

REVISTA | CANAL

SOLAR

O&M para usinas FV: conceito, importância e problemas mais encontrados

REPORTAGEM

Intersolar South America: expectativas, programação e novidades da edição de 2022

ARTIGOS TÉCNICOS

Testes de carga mecânica dos módulos fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos devem ser protegidos por para-raios?





Estande da Solis
Intersolar South America

D1.16



Alta Potência Solis-250K-EHV para uma Nova Era de Baixo LCOE



Eficiente

- 12/14 MPPTs, Eficiência máxima de 99%
- Relação CC/CA de 200%
- Densidade de rastreamento de alta potência de 60MPPT/MW
- Compatível com módulos bifaciais de 500W+



Smart

- Função SVG noturna
- Monitoramento inteligente de strings, diagnóstico inteligente da curva I-V
- Atualização remota do firmware com operações simples



Seguro

- IP66
- Recuperação PID integrada para melhor desempenho do módulo
- Design sem fusíveis, seguro e livre de manutenção
- Componentes de marcas mundialmente reconhecidas para uma vida útil mais longa



Econômico

- Comunicação de linha de energia (PLC) (opcional)
- O lado CC suporta dois dissipadores e um acesso
- Suporta acesso de fio de alumínio para reduzir os custos
- Acesso reverso ao armazenamento de energia CC

www.solisinverters.com

Lnhalocal: (+55)19 996133803 | O-email: sales@ginlong.com

Linked in

Q Solis Siga-nos



CARTA AO LEITOR

Bruno Kikumoto

Diretor do Canal Solar

Comemoramos neste mês a realização de mais uma edição da Intersolar South America, tradicional e mais importante exposição do setor de energia solar no Brasil.

Depois de anos turbulentos de pandemia, quando o evento esteve suspenso, a exposição foi reaberta no ano passado, no mês de outubro.

Neste ano a Intersolar reestreia no habitual mês de agosto – a data mais aguardada pelos profissionais e pelas empresas do setor de energia solar no Brasil desde 2013, quando foi realizada a primeira edição brasileira do evento.

O Canal Solar, pelo segundo ano consecutivo, é o parceiro de mídia oficial do evento. Durante os três dias da Intersolar estaremos presentes com nossa equipe de jornalistas, cinegrafistas e palestrantes, buscando maximizar o alcance da feira e registrar as novidades e tendências apresentadas pelos principais fornecedores mundiais de equipamentos, produtos e serviços para o setor de energia solar.

Nesta edição trazemos, mais uma vez, matérias inéditas sobre temas da atualidade e artigos técnicos elaborados por colaboradores especializados.

O jornalista Henrique Hein trouxe uma matéria sobre o hidrogênio verde, assunto que tem estado muito em alta, tanto no Brasil como no mundo. Muito se tem falado do hidrogênio verde, mas o assunto ainda carece de projetos e re-

gulamentação para se alavancar.

O jornalista Mateus Badra conversou com empresas do setor e trouxe uma rica matéria sobre o assunto da operação e manutenção (O&M) de usinas fotovoltaicas, destacando sua importância e os problemas mais encontrados.

Infelizmente, não trazemos só boas notícias como gostaríamos: roubos e furtos de sistemas fotovoltaicos têm crescido no Brasil. Vamos mostrar algumas ocorrências e você vai conhecer as principais modalidades de seguros para sistemas fotovoltaicos.

Dois artigos técnicos inéditos, elaborados por pesquisadores da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), apresentam informações sobre os testes de carga mecânica e degradação induzida por potencial (PID) nos módulos fotovoltaicos, com resultados de experimentos realizados em laboratório.

Por último, merece grande destaque o artigo do engenheiro e doutor Paulo Edmundo Fonseca Freire, um dos mais respeitados especialistas em sistemas de aterramento do Brasil. O especialista nos presenteou com um artigo que aborda a necessidade do uso de para-raios nos sistemas fotovoltaicos, uma dúvida muito comum no setor de energia solar.

Aos nossos leitores, damos as boas vindas à Intersolar South America e desejamos que façam uma boa leitura da 11ª edição da Revista Canal Solar.

MAPA INTERSOLAR 2022

RENOVIGI
C3.30



HANERSUN
A1.62



KEHUA
C4.137



CANAL SOLAR
E2.142

AE SOLAR
B3.36



JA SOLAR
B1.61



GROWATT
D1.50

JINKO SOLAR
B1.46



SOLAX
E3.30



ECORI
D1.42



THE smarter
| SOUTH AMERICA

inter
solar
connecting solar business | SOUTH AMERICA

ÍNDICE

09

INTERSOLAR SOUTH AMERICA:
EXPECTATIVAS, PROGRAMAÇÃO E
NOVIDADES DA EDIÇÃO DE 2022



20

HIDROGÊNIO VERDE CARECE
DE PROJETOS E DE UMA BOA
REGULAMENTAÇÃO



31

O&M PARA USINAS FV: CONCEITO,
IMPORTÂNCIA E PROBLEMAS MAIS
ENCONTRADOS



41

QUAIS SÃO OS SEGUROS
PARA ROUBOS DE
EQUIPAMENTOS FV?



44

TESTES DE CARGA
MECÂNICA DOS
MÓDULOS FV



55

FABRICAÇÃO DE CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS DE
SILÍCIO



63

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS
DEVEM SER PROTEGIDOS
POR PARA-RAIOS?



69

PID: DEGRADAÇÃO
INDUZIDA POR POTENCIAL
NOS MÓDULOS FV



Conhecimento é a nossa
Energia!

EDITOR-CHEFE

Bruno Kikumoto

EDITOR DE CONTEÚDO

Henrique Hein

REDAÇÃO

Mateus Badra
Ericka Araújo

DIAGRAMAÇÃO E ARTE

Wissam Haddad

PRODUÇÃO

Débora Garcez

REVISTA CANAL SOLAR
11ª EDIÇÃO

ENDEREÇO

R. Paulo César Fidélis, 39
Campinas - SP
13087-727

ANUNCIAR

marketing@canalsolar.
com.br

SUGESTÕES DE PAUTAS

redacao@canalsolar.com.
br

TELEFONE

(19) 3296-6103

SITE

www.canalsolar.com.br



« Eventos 2022 »

Intersolar México – 06 a 08 de setembro de 2022

A Intersolar México realizará sua terceira edição presencial no Centro Citibanamex na Cidade do México, de 06 a 08 de setembro de 2022. O evento será o ponto de referência para a indústria, para conhecer as tendências tecnológicas e gerar networking de alto nível no promissor mercado solar mexicano.

Além disso, haverá a participação de empresas expositoras que estarão promovendo a geração de negócios e apresentando suas marcas, produtos e tecnologias sustentáveis para geração de energia a partir de fontes renováveis. A expectativa é que mais de 10 mil pessoas compareçam ao evento.

INSCREVA-SE

SolarZ Summit

A 6ª edição do SolarZ Summit acontecerá nos dias 08, 09 e 10 de setembro no Gran Mareiro Hotel, em Fortaleza (CE). Durante os três dias, serão realizadas palestras sobre vendas, negócios, importação, gestão, dimensionamento de sistemas, entre outros. O evento já ocorreu em outros cinco estados – São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro – onde estiveram presentes milhares de integradores, distribuidores, fabricantes e outros profissionais do mercado de energia solar.

