



Geração solar e eólica de energia elétrica

- Centro de P&D do Sistema Eletrobras
- Maior centro do Brasil em P&D de energia elétrica
- Maiores laboratórios de alta tensão e potência na América Latina
- Associação sem fins lucrativos fundada em 1974
- Apoio técnico para o Sistema Eletrobras, MME e MCTIC, entidades setoriais (ONS, CCEE, EPE e Aneel), concessionárias e indústria



Unidade Ilha do Fundão



Unidade Adrianópolis

Promoção da difusão de conhecimentos nas áreas de geração solar e eólica.



Casa Solar Eficiente



CASA SOLAR EFICIENTE

Centros de Demonstração de Energias Renováveis Cepel-Senai



(1) Barco Escola Samaúma – AM

(2) Senai Taguatinga – DF

(3) Senai São Luís – MA

(4) Projeto Solaris Senai-Curitiba

Centro de Demonstração de Energias Renováveis - Barco Samaúma – Senai (AM)



Centro de Demonstração de Energias Renováveis - Barco Samaúma – Senai (AM)



Aplicação	Descrição Técnica	
Sistema Fotovoltaico	Radiação solar	4,00kWh/m ² .dia
	Consumo diário	1,2kWh/dia
	Tensão do sistema	24Vdc
	Painel fotovoltaico	780Wp (2s * 3p * 130Wp)
	Banco de baterias	12,24kWh (2s * 3p * 170Ah @C ₂₀)
Aquecimento de água	Reservatório térmico	75 L
	Coletor térmico	1 m ²
Kits Móveis	Kit de Bombeamento	54Wp e moto-bomba de 12 Vdc
	Kit de Geração 127Vac	261Wp e uma bateria de 170Ah
	Kit Rádio Transceptor	216Wp duas bateria de 170Ah e rádio VHF

- (1) Kit Rádio Transceptor
- (2) Visita técnica de estudantes no terraço do barco Samaúma e kit de demonstração solar térmico
- (3) Estrutura metálica da geração fotovoltaica
- (4) Controlador de carga e inversor

Centro de Demonstração de Energias Renováveis – Casa Solar – Senai Taguatinga



Centro de Demonstração de Energias Renováveis – Casa Solar – Senai Taguatinga



Aplicação		Descrição Técnica
Sistema Fotovoltaico	Radiação solar	4,40kWh/m ² .dia
	Consumo diário	3,5kWh/dia
	Tensão do sistema	48Vdc
	Painel Fotovoltaico	1560Wp (4s * 3p * 130Wp)
	Banco de Baterias	32,64kWh (4s * 4p * 170Ah @C ₂₀)
Aquecimento de água	Reservatório térmico	200 L
	Coletor térmico	1 m ²
Bombeamento de água	Consumo diário	600L/dia
	Painel fotovoltaico	54Wp
	Moto-bomba	12Vdc, tipo diafragma
Kits Móveis	Kit de Bombeamento	54Wp e moto-bomba de 12 Vdc
	Kit de Geração 220Vac	261Wp e uma bateria de 170Ah
	Kit de Informática	520Wp e quatro baterias de 170Ah

Centro de Demonstração de Energias Renováveis – Casa Solar Senai São Luis (MA)



Centro de Demonstração de Energias Renováveis – Casa Solar Senai São Luis (MA)



Aplicação	Descrição Técnica	
Sistema híbrido de geração de energia	Radiação solar	4,00kWh/m ² .dia
	Consumo diário	3,5kWh/dia
	Tensão do sistema	48Vdc
	Painel Fotovoltaico	1560Wp (4s * 3p * 130Wp)
	Banco de Baterias	32,64kWh (4s * 4p * 170Ah @C ₂₀)
	Aerogerador	1kW
Aquecimento de água	Reservatório térmico	200 L
	Coletor térmico	1 m ²
Bombeamento de água	Consumo diário	600L/dia
	Painel fotovoltaico	54Wp
	Moto-bomba	12Vdc, tipo diafragma
Kits Móveis	Kit de Bombeamento	54Wp e moto-bomba de 12 Vdc
	Kit de Geração 220Vac	261Wp e uma bateria de 170Ah



Centro de Demonstração de Energias Renováveis – Unidade Móvel Solaris Senai Curitiba (PR)



Centro de Demonstração de Energias Renováveis – Unidade Móvel Solaris Senai Curitiba (PR)

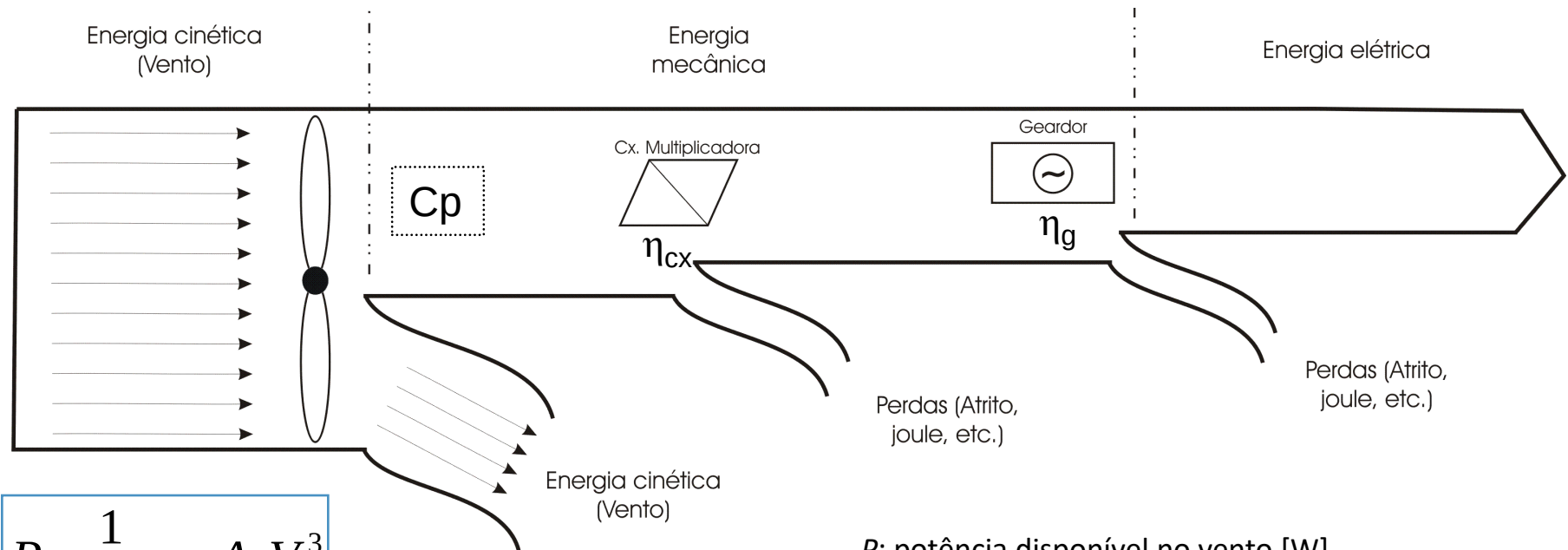


Aplicação	Descrição Técnica	
Sistema Fotovoltaico	Radiação solar	3,06kWh/m ² .dia
	Consumo diário	1,3kWh/dia
	Tensão do sistema	24Vdc
	Painel fotovoltaico	870Wp (2s * 5p * 87Wp)
	Banco de baterias	12,24kWh (2s * 3p * 170Ah @C ₂₀)
Veículo	Modelo	IVECO
	Capacidade interna	16 m ³
Kits Móveis	Kit de Bombeamento	54Wp e moto-bomba de 12 Vdc
	Kit de Geração 127Vac	261Wp e uma bateria de 170Ah

1. Princípios e componentes de um aerogerador
2. Como fazer um empreendimento
3. Como vender a energia gerada

PRINCÍPIOS E COMPONENTES DE UM AEROGERADOR

Princípio de um aerogerador



$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

$$P_{tm\acute{a}x} = C_{p_{m\acute{a}x}} \cdot P = 0,593 \cdot P$$

$$P_e = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p \cdot \eta_{cx} \cdot \eta_g$$

Onde $C_p \leq C_{p_{tm\acute{a}x}}$

P : potência disponível no vento [W]

ρ : massa específica do ar [kg/m^3]

A : área da seção transversal varrida pelo rotor da turbina [m^2]

V : velocidade do vento livre antes da turbina [m/s]

$P_{tm\acute{a}x}$: potência máxima que pode ser extraída por uma turbina ideal [W]

$C_{p_{tm\acute{a}x}}$: coeficiente de Betz (0,593)

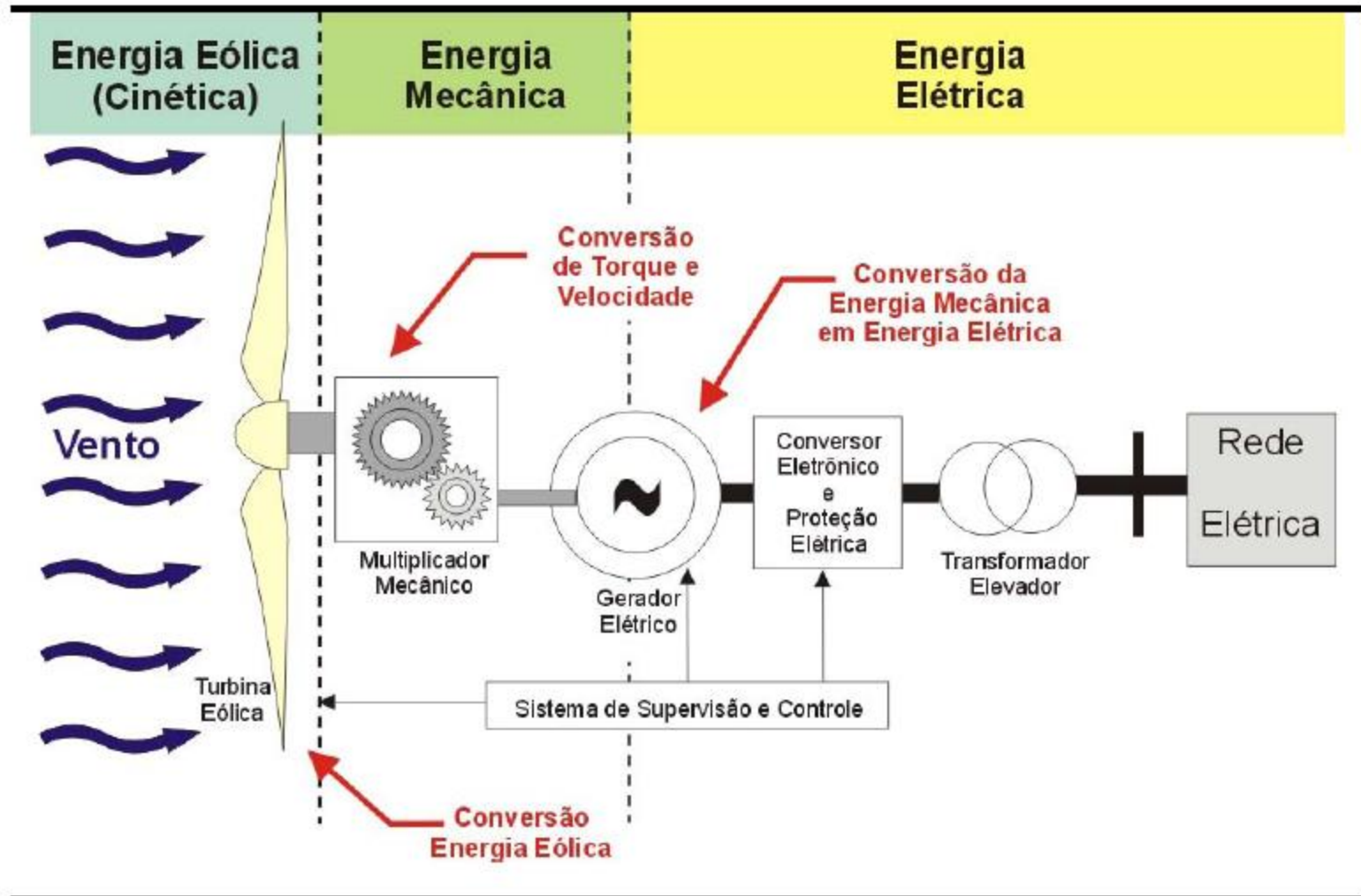
P_e : potência elétrica na saída do aerogerador [W]

