



Energia Solar Fotovoltaica

Ricardo Marques Dutra
Departamento de Tecnologias Especiais - DTE

Introdução

■ Energia Solar Fotovoltaica

- Histórico
- Efeito Fotovoltaico
- Tecnologias de Células Fotovoltaicas
- Evolução Tecnológica
- Aplicações





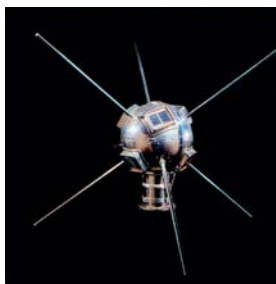
Antoine Becquerel



Walter Schottky

- 1876 - Adams e Day observam o efeito fotovoltaico no Selênio
- 1879 - Becquerel descobre o efeito fotovoltaico num eletrólito
- 1883 - Surgimento da primeira célula fotovoltaica de Selênio (eficiência de 1%)
- 1930 - Shottky estabelece a teoria do efeito fotovoltaico

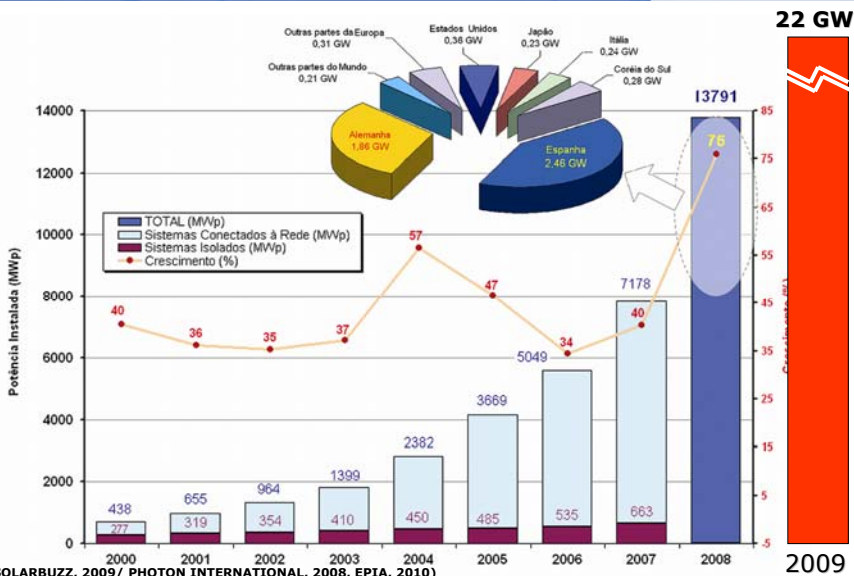
- 1954 - Pearson, Fuller e Chapin (Lab. Bell) - Primeira célula FV prática (mono-Silício)
- 1958 - Primeiras células FV para alimentar um satélite (Vanguard I)



- década de 60 - aplicações espaciais da tecnologia FV
- década de 70 - Lindmeyer et al. fazem desenvolvimentos importantes nas células FV, incluindo a célula de Poly-Si
- final da década de 70 - aplicações terrestres superam aplicações espaciais da tecnologia FV
- década de 80 - centrais fotovoltaicas piloto de médio porte (dezenas a centenas de kWp) instaladas na Europa e EUA
- década de 90 - utilização de tecnologia FV para eletrificação rural na maioria dos países em desenvolvimento

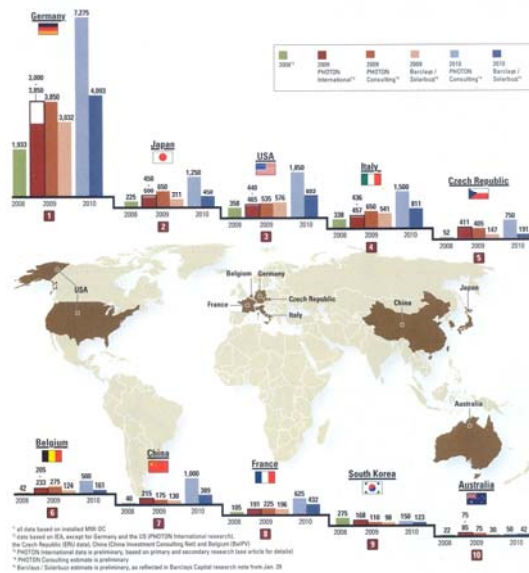
- 1996 - produção anual mundial de 80MWp de células fotovoltaicas
- 2000 - utilização em de sistemas fotovoltaicos conectados à rede na maioria dos países do primeiro mundo
- 2007 - produção anual mundial de 4200 MWp de células fotovoltaicas

Evolução da Aplicação de Sistemas Fotovoltaicos



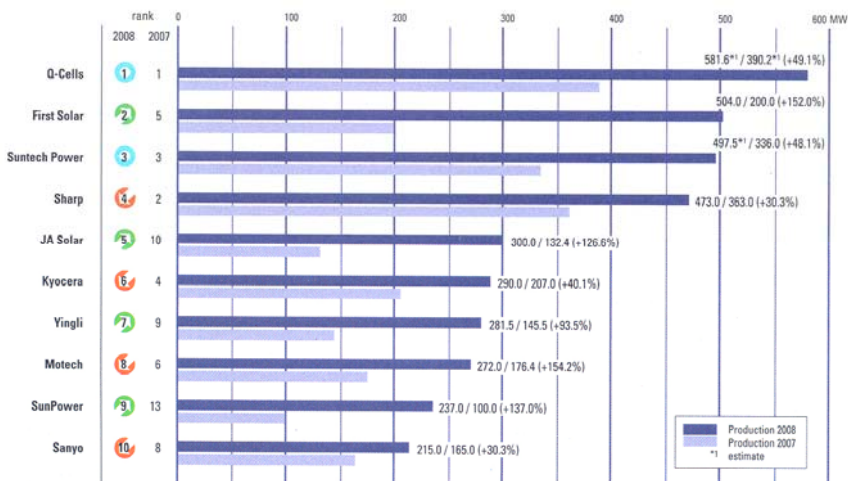
(Fonte: SOLARBUZZ, 2009/ PHOTON INTERNATIONAL, 2008, EPIA, 2010)

Evolução dos 10 maiores mercados fotovoltaicos



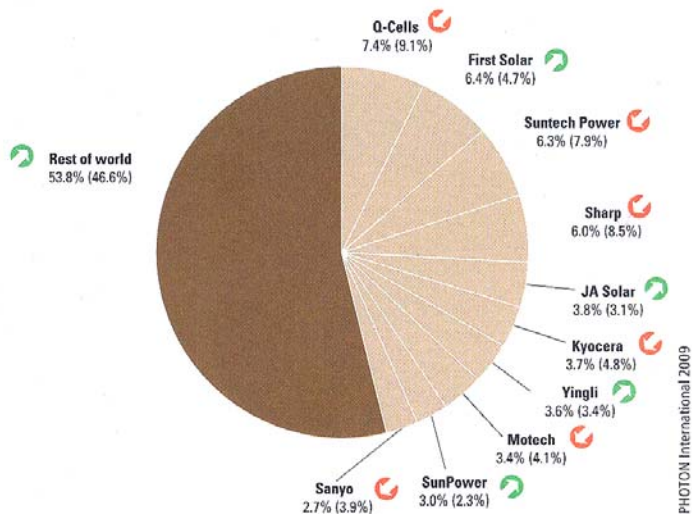
* All data based on installed MWp DC
 † Data based on IFA, except for Germany and the US (PHOTON International research), the Czech Republic (EPIA), France (China Investment Consulting, India and Belgium (SolarPV))
 ‡ PHOTON International data is preliminary, based on primary and secondary research base article for details
 § PHOTON Consulting estimate is preliminary
 ¶ BarCharts / Solarbuzz estimate is preliminary, as reflected in BarCharts Capital research note from Jan. 09

Mercado Fotovoltaico 10 Maiores Fabricantes 2008 (2007)



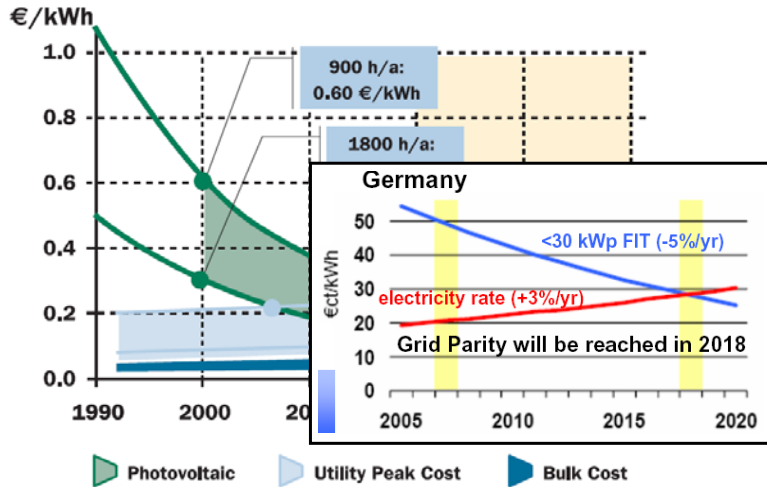
© PHOTON International 2009

Mercado Fotovoltaico 10 Maiores Fabricantes 2008 (2007)