INSCREVA-SE

Fórum GD / Região Norte

O evento organizado pelo Grupo FRG Mídias & Eventos e promovido pela ABGD (Associação Brasileira de Geração Distribuída) reunirá integradores, distribuidores, fabricantes e profissionais acadêmicos, com o objetivo de debater os principais desafios e oportunidades para a geração distribuída no Brasil. O evento será realizado entre os dias 20, 21 e 22 de setembro de 2022, no município de Palmas (TO).

INSCREVA-SE

Vem aí

I CONGRESSO CANAL SOLAR



Cidade de Campinas-SP

Para saber mais e fazer uma pré-reserva, entre em contato pelo email:
eventos@canalsolar.com.br

SAVE THE DATE 2022
**28
29
NOV**





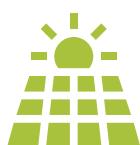
+2GW

DE POTÊNCIA INSTALADA



8 ANOS

8 ANOS DE
BRASIL



+41.000

+41.000 SISTEMAS
MONITORADOS NO BRASIL



+2 MILHÕES

+2 MILHÕES DE TONELADAS
DE CO2 COMPENSADAS
NO MUNDO



DS3D

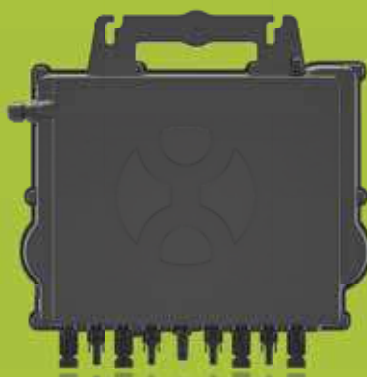
2.000W

MONOFÁSICO

220V

4 MÓDULOS

✓ Compatível com módulos de **alta potência 670 Wp+**



QT2D

3.600W

TRIFÁSICO

380V

8 MÓDULOS

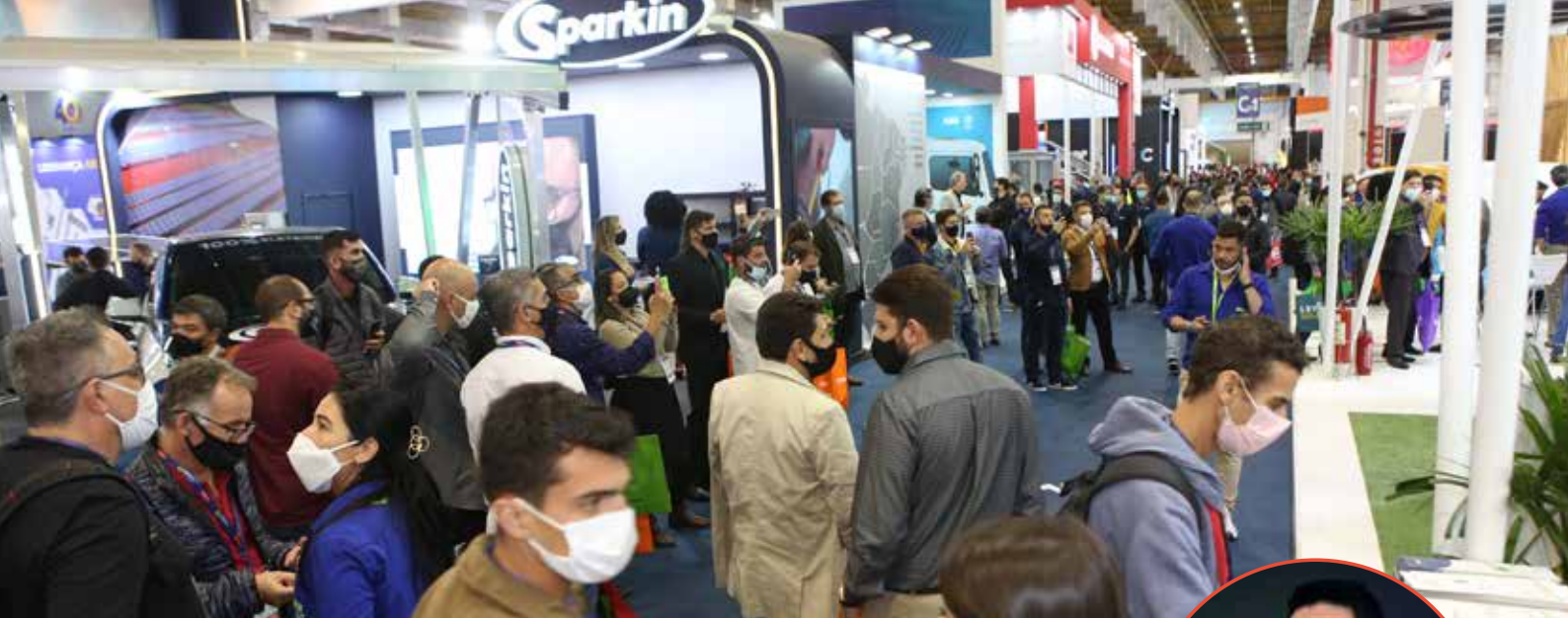
✓ Compatível com módulos de **alta potência 670 Wp+ (5,36kWp de entrada)**

VISITE O ESTANDE DA **ECORI** NA INTERSOLAR **D1.40**

23 a 25 de Agosto, São Paulo, Brazil

Entre em contato com a Ecori e
conheça os produtos **APsystems!**





Intersolar South America: expectativas, programação e novidades da edição de 2022



Mateus Badra Jornalista do Canal Solar

Reportagem

A Intersolar South America 2022, maior feira da América do Sul para o setor solar, acontece entre os dias 23 e 25 de agosto, no Expo Center Norte, localizado na cidade de São Paulo (SP).

Os visitantes encontram a mais completa cadeia produtiva dos mercados fotovoltaico e termossolar – desde células, módulos e componentes, até inversores, sistemas de rastreamento e equipamentos e baterias para armazenamento de energia.

Ao todo, são esperados 380 expositores, incluindo os principais fabricantes mundiais, distribuidores de produtos fotovoltaicos, integradores e prestadores de serviços, entre outros.

Estima-se que mais de 30 mil pessoas estarão presentes, superando os 28 mil visitantes que comparece-

ram em 2021 e os 25 mil que participaram da edição de 2019. O **Canal Solar**, membro da imprensa oficial do evento, realiza a cobertura completa dos três dias da feira.

A exposição Intersolar é parte do The smarter E South America, organizado pela Solar Promotion International GmbH, Pforzheim, pela Freiburg Management and Marketing International GmbH e co-organizado pela Aranda Eventos & Congressos Ltda.

Expectativas

Segundo Florian Wessendorf, diretor administrativo da Solar Promotion International, a expectativa é de uma exposição repleta de oportunidades, negócios e ideias inovadoras que possam potencializar o mercado energético como um

todo.

“O evento traz uma oportunidade única de experimentar todas as partes do novo mundo da energia em um só lugar”, destacou.

No ano passado, por exemplo, foram realizadas mais de 20 palestras, que incluíram diversos temas relacionados à estrutura jurídica para geração distribuída no Brasil, tendências, normas técnicas e tecnologias atualizadas sobre armazenamento.

Quanto aos produtos expostos, no ano passado algumas das novidades apresentadas foram os módulos solares de alta potência, com células N-Type, além de inversores multimodais, ou seja, off-grid, on-grid e híbridos, e novas linhas de estruturas de fixação e baterias de fosfato de ferro-lítio (LFP) para o mercado solar.