C_p : coeficiente de potência da turbina

η_{cx} : eficiência da caixa multiplicadora

η_g : eficiência do gerador elétrico

Princípio de um aerogerador



- **Com Multiplicador**

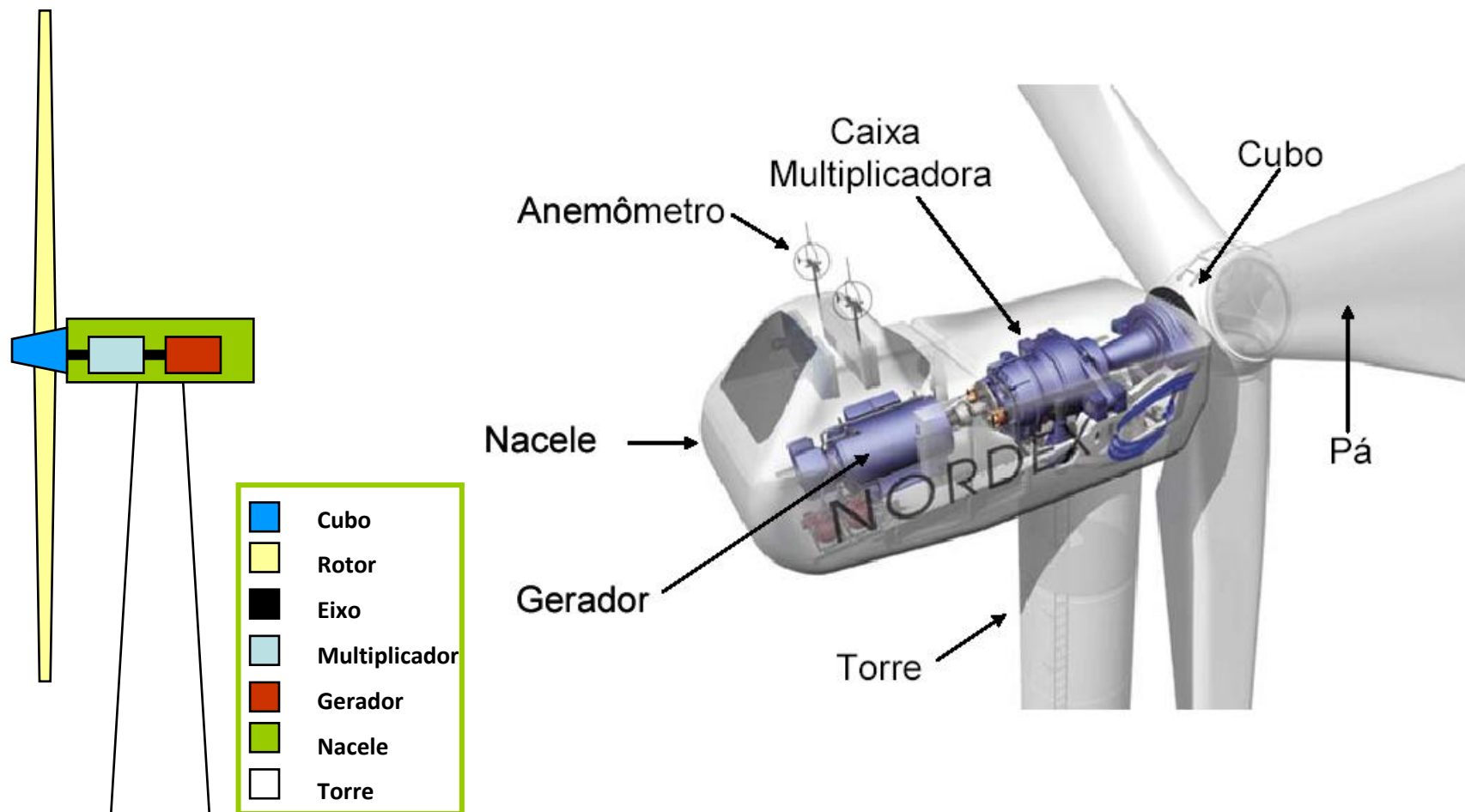
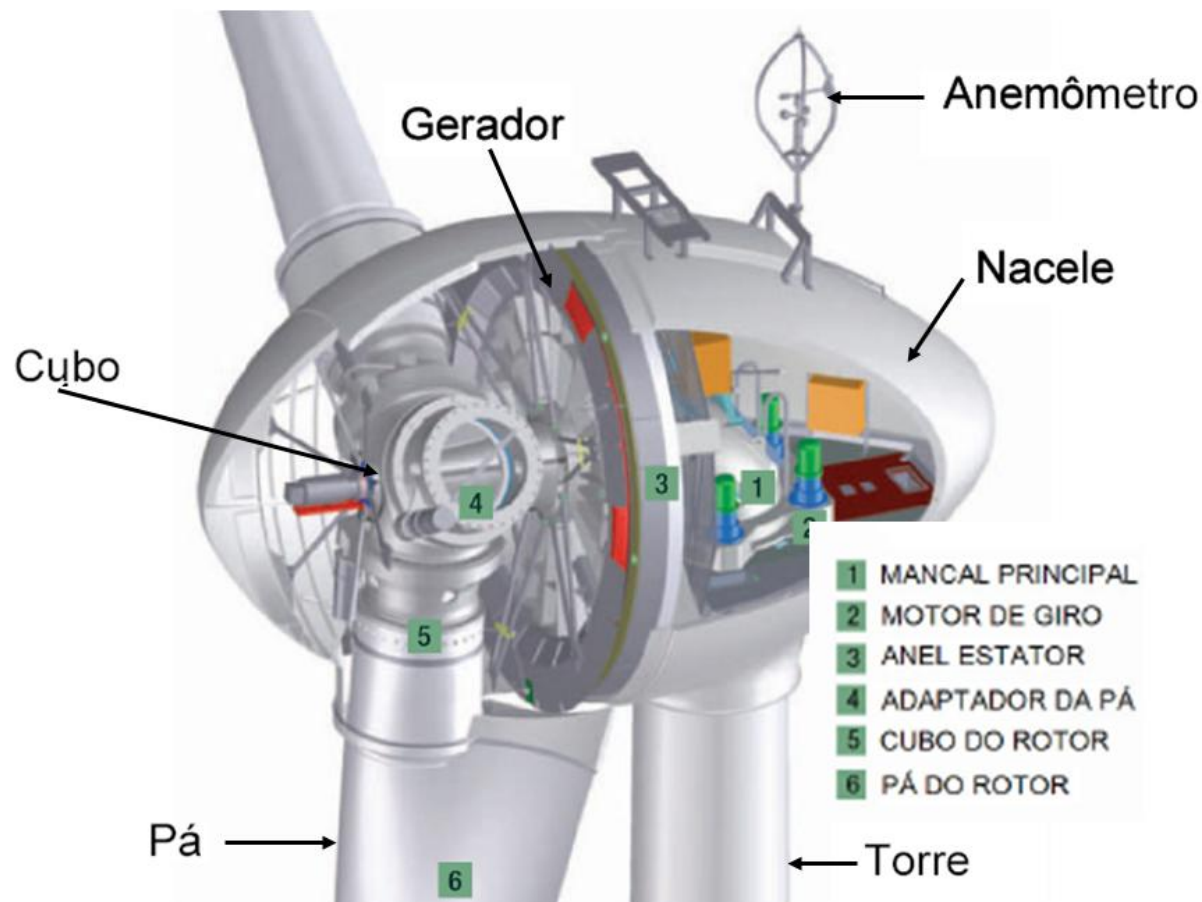
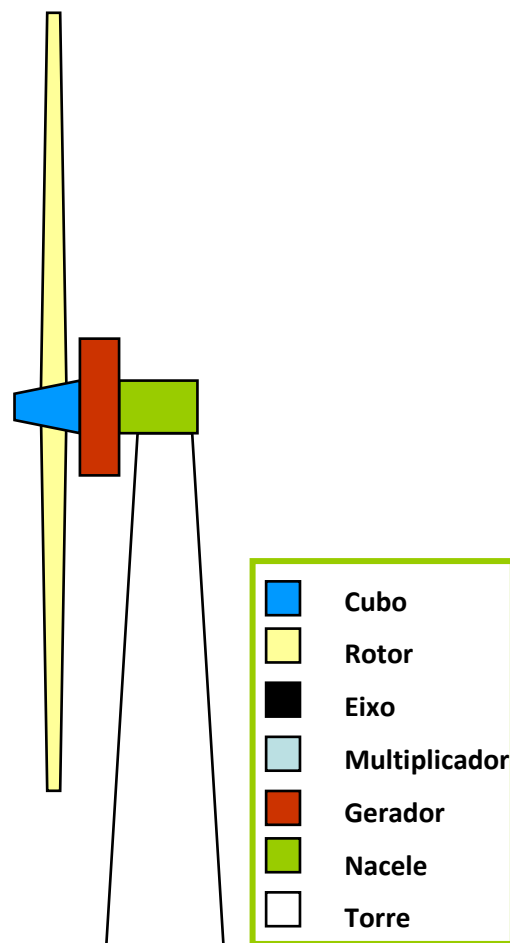
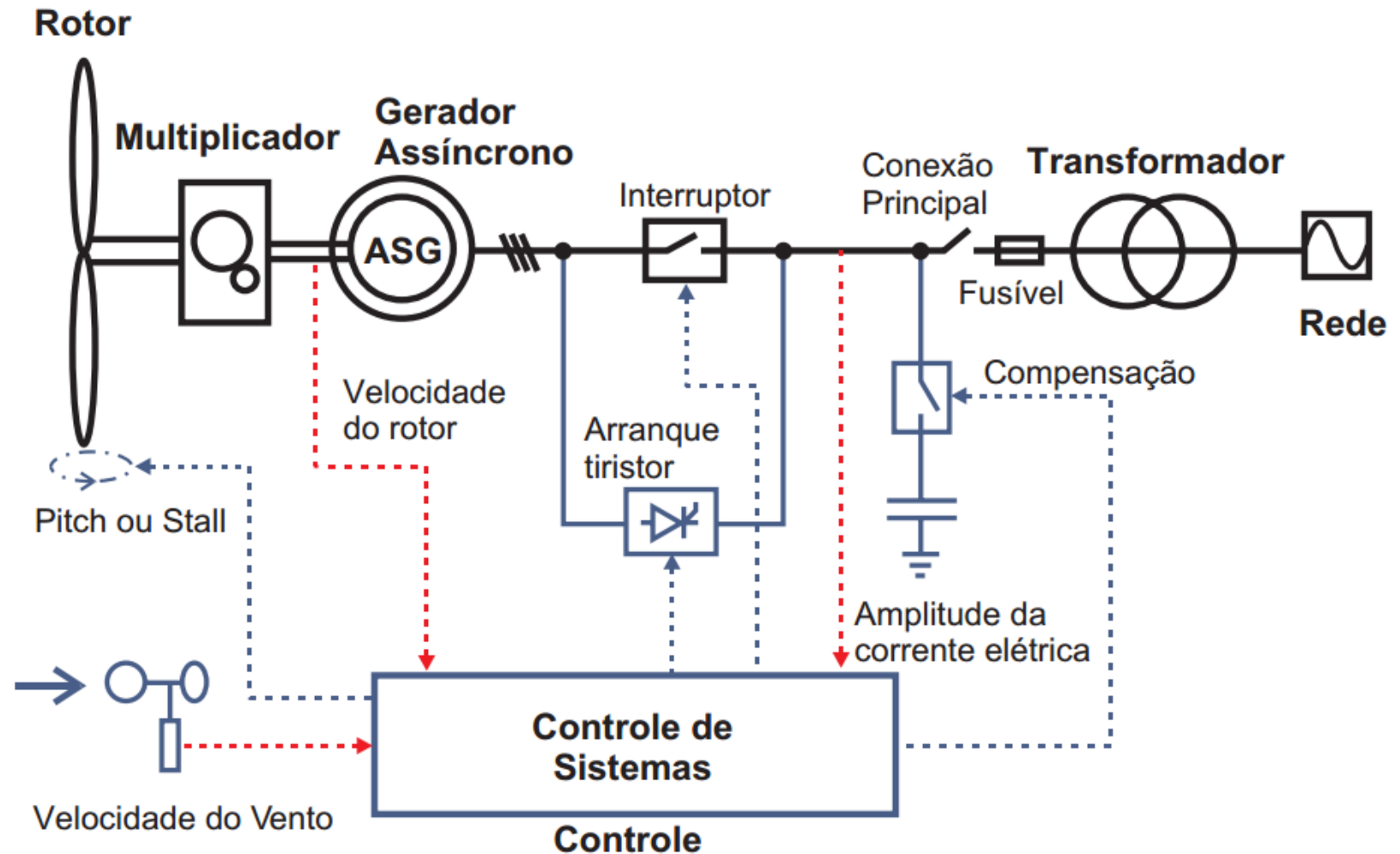


Figura adaptada de http://www.energy.qld.gov.au/infosite/eg_using_wind_turbines.html.