© PHOTON International 2009

Evolução do Preço da Energia Solar Fotovoltaica na União Européia



Principais Fornecedores de Componentes de Energia Solar Fotovoltaica

| | Poly Silicon | Wafer | Cell | Module | System |
|------------------|--------------|----------|-------------|----------|-----------|
| 2007 Market Size | \$1.3 bn | \$3.0 bn | \$6.1 bn | \$9.4 bn | \$18.5 bn |
| Entry Barrier | High | High | High-Medium | Low | Low |
| Suppliers | ~15 | ~15 | ~50 | ~500 | ~7,000 |
| Suppliers | | | | | |



Tecnologia Fotovoltaica

Efeito Fotovoltaico

Efeito Fotovoltaico

Propriedades Elétricas dos Materiais Sólidos:

Representação das bandas de energia de valência, proibida e de condução

Energia

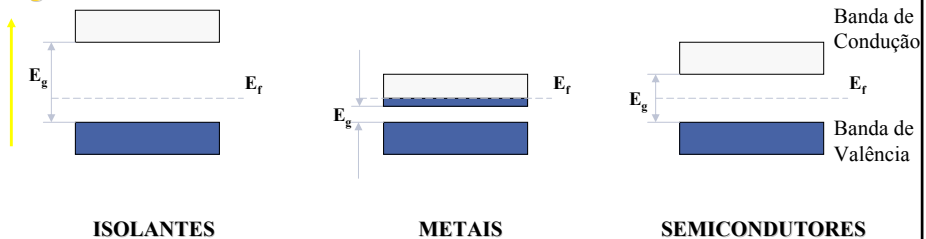
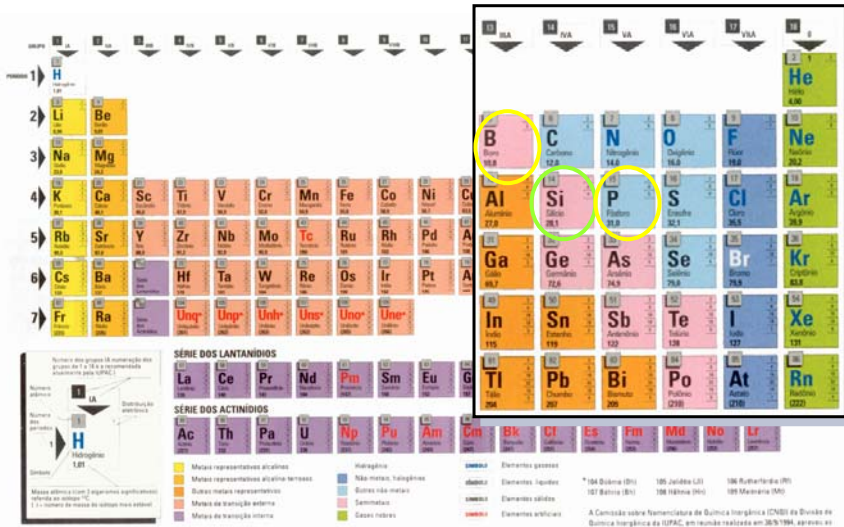
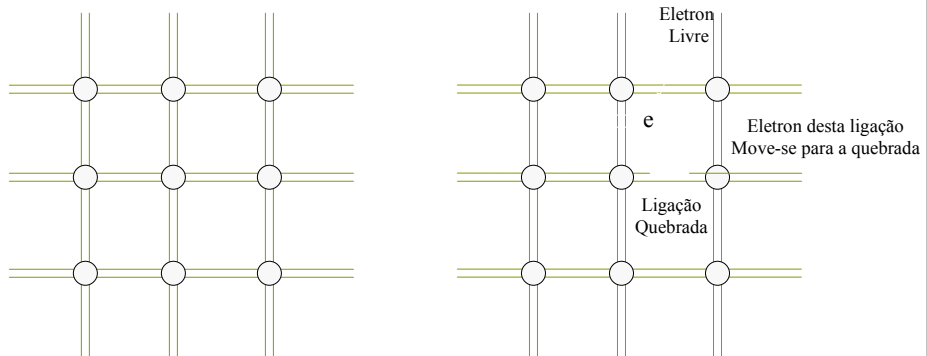


Tabela Periódica



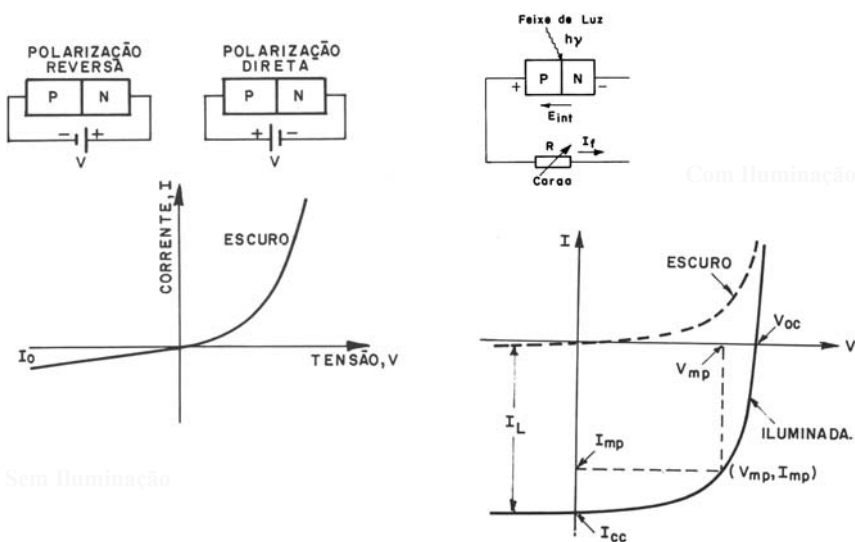
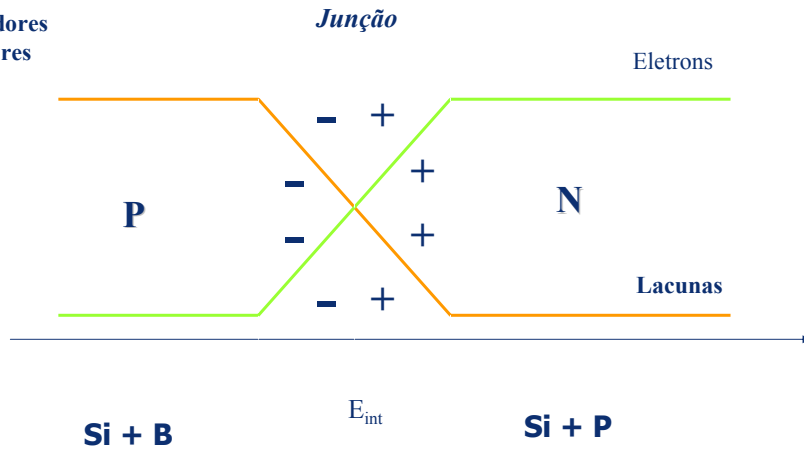
Representação Esquemática do Si

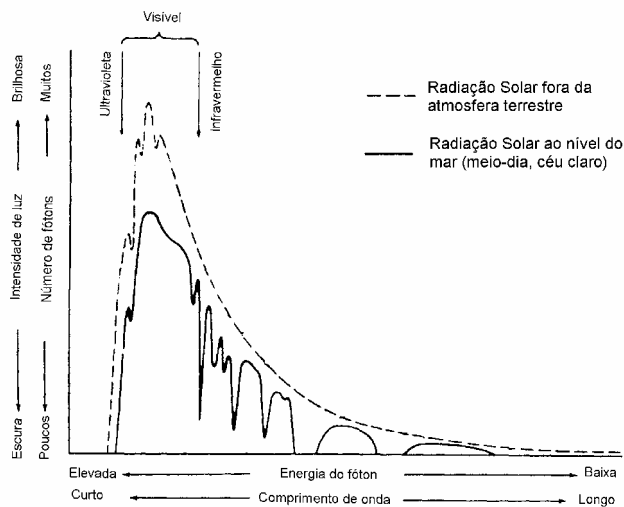


Nenhuma ligação quebrada

Com uma ligação quebrada – Formação de Par elétron - lacuna

Concentradores De Portadores

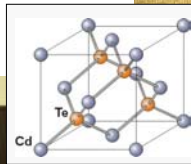
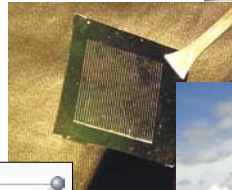




(CRESESB,1999)

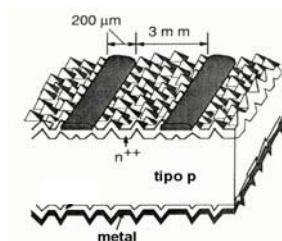


- Silício cristalino – monocristalino, multicristalino
- Silício amorfo
- Telureto de Cádmio - CdTe
- Disseleneto de Cobre Índio (CIS – CuInSe2)
- Arseneto De Gálio – GaAs
- Células de Multi-Junção
- Corantes