Conferências e congressos

Para a edição deste ano, diversas soluções também serão exibidas, bem como haverá a possibilidade de participar de palestras.

Além de participar da exposição Intersolar South America gratuitamente, os participantes poderão se inscrever (mediante valor divulgado no site www.thesmartere.com.br) para congressos e conferências que acontecem paralelamente à feira:

- Ees South America, centrado em baterias e sistemas de armazenamento de energia, incluindo ainda a mostra especial de veícu-

los elétricos Power2Drive South America;

- Eletrotec+EM-Power South America, voltada à infraestrutura elétrica e à gestão de energia.

“Os participantes terão acesso a mais de 20 sessões de conferência. O programa de exposições oferece 13 workshops e múltiplas apresentações na Fase de Inovação e Aplicação”, acrescentou Wessendorf.

Veja a seguir a programação completa do congresso:

23/08

- Cerimônia de abertura (11h, 2º andar, Cantareira 3-4): contará com a presença de autoridades e profissionais renomados do setor elétrico e solar fotovoltaico;
- Panorama do Setor Elétrico Brasileiro (14h, 2º andar, Cantareira 3-4): discutirá o cenário no Brasil e as oportunidades para melhorias ao ambiente de negócios no país;
- Novo Marco Legal e Perspectivas de Mercado para a Geração Distribuída Solar FV (16h, 2º andar, Cantareira 3-4): últimas atualizações regulatórias e as perspectivas de mercado para o segmento de geração distribuída solar.

24/08

- Fazendo Negócios na Geração Distribuída Solar Fotovoltaica (9h, 2º andar, Cantareira 3-4):

profissionais do mercado compartilharão experiências e conhecimentos sobre os modelos de negócio de sucesso utilizados no dia-a-dia;

- Geração Centralizada Solar Fotovoltaica - Principais Drivers e Regulamentação (9h, 2º andar, Cantareira 6): o painel irá apresentar as principais oportunidades e desafios para o avanço desse segmento;
- Financiamento para Geração Distribuída Solar Fotovoltaica (11h, 2º andar, Cantareira 3-4): aqui serão apresentadas as formas de financiamento disponíveis e novidades financeiras relevantes ao mercado;
- Sistemas Híbridos e Plantas Solares Fotovoltaicas (11h, 2º andar, Cantareira 6): apresentará as possibilidades e oportunidades de uso de fontes complementares aos sistemas fotovoltaicos;
- Financiamento para Geração Centralizada Solar Fotovoltaica (14h, 2º andar, Cantareira 6): este painel mostrará opções e estratégias de financiamento para a geração centralizada, trazendo inclusive alternativas aplicadas ao ACL (Ambiente de Comercialização Livre);
- Experiências de Sucesso de Geração Distribuída Solar Fotovoltaica (14h, 2º, Cantareira 3-4): painel voltado a apresentar casos de sucesso de geração distribuída solar;
- Inovações Fotovoltaicas Chegando ao Mercado (16h, 2º andar, Cantareira 3-4): a sessão exibirá

o que há de mais novo nos segmentos de BIPV, solar flutuante, agrofotovoltaica, solar integrada a veículos, entre outros;

- Solar FV no Mercado Livre de Energia Elétrica (16h, 2º andar, Cantareira 6): debate sobre este mercado de imenso potencial.

25/08

- Melhores Práticas: Qualidade, Segurança, Treinamento e Normas (9h, 2º andar, Cantareira 3-4): debaterá tais fatores chave para o desenvolvimento sustentável da fonte fotovoltaica;
- Hidrogênio Verde (9h, 2º andar, Cantareira 6): a sessão vai explorar as principais tendências tecnológicas, os segmentos e os modelos de negócios para o hidrogênio verde no Brasil, bem como avaliará oportunidades tanto aqui quanto no exterior;
- Mercados Solares na América Latina (9h, 2º andar, Cantareira 3-4): como os demais países da América Latina estão em relação à fonte solar? Como os mercados nestes países estão evoluindo e quais os pontos positivos e negativos de cada um deles? Quais os exemplos e cases que servem de inspiração?;
- Armazenamento de Energia em Larga Escala no Brasil e no Exterior (11h, 2º andar, Cantareira 6): confira um panorama das aplicações de armazenamento em larga escala, com atenção especial à reserva de capacidade, serviços ancilares e ao papel do armaze-

INVERSOR BATTERY READY



Compatível com baterias,
preparado para o futuro



2.0 vezes potência
de saída



DPS Tipo II CC/CA



Monitoramento de
autoconsumo 24h



MIN 2500-6000TL-XH



🔍 Growatt New Energy

SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO., LTD.

www.ginverter.pt | info@ginverter.com

Centros de Suporte no Brasil

Maringá e São Paulo

☎ +55 (44) 3122-3636 +55 (44) 3123-3650

✉ br.service@growatt.com

namento de energia na modernização da transmissão de eletricidade;

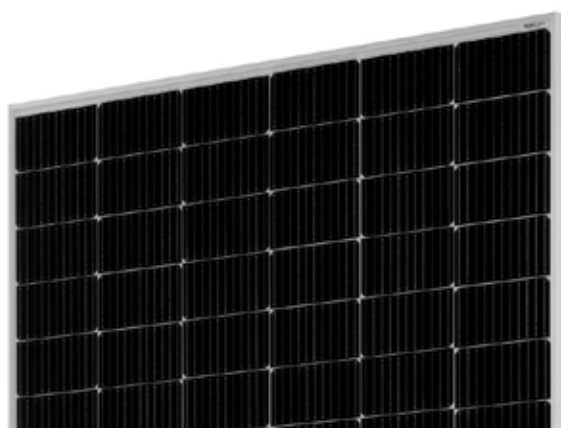
- Oportunidades e Desafios para a Cadeia de Suprimentos (14h, 2º andar, Cantareira 3-4): a sessão trará questões relacionadas à logística, tributação, atendimento ao cliente, entre outros aspectos;
- Novas Tecnologias de Armazenamento de Energia (14h, 2º andar, Cantareira 6): análise sobre as últimas tendências tecnológicas para diferentes tecnologias de baterias, as perspectivas para as matérias-primas e as alternativas tecnológicas para o armazenamento estacionário de energia elétrica;
- Tecnologia Solar Fotovoltaica (16h, 2º andar, Cantareira 3-4): saiba as novas tecnologias que estão despontando internacionalmente na energia solar;
- Armazenamento de Energia Fora da Rede (16h, 2º andar, Cantareira 6): o destaque fica por conta das estratégias para descarbonizar a geração de eletricidade na bacia amazônica e outras regiões com ecossistemas sensíveis, e o papel do armazenamento de energia nessa transição.

Empresas apresentam portfólio na Intersolar

Quando o assunto é portfólio de produtos e soluções inovadoras, as empresas expositoras apresentam diversas novidades na Intersolar South America 2022.

Visando projetos de GD (geração distribuída) e de grande escala, a **JA Solar** divulga na feira dois novos modelos:

- Deep Blue 3.0 Pro (P-type): evolução da Deep Blue 3.0, pois herda todos os diferenciais, como células Percium+ de 182mm dopadas com Gálio (Ga) e P-type, porém com a tecnologia GFI (gapless flexible interconnection, ou interconexão flexível ininterrupta). Essa família possui módulos monofaciais e bifaciais de 72 células, com potências entre 540W~565W e painéis com 78 células, com potências de 585W~610W e contam com eficiência de até 21,9%;
- Deep Blue 4.0 X (N-type): conta com células Bycium+ 182mm dopadas com Fósforo (P), N-type, com a tecnologia GFI, melhor coeficiente de temperatura e melhor performance com baixa irradiância. Essa família possui módulos de 72 células, com potências entre 555W~580W e painéis com 78 células, com potências de 600W~625W e contam com eficiência de até 22,5%.



