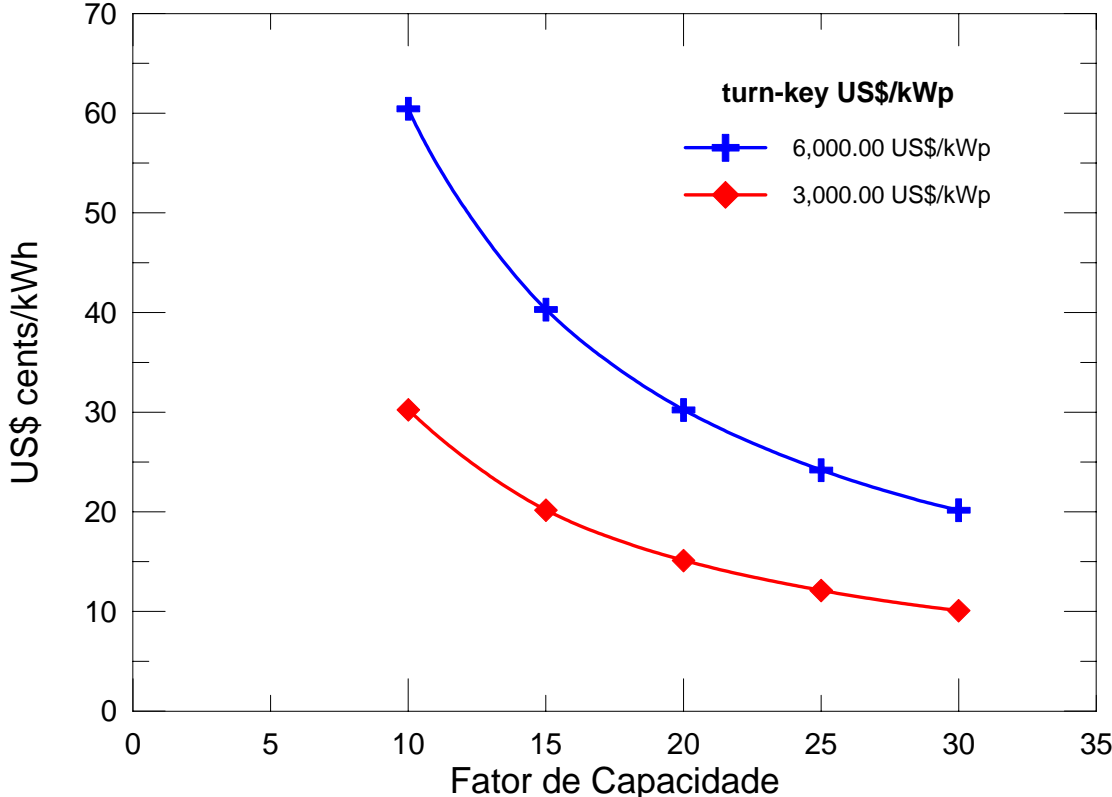


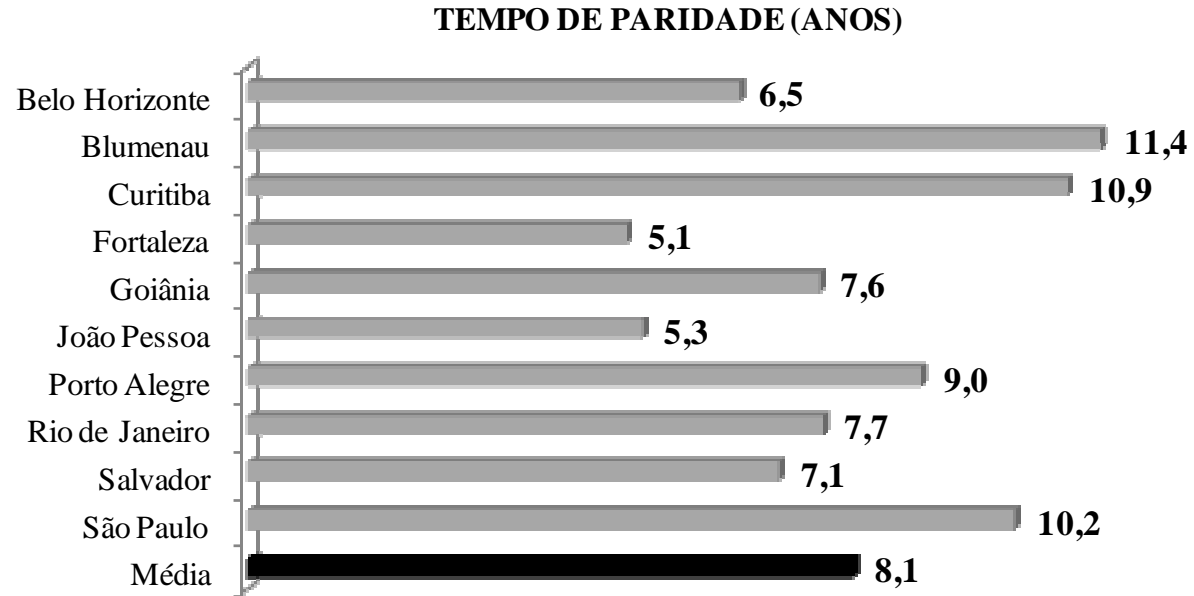
El precio del Wp y el coste del kWh fotovoltaico

$$C = \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} + OM \right] \times \frac{Inv}{87,6CF}$$

C, coste de generación en centavos de US\$/kWh,
CF, factor de capacidad,
OM, % del la inversión inicial por año para O&M,
Inv, Inversión inicial en US\$/kW_p,
r, tasa anual de descuento.

OM = 1%
 r = 6%
 n=25anos





Cenário - Premisas

Adoptando un reductor anual de 5% en el costo de la generación fotovoltaica y utilizando un incremento de 6% al año para describir la evolución de la tarifa eléctrica

La generación distribuída con sistemas fotovoltaicos

- sencilla integración y operación en redes de baja tensión
- ofrecen oportunidad de conservación de recursos primários
- atienden los padrones de cualidad y seguridad de las redes de distribución
- Coste aún elevado en relación a la tarifa convencional
- Paridad tarifaria ocurrirá, para algunas situaciones, antes de 10 anos
- 10 años es un tiempo muy pequeño para desarrollo de tecnología propia



Gracias por vuestra atención

Roberto Zilles
zilles@iee.usp.br

**INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

