



# CARTILLA **ENERGÍA SOLAR**



Compromisso com o  
desenvolvimento  
socioeconômico  
do Semiárido paraibano



**PaqTcPB**  
Fundação Parque  
Tecnológico de Paraíba



Universidade Federal  
de Campina Grande



**INSA**  
INSTITUTO NACIONAL DE SEMIÁRIDO  
CENTRO DE PESQUISA DO NORTE


MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



**PÁTRIA AMADA  
BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL




Investindo nas populações rurais



La Energía Solar es una energía alternativa, sustentable y renovable, cuya fuente es el Sol y se puede usar principalmente como energía eléctrica fotovoltaica y térmica. La energía fotovoltaica es la conversión directa de los rayos solares en electricidad y la energía térmica aprovecha el calor del Sol para calentar el agua o para transformarse en energía eléctrica.

Las principales inversiones del FIDA se centran en la implantación de sistemas fotovoltaicos en agroindustrias y comunidades del Semiárido brasileño. Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por paneles solares fotovoltaicos, que son básicamente dispositivos que se usan para convertir la luz solar en energía eléctrica en células fotovoltaicas. Las células solares o fotovoltaicas se encargan de captar y convertir los rayos solares en energía eléctrica. Los sistemas también aportan un módulo fotovoltaico que es el componente responsable de generar energía, básicamente se trata de una placa protegida por un vidrio donde se colocan las células solares y se conectan entre sí por medio de cables, completando el montaje de un módulo. El montaje de un sistema fotovoltaico autónomo para usar en el riego de zonas agrícolas, además de los equipos mencionados anteriormente, requiere un regulador de carga, una batería o banco de baterías y un inversor de corriente continua a corriente alterna, para suministrar corriente alterna al conjunto motobomba y a los posibles equipos eléctricos del sistema de automatización del riego. En algunos casos no se utilizan baterías. Cuando se conecta a la red eléctrica, es necesario un inversor solar que invierta la electricidad generada por el panel solar de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC), demandada por la mayoría de los equipos eléctricos, así como un cuadro eléctrico que reciba la energía que sale del inversor solar y la distribuya a su casa o empresa, y un contador que calcule y devuelva a la red el exceso de electricidad producido cuando hay demasiado sol o poco consumo. Esta electricidad adicional se introduce en la red del distribuidor, convirtiéndose en "créditos de energía" que se pueden usar por la noche, en días nublados o en los meses siguientes. Además, este contador también mide la entrada de energía pública que se consume cuando no hay sol y calcula el saldo de energía que se debe a la distribuidora en esos casos. A diferencia de los medios convencionales de producción de electricidad que usan el principio de inducción electromagnética para generar una corriente alterna en el circuito, la conversión fotovoltaica se produce de forma directa, en la que los fotones del Sol interactúan directamente con los electrones de las células del material semiconductor, generando una corriente unidireccional, es decir, una corriente continua.





## Cuál es la justificación para que encaje en este proyecto y ejemplos de productos/prototipos en desarrollo o instalados (basado en las experiencias FIDA)

El Semiárido brasileño tiene un gran potencial para la producción de energía solar fotovoltaica, y puede ser mejor explotado para transformar este potencial en oportunidades reales, capaces de generar empleo e ingresos, una vez que las mayores irradiaciones solares en Brasil se dan en áreas de bajo desarrollo económico, sobre todo las que se encuentran en esta región. Otro factor importante está relacionado con la reducción de los impactos ambientales en comparación con los medios de producción de energía eléctrica convencional, una vez que la producción de energía fotovoltaica no genera emisión de CO<sub>2</sub> ni otros gases, ni siquiera de contaminantes líquidos o sólidos durante la generación de energía eléctrica. Dada la gran disponibilidad de fuente energética solar en el Semiárido, el FIDA ha fomentado el uso de la energía fotovoltaica en la región mediante varios proyectos con los Estados.

La implantación de paneles solares en sistemas agroindustriales y en las comunidades rurales ha repercutido en la reducción del costo de la electricidad, aumentando la competitividad de las empresas rurales, así como los ingresos y la sustentabilidad de los emprendimientos. Se identificaron 33 inversiones que implican sistemas fotovoltaicos en los estados de Paraíba, Piauí y Sergipe, que abarcan 14 asociaciones/cooperativas y benefician a 5676 familias. Todos estos proyectos son financiados por el FIDA y en alianza con otros organismos públicos.