Módulo de 580 W da JA Solar. Foto: Reprodução

Já a **AE Solar** mostra, por exemplo, três novas séries:

- **Aurora**: os módulos possuem potência de até 670 W, com eficiência de até 21,6% e três versões diferentes: monofacial, bifacial com folha traseira transparente e bifacial de vidro duplo. Todos são duráveis e resistentes a condições ambientais adversas, incluindo alto teor de amônia, névoa salina, areia e poeira, bem como degradação potencial induzida de acordo com vários testes padrão do setor, como IEC e CE;
- **Comet**: com eficiência até 22,2% e potência até 485 W, os painéis possuem tecnologia de heterojunção (HTJ). “Graças ao coeficiente de temperatura mais baixo, alta eficiência, sanduíche de vidro e ótimo desempenho em condições de pouca luz, a série Comet pode ser a escolha perfeita para climas moderados e extremos”, destacou a AE Solar em nota;
- **Neptune**: utilizando tecnologia híbrida, os módulos da série Neptune podem produzir até 10% mais energia elétrica em comparação com módulos padrão e aproveitam as perdas de calor para aquecimento. “Eles têm a melhor eficiência energética para locais como hospitais, hotéis, piscinas, residências e qualquer outra indústria que necessite de aquecimento e/ou água quente. A energia térmica é coletada a partir da absorção

do calor gerado pelas células fotovoltaicas. Esse processo resfria o painel fotovoltaico e o torna 10% mais eficiente”, afirmaram.



Estande da AE Solar, com a sua nova série de módulos, no Genera 2022

Falando ainda de painéis solares com tecnologia N-Type, a **Sunova** trás oficialmente seu portfólio de produtos ao Brasil. Esses módulos começaram a ser produzidos em massa no final de julho e serão vendidos oficialmente no mercado brasileiro no final de setembro.

“As células N-Type foram produzidas com sucesso na fábrica de Wuxi, na China, em junho. Todos estão passando por testes de desempenho e os resultados são os esperados”, afirmou a empresa, acrescentando que a tecnologia já foi apresentada na Intersolar na Alemanha.

No que se refere à tecnologia de grafeno, a **ZNSHINE Solar** conta com seus painéis em exibição no estande. A companhia aplica o grafeno integrado à composição do vidro frontal – não como mero revestimento de superfície.

Segundo a fabricante, as placas com essa composição não apenas aumentam o desempenho de trans-

missão de luz do próprio vidro, mas também têm um efeito benéfico devido à hidrofobicidade, bem como podem remover poeiras e sujeiras aderidas à superfície do vidro.

Quem também está presente é a **Jinko Solar**, que trás a nova série Tiger Neo, com módulos monofaciais e bifaciais com tecnologia tipo N Topcon.

“Estes painéis aumentam a geração de energia e performance e possuem degradação no primeiro ano menos que 1% e nos demais anos de 0,4%”, disse Gustavo Silva, gerente de Serviços Técnicos da Jinko.

“Ademais, possuem 30 anos de garantia, chegando aos 30 com potência de saída maior que 87,4%, coeficiente de temperatura de 0,30%/°C e fator de bifacialidade de 85%, sendo a tecnologia mais avançada em módulos fotovoltaicos”, ressaltou.



Estande da Jinko Solar no RenewX 2022, realizado na Índia. Foto: Reprodução

Por fim, a **DAH Solar** apresenta na Intersolar o seu painel bifacial com tecnologia full-screen, que pode aumentar a geração de energia em 11,5%, segundo a fabricante.

Durante a feira será demonstrado um teste com água corrente para a comparação entre o módulo full-s-

creen (sem moldura frontal) e um módulo convencional. O design full-screen, segundo a empresa, pode eliminar o sombreamento de poeira na parte inferior dos módulos.

Demais soluções

Outros produtos que a Jinko trará pela primeira vez na feira serão as soluções de módulos BIPV (Building Integrated Photovoltaics – sistemas fotovoltaicos integrados à arquitetura) e também duas soluções de armazenamento de energia.

Seguindo nesta linha, a **GoodWe** exhibe na Intersolar South America 2022 suas telhas BIPV, além de baterias de fabricação própria e sistemas híbridos com baterias.

Já a **Fronius**, visando as mudanças da Lei 14.300 e, também em linha com as tecnologias de armazenamento e com o foco em ampliar a taxa de autoconsumo das instalações, apresenta o inversor híbrido Primo GEN24Plus, que se comunica com o banco de baterias para armazenamento de energia elétrica para utilização em horários fora da geração ou backup.



Inversor híbrido Primo da Fronius. Foto: Fronius/Divulgação

Nesta mesma temática de foco em consumo próprio, a fabricante austríaca trará uma solução de carregamento inteligente para carros elétricos, o Watt Pilot, que se integra ao sistema de geração fotovoltaica e ao sistema de monitoramento Solar.Web.

Outro produto a ser mostrado durante a Intersolar é o Fronius Tauro Eco de 100 kW, que incorpora todas as funcionalidades já conhecidas do fabricante em um inversor focado em gerar economia no projeto, por meio de versões apropriadas para qualquer tipo de topologia de instalação.

Telha solar

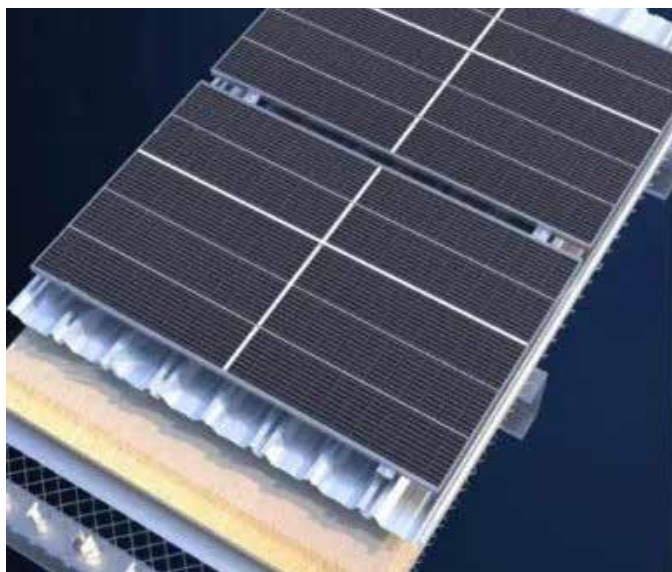
A ZNSHINE Solar apresenta ainda no evento o seu portfólio de telhas solares. Entre os destaques está a Telha Block, instalada sobreposta para facilitar a montagem do painel:

- Vários blocos criam uma superfície de montagem maior, permitindo painéis de maior potência, como um módulo de 600 W;
- Integração compatível com grampos QIS (Quick Installation System – Sistema de Instalação Rápida) para instalação eficiente no telhado; livre de ferramentas e sem parafusos;
- Melhora a eficiência da instalação com menor custo; o design modular facilita a manutenção e reduz o custo oculto;
- O design exclusivo da ranhura acomoda e oculta os cabos e as

braçadeiras, proporciona uma boa aparência estética e se adapta a condições climáticas adversas.