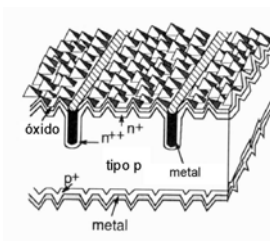


Silício cristalino, diversas tecnologias de fabricação

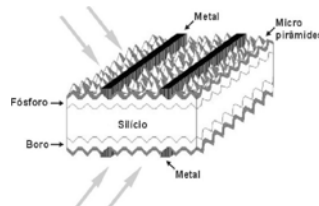
**Serigrafia/
Difusão de
fósforo**



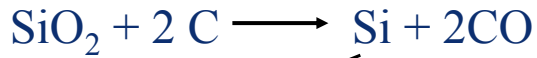
**Contatos
enterrados
/Difusão
de fósforo
e alumínio**



**Bifacial/
Difusão de
fósforo e
boro**



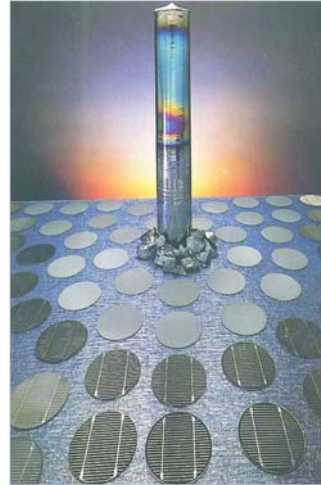
Purificação do Silício (Processo de Czochralski)



Silício Grau Metalúrgico
– Pureza 98% a 99%

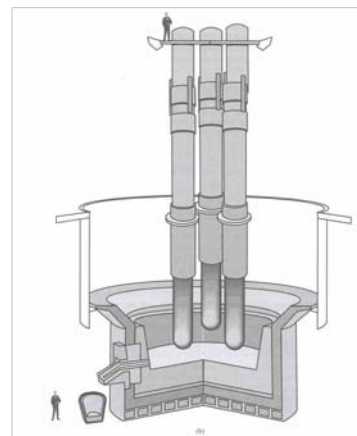
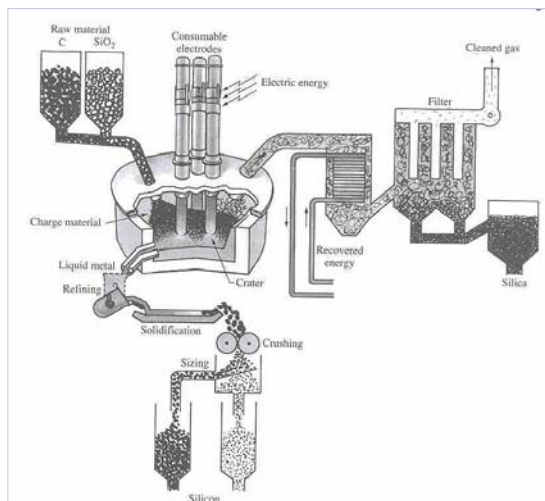
*Levemente dopado
com Boro (tipo P)*

Silício Grau Eletrônico
– Pureza de no mínimo 99,9999%



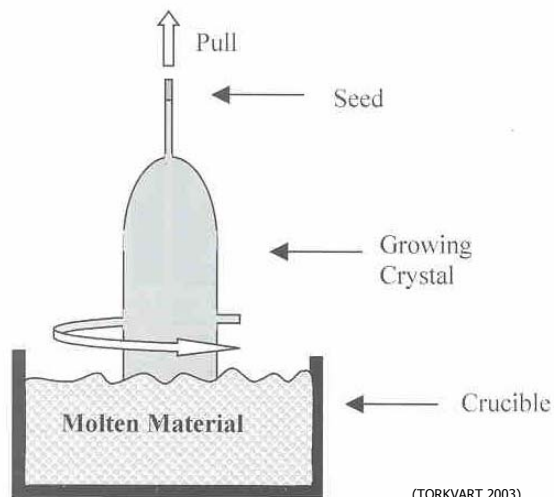
(HELIODINAMICA)

Processo Industrial Silício Metalúrgico

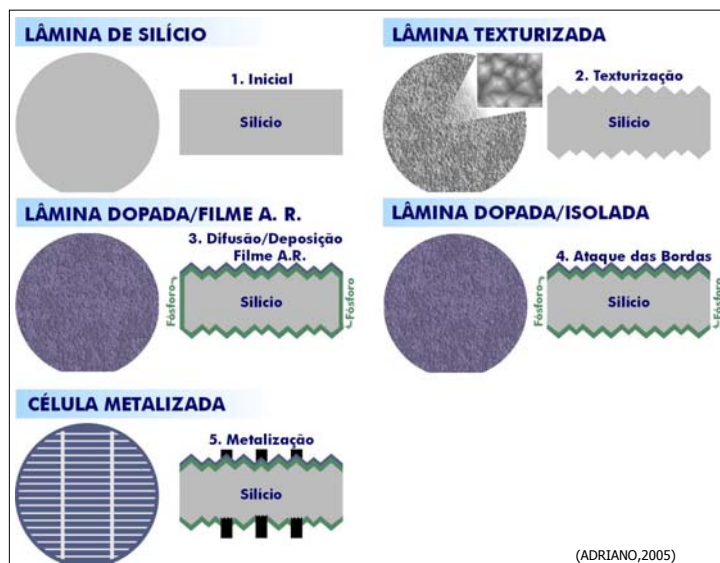


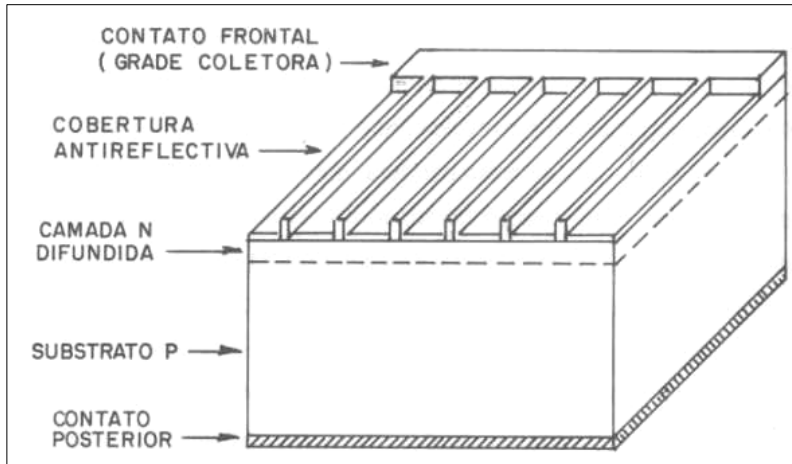
(TORKVART,2003)

Silício Metalúrgico – Silício Eletrônico (Processo de Czochralski)

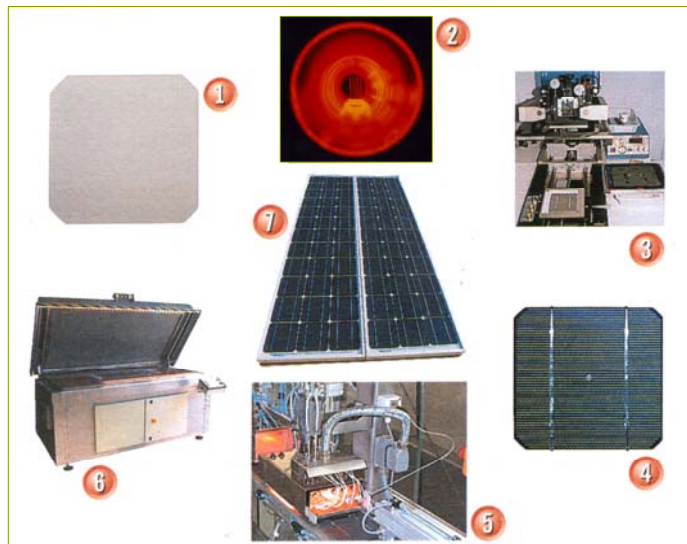


Fabricação das Células de Silício





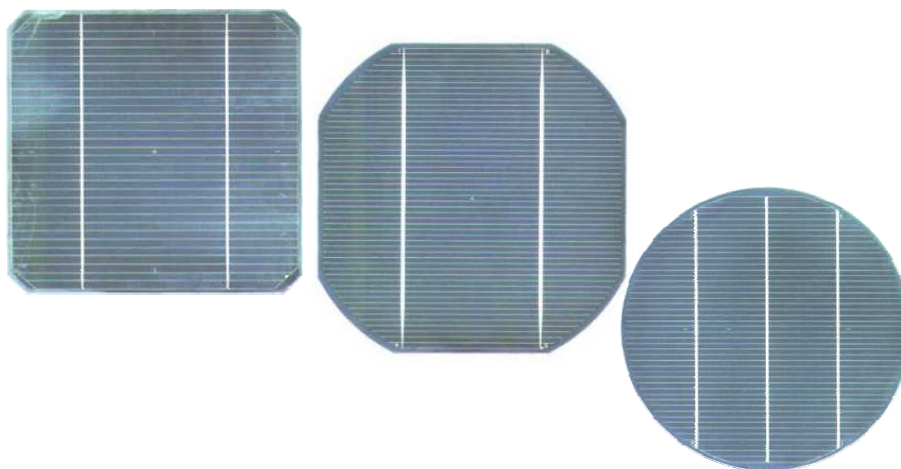
(NAUM, 1985)