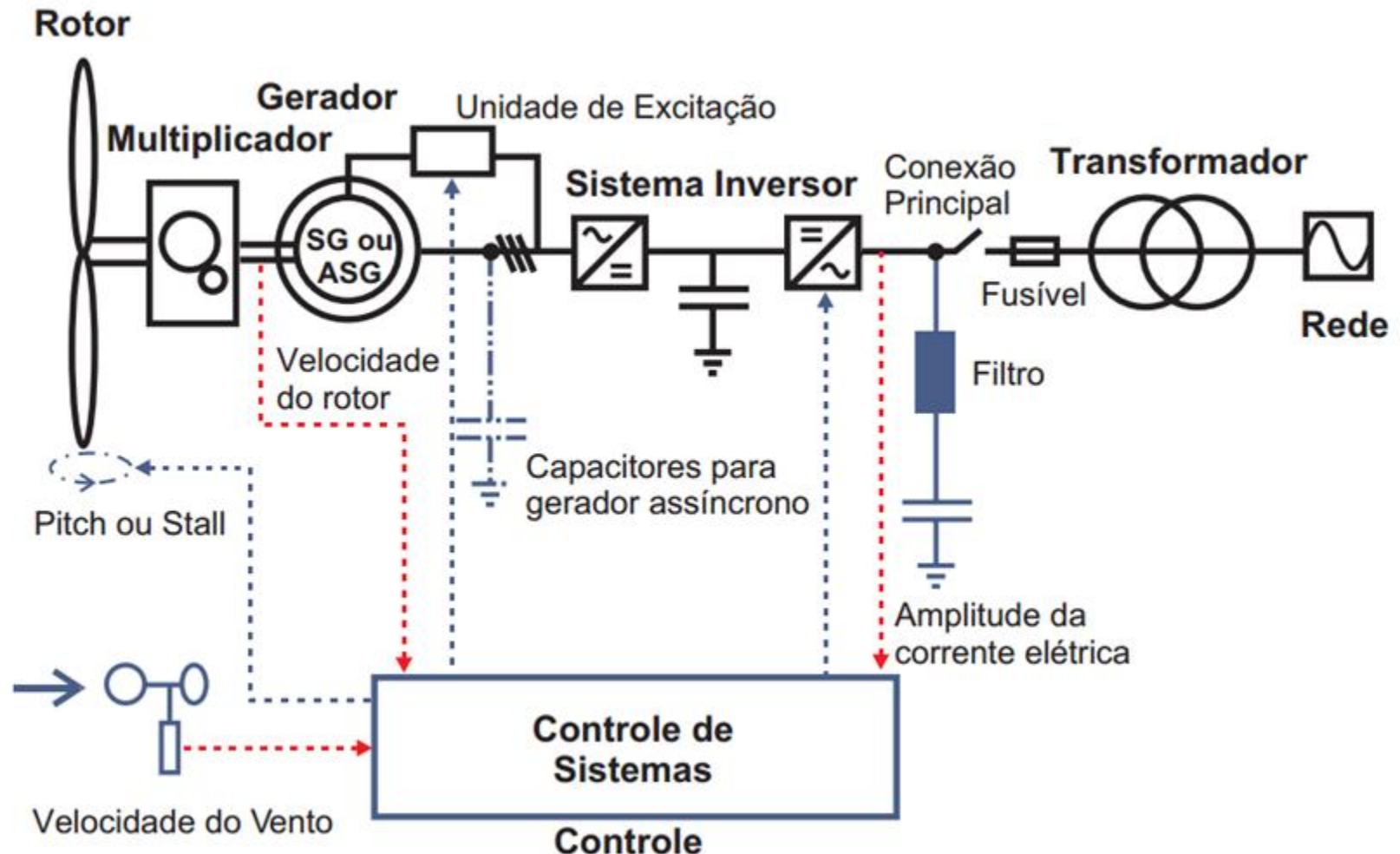
- **Acionamento Direto**



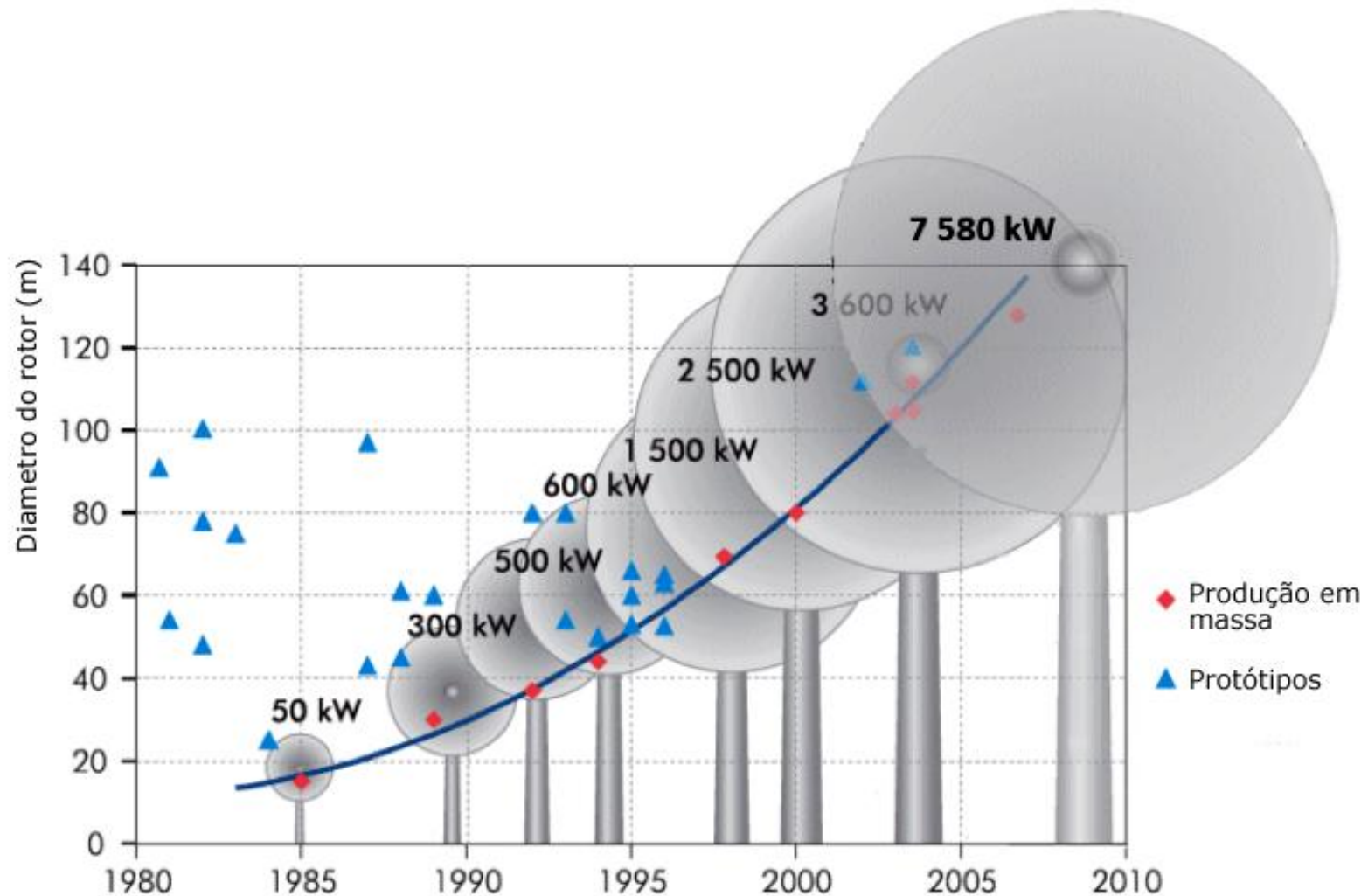
Sistema elétrico de um gerador com velocidade constante



Sistema elétrico de um gerador com velocidade variável

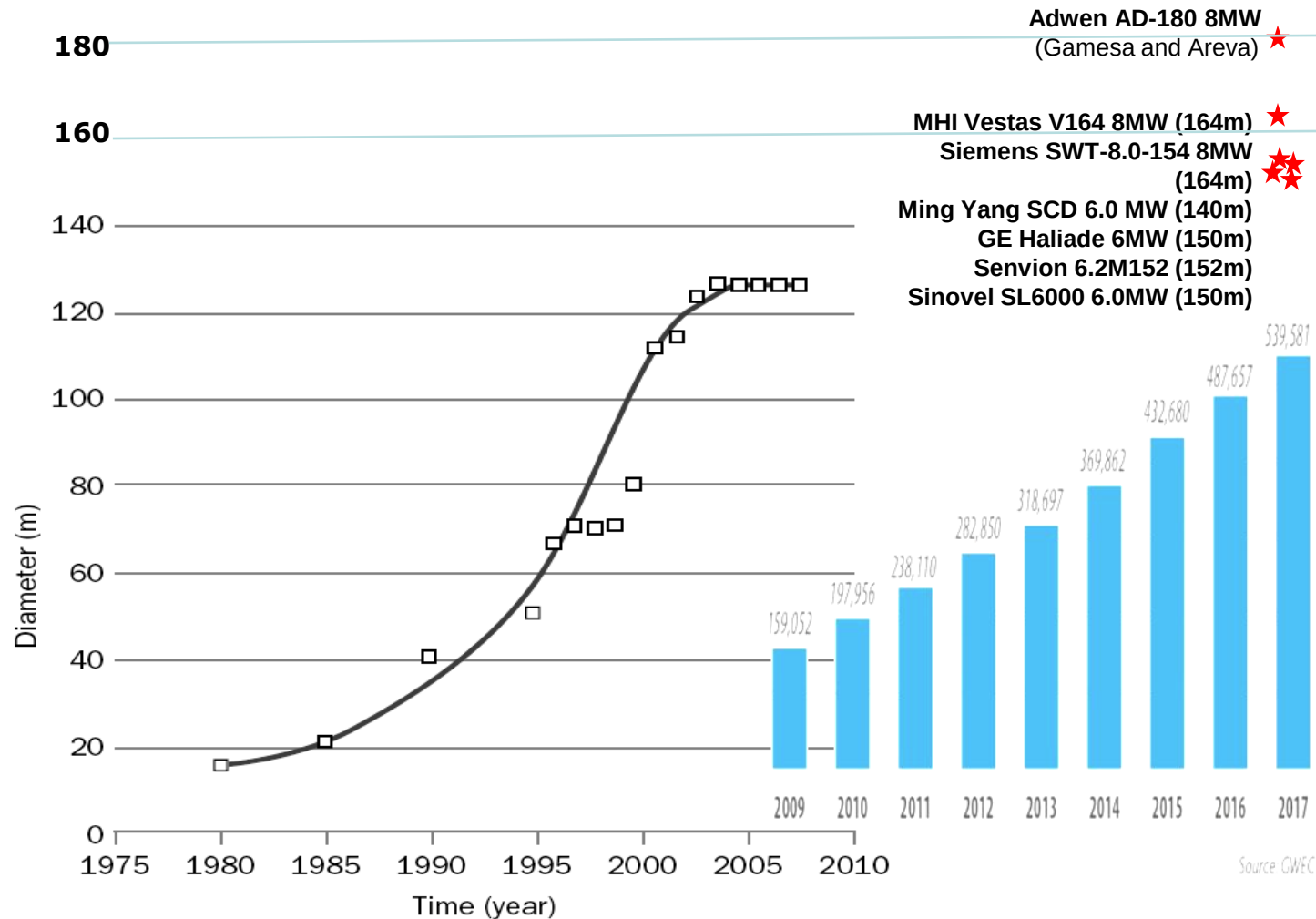


Evolução da potência dos aerogeradores



Fonte: Agência Internacional de Energia (IEA)

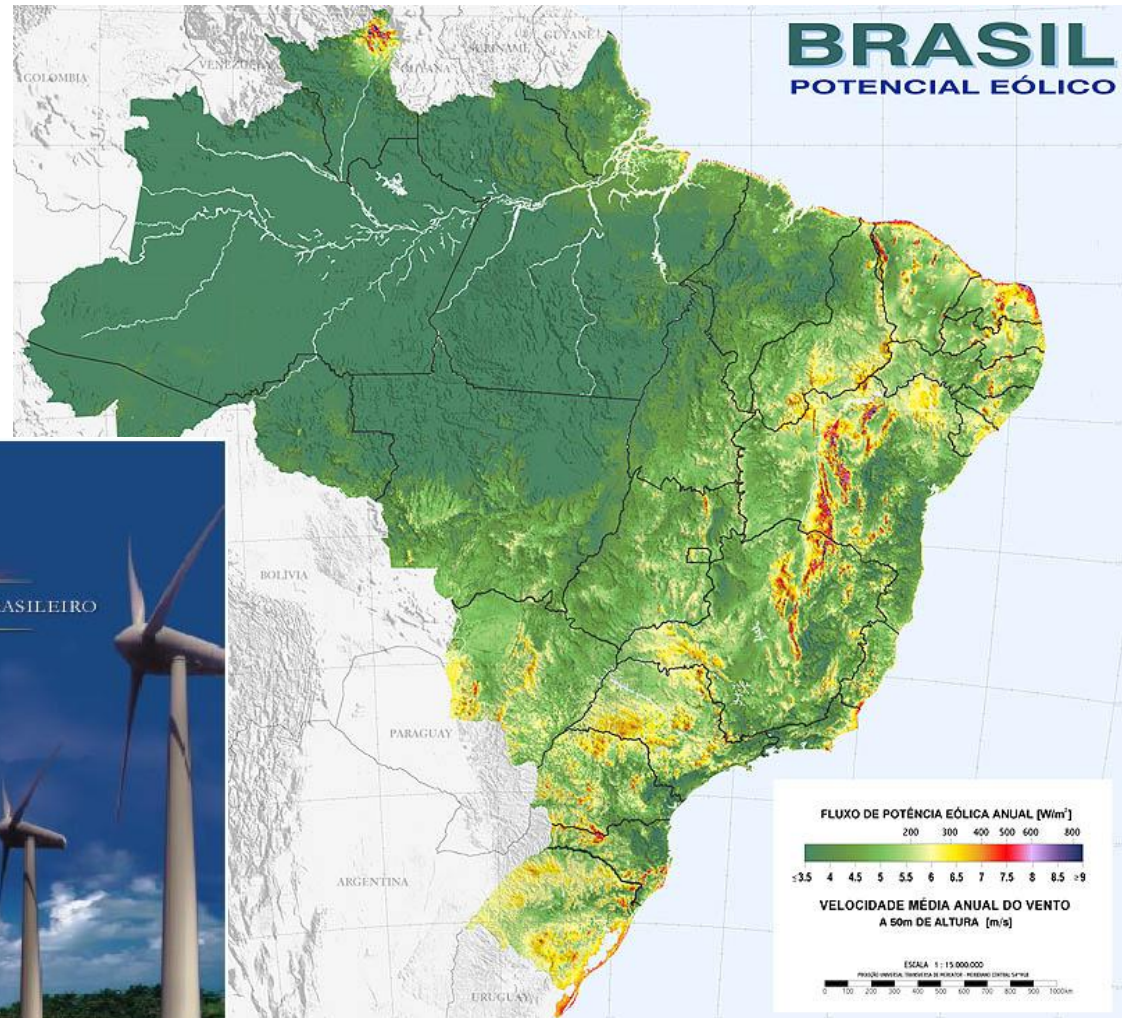
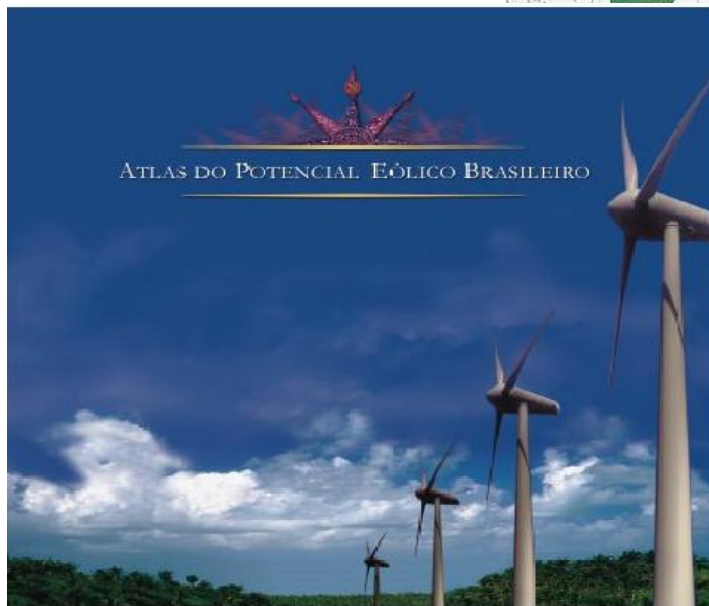
1. Evolução da potência dos aerogeradores



COMO FAZER UM EMPREENDIMENTO EÓLICO

Primeiro passo: Localização de ventos favoráveis

Início da Pesquisa pelo Atlas Eólico



Próximos passos: Detalhamento dos melhores sítios

**O Atlas indica as regiões
com os melhores ventos.**

**O que preciso saber para
iniciar um projeto?**



Prospecção

Características de um sítio promissor

- Ventos com velocidade média anual superior a 7,0 m/s;
- Dimensões adequadas para comportar a potência do projeto;
- Baixo relevo para melhor aproveitamento da área;
- Ventos comportados, com baixo índice de turbulência;
- Acesso para veículos pesados;
- Disponibilidade de alguma subestação na redondeza, com capacidade para absorver a energia gerada pela usina eólica.