Já o Lego Tile, de acordo com a empresa, é uma única telha de aço composta com módulo personalizado e totalmente integrado para formar uma telha solar fotovoltaica integrada:

- Unidade padrão de telha, especialmente indicada para construção residencial, fácil para paletização e carregamento em contêineres;
- Integração altamente compatível com grampos QIS para instalação fácil e eficiente no telhado; livre de ferramentas e sem parafusos;
- Melhora a eficiência da instalação com menor custo; o design modular facilita a manutenção e reduz o custo do sistema;
- O módulo fotovoltaico integrado é sem moldura, portanto, tem peso reduzido.



*ZNSHINE exibirá seu portfólio de telhas na Intersolar.
Foto: ZNSHINE/Reprodução*

Inovações em estruturas de fixação e string boxes

A **Solar Group** não fica de fora e divulga no evento o Dreno Smart. A solução, segundo a empresa, reduz a frequência de limpeza e manutenção do módulo e possui facilidade na instalação, bastando apenas encaixar no frame.

“O produto é fabricado em polipropileno em uma única peça de plástico injetado, previne a aparição do efeito hot-spot e proporciona mais kWh na geração. Esta é a primeira solução 100% nacional. A mesma é patenteada, se adaptando a todas as espessuras de frames dos módulos: 30 mm, 35 mm e 40 mm”, disse a fabricante.

Além desta solução, a **Solar Group** apresenta o Fibro+, perfil segmentado fabricado em alumínio e desenvolvido especialmente para atender telhados com telhas do tipo fibrocimento.

O design, segundo a companhia, facilita o transporte e reduz o tempo de instalação. A fixação é feita em dois pontos através de parafusos em inox que acompanham o perfil.

A fabricante de estruturas **2P** também apresenta diversos lançamentos. Entre eles, está o trilho reforçado, que atende vãos de 3 metros e é fabricado em alumínio 6063-T5, sendo compatível com todos os fixadores da 2P.

“6063 é referente à liga de alumínio e, no caso, existem diversas nomenclaturas. As ligas 6XXX são consideradas estruturais, para fa-

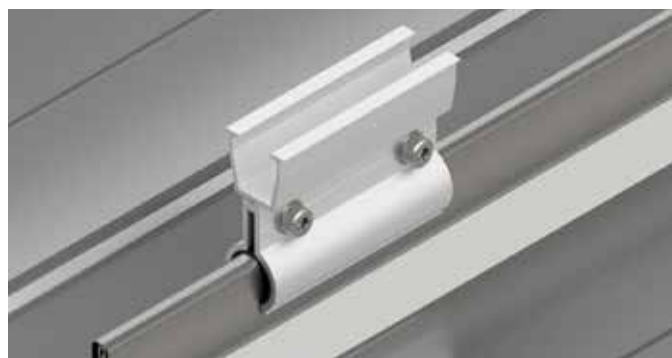
bricação de perfilados de alta resistência, tubos, barras, etc. As mesmas têm uma boa resistência à corrosão e possuem ótimo processamento”, disse Raphael Vaz, engenheiro de produtos da 2P.

“Existem ligas diferentes dentro dessa família, como a 6061, 6063, 6005, enfim, uma infinidade, onde alteram-se percentuais como Manganês, Mg, Cromo, Cr, Cobre, Cu, Zinco, Zn”, exemplificou.

De acordo com ele, alguns elementos podem elevar a resistência à corrosão, outros aumentam a dureza e tornam o produto mais alongado.

“Além disso, quando um produto é processado, existe a têmpera, que nada mais é do que como o material será resfriado, uma vez que sai extremamente quente do processo de extrusão. E aí existe a têmpera ‘T’, cujo objetivo é aumentar a dureza ou resistência mecânica”, explicou.

Outro destaque, segundo Vaz, é o suporte para telhas zipadas. “É uma instalação que funciona como uma abraçadeira nas telhas metálicas zipadas, que não permitem furação. Será um sistema sem trilho, pois o próprio fixador apoia o módulo fotovoltaico e o fixa com os grampos”.



Suporte zipado para telhas zipadas da 2P. Foto: Reprodução



Suporte Laje 10 da 2P. Foto: Reprodução

Já o Suporte Laje 10, outra novidade da fabricante, possui 10 graus de ângulo fixo e é destinado para instalação de painéis em paisagem sobre lajes. “Pode ser instalado voltado ao norte com distância entre fileiras ou um contra o outro, fazendo o sistema leste oeste, e também sem trilho, pois os fixadores serão os próprios trilhos”, acrescentou.

De acordo com o engenheiro, a companhia também exibirá um limpador de painéis fotovoltaicos e mostrará o funcionamento da Plataforma 2P, na qual os visitantes poderão realizar o cadastro no estande.

No que se refere a string boxes, a **Proauto** tem em seu estande, para o segmento de geração distribuída, as novas linhas CORE+ e SMART, que possuem conectores do tipo MC4 integrados à própria string box.

“Para a geração centralizada, temos mais novidades como sistemas de monitoramento (meteorológico/SCADA) com um novo parceiro (Webdom), sistema e monitoramento de isolamento de cabos (Bender) e o reforço da parceria com a TE na solução CTS (cabo tronco)”, frisou Renan Garcia, coordenador comercial da Proauto.

Apps exclusivos e condições comerciais diferenciadas

A **Canadian Solar**, além do portfólio de produtos que serão expostos, lança no evento um aplicativo exclusivo para os integradores. “Com um sistema de pontuação, eles poderão resgatar seus pontos em forma de prêmios e viagens”, relatou a empresa em nota.

Já a **Megacomm**, para a edição deste ano da Intersolar, enfatizou que dobrou o tamanho do stand em relação a 2021 e está intensificando as ações junto aos fornecedores para entregar uma excelente experiência aos visitantes.

“Iremos apresentar novos produtos do nosso mix, novas tecnologias e tendências, como a nova linha de equipamentos e tecnologias da Huawei e módulos com células N-type monocristalinas”, exemplificou a distribuidora.

“Além disso, ofereceremos condições comerciais diferenciadas, alinhadas com o nosso objetivo de tornar a feira uma experiência produtiva para todos, seja tratando de resultados da empresa, assim como a entrega de momentos marcantes para os visitantes do nosso espaço”, finalizaram.

RENOVIGI 10 ANOS

ENERGIZANDO UM MUNDO MELHOR COM VOCÊ!



RENOVIGI
é a energia que você precisa
para transformar seu negócio.

Fundada em 2012 em Chapecó-SC, a Renovigi tornou-se uma das maiores fabricantes de sistemas fotovoltaicos no Brasil, com mais de 75 mil geradores instalados em todo território nacional. São 10 anos distribuindo qualidade, confiabilidade, inovação e ajudando a tornar o mundo mais sustentável tendo o sol como inspiração.

Com matriz em Chapecó-SC, a Renovigi não para de crescer e hoje conta com filiais em: Itajaí-SC, Navegantes-SC, Louveira-SP e Campinas-SP. Na Renovigi, a energia é feita por gente, feita pelos mais de 200 colaboradores diretos e indiretos, que trabalham diariamente para levar essa energia até você.

Deixe a energia Renovigi transformar seus negócios. Faça parte da história de uma das empresas que mais cresce no Brasil e seja você também um dos mais de 4 mil parceiros credenciados Renovigi.
Conquiste seu lugar, conecte-se com essa energia.