Características das Células de Silício Monocristalino

| | |
|-------------|--|
| Eficiência | 15% a 18% (Czochralski process) |
| Forma | Quadrada, Semi-quadrada e esférica |
| Dimensões | 100 x 100 mm, 125 x 125 mm, Díâmetros de 100, 125 e 150 mm |
| Espessura | 0.3 mm |
| Estrutura | Homogênea |
| Coloração | Do azul escuro ao preto (com camada AR) Cinza (sem camada AR) |
| Fabricantes | Astro Power, BP Solar, CellSICo, Eurosolare, Isofoton, Shell Solar, Sharp, Solartec |

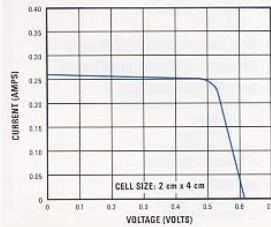
Células de Silício Monocristalino



(DGS,2005)

TYPICAL ELECTRICAL PARAMETERS*

$J_{sc} = 39.0$ Milliamperes/cm²
 $J_{mp} = 37.0$ Milliamperes/cm²
 $V_{mp} = 0.500$ Volts
 $P_{mp} = 18.5$ Milliwatts/cm²
 $V_{oc} = 0.605$ Volts
 $C_{ff} = 0.78$
 Efficiency 13.7% Minimum Average
 *AMO Sunlight (135.3 mw/cm²), 28°C



RADIATION DEGRADATION*

| PARAMETER | 1x10 ¹⁴ | 5x10 ¹⁴ | 1x10 ¹⁵ | 2.5x10 ¹⁵ |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| I _{sc} /I _{sc0} | 0.99 | 0.94 | 0.91 | 0.86 |
| I _{mp} /I _{mp0} | 0.99 | 0.94 | 0.91 | 0.85 |
| V _{mp} /V _{mp0} | 0.93 | 0.88 | 0.85 | 0.82 |
| V _{oc} /V _{oc0} | 0.94 | 0.88 | 0.86 | 0.82 |
| P _{mp} /P _{mp0} | 0.92 | 0.83 | 0.77 | 0.70 |

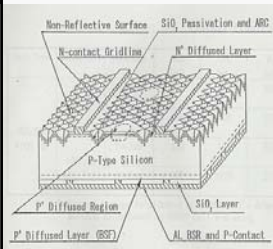
*Fluence e/cm² 1 MeV Electrons

TEMPERATURE COEFFICIENTS

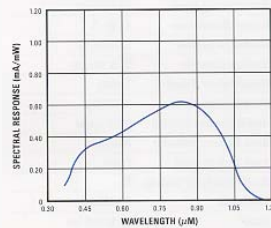
$I_{sc} = +22.0$ Microamperes/cm²
 $V_{mp} = -2.15$ Millivolts/°C
 $V_{oc} = -1.96$ Millivolts/°C

THERMAL PROPERTIES

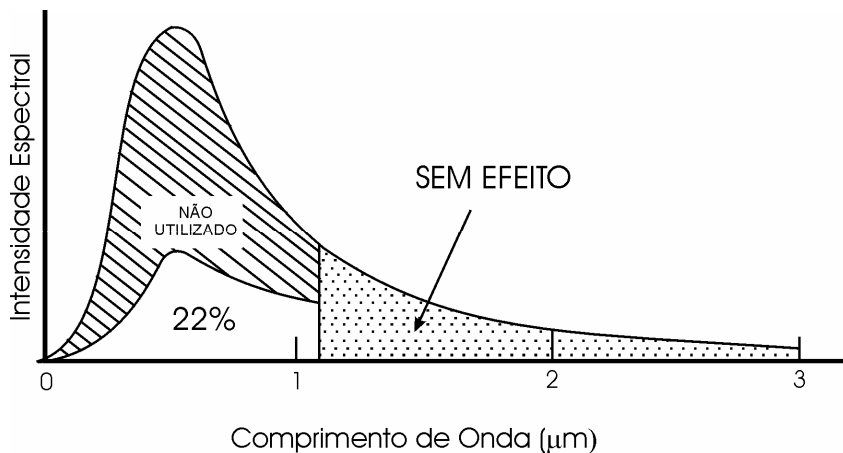
Solar Absorbance = 0.75 (CMX)
 Solar Absorbance = 0.73 (Fused Silica)
 Emittance (Normal) = 0.85 (CMX)
 Emittance (Normal) = 0.81 (Fused Silica)



*AMO Sunlight (135.3 mw/cm²), 28°C



Conversão de Energia Luminosa em uma Célula de Si



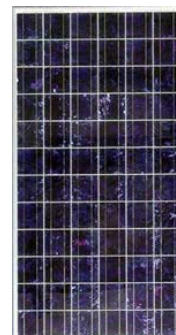
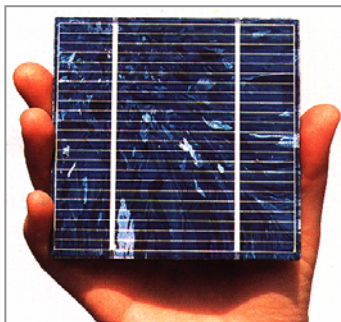
(CRESESB,1999)

Características das Células de Silício Policristalino

| | |
|-------------|---|
| Eficiência | 13% a 16% |
| Forma | Quadrada |
| Dimensões | 100 x 100 mm, 125 x 125 mm e 150 x 150 mm |
| Espessura | 0.3 mm |
| Estrutura | Vários cristais de diferentes orientações são formados durante o processo de purificação. |
| Coloração | Azul (com camada AR) e cinza prata (sem camada AR) |
| Fabricantes | BP Solar, Eurosolare, Kyocera, Photowatt, Shell Solar, Sharp, Sunways |

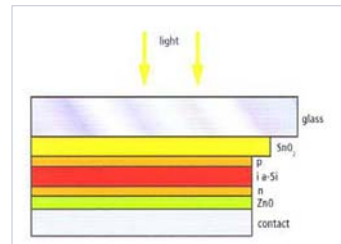
(DGS,2005)

Células de Silício Policristalino

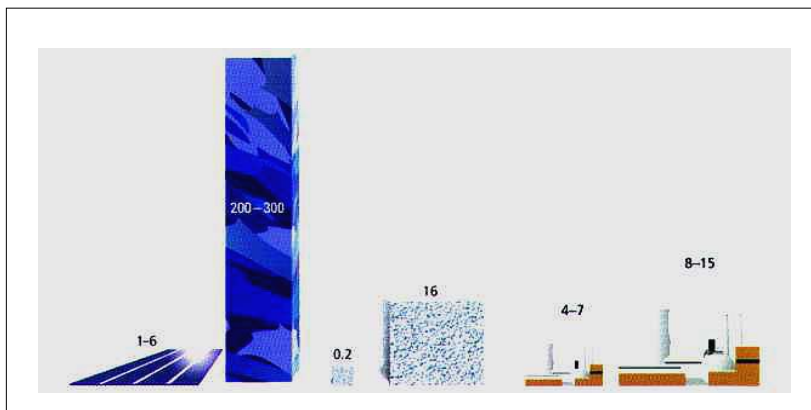


Tecnologia de Filmes Finos Silício Amorfo

- Requer uma quantidade menor de silício por Watt em relação as células cristalinas
- Processo de fabricação em larga escala
- Pode ser depositado em qualquer substrato (por exemplo as partes integrantes do módulo: vidro para cobertura e metais para condução)
- Permite a formação de células de grandes áreas



Tecnologia de Filmes Finos



(DGS,2005)

Espessura em μm

**Consumo de
semicondutor
(Kg/kWp)**

**Consumo de
energia primária
(MWh/kWp)**

Tecnologia de Filmes Finos Silício Amorfo

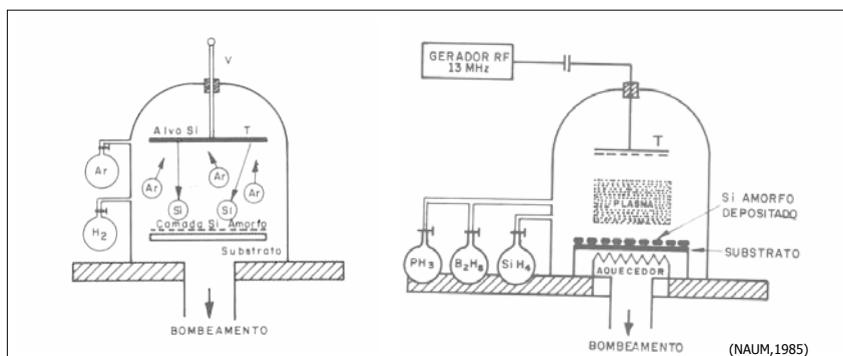


(NREL, 2005)