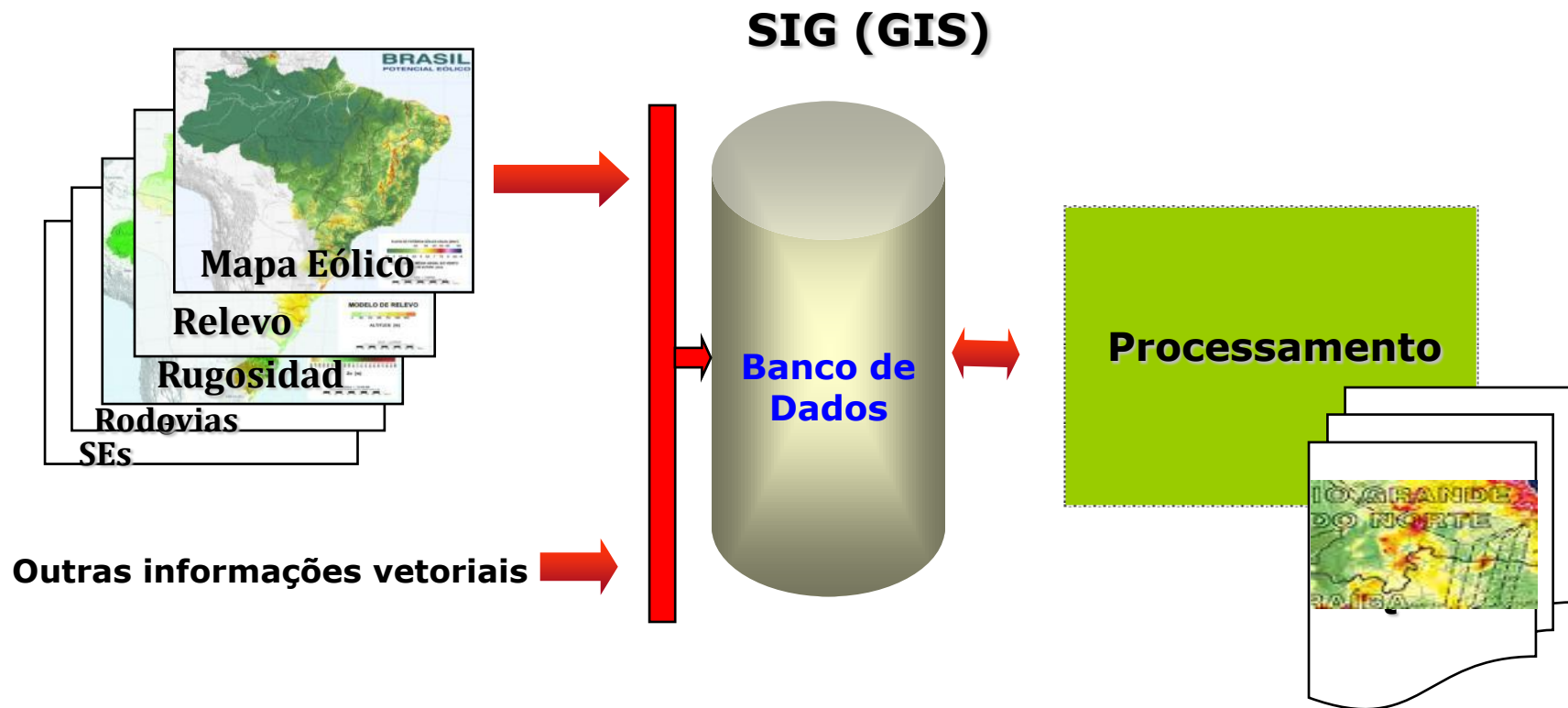
Prospecção

Identificação prévia de locais promissores

- Investigar **no Atlas Eólico** os locais que apresentam ventos superiores a 7,0m/s, na região de interesse;
- Utilizar **mapas cartográficos** para identificar o tipo de relevo, avaliar a disponibilidade de áreas planas e identificar as vias de acesso;
- Utilizar **imagens de satélite** para caracterizar o tipo de rugosidade na região de interesse e na vizinhança;
- Utilizar **diagramas elétricos** para avaliar a **viabilidade de despacho da energia produzida** na futura usina.

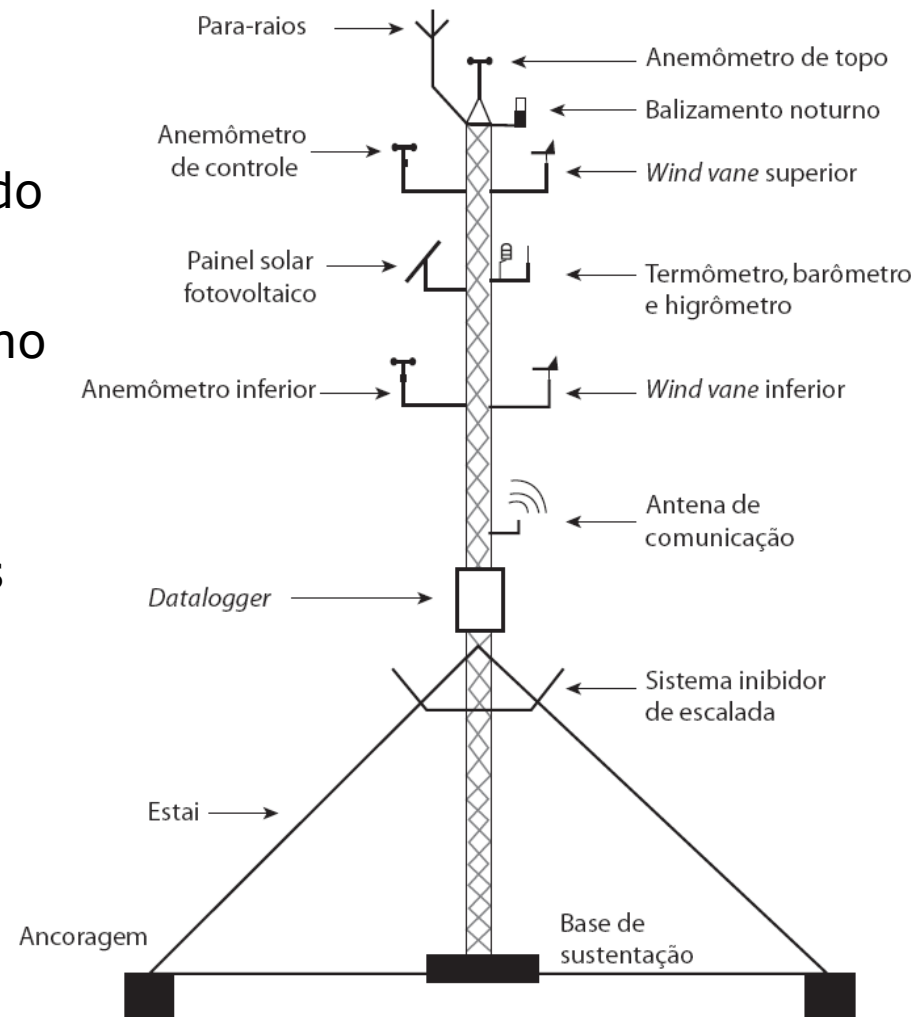


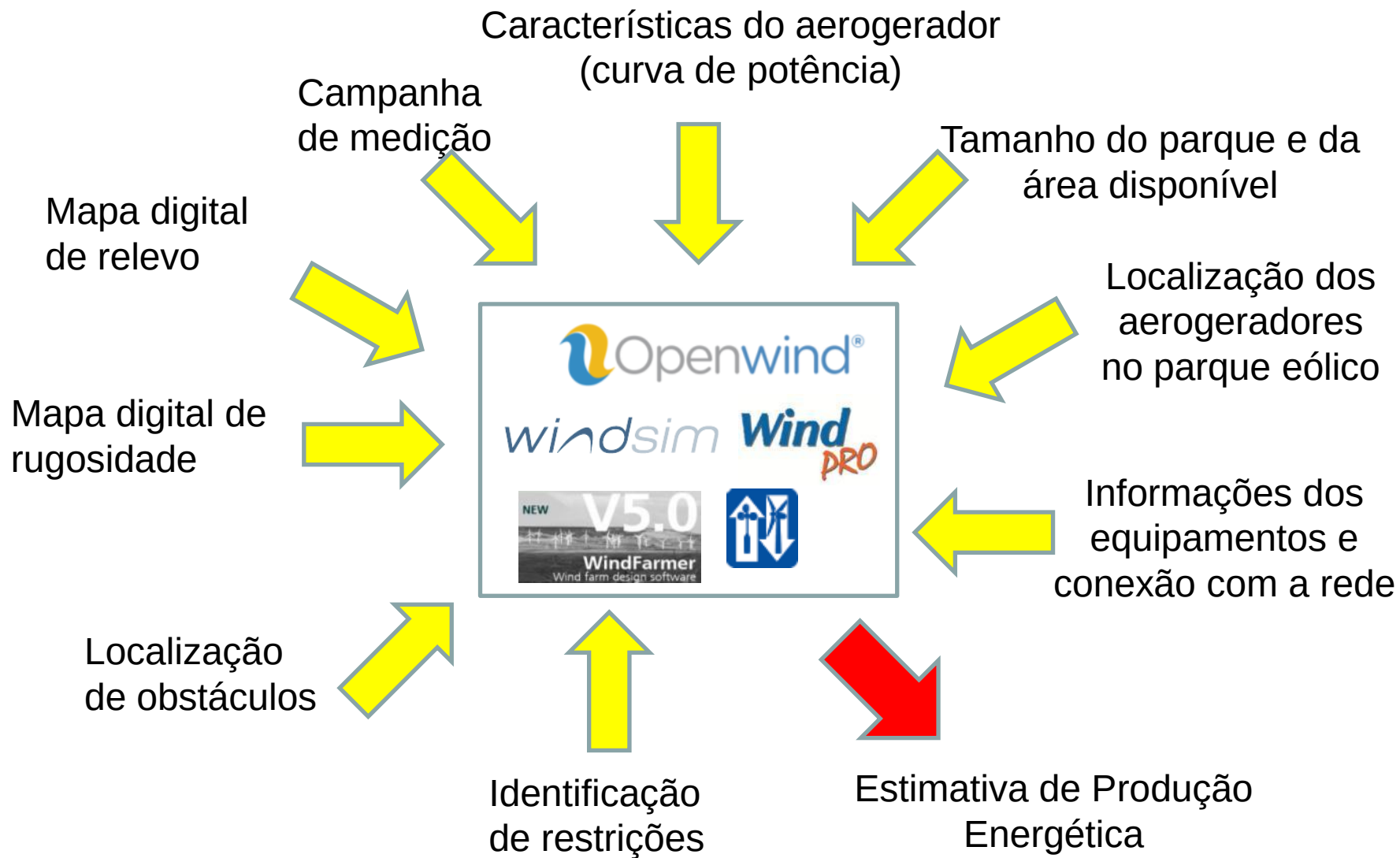
- Utilizar um sistema de geoprocessamento para identificar e elaborar os polígonos que apresentam as características desejadas, traçar as rotas de prospeção, identificar as rodovias de acesso, calcular a capacidade de produção, etc. Todos os dados coletados serão úteis para avaliação da viabilidade do empreendimento eólico.