Hidrogênio verde carece de projetos e de uma boa regulamentação

"Sustentabilidade, investimentos e energia"



Henrique Hein
Jornalista do Canal Solar

O hidrogênio é empregado mundialmente em muitos processos industriais e também pode ser usado como vetor para armazenamento e transporte de energia.

A maior parte do hidrogênio tradicional é produzido a partir de gás natural ou carvão, o que resulta em grandes emissões de carbono, como é o caso, por exemplo, dos hidrogênios azul e cinza.

Confira abaixo o resumo do processo de produção do hidrogênio:

Preto	Gaseificação do carvão mineral (antracito) sem CCUS*
Marrom	Gaseificação do carvão mineral (hulha) sem CCUS
Cinza	Reforma a vapor do gás natural sem CCUS
Azul	Reforma a vapor do gás natural com CCUS
Turquesa	Pirólise do metano sem gerar carbono
Verde	Eletrolise da água com energia de fontes renováveis

Musgo	reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis com ou sem CCUS
Rosa	Fonte de energia nuclear
Amarelo	Energia da rede elétrica, composta de diversas fontes
Branco	Extração de hidrogênio natural ou geológico

* O CCUS é a sigla para Carbon capture, utilisation and storage, que em português pode ser traduzida para captura, utilização e armazenamento de carbono.
Fonte: EPE (Empresa de Pesquisa Energética)

Nos dias atuais, o hidrogênio verde representa uma das soluções energéticas mais promissoras e sustentáveis para reduzir as emissões de gás carbônico, justamente pela forma como é extraída: a partir de fontes limpas e renováveis.

Outra vantagem é a sua versatilidade, por causa da possibilidade de ser transformado em combustível para ser usado, por exemplo, no dia-a-dia das grandes indústrias, como refinarias, fabricantes de fertilizantes e produtores de aço, que historicamente sempre se utilizaram de combustíveis altamente nocivos para o meio ambiente.



Hidrogênio verde é obtido a partir de fontes renováveis por meio do processo de eletrólise. Foto: Envato Elements

Dados da IAE (Agência Internacional de Energia, na sigla em inglês) indicam que a utilização do hidrogênio verde evitaria a emissão de 830 milhões de toneladas anuais de CO₂ que se originam quando este gás é produzido a partir de combustíveis fósseis.

Trata-se de um volume que representa mais de 2% do total de emissões produzidas em 2021, que foram de 36,3 bilhões de toneladas, segundo a própria agência.

Além disso, se produzido dentro das fronteiras nacionais, o hidrogênio verde pode reduzir a dependência de importações de combustíveis fósseis de um país. A criação de uma nova cadeia de valor também pode refletir em implicações sociais positivas, com o aumento de novas oportunidades de emprego.

Apesar de todos os benefícios, o hidrogênio verde tem como aspecto negativo o seu custo de produção, que é elevado, conforme explica Ennio Peres da Silva, coordenador e pesquisador do Laboratório de Hidrogênio da Unicamp (Universida-

de Estadual de Campinas).

Segundo ele, os valores dependem de questões como a energia usada para separar os átomos de hidrogênio e o investimento na planta de produção, que ultrapassam a marca dos bilhões de reais.

“Atualmente, o processo mais barato é o da reforma do gás natural, ficando o custo do hidrogênio na faixa entre 1 e 2 US\$/kg. No caso do hidrogênio verde, que usa a eletrólise da água, o custo está na faixa dos 5 e 6 US\$/kg”, comentou.



Ennio Peres da Silva, pesquisador da Unicamp. Foto: Antoninho Perri/Divulgação

Silva ressalta, contudo, que é importante salientar que o preço tende a ser reduzido conforme o custo das tecnologias para geração diminuírem e a taxa de maturação aumentar, tornando os projetos mais eficientes.



IMPORTAÇÃO DE VOLUME
TOP 10



PRODUÇÃO
34 ANOS

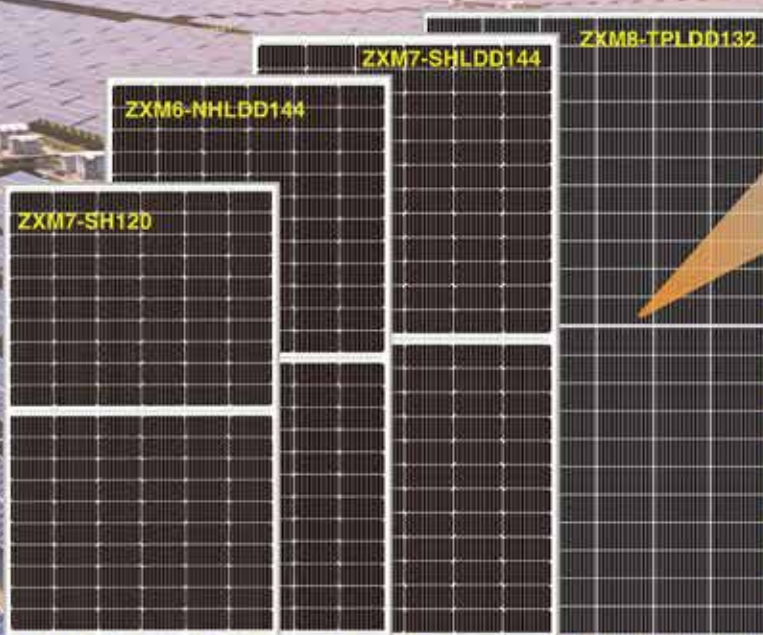


MÓDULO
RECOMENDADO



CAPACIDADE DE PRODUÇÃO
10 GW

Nanotecnologia | Grafeno



- Propriedade fotocatalítica
- Propriedade hidrofílica
- Maior rendimento na produção de energia

Tecnologia
Multi-Busbar MBB

Interconexão de
Alta Densidade

Half Cell Tecnologia

Tecnologia de Corte
Não Destrutivo



Segundo o Conselho Mundial do Hidrogênio, mesmo sendo ainda pouco acessível financeiramente, a expectativa é de que os custos de produção caiam em mais de 50% até o final de 2030.

Como funciona a produção do hidrogênio verde?

O hidrogênio é o elemento químico mais abundante do universo e terceiro no planeta, mas é também um dos mais reativos. Isso significa que, embora esteja presente em diversos locais, é difícil obtê-lo diretamente da natureza, pelo fato de se misturar a outras substâncias.

Basicamente, o hidrogênio verde é obtido a partir da eletrólise da água, um processo que emprega corrente elétrica para quebrar as moléculas de H₂O em hidrogênio e oxigênio. A energia utilizada pelo eletrolisador (equipamento que realiza a eletrólise) é obtida a partir de fontes renováveis, o que torna todo o processo neutro em carbono.

Silva explica que em sua forma mais básica, a tecnologia é formada por um eletrodo com carga negativa (cátodo) e outro com carga positiva (ânodo), imersos em uma solução aquosa de hidróxido de potássio (eletrolisador alcalino), que inclui uma membrana para separar os gases, ou fazendo um “sanduíche” com uma membrana condutora de prótons (eletrolisador PEM).

O processo é abastecido com água e energia elétrica – obtida, neste caso, de fontes renováveis. A ele-

tricidade é aplicada ao ânodo e ao cátodo, que faz os íons da água (H⁺ e OH⁻) tomarem caminhos opostos: o hidrogênio positivo é atraído pelo pólo negativo e o íon hidroxila, negativo, para o eletrodo positivo.