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano

Processos de Fabricação do Silício Amorfo



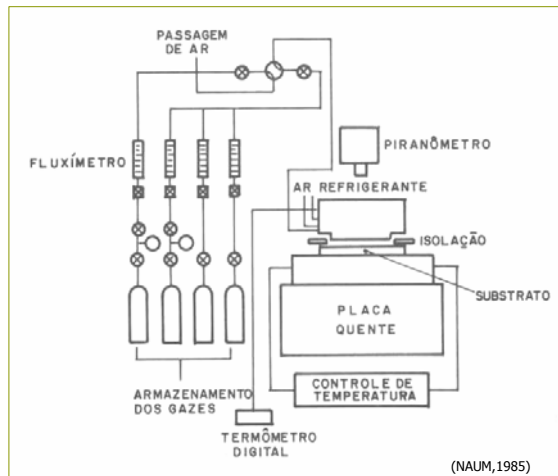
Pulverização Catódica

Decomposição de Gás em Plasma

(NAUM, 1985)

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano



Deposição química em vapor

Características das Células de Silício Amorfo

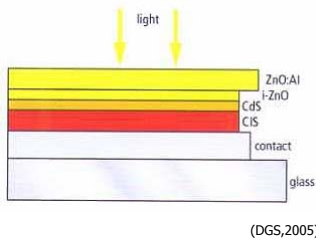
| | |
|-------------|--|
| Eficiência | 5% a 8% |
| Forma | Formas Variadas |
| Dimensões | Módulo Padrão (Máximo): 0,77 x 2,44 m Módulos Especiais (Máximo): 2 x 3 m |
| Espessura | 0,001 mm |
| Estrutura | Homogênea |
| Coloração | Do marron escuro ao preto |
| Fabricantes | Dunasolar, Kaneka, Sanio, Unisolar |

(DGS,2005)

Tecnologia de Filmes Finos

Disseleneto de Cobre Índio (CIS – CuInSe₂)

- Material Cristalino de Alta Absortância
- Captação de uma grande faixa do espectro solar

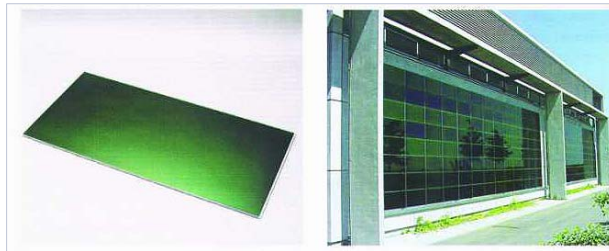
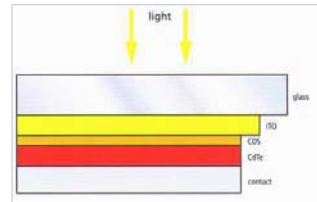


Características das Células de Disseleneto de Cobre Índio (CIS – CuInSe₂)

| | |
|-------------|--|
| Eficiência | 7,5% a 9,5% |
| Forma | Formas Variadas |
| Dimensões | (máximo) 1,2 x 0,6 m |
| Espessura | 0.003 mm |
| Estrutura | Homogênea |
| Coloração | Escura |
| Fabricantes | Shell Solar, Würth Solar, Global Solar |

Tecnologia de Filmes Finos Telureto de Cádmio - CdTe

- Potencial para fabricação de células com alta eficiência e baixo custo
- Absorção de 90% da faixa do visível



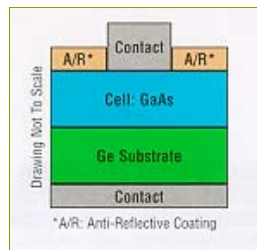
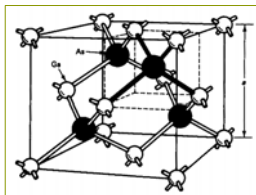
(DGS,2005)

Características das Células de Telureto de Cádmio - CdTe

| | |
|-------------|--------------------------------|
| Eficiência | 6% a 9% |
| Forma | Formas Variadas |
| Dimensões | (máximo) 1,2 x 0,6 m |
| Espessura | 0.008 mm |
| Estrutura | Homogênea |
| Coloração | Verde Escuro ao Preto |
| Fabricantes | Antec, First Solar, Matsushita |

(DGS,2005)

- Apresenta uma estrutura cristalina similar à do silício
- Boa performance quando operada com concentradores (altas temperaturas)
- Vantagens tecnológicas em aplicações espaciais
- Eficiência das células superiores a 20% (comercial)
- Fabricação complexa
- Altos custos



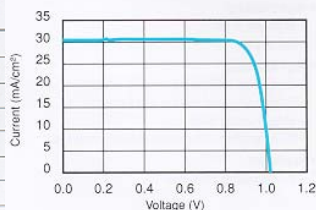
Características Arseneto de Gálio

TYPICAL ELECTRICAL PARAMETERS

(AMO Sunlight (135.3 mW/cm²), 28°C, Bare Cell)

| |
|------------------------------------|
| J_{sc} = 30.5 mA/cm ² |
| J_{mp} = 28.6 mA/cm ² |
| P_{mp} = 25.7 mW/cm ² |
| V_{oc} = 1.025 V |
| V_{mp} = 0.900 V |
| CF = 0.82 |
| Efficiency = 19.0% |

AMO (135.3 mW/cm²), 28°C, Bare Cell



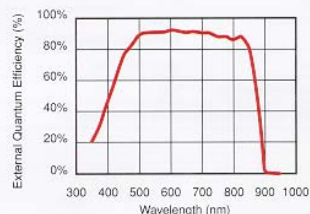
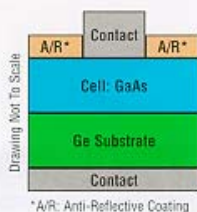
RADIATION DEGRADATION

(Fluence 1 MeV Electrons/cm²)

| Parameters | 1x10 ¹⁹ | 1x10 ²⁰ | 1x10 ²¹ |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I_{mp}/I_{mp0} | 0.99 | 0.95 | 0.83 |
| V_{mp}/V_{mp0} | 0.98 | 0.95 | 0.90 |
| P_{mp}/P_{mp0} | 0.97 | 0.90 | 0.75 |

THERMAL PROPERTIES

Solar Absorbance = 0.89 (Ceria Doped Microsheet)
 Solar Absorbance = 0.88 (Fused Silica)
 Emittance (Normal) = 0.85 (Ceria Doped Microsheet)
 Emittance (Normal) = 0.81 (Fused Silica)

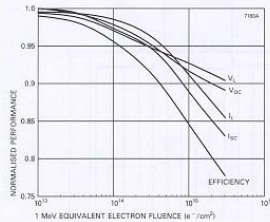


TEMPERATURE COEFFICIENTS

(1x10¹⁹ 1 MeV e/cm²)

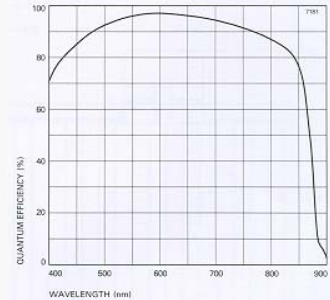
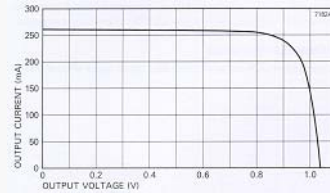
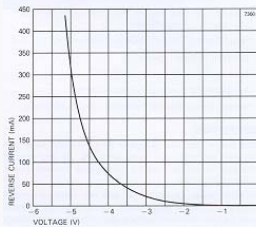
| |
|--|
| I_{sc} = +20 μ A/cm ² /°C |
| V_{mp} = -1.90 mV/°C |
| V_{oc} = -1.80 mV/°C |

| | Minimum | Typical |
|------------------------------------|---------|---------|
| Open circuit voltage (V_{OC}) | 1030 | 1038 |
| Recommended load voltage (V_L) | 876 | 903 |
| Short circuit current (I_{SC}) | 260 | 260 |
| Load current at V_L (I_L) | 236 | 238 |
| Efficiency (η) | 19.1 | 19.9 |



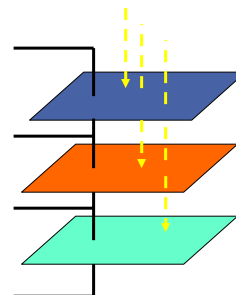
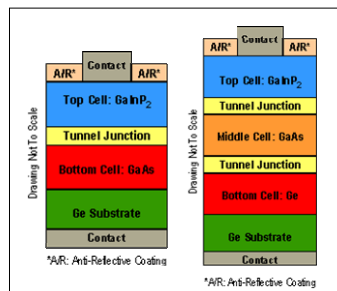
TEMPERATURE COEFFICIENTS ($1 \times 10^{11} \text{ } 1 \text{ MeV e/cm}^2$)