## Factores que promueven o limitan la adopción de la tecnología

La energía solar es una fuente inagotable y de bajo impacto ambiental que puede complementar satisfactoriamente la oferta de energía generada por las centrales hidroeléctricas, cuya oferta se ve disminuida por las recurrentes bajadas del nivel de agua en los embalses. Esto impacta de forma negativa la generación de energía y exige el accionamiento y uso de centrales termoeléctricas, lo que aumenta la liberación de gases de efecto invernadero. Los costos para implementar sistemas de energía solar son relativamente altos; sin embargo, se puede ahorrar hasta cinco veces más que con el sistema convencional, lo que hace que, a pesar de la dificultad existente para la adquisición de sistemas solares, su implementación sea económicamente interesante con el paso del tiempo. De esta forma, la economía generada puede ser equivalente al valor invertido con la amortización que se produce a lo largo de los meses de uso, y con la alta durabilidad y el bajo costo de mantenimiento.



Además de no emitir CO<sub>2</sub> ni otros gases, ni siquiera contaminantes líquidos o sólidos durante la generación de energía eléctrica, los volúmenes de emisión en las etapas de fabricación de los equipos usados en el sector fotovoltaico son bajos y la cantidad de energía generada a lo largo de la vida útil de los sistemas fotovoltaicos es de 8 a 17 veces mayor que la energía consumida en su fabricación, por lo que es una alternativa viable en este segmento. Cabe resaltar también, que, al final del ciclo de vida de un sistema fotovoltaico, cerca del 85 % de sus componentes pueden ser reciclados y reutilizados, por lo que los impactos ambientales, ya bastante reducidos, tienden a ser aún menores a largo plazo.

## ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO

### Costos de instalación (valor en reales):

#### DOMICILIAR

El costo de un sistema solar fotovoltaico residencial (incluida la instalación y los materiales) es de aproximadamente R\$19.520,05, considerando el uso de un generador de 3,46 kWp instalado en una residencia con un consumo medio mensual de 372,6 kWh.

#### COMERCIAL

Por otra parte, con una inversión alrededor de R\$187.495,07 en un sistema solar fotovoltaico es posible obtener un sistema comercial con una generación de energía prevista de 585.000 kWh mensuales.

### Costos de manenimiento (valor en reales):

El mantenimiento de este sistema (después de 25 años) equivale a R\$ 5.000,00.

Tenemos el costo de mantenimiento, representado por el reemplazo de los inversores en el 15.º año, por el monto de R\$ 22.131,40 y la depreciación del 1,5 % en el primer año y del 0,7 % del costo de adquisición en los demás años.

Vida útil de la tecnología (valor en años): unos 25 años.

## Impactos sociales

Las inversiones del FIDA buscan priorizar a los grupos productivos con énfasis en las mujeres, jóvenes, quilombolas, indígenas y la población negra y parda. Con este enfoque, se priorizan todas las inversiones que tengan en cuenta el incremento de ingresos, la equidad de género, el aumento de la calidad de vida y la mejora de las condiciones de trabajo como política pública. La energía solar se considera una tecnología que va más allá de la cuestión medioambiental, una vez que es capaz de reducir los costos de producción con el potencial de aumentar la autoinversión en otras necesidades del grupo. Esta acción repercute positivamente en la capacidad de generar ingresos de estos grupos prioritarios, mejorando el bienestar social de la colectividad.

## Adaptación a la realidad de la agricultura familiar

La tecnología disponible permite diversos usos para la agricultura familiar, ya sea para reducir los costos de producción o para la reemplazar totalmente la fuente de energía. Como ejemplos prácticos, podemos mencionar la implantación de paneles fotovoltaicos para el bombeo de agua para diversos usos, incluido el riego de campos de producción. En el caso de uso para captar agua, tiene la ventaja de poder instalarse en lugares con indisponibilidad de la red eléctrica convencional. La presencia de agroindustrias que hacen uso de esta fuente de energía ha ido aumentando en el país, mejorando la competitividad y la inserción en los mercados. Es una tecnología fácil de manejar, que requiere un mantenimiento básico para funcionar y con gran potencial de uso en la agricultura familiar, sobre todo en el Semiárido, que cuenta con una gran oferta de la principal materia prima: el Sol.

## ANÁLISIS DE LA EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> con el uso de paneles fotovoltaicos se calculó teniendo en cuenta las emisiones indirectas por la compra alternativa de energía eléctrica, en el enfoque de elección de compra. Sin tener en cuenta el ciclo de vida de la fabricación de los paneles fotovoltaicos, hay una reducción del 99,9 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con el consumo de electricidad de la red eléctrica convencional.

El cálculo se hizo comparando el consumo de energía eléctrica antes y después del uso de energía solar fotovoltaica en una Cooperativa de Picuí, en el estado de Paraíba. Los factores de emisión utilizados se basaron en la matriz energética brasileña.