Ao trocarem cargas com os eletrodos, formam-se bolhas de hidrogênio e oxigênio, que são arrastadas para fora do eletrolisador, separadamente.



Eletrólise na Intersolar Europa 2022. Foto: Canal Solar

Com o hidrogênio separado do oxigênio, ele é encaminhado, por meio de tubulações, para um processo final de purificação, de onde pode “ser levado diretamente para os processos, como produção de amônia verde, ou então armazenado em tanques ou ser comprimido para transporte”, explica Silva.

Amônia verde

Amônia verde é um termo utiliza-

UMA NOVA FORMA DE **VENDER!**



**Nunca mais saia
do cliente sem faturar**

**Relacionamento
com o Cliente**



**Viabilizar o
pagamento**

**Aumentar
o ticket**



ENTRE EM CONTATO!

 **(49)3090-9828**



do para caracterizar a amônia (NH₃) produzida a partir do hidrogênio verde.

Em busca de soluções para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, muitas empresas buscam diminuir os efeitos ambientais da produção de amônia, que é responsável por aproximadamente 1,8% das emissões mundiais de dióxido de carbono.

A amônia é um gás incolor, formado por um átomo de nitrogênio e três átomos de hidrogênio. Ela está presente naturalmente no meio ambiente e em organismos, mas também é produzida artificialmente e utilizada na composição de fertilizantes e de produtos de limpeza.

De acordo com Silva, atualmente dois tipos de eletrolisadores devem

ser utilizados comercialmente para produção do hidrogênio verde: com membrana de troca de prótons (PEM) e alcalinos, que funcionam de formas ligeiramente diferentes, por conta do material eletrolítico envolvido.

Eletrolisadores alcalinos: usam uma solução de eletrólito líquido de hidróxido de potássio (KOH). Basicamente, o hidrogênio é produzido em uma "célula", que consiste em ânodo, cátodo e membrana. Quando a corrente é aplicada, a água se divide em íon hidrogênio (um próton) e íon hidroxila, sendo que esses íons passam pela membrana para formar o H₂ gasoso no lado do cátodo e oxigênio gasoso no lado do ânodo.

NASCEMOS COM O PROPÓSITO DE SER MAIS QUE UMA DISTRIBUIDORA, QUEREMOS E DEVEMOS FAZER MAIS PELO SOCIAL, POIS TEMOS CONSCIÊNCIA DOS PROBLEMAS DO NOSSO PAÍS E, PRINCIPALMENTE, DO NOSSO PAPEL NA SOCIEDADE.
VENHA PARA A ESFERA!!!

DAH solar

Fronius

risen
solar technology

Trinasolar

solis
inverters

SOFAR
SOLAR



ESFERA SOLAR

DISTRIBUIDORA DE GERADORES FOTOVOLTAICOS

+55 19 99855-3989 +55 19 3995-0159

CAMPINAS | SÃO PAULO

@ESFERADISTRIBUIDORA LINKEDIN.COM/COMPANY/ESFERA-SOLAR

WWW.ESFERADISTRIBUIDORA.COM.BR



Eletrolisadores de membrana de troca de prótons (PEM):

os eletrolisadores PEM usam uma membrana de troca de prótons, que é um eletrólito de polímero sólido. Quando a corrente é aplicada entre os eletrodos, a água se decompõe em seus íons junto ao ânodo, sendo que agora apenas os prótons do hidrogênio passam pela membrana para formar o H₂ gasoso no lado do cátodo, enquanto o oxigênio gasoso é formado junto ao ânodo.



Eletrolisador PEM da Cummins. Foto: Divulgação

Histórico

O mercado de hidrogênio verde ainda necessita de um arcabouço institucional, legal e regulatório adequado para o desenvolvimento da tecnologia e para dar segurança à indústria e aos consumidores.

Além disso, também há questões a serem equacionadas mundialmente, como a fiscalização do mercado e a certificação de processos.

Desde 2002, o Brasil tem apresentado iniciativas para pesquisa e desenvolvimento da tecnologia, iniciando com o Programa Brasileiro de Hidrogênio e Sistemas Células a Combustível do MCT (Ministério de Ciência e Tecnologia).

Posteriormente, em 2005, a iniciativa foi denominada de Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação

para a Economia do Hidrogênio, com a sigla PROH₂.

No mesmo ano, o MME (Ministério de Minas e Energia) coordenou o “Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil”, em parceria com o MCT, com especialistas do país e do exterior, empresas nacionais e estrangeiras, institutos e centros de pesquisa e agências reguladoras.

Recentemente, a tecnologia foi incluída no Plano Nacional de Energia 2050, apontado como uma tecnologia disruptiva e um elemento de interesse estratégico para descarbonização da matriz energética.

O plano também aponta a perspectiva tecnológica do hidrogênio verde para o setor de transportes e a inserção de veículos elétricos, com a aplicação de células a combustível para produção de hidrogênio a partir de biocombustíveis e gás natural e biometano.

De acordo com estimativa da IRENA (Agência Internacional para as Energias Renováveis) espera-se que até 2025, cerca de 6% do consumo final de energia global possa estar associado ao hidrogênio que, diferente de outros combustíveis, possui uma grande capacidade energética e não origina emissões de carbono.

Em que estágio se encontra a comercialização do hidrogênio verde?

De acordo com Silva, atualmente, somente entre 10 e 20% do hidrogênio utilizado no mundo vem de

eletrólise e, por enquanto, praticamente nada é de hidrogênio verde por ser uma tecnologia nova e que ainda demanda um custo muito alto.

O pesquisador, contudo, ressalta que o pouco de hidrogênio verde que tem sido produzido é utilizado para mitigar emissões de gases de efeito estufa.

"Na Europa, por exemplo, existem projetos que produzem o hidrogênio verde e injetam nas redes de gás natural, mas, em baixos percentuais, de no máximo 10%, fazendo um mix como fazemos no Brasil com a mistura de etanol, renovável, na gasolina, um combustível fóssil".

Com relação aos meios de armazenamento e de transporte da tecnologia, Silva destaca que o proces-

so é exatamente igual aos que são usados para os demais hidrogênios: pode ser armazenado por meio de gás comprimido e transportado a partir de cilindros pressurizados.

"Uma vez que o hidrogênio é produzido, não há diferença entre o verde e os demais. Enquanto não se tornar uma commodity internacional, sendo comercializado como hoje é o gás natural, será difícil dizer com certeza os números sobre os custos de investimento e de produção do hidrogênio verde. Hoje, cada caso é um caso, variando de milhões a bilhões de dólares".

No Brasil, o hidrogênio verde aos poucos começa a ganhar notoriedade com hubs de produção em desenvolvimento. O projeto mais

**NOVA
PARCERIA
HORUS**



HORUS



ENPHASE

SOLUÇÃO DE
**MICROINVERSORES
ENPHASE**



**Inclua em seu
projeto fotovoltaico.**



**DESIGN
MODULAR**



**PRODUÇÃO DE
ENERGIA PERMANENTE**



BRASÍLIA - GOIÂNIA - RIO VERDE - PALMAS - FORTALEZA

WWW.HORUS.COM.BR

ACESSO HORUS WEB

avançado está no Ceará, que, no último dia 15 de junho, assinou com a empresa australiana Fortescue o primeiro dos 18 pré-contratos para viabilizar a tecnologia no Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

O objetivo do estado é ser um fornecedor global desse tipo de combustível, contribuindo com a redução da emissão de poluentes e a ampliação das oportunidades de negócios e de geração de empregos no Ceará, para assim impulsionar a economia local.