$I_{SC} = +20 \mu\text{A/cm}^2/\text{°C}$
 $V_{mp} = -1.90 \text{ mV}/\text{°C}$
 $V_{OC} = -1.80 \text{ mV}/\text{°C}$



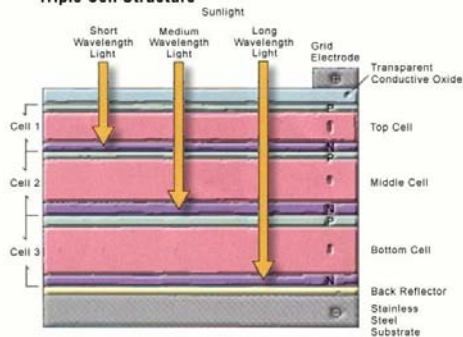
Células III-V (Multi-Junção)

- Altos índices de eficiência
- Larga utilização em sistemas espaciais
- Captação de uma grande faixa do espectro solar

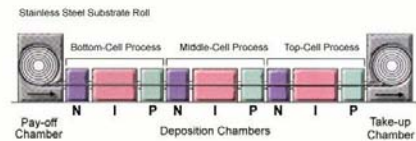


Fabricação das Células Multi-Junção

Triple Cell Structure



Mechanisms of Roll-to-Roll Machine



Células III-V (Multi-Junção)

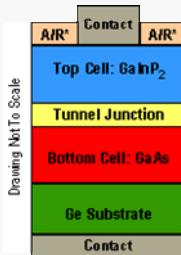
| Cell | Efficiency [%] | Area [cm ²] | Intensity [suns] | Spectrum | Description |
|------------------|----------------|-------------------------|------------------|----------|---|
| GaAs | 25.1 ± 0.8 | 3.9 | 1 | Global | Kopin, AlGaAs window |
| GaAs (thin film) | 23.3 ± 0.7 | 4.0 | 1 | Global | Kopin, 5-mm |
| GaAs(poly) | 18.2 ± 0.5 | 4.0 | 1 | Global | Res. Triangle Inst. (RTI) Ge substrate |
| InP | 21.9 ± 0.7 | 4.0 | 1 | Global | Spire, epitaxial |
| GaInP/GaAs | 30.3 | 4.0 | 1 | Global | Japan Energy |
| GaInP/GaAs/Ge | 28.7 ± 1.4 | 29.93 | 1 | Global | Spectrolab |
| Si | 24.7 ± 0.5 | 4.0 | 1 | Global | UNSW, PERL |
| GaAs | 27.6 ± 1.0 | 0.13 | 255 | Direct | Spire |
| GaInAsP | 27.5 ± 1.4 | 0.08 | 171 | Direct | NREL, ENTECH cover |
| InP | 24.3 ± 1.2 | 0.08 | 99 | Direct | NREL, ENTECH cover |
| GaInP/GaAs/Ge | 32.4 ± 2.0 | 0.1025 | 414 | Direct | Spectrolab |
| GaAs/GaSb | 32.6 ± 1.7 | 0.053 | 100 | Direct | Boeing, four-terminal mechanical stack |
| InP/GaInAs | 31.8 ± 1.6 | 0.063 | 50 | Direct | NREL, three-terminal, monolithic |
| GaInP/GaAs | 30.2 ± 1.4 | 0.103 | 180 | Direct | NREL, monolithic |
| Si | 26.8 ± 0.8 | 1.6 | 96 | Direct | Sunpower, back contact |

Características Células Multi-Junção (Dual-Junção)

TYPICAL ELECTRICAL PARAMETERS

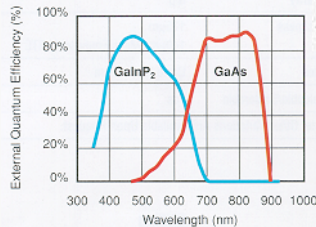
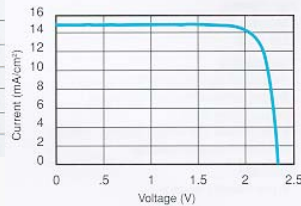
(AMO Sunlight (135.3 mW/cm²), 28°C, Bare Cell)

| | |
|------------|---------------------------|
| J_{sc} | = 14.9 mA/cm ² |
| J_{mp} | = 14.1 mA/cm ² |
| P_{mp} | = 29.1 mW/cm ² |
| V_{oc} | = 2.350 V |
| V_{mp} | = 2.060 V |
| Cff | = 0.83 |
| Efficiency | = 21.5% |



*AIR: Anti-Reflective Coating

AMO (135.3 mW/cm²), 28°C, Bare Cell



RADIATION DEGRADATION

(Fluence 1MeV Electrons/cm²)

| Parameters | 1x10 ¹⁴ | 5x10 ¹⁴ | 1x10 ¹⁵ |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I_{mp}/I_{mp0} | 0.99 | 0.94 | 0.88 |
| V_{mp}/V_{mp0} | 0.96 | 0.93 | 0.91 |
| P_{mp}/P_{mp0} | 0.95 | 0.87 | 0.80 |

TEMPERATURE COEFFICIENTS

(1x10¹⁵ 1 MeV e/cm²)

I_{sc} = +12 μ A/cm²/°C

V_{mp} = -5.0 mV/°C

V_{oc} = -4.8 mV/°C

THERMAL PROPERTIES

Solar Absorptance = 0.91 (Ceria Doped Microsheet)

Solar Absorptance = 0.85 (Fused Silica)

Emissance (Normal) = 0.85 (Ceria Doped Microsheet)

Emissance (Normal) = 0.81 (Fused Silica)

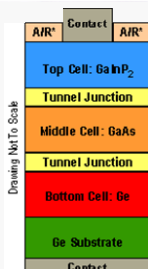
Características Células Multi-Junção (Triple-Junção)

TYPICAL ELECTRICAL PARAMETERS*

(AMO Sunlight (135.3 mW/cm²), 28°C, Bare Cell)

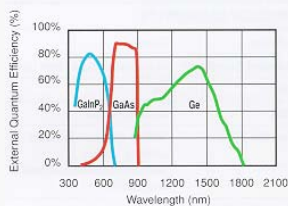
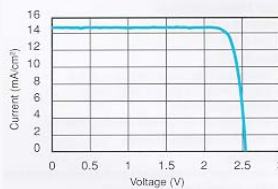
| | |
|------------|---------------------------|
| J_{sc} | = 14.9 mA/cm ² |
| J_{mp} | = 14.4 mA/cm ² |
| P_{mp} | = 32.5 mW/cm ² |
| V_{oc} | = 2.540 V |
| V_{mp} | = 2.260 V |
| Cff | = 0.86 |
| Efficiency | = 24% |

* Developmental cell specification – product improvement to 26.5% minimum average efficiency to be achieved on MANTECH program.



*AIR: Anti-Reflective Coating

AMO (135.3 mW/cm²), 28°C, Bare Cell



RADIATION DEGRADATION

(Fluence 1MeV Electrons/cm²)

| Parameters | 1x10 ¹⁴ | 3x10 ¹⁴ | 1x10 ¹⁵ |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I_{mp}/I_{mp0} | 0.97 | 0.93 | 0.86 |
| V_{mp}/V_{mp0} | 0.97 | 0.94 | 0.92 |
| P_{mp}/P_{mp0} | 0.94 | 0.88 | 0.79 |

TEMPERATURE COEFFICIENTS

| Parameters (1MeV e/cm ²) | 1x10 ¹⁴ | 1x10 ¹⁵ |
|---|--------------------|--------------------|
| I_{sc} (μ A/cm ² /°C) | +12 | +15 |
| V_{mp} (mV/°C) | -6.3 | -6.7 |
| V_{oc} (mV/°C) | -6.2 | -6.5 |

THERMAL PROPERTIES

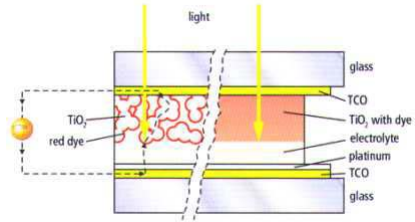
Solar Absorptance = 0.91 (Ceria Doped Microsheet)

Solar Absorptance = 0.85 (Fused Silica)

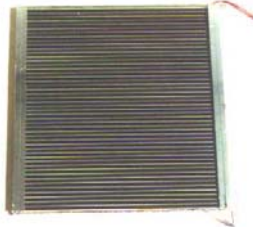
Emissance (Normal) = 0.85 (Ceria Doped Microsheet)

Emissance (Normal) = 0.81 (Fused Silica)