Campanha de medição do vento

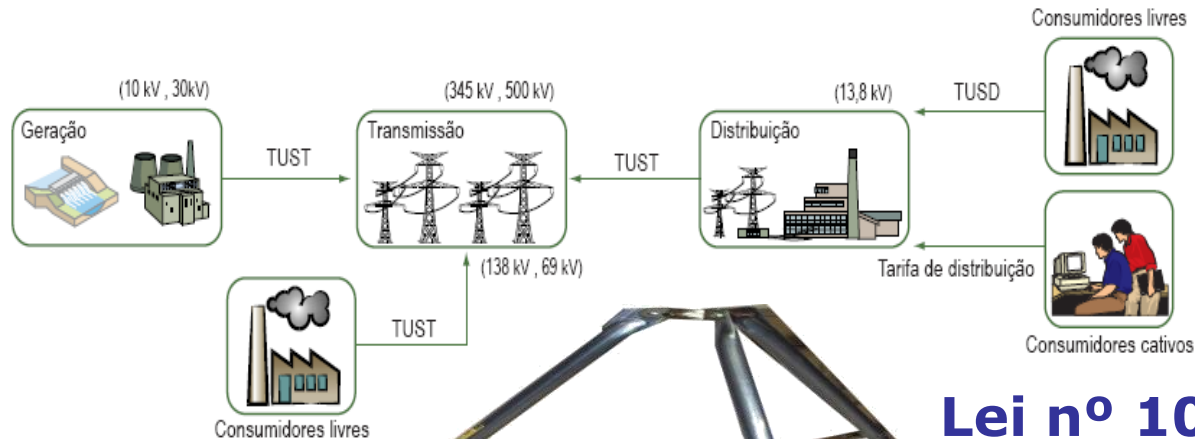
- Identificação das melhores localizações para se instalar uma torre de medição anemométrica;
- Negociações com os proprietários do terreno;
- Período mínimo de medição: um ano
- Utilização de equipamentos de qualidade;
- Coleta de dados e manutenção dos equipamentos;
- Tratamento estatístico dos dados medidos.





COMO VENDER A ENERGIA GERADA

O modelo do setor elétrico



Lei nº 10.848/2004

**Regulamentação
estável**

**Segurança do
abastecimento**

**Modicidade
tarifária**

**Leilões de
Contratação
de Energia**

- Leilão de Venda
- **Leilão de Fontes Alternativas**
- Leilão de Excedentes
- Leilão Estruturante
- **Leilão de Energia de Reserva**
- **Leilão de Energia Nova**
- Leilão de Energia Existente
- Leilão de Compra
- Leilão de Ajuste

- **Leilão de Fontes Alternativas**

O leilão de fontes alternativas foi instituído com o objetivo de atender ao crescimento do mercado no ambiente regulado e aumentar a participação de fontes renováveis – eólica, biomassa e energia proveniente de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) – na matriz energética brasileira.

- **Leilão de Energia de Reserva**

A contratação da energia de reserva foi criada para elevar a segurança no fornecimento de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), com energia proveniente de usinas especialmente contratadas para esta finalidade → seja de novos empreendimentos de geração ou de empreendimentos existentes.

- **Leilão de Energia Nova**

O leilão de energia nova tem como finalidade atender ao aumento de carga das distribuidoras. Neste caso são vendidas e contratadas energia de usinas que ainda serão construídas. Este leilão pode ser de dois tipos: A -5 (usinas que entram em operação comercial em até cinco anos) e A -3 (em até três anos).

Fator de capacidade = [kWh de
energia elétrica gerada] /
[capacidade nominal de
geração (kW) x período (h)]

Resultado dos últimos leilões (2018)

	Potência (MW)	MWmédios	Investimento (R\$ milhões)	R\$/kW		
				Médio	Mínimo	Máximo
26º LEN 2017 A-6	1.386,6	773,6	R\$ 6.147,13	R\$ 5.767,03	R\$ 5.499,85	R\$ 8.068,13
27º LEN 2018 A-4	114,4	57,7	R\$ 629,20	R\$ 5.500,03	R\$ 5.500,03	R\$ 5.500,03
28º LEN 2018 A-6	1.250,7	658,6	R\$ 5.834,75	R\$ 4.800,91	R\$ 3.439,94	R\$ 8.666,28

	Potência (MW)	MWmédios	Fator de Capacidade		
			Médio	Mínimo	Máximo
26º LEN 2017 A-6	1.386,6	773,6	56%	43%	66%
27º LEN 2018 A-4	114,4	57,7	50%	48%	54%
28º LEN 2018 A-6	1.250,7	658,6	52%	42%	61%

	Potência (MW)	MWmédios	Preço de Venda (R\$/MWh)		
			Médio	Mínimo	Máximo
26º LEN 2017 A-6	1.386,6	773,6	R\$98,58	R\$96,90	R\$100,02
27º LEN 2017 A-4	114,4	57,7	R\$67,60	R\$67,60	R\$67,60
28º LEN 2017 A-6	1.250,7	658,6	R\$ 90,22	R\$79,00	R\$94,33

(Fonte: CCEE, 2016. *Leilões*. Disponível em: www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos?_adf.ctrl-state=w02bdojl1_167&_afLoop=4542759326414. Acesso em: 12/09/16)

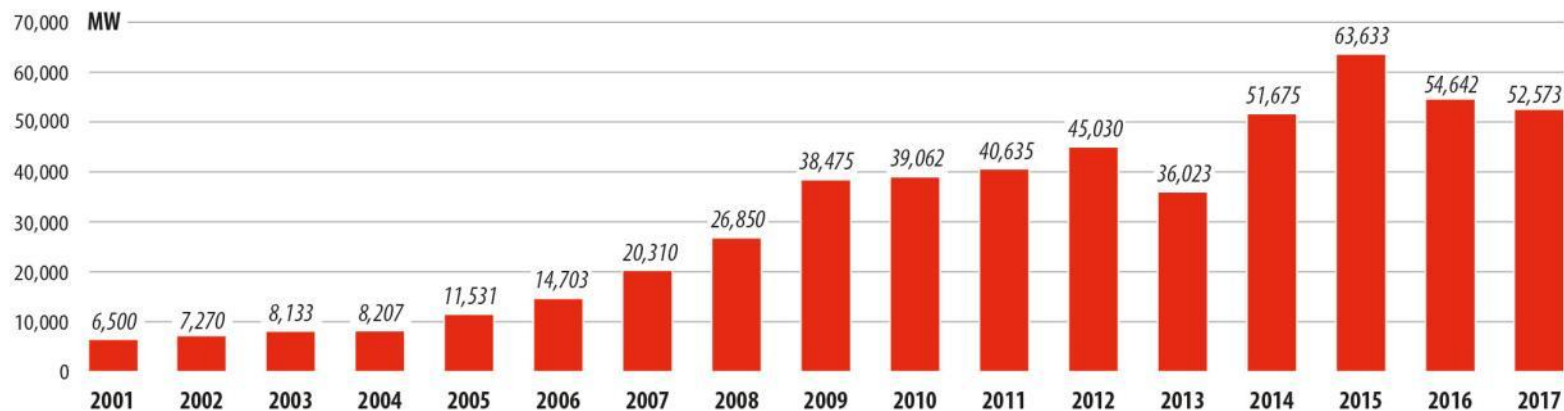
Potência instalada no mundo

GLOBAL CUMULATIVE INSTALLED WIND CAPACITY 2001-2017



Source: GWEC

GLOBAL ANNUAL INSTALLED WIND CAPACITY 2001-2017



Source: GWEC

Potência instalada no Brasil

CAPACIDADE INSTALADA E NÚMERO DE PARQUES POR ESTADO

US	MW	PARQUES
RN	3.722,5	137
BA	2.671,9	103
CE	2.018,4	78
RS	1.831,9	80
PI	1.443,1	52
PE	781,3	34
SC	238,5	14
MA	220,8	8
PB	156,9	15
SE	34,5	1
RJ	28,1	1
PR	2,5	1
Total	13.150,2	524

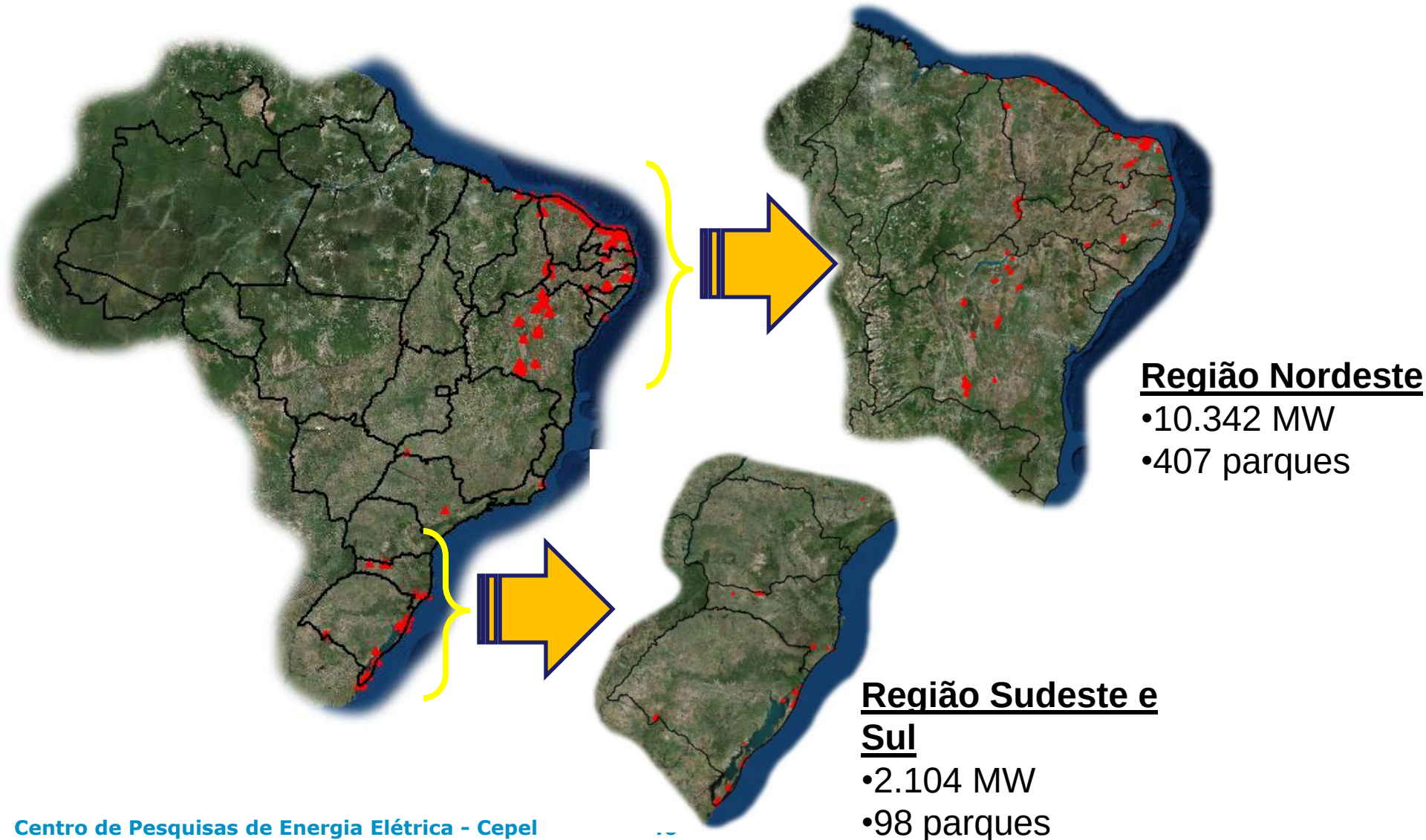
EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA (MW)



Fonte: ANEEL/ABEEólica

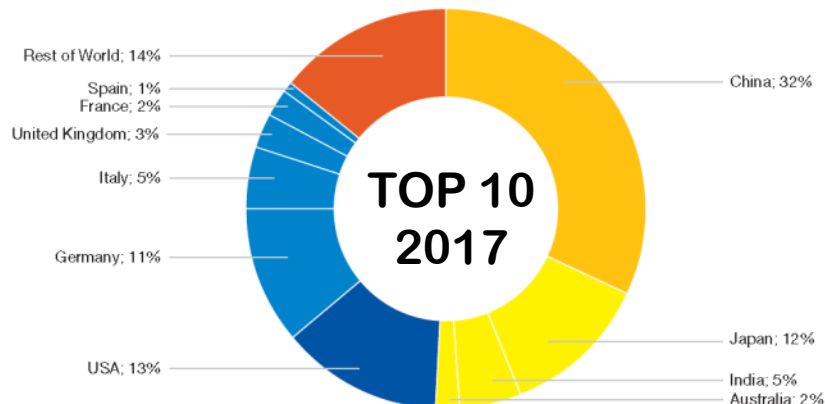
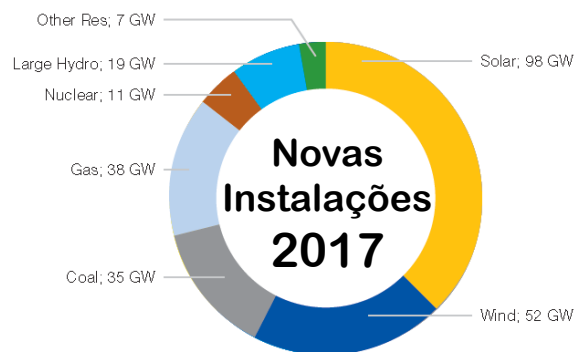
Sistema de Informação Geográficas do Setor Elétrico – SIGEL

(<http://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html>)



Geração fotovoltaica de energia elétrica

Evolução da capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no mundo



Source: Frankfurt School-UNEP Centre and BNEF (2018)

(Fonte: SolarPower Europe. 2018. *Global Market Outlook 2018-2022*.)