Mês	Consumo (MWh)	Fator Médio de Emissão	Total de emissões (tCO <sub>2</sub> e)
Agosto/2019	2206	0,1070	236
Agosto/2020	0,165	0,1070	0,018

## CANTIDAD TOTAL INSTALADA Y NÚMERO DE BENEFICIARIOS

Cantidad instalada (valor total): 2722

Número de beneficiarios (valor total): 8.461 familias

Municipios (valor total): 24 municipios

## TRL DE LA TECNOLOGÍA SOCIAL

Los paneles fotovoltaicos se clasifican en la TRL 9 puesto que ya han sido probados y ya son comercializados y usados con éxito por la comunidad, considerando que este nivel se alcanza cuando las tecnologías en cuestión se aplican en sistemas que tienen éxito en una operación real. También se destaca que la diferencia fundamental entre TRL 8 y 9 está relacionada con la operación del sistema. La construcción de un nuevo avión es TRL 8, pero volarlo por primera vez de forma real es TRL 9.

**TRL : 9**



## LOCALIDAD:

Fuimos hasta Picuí y Nova Palmeira para ver las acciones realizadas con la financiación del FIDA. En Picuí, visitamos la Cooperativa Agroindustrial del Seridó y Curimataú Paraibano (COOASC), que se benefició de la instalación de un sistema solar fotovoltaico para reducir los costos en el procesamiento de la pulpa de fruta.

En Nova Palmeira, en la comunidad de Saquinho, visitamos la propiedad del Sr. Euclides y familia, que fueron beneficiados con un kit solar fotovoltaico para el riego de su propiedad. Todas las familias beneficiadas por la experiencia se mostraron satisfechas y agradecidas por recibir la tecnología.







Visitamos una cooperativa para la producción de pulpa de fruta y una propiedad rural que recibieron sistemas solares fotovoltaicos gracias a los recursos del Procase/PB y del FIDA. En la actualidad, la cooperativa situada en la ciudad de Picuí ha disminuido los costos de producción gracias a la reducción de los costos de electricidad, a la que contribuye el sistema fotovoltaico, una vez que la propiedad rural tiene parte de su producción regada con agua bombeada por dicho sistema. Las fotos retratan bien las experiencias y la situación actual de los sistemas en las localidades.







## La energía fotovoltaica existe desde 1839?

Alexandre Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico en 1839 mientras realizaba experimentos electroquímicos en el taller de su padre. En 1873 se creó la primera célula fotovoltaica de selenio. En la actualidad, casi el 80 % de los paneles solares están compuestos por alguna variación de silicio gracias a Calvin Fuller, que en 1954 desarrolló las células fotovoltaicas de silicio. En 1973, la Universidad de Delaware, en Estados Unidos, construyó la primera casa alimentada por energía solar. Pero fue en 2004 cuando se produjeron en todo el mundo millones de células con una eficiencia del orden del 16 %, superando por primera vez la barrera de 1 gigavatio de potencia eléctrica anual.

## Además de la energía obtenida de la luz solar, ¿qué otros dispositivos aprovechan la energía del sol?

**"Aqualuz":** Tecnología orientada al tratamiento de cisternas, que solo usa la luz solar, sin necesidad de sustancias químicas, filtros sofisticados o intervenciones en la cisterna. Su montaje solo requiere 10 minutos, con un uso diario durante 20 años, y su mantenimiento solo requiere agua y jabón. La tecnología consiste en una caja de acero inoxidable cubierta por un vidrio y una simple tubería conectada a la cisterna.

**Destilador solar:** Es un prototipo robótico (DSR) de bajo costo y fácil de manejar, con un sistema de rastreo solar, destinado a aplicaciones residenciales, de laboratorio e industriales, para la destilación de agua. El equipo se compone de cuatro partes fundamentales: canaleta receptora; tubo absorbente; sistema robótico de movilidad de la antena y sistema de refrigeración del condensador.

**Dessalinizador solar:** Esta tecnología promueve la destilación solar eliminando completamente todas las sales, metales pesados, bacterias y microbios presentes en el agua contaminada, así como diversos pesticidas, debido a las altas temperaturas y a la radiación ultravioleta. Al final del proceso, se realiza fácilmente una reconstitución simple de las sales para su uso como agua potable.

**Secador solar:** Se compone de una pieza que desempeña simultáneamente la función de recoger la energía solar y de servir de cámara de secado, donde la radiación solar incide directamente sobre el producto colocado en el secador. El aire se calienta y la circulación se realiza por convección natural, lo que resulta en un rápido y de bajo costo.