Dye Cells Células Fotoquímicas

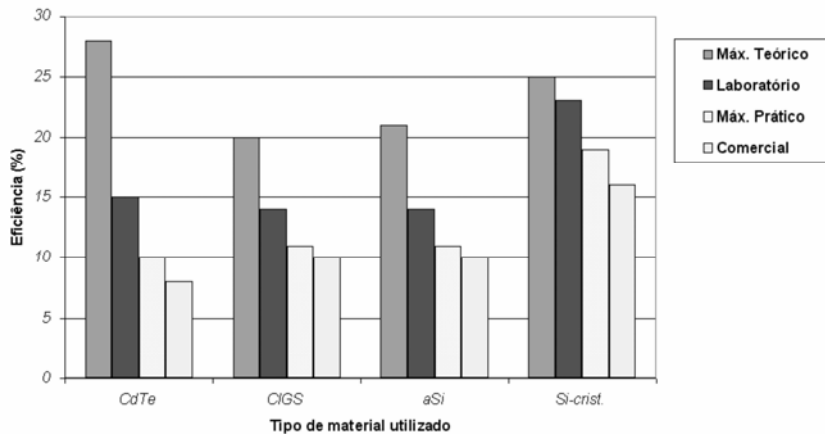


(DGS,2005)

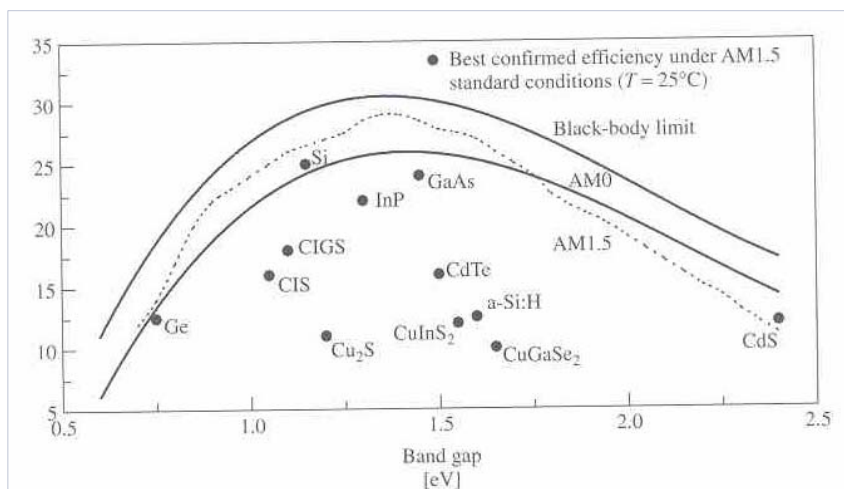


Eficiência das Células Fotovoltaicas

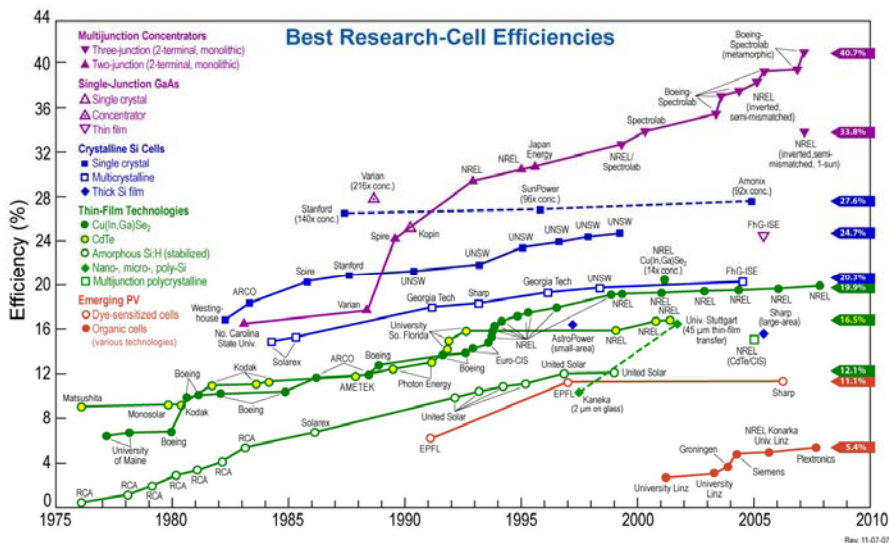
Máximo Teórico – Laboratório – Máximo Prático e Comercial



Limite Teórico das Tecnologias



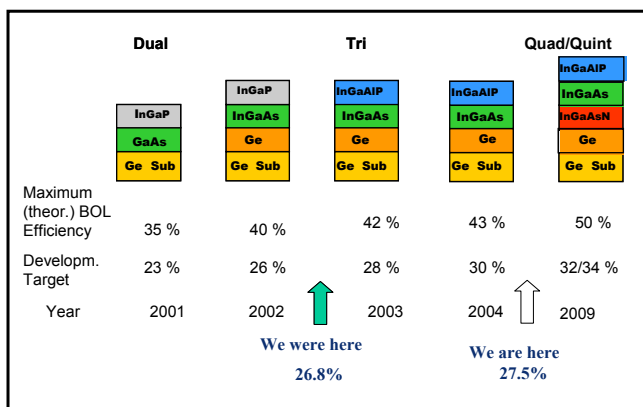
Evolução Tecnológica



Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano

Evolução Tecnológica Célula Multi-Junção



FONTE: <http://www.estec.esa.nl/conferences/03C07/presentations/042.ppt>

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

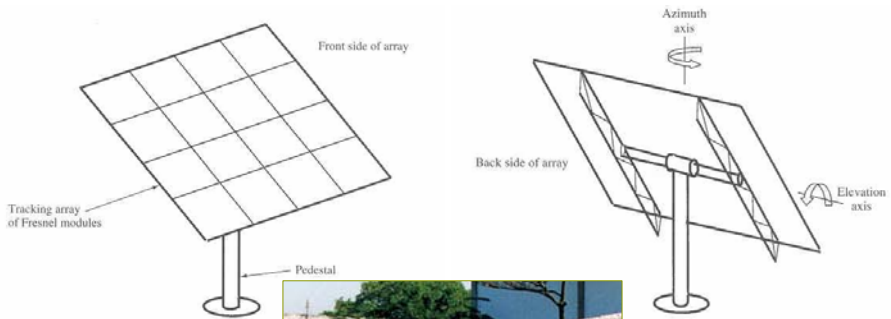
Nome do Evento | Mês Ano



Tecnologia Fotovoltaica

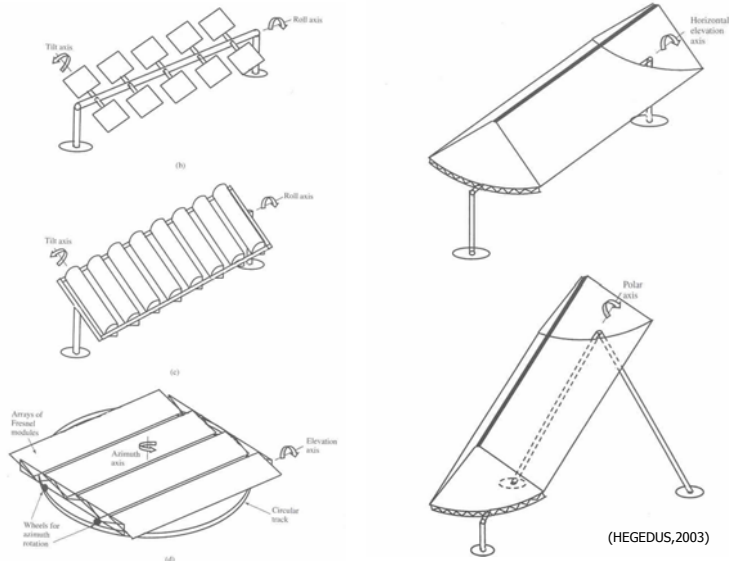
Concentradores e Sistemas de Rastreamento

Sistemas Rastreadores

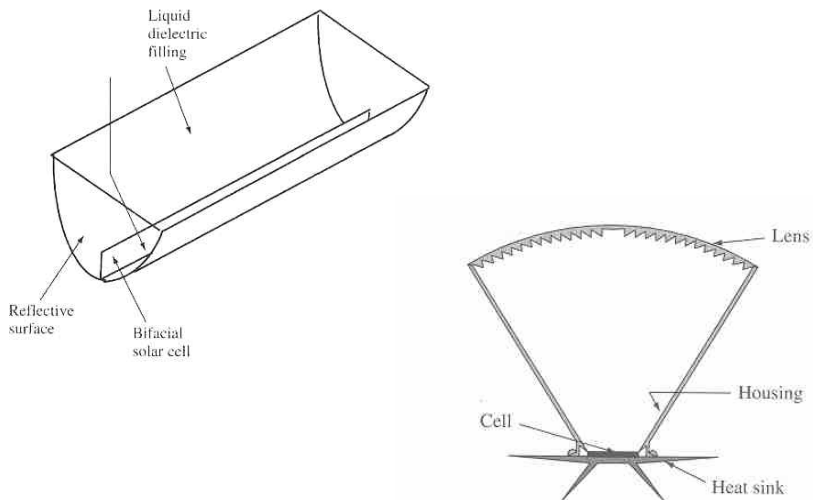


(HEGEDUS, 2003)
(CRESESB, 2005)