<https://www.dropbox.com/s/yy9fhv6wbw6atbi/22%20SPE%20gmo%20full%20report%20mr.pdf?dl=1>

Geração distribuída - RN Aneel 482/2012, revisada em nov/15 pela RN 687/2015 (PRODIST – módulo 3)

- PRODIST Módulo 3, Seção 3.7, Revisão 6
- micro- (até 75kWp) e minigeração (até 5MWp) distribuída;
- sistema de compensação de energia em um período de 60 meses (*net-metering*);
- até 10kW , na BT monofásica, até 100kW na BT trifásica, 100-500kW BT trifásica ou MT e acima de 500kW na MT;
- custos de adequações necessárias na rede de distribuição para acesso da microgeração são de responsabilidade da distribuidora, enquanto que para a minigeração são de responsabilidade do consumidor;

Módulos Fotovoltaicos

Efeito Fotovoltaico

- O princípio físico denominado efeito fotovoltaico (foto = luz; volt = eletricidade), conforme indicado pelo próprio nome, é a conversão direta de energia luminosa (fótons) em energia elétrica

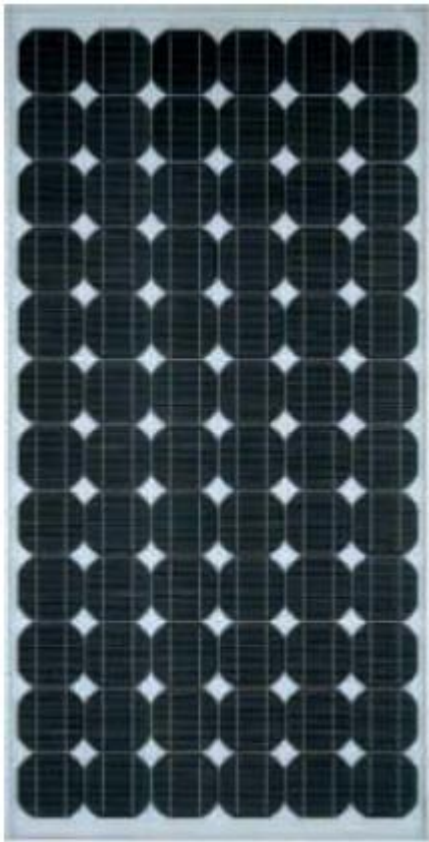
Célula Fotovoltaica

- Dispositivo eletrônico construído a partir de uma junção p-n de material semicondutor, geralmente o Silício (Si), e que tem a propriedade de implementar o efeito fotovoltaico (tensão x corrente c.c.)



Módulos Fotovoltaicos de Si

Silício
monocristalino
(m-Si)



Silício
policristalino
(p-Si)



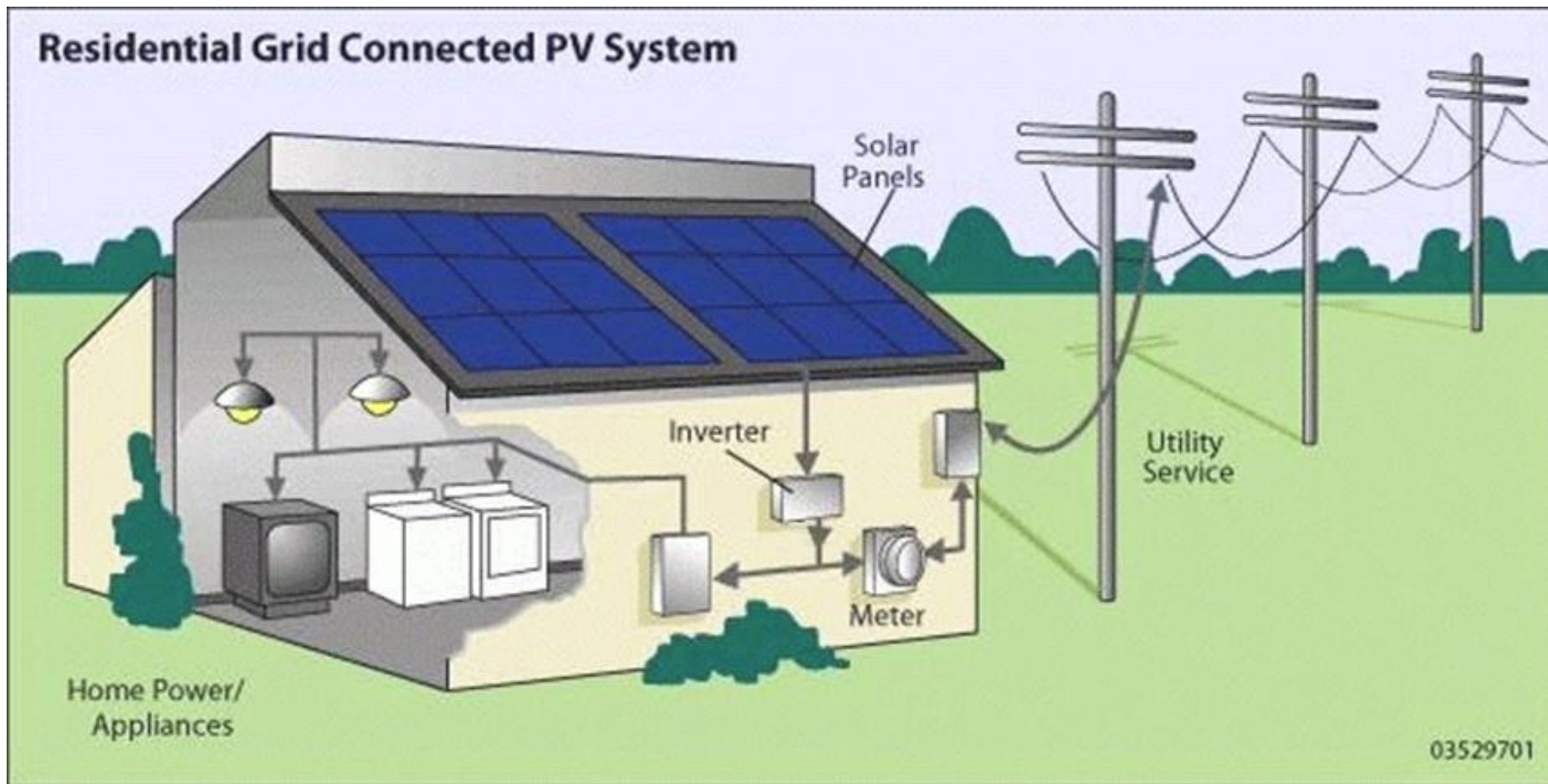
Silício amorfo
(a-Si)



- Eficiências dos módulos fotovoltaicos de Silício cristalino (c-Si) geralmente na faixa de 15% a 17%
- Melhores eficiências de módulos comerciais são superiores a 20%, segundo os fabricantes
- A China é o maior produtor de células e módulos fotovoltaicos, detendo mais de 60% da produção mundial, além de ser também o maior mercado mundial
- Mais de 90% do mercado mundial compreende módulos de c-Si

SFCRs - Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede



Sistema *net metering* - RN Aneel 482/2012, sistema de compensação

CEPEL – 16,2 kWp



Evolução da capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil

(Julho /2018)

Leilões



USINAS SOLARES
FOTOVOLTAICAS
2.233 Empreendimentos
1.306.5 MWp



Compensação
Energética
Res 482/2012
Res 687/2015



MICRO E MINIGERAÇÃO
DISTRIBUÍDA
32.188 Empreendimentos
306.5 MWp

Total até julho de 2018:
• **34.421 empreendimentos**
• **1.613.0 MWp**

6º LER (2014)
31 Projetos
889.6 MWp

10/2017

7º LER (2015)
30 Projetos
833.8 MWp

08/2017

8º LER (2015)
32 Projetos
929.3 MWp

11/2018

25º LEN (2017)
20 Projetos
574.0 MWp

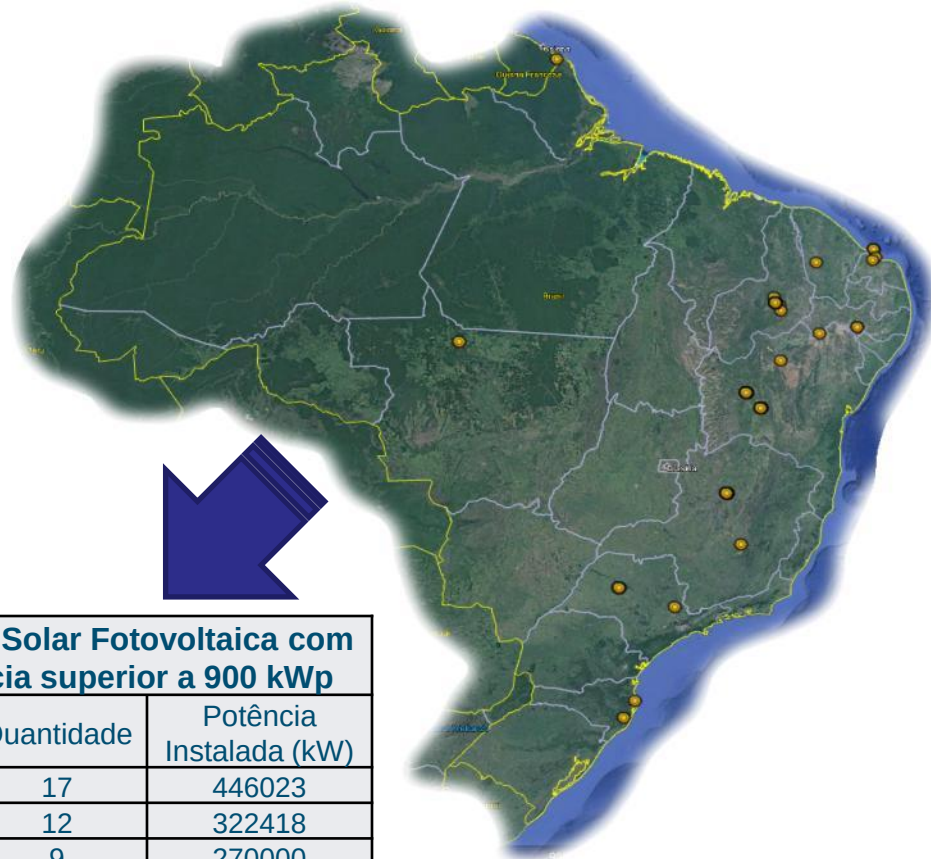
01/2021

27º LEN (2018)
29 Projetos
806.6 MWp

01/2022

Potência Instalada em
operação: 1.060 MW

Capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil (Jul/2018)



Plantas Solar Fotovoltaica com potência superior a 900 kWp

UF	Quantidade	Potência Instalada (kW)
BA	17	446023
MG	12	322418
PI	9	270000
SP	5	121082
RN	5	117100
PE	2	10000
CE	1	5000
AP	1	4039
SC	2	3998
MT	2	1860
TOTAL	56	1.301.521

Total até julho de 2018:
34.421 empreendimentos
1.614,2 MWp

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA (Ger. Distribuída)

UF	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
MG	6.518	9.695	69.523,69
RS	3.963	4.589	44.872,22
SP	6.215	6.756	39.451,44
SC	2.984	3.328	18.928,68
CE	1.054	1.225	17.714,08
PR	2.110	2.118	17.356,26
RJ	2.265	2.422	15.592,57
GO	691	779	9.629,96
BA	771	952	9.345,95
PE	607	873	9.024,78
RN	467	478	7.102,81
PI	324	386	6.585,86
MT	523	647	6.388,96
DF	484	509	6.107,43
ES	904	1.027	5.428,92
PB	420	607	5.255,30
MS	652	719	4.902,22
MA	354	415	4.419,87
PA	283	284	2.864,93
SE	227	248	2.172,51
AL	139	161	1.498,38
TO	182	192	1.438,39
RO	67	69	797,87
AC	24	25	368,11
AM	38	38	367,39
AP	18	19	349,12
RR	9	9	244,57
TOTAL	32.293	38.570	307.732,3

UFVs – Usinas Fotovoltaicas

UFV Tauá, CE – 1MWp (ex-MPX, atual Eneva)

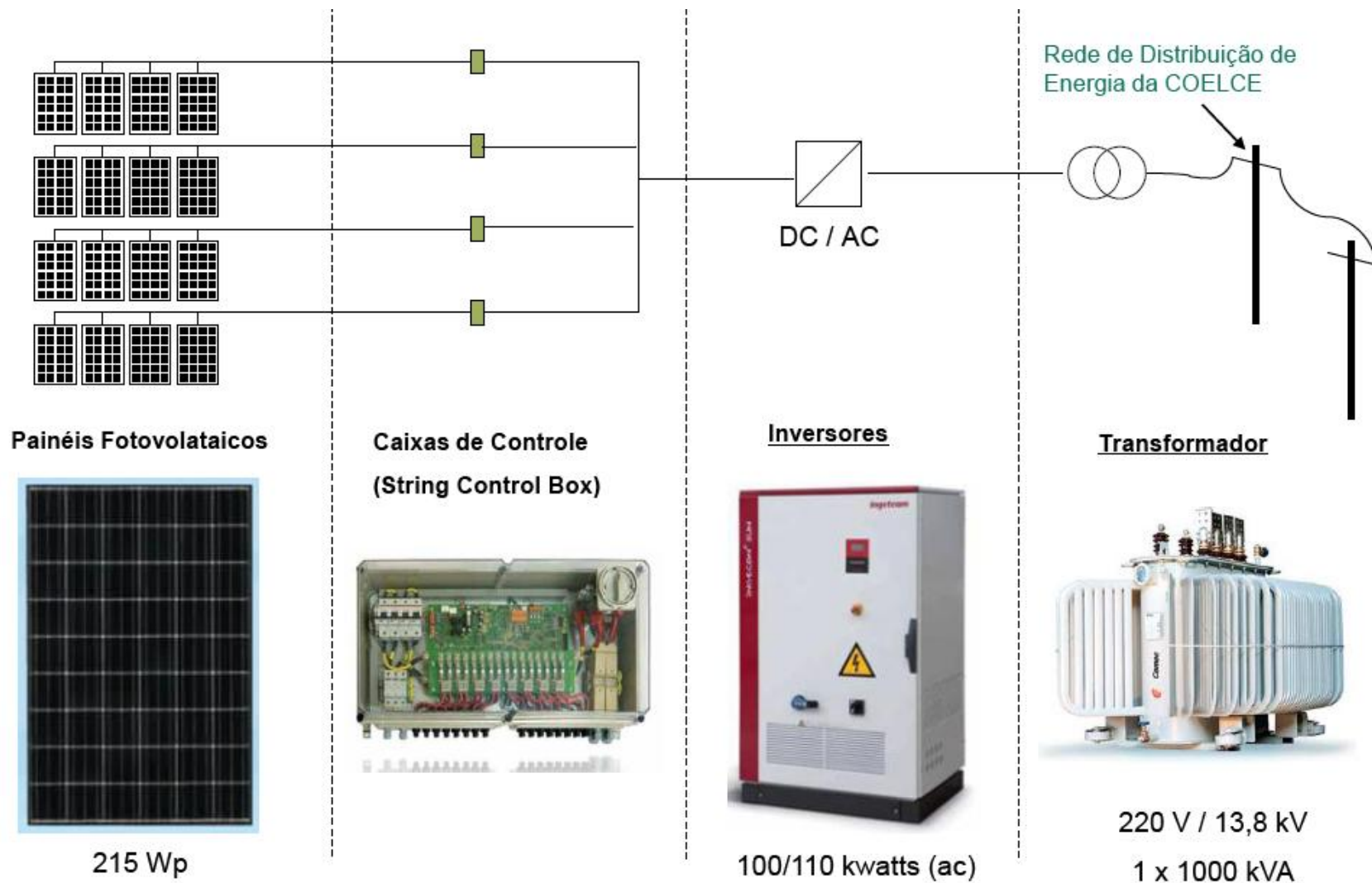


Fonte: www.mpx.com.br



- Primeira UFV no Brasil - operação comercial desde jul/11, interior do CE;
- 4.680 painéis fotovoltaicos instalados em uma área de 12 mil m².
- Geração 1621 MWh/ano; fc_{anual} : 18,4%; $fc_{\text{máximo}}$: 22,1% - ago/12 (dados de 2012)