## REFERENCIAS CONSULTADAS

- \_\_\_\_\_. **Balanço Energético Nacional 2017**: Ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- ABINEE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 16 out 2020.
- ALMEIDA, E.; ROSA, A.; DIAS, F.; BRAZ, K.; LANA, L.; SANTO, O./ SACRAMENTO, T. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Artigo científico**, in: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>, **Outubro**, 2016.
- ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. **Sinergia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311–318, 2014.
- BELLEIS, A. A.; DE MELO, D. D. C. P. USO DA ENERGIA SOLAR NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO. **Educação Ambiental em Ação**, v. 67, 2019.
- BEZERRA, V. R.; LIMA, C. A. P.; LEITE, V. D.; MONTEIRO, L. R. R. Implementação de sistemas autônomos de geração de energia para a região do semiárido paraibano. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 89–95, 2019.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa n 676**. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015676.pdf>. Acesso em: 28 out. 2020.
- BSW SOLAR - GERMAN SOLAR INDUSTRY ASSOCIATION. **A energia solar nos países em desenvolvimento e emergentes**. 2015. Disponível em: <<http://www.solarwirtschaft.de/en/start/english-news.html>>. Acesso em: 06 de out. 2020.
- BUX, M.; BAUER, K.; MUHLBAUER, W.; CONRAD, T. Solar-assisted drying of timber at industrial scale. **The Southern African Forestry Journal**, South Africa, v. 192, n. 1, p. 73–78, 2001.
- CASTRO, R. D. D. **Energia solar térmica e fotovoltaica em residências: estudo comparativo em diversas localidades do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 111 p. 2015.
- CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESEB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.
- CUNHA KEMERICH, P. D.; FLORES, C. E. B.; BORBA, W. F.; DA SILVEIRA, R. B.; FRANÇA, J. R.; LEVANDOSKI, N. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 241–247, 2016.
- DANTAS, S. G. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil**. 2020. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9680>>. Acesso em: 15 out. 2020.
- ELÉTRICA, ENGENHARIA. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. 2018. Disponível em: <<http://https://www.stalengenharia.com.br/PDF-fotovoltaico.pdf>> Acesso em: 15 out. 2020.
- ELLRAM, L. M. A taxonomy of total cost of ownership models. **Journal of Business Logistics**, v. 1, n. 15, p. 171–192, 1994.
- FIGUEIREDO, H. F. M.; PODOLAK, L.; SCHULTZ, L. R. K. PROJETO E. Desenvolvimento de um sistema fotovoltaico autônomo voltado a área rural. **Revista Técnico-Científica**, n. 15, 2018.
- HAGE, H. E.; HEREZ, A.; RAMADAN, M.; BAZZI, H.; KHALED, M. An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. **Energy**, v. 157, p. 815–829, 2018.
- IEEE - INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS. **Energia solar fotovoltaica de terceira geração**. 2014. Disponível em: <<http://www.ieee.org.br/wpcontent/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2020.
- MANKINS, J. C. Technology readiness assessments: a retrospective. **Acta Astronautica**, v. 65, n. 9, p. 1216–1223, 2009.
- MORAES, A. DE; MORANTE, F.; FEDRIZZI, M. C. Bombeamento fotovoltaico no semiárido piauiense, projeto água no berço do homem americano. Congresso Brasileiro de Energia Solar–CBENS; São Paulo–São Paulo. Versão digital em CD. **Anais...**2012.
- NASCIMENTO, C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Monografia (Pós-Graduação Lato-Sensu em Fontes alternativas de energia) Universidade Federal de Lavras, 21 p. 2004.
- SANTOS, E.C.; SOUZA, L.C.; SOUTO, J.S.; FILHO, J.B.A. Energia Solar na Fruticultura Irrigada Familiar. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 1, nº 2, 2007, p. 1–7.
- SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. DE; CAMARGO, I. DE T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília. **Anais...**2006.
- SILVA, B. F.; DOS SANTOS FERREIRA, J.; BENARROSH, P. F. P. M. Energia solar: benefícios das placas solares em telhas de barro sustentáveis. **Revista FARO CIENCIA**, v. 2, p. 128–131, 2015.
- SOUZA, F. F.; MALDONADO, T. V.; DA SILVA JUNIOR, S. A. Avaliação do Custo Total de Propriedade do uso de energia solar fotovoltaica e da energia elétrica convencional. Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. **Anais...**2020.
- WWF – WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Desafios e oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil**: recomendações para políticas públicas. Brasília: WWF, 2015. Disponível em: <https://bit.ly>>. acesso em: 06 out. 2020.



Logro:



Socios:



Patrocinador:

