

# Painéis solares de silício cristalino: caracterização e métodos de separação de componentes

MARIANA GONÇALVES BENEVIT, HUGO MARCELO VEIT

DEMAT – Engenharia de Materiais – Escola de Engenharia - UFRGS

## Introdução

Painéis solares fotovoltaicos são dispositivos sólidos capazes de converter a energia da luz do sol em energia elétrica sem a necessidade de um motor térmico ou um equipamento rotor. Por ter vida útil finita, esses dispositivos geram resíduos, de modo que espera-se uma grande quantidade desse material nos próximos vinte anos.

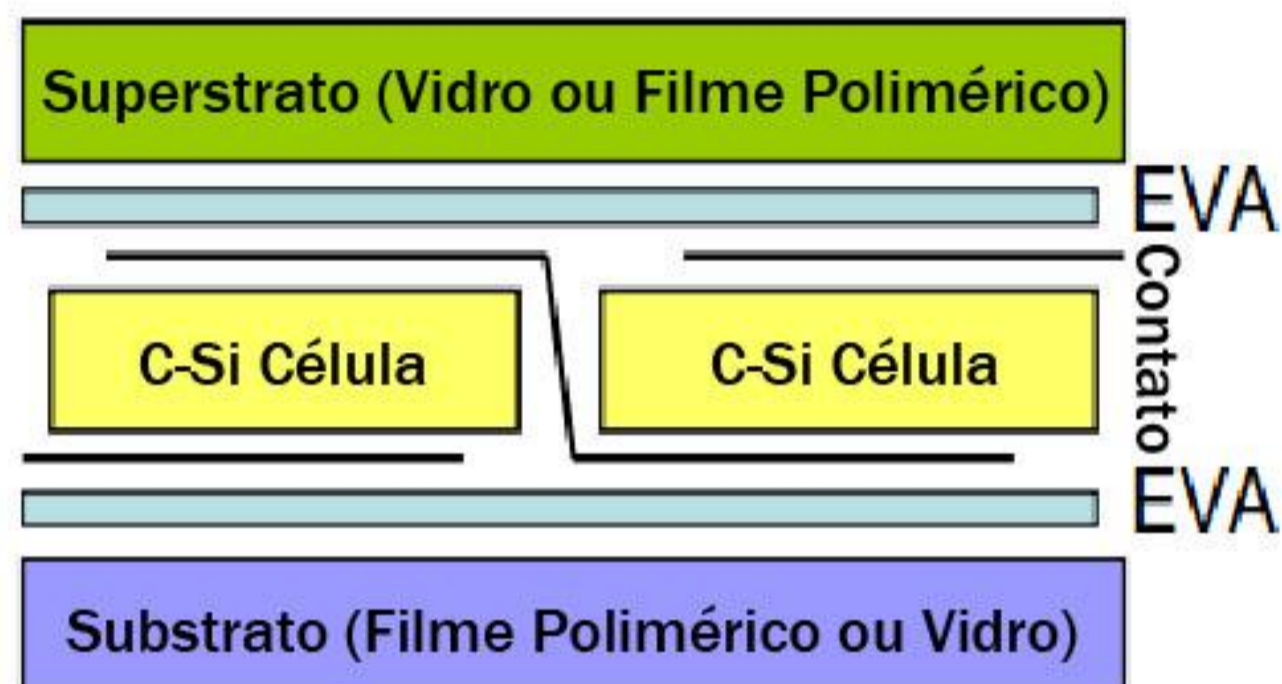


Figura 1: Divisão, em camadas, de um painel solar de silício cristalino.

A Figura 1 ilustra a composição de um módulo fotovoltaico de silício cristalino, formado geralmente por cinco camadas. Na primeira, encontra-se vidro ou filme polimérico; a segunda camada é composta de material que possui a função de unir e encapsular a terceira camada, composta de silício (monocristalino ou policristalino), e que também contém os contatos metálicos. A quarta camada também contém material encapsulante, sendo seguida pela quinta, composta por substrato. Por fim, uma moldura metálica envolve os componentes.

Neste trabalho, foram caracterizados os componentes de dois painéis de silício cristalino. Em seguida, estudou-se maneiras de separar de forma química tais componentes.

## Metodologia

Foram coletados dois painéis de silício cristalino de marcas diferentes, denominados de A e B (Figura 2).

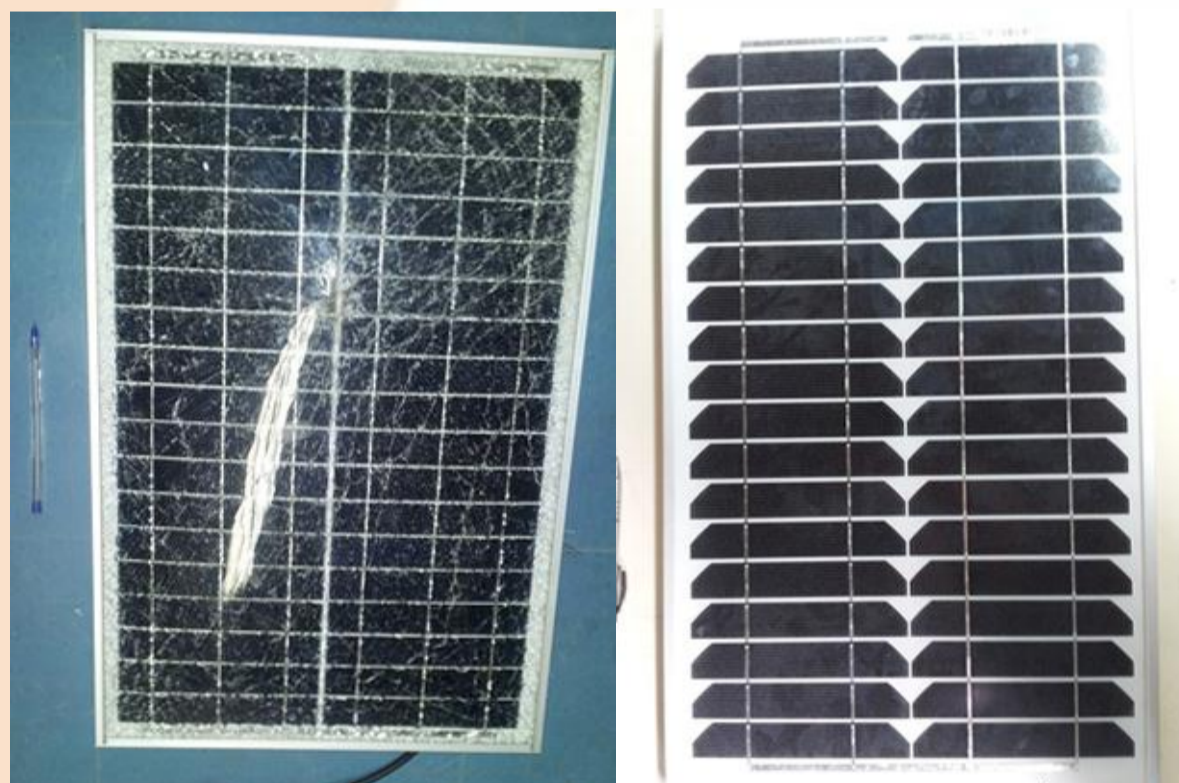


Figura 2: Módulo A (esquerda) e Módulo B (direita).

Inicialmente coletou-se amostras do vidro dos painéis e analisou-se através de FRX. Amostras raspadas do substrato e material encapsulante foram caracterizadas através de FTIR. As células fotovoltaicas foram lixiviadas com HF 40% P.A. (módulo A) e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> P.A. (módulo B) e analisadas através de FRX. A composição dos contatos metálicos foi determinada através de Absorção Atômica.

Foram feitos testes com processos de tratamento químico, que pudessem remover componentes de interesse para reciclagem. Os testes foram realizados com três solventes diferentes, nos quais foram empregadas amostras com e sem a cobertura de vidro:

- HF 40% P.A.: amostras mergulhadas em solução por oito (8) dias;
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> P.A.: amostras mergulhadas em solução por dez (10) dias;
- Solução contendo 300 ml HF 40% P.A. + 30 ml HNO<sub>3</sub> 65% P.A. + 90 ml H<sub>2</sub>O + 3g NH<sub>4</sub>F: amostras mergulhadas em solução por seis (6) dias;

Também realizou-se o ensaio de lixiviação previsto pela NBR 10004, para verificação de compostos tóxicos.

## Resultados

Os resultados obtidos através do FRX para o vidro indicaram que este pode ser reciclado como vidro comum, pois não apresenta nenhum componente diferenciado (Tabela 1).

Analito	Porcentagem na amostra (módulo A)	Porcentagem na amostra (módulo B)
SiO <sub>2</sub>	79.9 %	77,53%
CaO	13.6 %	13,29%
Na <sub>2</sub> O	2.41 %	2,67%
MgO	1.43 %	1,50%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00 %	2,18%
SO <sub>3</sub>	0.70 %	0,50%
K <sub>2</sub> O	0.62 %	0,12%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.26 %	0,21%

Tabela 1: Resultado do FRX para o vidro.

Já o FTIR dos componentes poliméricos apontou a presença de PET e TEDLAR para a camada de substrato e EVA para o material encapsulante.

A análise de FRX (Tabela 2) para a célula fotovoltaica apontou a presença de silício de alta pureza, com quantidades relevantes de prata, metal que também pode ser reciclado.

Elemento	Porcentagem na amostra (módulo A)	Porcentagem na amostra (módulo B)
Silício	98,20%	95,27%
Cobre	0,04%	1,85%
Prata	1,40%	1,12%
Cromo	0,14%	0,15%
Chumbo	0,08%	0,103%

Tabela 2: Resultado do FRX para as células.

A análise de Absorção Atômica (AA) apontou a presença de cobre, chumbo e estanho nos filamentos metálicos.

Quanto à toxicidade, o ensaio de acordo com a NBR 10004 (análise de AA dos compostos lixiviados), apontou valores de chumbo superiores ao limite aceitável (Tabela 3).

Parâmetro	Resultado		Limite de Detecção
	A	B	
Chumbo (mg/L)	5,50	21,6	0,054

Tabela 3: Resultado de AA para o lixiviado.

Quanto à separação química de componentes, o melhor resultado obtido até o momento foi com a utilização de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> P.A., com liberação do material semiconductor.

## Conclusões

A partir das análises realizadas, foi possível determinar que a camada de vidro dos painéis fotovoltaicos pode ser reciclada como vidro comum, o que reduz os impactos da produção desse tipo de equipamento, ao diminuir o uso de matérias-primas.

Também foi possível concluir que, além da reciclagem do silício contido nas células fotovoltaicas, a prata é um composto de interesse econômico que pode ser reaproveitado.

Através do teste previsto pela NBR 10004 percebeu-se que a disposição dos resíduos de painéis no ambiente oferece altos riscos de contaminação, pela presença de chumbo acima dos níveis aceitáveis, classificando os painéis como resíduos Classe I.

Por fim, determinou-se que o método químico de separação de componentes mais eficiente foi o que empregou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> P.A.

Agradecimento: Cnpq

Contato: marybenevit@gmail.com