Fonte: Apresentação V. Oliveira durante o evento Solar Energy LatAm 2013, Rio de Janeiro



Fonte: Apresentação V. Oliveira durante o evento Solar Energy LatAm 2013, Rio de Janeiro

SFIs - Sistemas Fotovoltaicos Isolados

- Alimentam cargas elétricas exclusivamente a partir de energia solar fotovoltaica; entre outras aplicações, destinam-se à eletrificação rural em locais não atendidos pela rede elétrica convencional (locais isolados, de difícil acesso, ilhas, etc.). Podem ser:

Sem Armazenamento: alimentam cargas somente diurnas (ex: sistemas de bombeamento d'água para consumo humano)

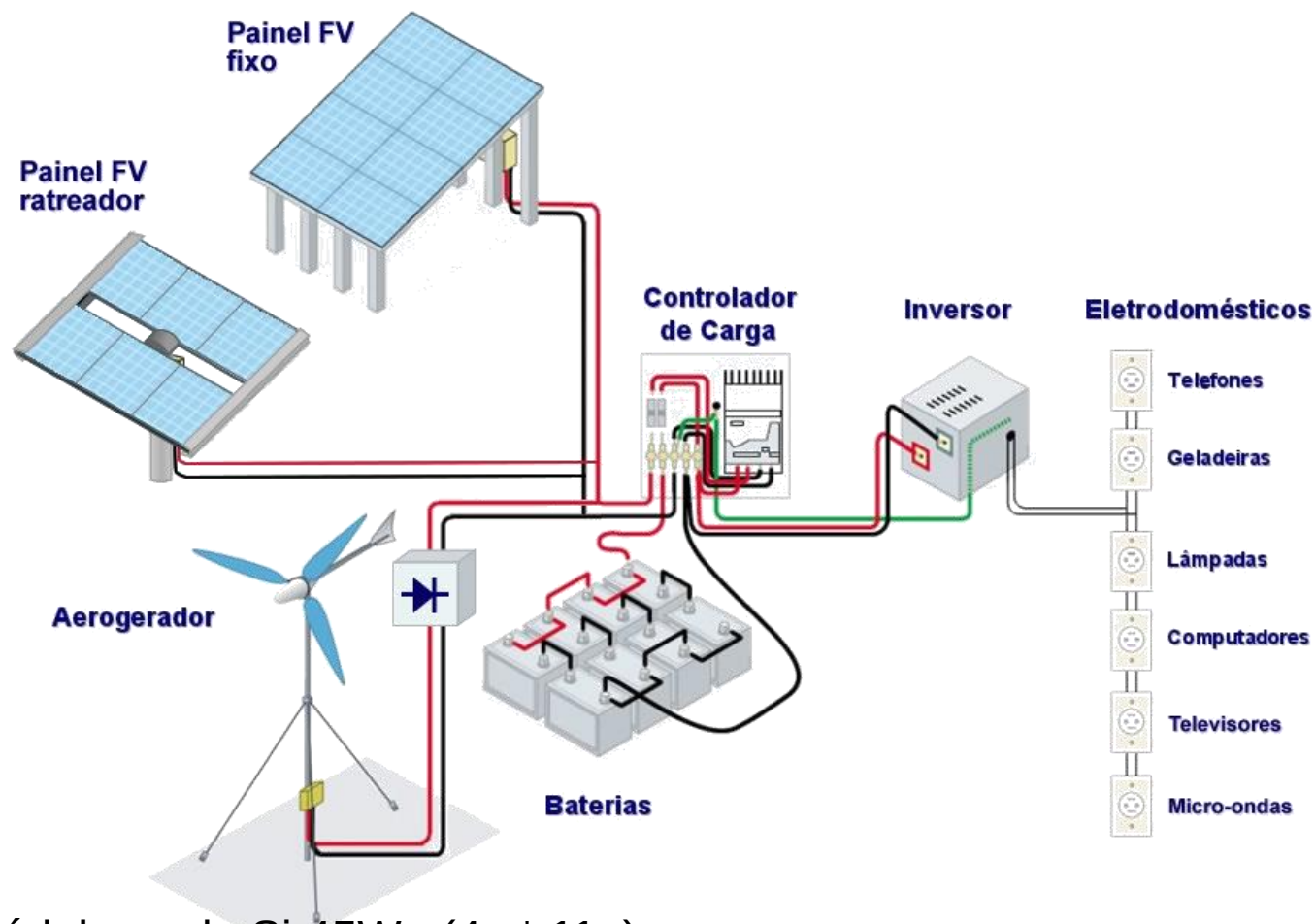
Com Armazenamento: atendem a cargas que necessitam de alimentação contínua (ex: escolas, postos de saúde, etc.), sendo o armazenamento de energia geralmente feito a partir de baterias Chumbo-ácido

Casa Solar Eficiente do CEPEL

- sistema fotovoltaico isolado
- auto-suficiente em água e energia
- sistema FV geração energia; sistema FV de bombeamento d'água de poço; sistema solar térmico de aquecimento de água; gerador eólico;
- em operação desde mar/97
- sistema de monitoração
- ~16 mil visitantes
- cursos



Casa Solar Eficiente do CEPEL



Configuração

Painel PV ~2kWp - 44 módulos poly-Si 45Wp (4s * 11p)

Banco 750Ah/48V - 20 baterias Pb-H₂SO₄ 12V 105Ah (4s * 5p)

Inversor 4kW, 48Vdc/120Vac

Sistemas Isolados - Resolução 493/2012 – jun/2012

- Estabelece condições para fornecimento de energia através de:
 - MIGDIs - Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica) - “minirrede”;
 - SIGFIs – Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente;
- Sistemas isolados para eletrificação rural (sistemas com baterias);
- Pode ser sistema misto c.c./c.a.;
- Medidor é opcional, podendo ser cobrado por estimativa, sem que se aplique custo de disponibilidade;
- Estabelece requisitos técnicos, como DIC etc.;
- MIGDI pode ser em período reduzido, com mínimo 8h/dia com justificativa técnica e econômico-financeira;

Escola Beneficiada - Seringal Iracema



Família Beneficiada - Seringal Dois Irmãos

Fonte: Eletrobras

Sistemas fotovoltaicos instalados no Município de Xapuri-AC

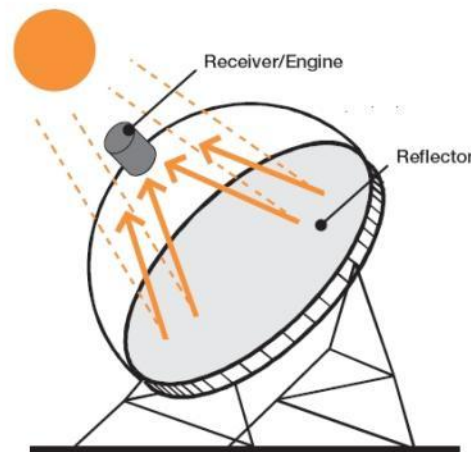
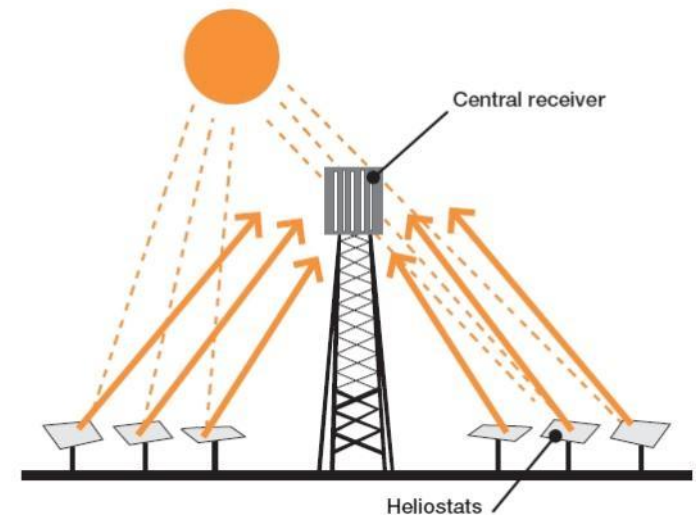
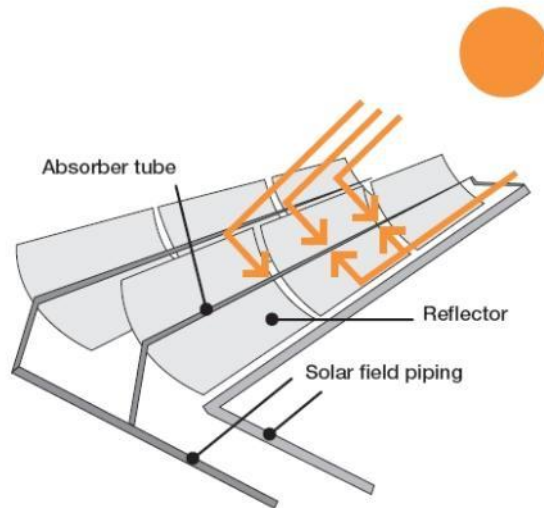


Fonte: Eletrobras Amazonas Energia

Fonte: SS Solar

Geração heliotérmica de energia elétrica

- **Principais tecnologias com concentradores**
 - Cilindros parabólicos, torre central e discos parabólicos.



O Recurso solar no Brasil

Localidade	Estimativa da Irradiação direta normal (kWh/m ²)			
	diária média anual	máxima diária média mensal	mínima diária média mensal	Anual acumulada
Mojave (EUA)	7,7	-	-	2.800
Almeria (Espanha)	5,9	-	-	2.140
Barra (BA)	5,9	7,7	4,2	2.139
Petrolina (PE)	5,6	6,5	4,5	2.040
Cabrobó (PE)	5,5	6,9	4,2	2.004

O Brasil possui uma área com irradiação comparável às áreas onde atualmente estão sendo construídas usinas solares com concentradores

- **Geração Heliotérmica**

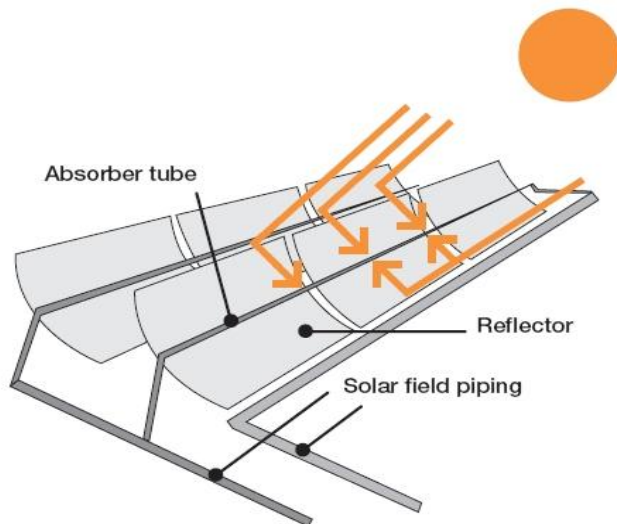
- Produção de energia elétrica a partir da conversão da energia solar em calor com alta temperatura com emprego sistemas de concentração da irradiação solar direta.
- O calor produzido pela concentração da energia solar é utilizado em um ciclo térmico convencional de potência, com emprego de turbinas a vapor ou a gás, ou com a utilização de motores Stirling.

- **Requisitos para a implementação de sistemas de Geração Heliotérmica**

- Níveis elevados de irradiação solar direta, topografia adequada, baixa incidência de ventos, infraestrutura de acesso (rodovias), disponibilidade de água e acesso ao sistema interligado para conexão à rede.
- Nas plantas sem armazenamento térmico, há necessidade também de disponibilidade de uma pequena fração de combustível. com o objetivo de manter a estabilidade operacional de geração de eletricidade.