Rastreadores e Concentradores

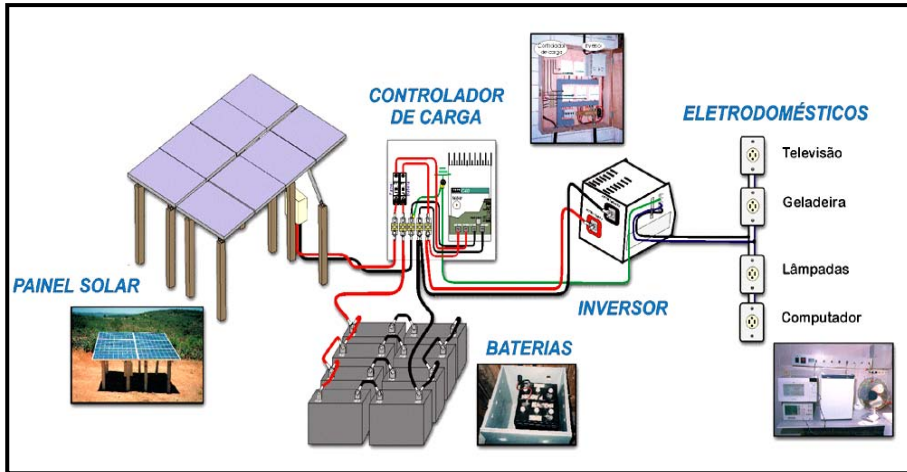


Rastreadores e Concentradores

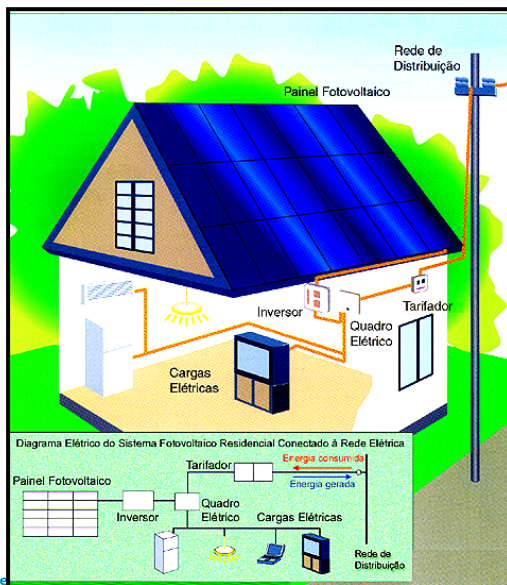




Sistema Fotovoltaico de Geração de Energia Elétrica



Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede





Central Fotovoltaica Neurather See (Alemanha) 360kWp





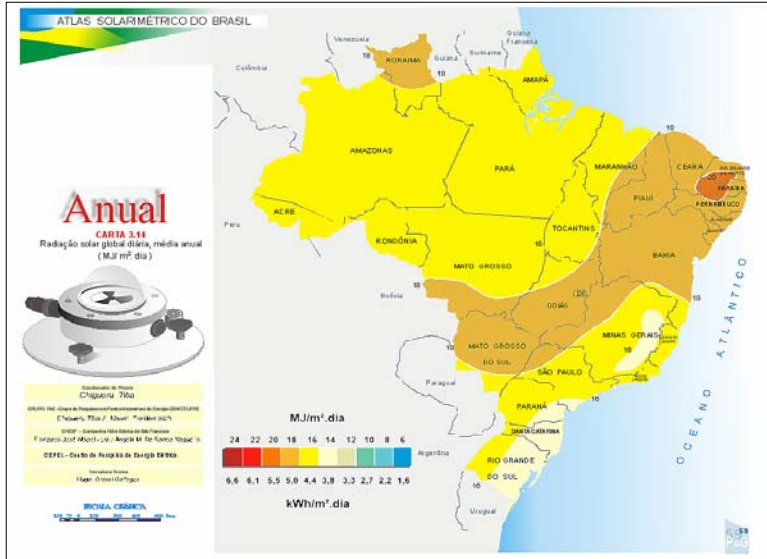
Tecnologia Fotovoltaica Recurso Solar no Brasil e Aplicações

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano

Atlas Solarimétrico do Brasil - UFPE

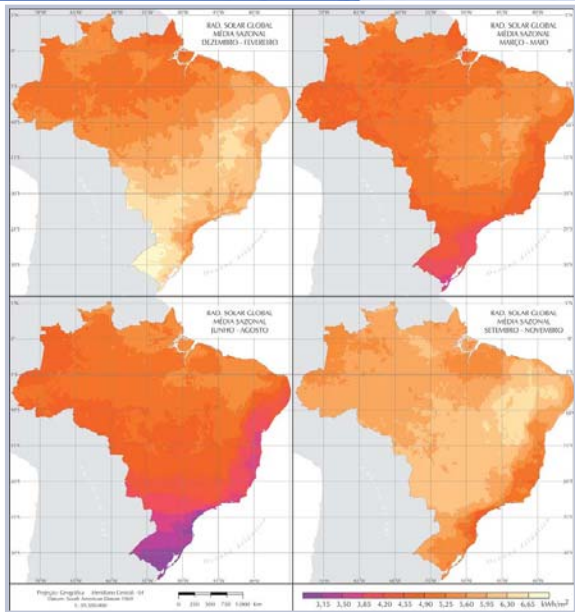
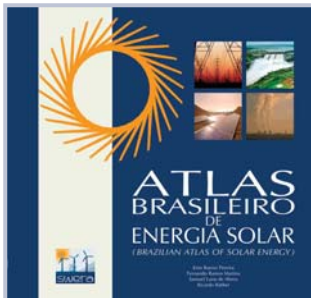
Radiação Solar Global - Média Anual



Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano

SWERA: Solar and Wind Energy Resource Assessment



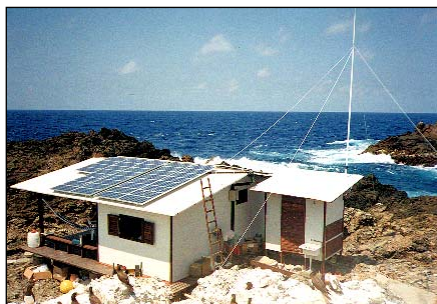
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Características Gerais

- Auto-suficiente em energia
- painel FV de ~2.000Wp;
aquecimento d'água solar;
bombeamento d'água FV
- em operação desde mar/97
- + 12.000 visitantes (estudantes,
professores; profissionais,
público, etc.)
- Vários cursos de tecnologia FV



- Localizado a cerca de 1.010 km do ponto mais extremo do RN.
- Parceria entre o MME, o CEPEL e a Marinha do Brasil.
- Sistema fotovoltaico instalado em jun/1998.
- Painel fotovoltaico de 3,6 kWp.
- Dessalinização de água.



Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo

- Nova ECASPSP inaugurada em junho de 2008.
- Painel fotovoltaico de 7,8 kWp.
- Equipamentos mais modernos.
- Dessalinização de água.



Nova Estação Científica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo



Número de Instalações

| Fase | | I | II | III | Bomb. | IV | V | TOTAL | |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|------|--------------|-------|---------------|
| Sistemas FV de Geração de energia | Qtd | 190 | 387 | 677 | x | 1660 | 3000 | 5914 | |
| | kWp | 87 | 200 | 419 | x | 972 | 2172 | 3850 | |
| Sistemas FV de Bombeamento d'água | Qtd | 54 | 179 | 176 | 800 | 1240 | x | 2449 | |
| | kWp | 78 | 211 | 135 | 235 | 696 | x | 1355 | |
| Sistemas FV de Iluminação pública | Qtd | 137 | 242 | x | x | x | x | 379 | |
| | kWp | 7,5 | 17 | x | x | x | x | 24,5 | |
| Qtd: quantidades - kWp: potência FV | | | | | | | TOTAL | Qtd | 8742 |
| | | | | | | | | kWp | 5209,5 |

(Fonte: CRESESB,2002)

Instalações Fotovoltaicas PRODEEM – Rio de Janeiro



Igreja, escola e posto de saúde da comunidade de Água Fria Município de São Fidélis



Sistema energético da comunidade de Água Fria - Município de São Fidélis

Instalações Fotovoltaicas PRODEEM – Tocantins



Crianças assistindo à TV pela primeira vez na comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis



Sistema de bombeamento da comunidade de Boa Sorte Município de Dianópolis

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano

Projeto Ribeirinhas



Avaliar a viabilidade técnica e econômica e sócio – ambiental de utilização de micro – sistemas de geração utilizando recursos energéticos locais para produção descentralizada de eletricidade para suprimento de povoações dispersas ao longo dos rios e igarapés da Região Amazônica

Projeto RIBEIRINHAS

Energia Elétrica para Populações Isoladas



Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel

Nome do Evento | Mês Ano

Instalações Fotovoltaicas Projeto Ribeirinhas - Amazonas



Transporte dos equipamentos fotovoltaicos



Sistema solar fotovoltaico instalado em
N.S.P. Socorro - Manacapuru

Telhado Solar Fotovoltaico

- Avaliação do desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede
- Pannel fotovoltaico de 16 kWp em operação desde 2002



Ricardo Marques Dutra
dutra@cepel.br
21 2598-6174



Ministério de
Minas e Energia