Tecnologia de Cilindros Parabólicos

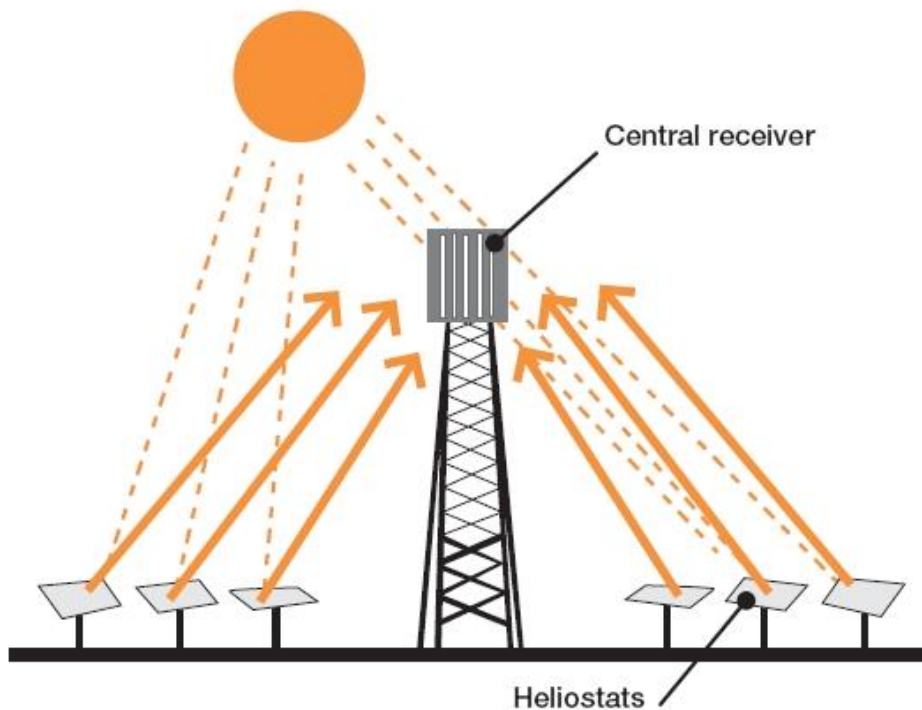
- utiliza semicilindros com seção parabólica para concentrar a irradiação solar direta em um tubo absorvedor, no qual circula um fluido térmico que transporta a energia, para ser utilizada num ciclo Rankine convencional



Solar Electric Generation Station – SEGS
354 MW (9 unidades), Deserto de Mojave, USA
0,65 km²/100MW, 2300 a 2900 kWh/m².ano

Tecnologia de Torre Central

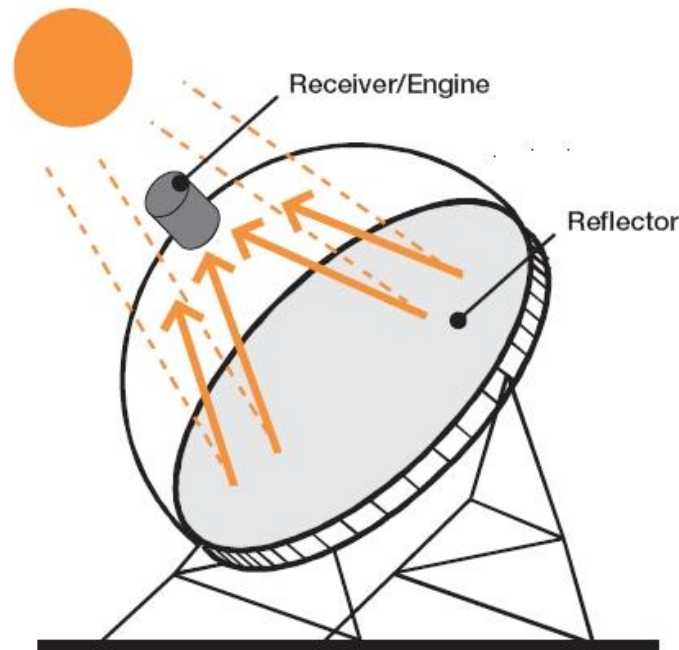
- a energia da irradiação é concentrada no alto de uma torre em um único absorvedor por meio de espelhos (heliostatos)



Planta PS10 (11 MW, com armazenagem de energia), Espanha, Sevilla.

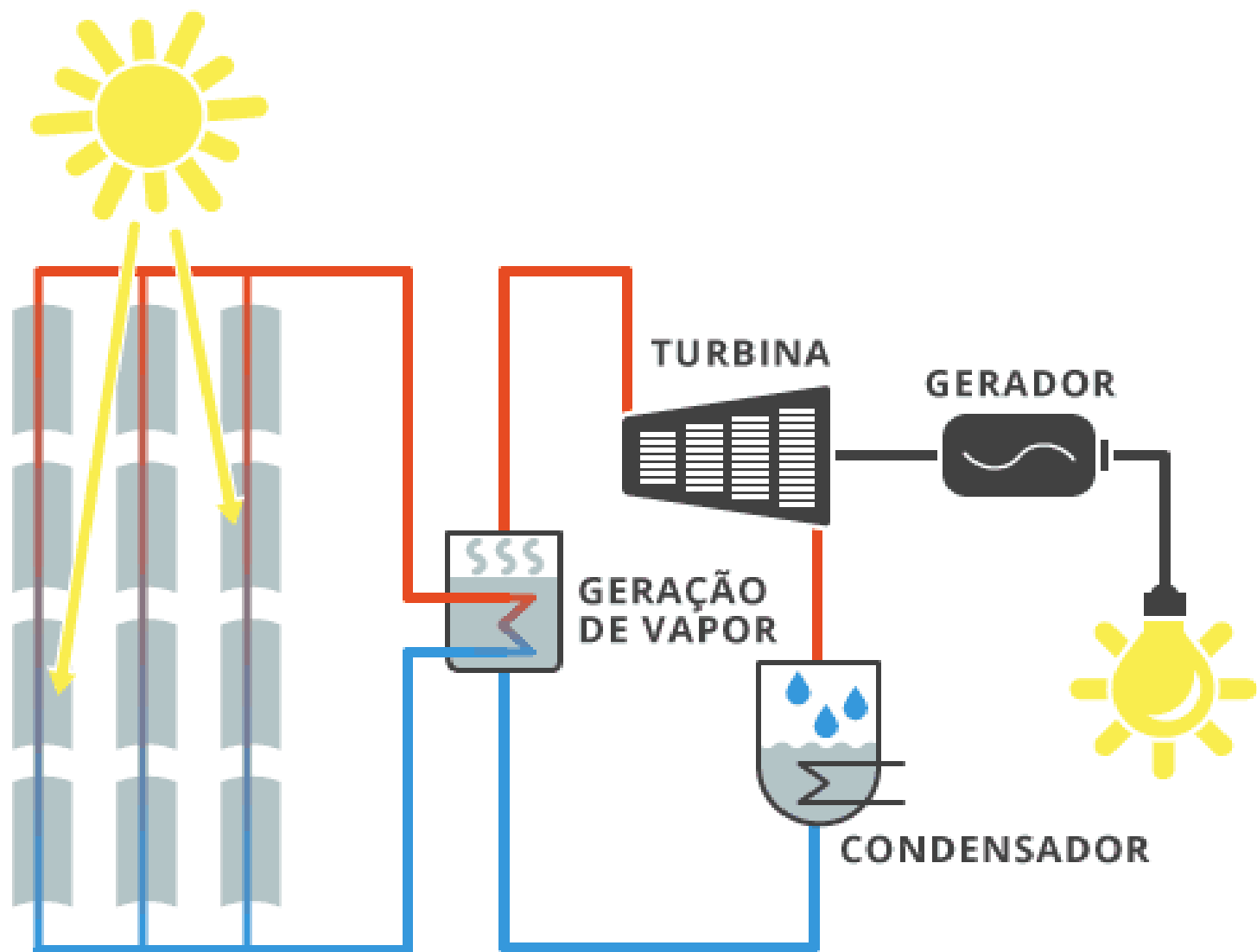
Tecnologia de Discos Parabólicos

- empregados coletores no formato de discos parabólicos pequenos que concentram a irradiação no ponto focal dos coletores. Neste ponto se localiza um absorvedor acoplado a um motor Stirling ou uma pequena turbina

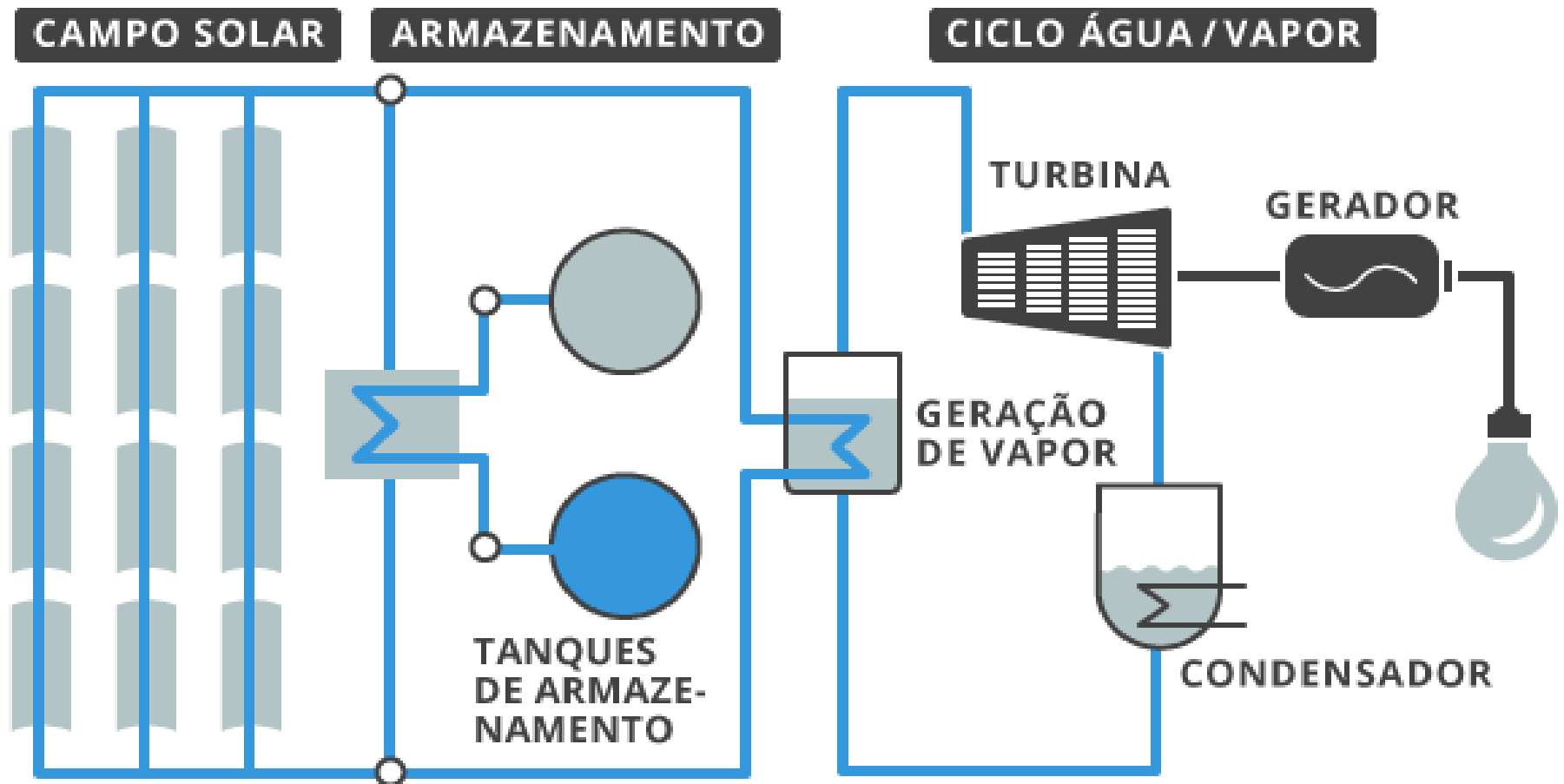


Concepções com potência nominal 10 kW

CICLO HELIOTÉRMICO SIMPLIFICADO SEM ARMAZENAMENTO



CICLO HELIOTÉRMICO COM ARMAZENAMENTO



Comparação entre as tecnologias de CSP

	Cilindro parabólico	Torre central	Disco parabólico
Aplicações	• Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor a plantas industriais. • Maior potência instalada e operada atualmente em unidade individual: 80 MW. • Existem projetos em desenvolvimento da ordem de centenas de MW.	• Plantas conectadas à rede, fornecimento de calor (alta temperatura) a plantas industriais. • Maior potência instalada e operada atualmente: 10 MW. • Existe projeto em desenvolvimento de 20 MW.	• Aplicações com potências atualmente utilizadas na faixa de dezenas de kW.

Comparação entre as tecnologias de CSP

	Cilindro parabólico	Torre central	Disco parabólico
Vantagens	• Comercialmente disponível – experiência operacional superior a 10 bilhões de kWh; temperatura de operação até 500 °C (comercialmente provada até 400 °C). • Modularidade • Melhor fator de utilização do espaço físico (uso do terreno) • Possibilidade de armazenamento térmico	• Boas perspectivas aumento da eficiência na captação e concentração da energia solar; temperatura de operação de até 1000 °C (provada de 565 °C na planta de 10 MW) • Possibilidade de armazenamento térmico.	• Maior eficiência na conversão solar/elétrica • Modularidade • Operação provada em protótipos

Comparação entre as tecnologias de CSP

	Cilindro parabólico	Torre central	Disco parabólico
Desvantagens	• Menor eficiência solar/elétrica teórica em relação às outras duas tecnologias. • O emprego da tecnologia com óleo térmico na transferência de calor que é a tecnologia atualmente comercial e está limitada à temperatura de operação em 400 °C.	• Desempenho, custos de investimento e de operação ainda precisam ser provados em operação comercial. • Exige área maior do que a tecnologia de cilindros parabólicos.	• Confiabilidade precisa ser melhorada. • Os custos projetados para produção em larga escala necessitam de validação.

Obrigado pela atenção!

Ricardo Marques Dutra

CEPEL/DME – dutra@cepel.br
2598-6187