As tratativas para o acordo vinham sendo discutidas desde 2018 e a expectativa é que os novos empreendimentos relacionados ao hidrogênio verde ainda saiam do papel ao longo dos próximos anos.

Em entrevista ao **Canal Solar**, Francisco Maia Júnior, secretário do Desenvolvimento Econômico e Trabalho do Ceará explicou quais são os planos do Estado para o hidrogênio verde. **Confira abaixo os principais trechos da conversa:**

Secretário, como se deu o processo de entrada do Ceará no mercado de hidrogênio verde? O estado se inspirou em países como Alemanha e Japão?

Na verdade, tudo começou em 2018 de forma bastante simples, com um profissional formado na nossa universidade federal e que depois saiu para fazer mestrado e

doutorado na Unicamp. Ele acabou montando um projeto inicialmente para produção de hidrocarbonetos verdes.

Era um projeto voltado para a demanda da aviação, mas que tinha particularidades muito similares ao processo do hidrogênio verde. Foi então que, a partir de um encontro que ele teve comigo, que começamos (o estado) a ficar entusiasmados.

Primeiro, porque eu gostei da ideia, por se tratar de uma proposta disruptiva. Segundo, porque nós estamos atrás de uma alternativa econômica para o Ceará. Nesse sentido, ampliamos estudos, fizemos uma série de encontros e seminários e ouvimos muitos profissionais.

A partir disso, em 2020, formamos uma equipe de trabalho com universidades, institutos federais e a federação das indústrias, com o objetivo de desenvolver o primeiro polo de hidrogênio verde do Brasil.

Fizemos um trabalho interno de convencimento ao governador, mostrando para ele os benefícios da iniciativa. Ele aprovou e foi então que fizemos o lançamento do primeiro hub de hidrogênio verde do Brasil na sede do Governo do Estado.

E o que aconteceu depois disso?

Curiosamente, já neste primeiro dia, recebemos o contato do nosso



Francisco Maia Júnior, secretário do Desenvolvimento Econômico e Trabalho. Foto: Bia Medeiros / Assembleia Legislativa do Estado do Ceará

primeiro investidor. Era uma empresa australiana e foi um contato importantíssimo, porque abriu uma cadeia de negócios gigantesca para o Estado em todo o mundo.

Essa empresa, depois que assinou o decreto conosco, fez uma reunião na Austrália para apresentar seus projetos para mais de 150 países. Foi esse encontro que abriu as portas do mundo inteiro e fez com que diversos países voltassem suas atenções para saber o que tinha no Ceará.

Todas elas encontraram exatamente o que essa empresa australiana já havia encontrado: um mapa com potencial de energias limpas da ordem de 863 GW, uma quantidade de água abundante, processos em cursos de sinalizadoras para atender a essa demanda, além de um porto (Porto de Pecém) super estruturado e pronto para um projeto dessa magnitude.

Eu digo que hoje somos dependentes apenas de dois movimentos: a conclusão da regulamentação das implantações de geração de offshores no Brasil, que serão os grandes produtores de energia para o processo de eletrólise, e a regulamentação do próprio hidrogênio verde.

Esse hub do Ceará, inclusive, foi o que fez o CNPE (Conselho Nacional de Políticas Energéticas) se debruçar para desenvolver um plano nacional de diretrizes para o hidrogênio verde e, mais recentemente, a criação de um comitê estruturador dentro do CNPE para regulamentar esses processos no Brasil.

O que falta para o hub de hidro-

gênio começar a funcionar e qual é o seu investimento total?

Estamos numa fase que é o início do desenvolvimento pelas empresas, que são os pré-contratos com o Porto de Pecém. Dos 18 protocolos assinados, estamos em negociação com sete empresas, sendo um totalmente assinado, que é o acordo com a Fortescue, fechado no dia 15 de junho.

É importante ressaltar que depois destes pré-contratos ainda virão algumas fases importantes. Uma delas é a estruturação dos projetos para licenciamento ambiental, outra será a contratação dos projetos de engenharia por parte das empresas e uma última fase serão os estudos de viabilidade econômica, visando a contratação dos epcistas para implantação das plantas de eletrólise.

Pelas nossas estimativas, os investimentos – inclusive de compra de energia – neste hub oscilaram de US\$ 4 bilhões a US\$ 6 bilhões e vão ter uma implantação de aproximadamente 13 mil empregos, sendo 4 mil gerados somente na área de operação. O início da operação do hub está previsto para ocorrer a partir de 2026.

Dentro desses 18 projetos concluídos e mais 3 ainda para serem assinados, tem um projeto piloto. É um projeto da EDP para experiências e testes no Porto de Pecém, que será a primeira planta de eletrólise da América Latina. As obras dessa planta já foram iniciadas e a previsão é que ela seja concluída até janeiro de 2023.



HÁ 10 ANOS NO BRASIL
ENTREGANDO QUALIDADE EUROPEIA
VISITE-NOS - RUA D1 - ESTANDE #14



O&M para usinas FV: conceito, importância e problemas mais encontrados



Mateus Badra
Jornalista do Canal Solar

Após vencer todas as etapas de projeto e construção (regulatória, fundiária, engenharia, aquisições, instalação e comissionamento) da usina fotovoltaica – assim como, em alguns casos, da cabine de medição, da subestação e da linha de conexão – é necessário iniciar o plano de O&M (Operação e Manutenção) para garantir o correto funcionamento e a durabilidade dos equipamentos.

As ações e boas práticas envolvem o controle e a gestão da operação

em tempo real, bem como o monitoramento do desempenho do sistema e a realização de eventuais manutenções preventivas e corretivas para a solução de problemas que possam interferir na geração de energia e resultem na perda de produtividade, diminuição do tempo previsto de funcionalidade dos produtos e sistemas principais da planta.

Outro ponto a ser destacado nestes processos é a importância de reduzir os custos operacionais, eliminar o risco de lesão de colaboradores e mitigar a ocorrência de interrupções de geração.

Reportagem

Ou seja, o segmento de O&M está diretamente relacionado ao OPEX (Operational Expenditure), que é o custo para manter o sistema em operação e bom estado, incluindo despesas com materiais, equipamentos, propriedades e imóveis. No contexto do setor solar, é o custo necessário para manter a usina em pleno funcionamento.

Podemos dizer, portanto, que dentro do conceito de O&M há as definições das seguintes atividades:

- Operação: acompanhamento da performance do funcionamento e operacionalidade dos equipamentos e sistemas;
- Manutenção: ações corretivas e principalmente preventivas (ações tomadas 'on time' para evitar problemas futuros e perdas de geração) de situações que interfiram na geração de eletricidade e produtividade da UFV.

Problemas mais encontrados em usinas FV

Antes de entrarmos nos processos e estágios da operação e manutenção, é importante salientar, primeiramente, os principais problemas encontrados durante o fun-

cionamento de um empreendimento fotovoltaico.

O Estudo Estratégico: Geração Distribuída 2021 | Mercado Fotovoltaico 2º Semestre, desenvolvido pela Greener, apontou quais são as maiores dificuldades relatadas pelos consumidores.

Entre as mais comuns, estão o mau funcionamento e queima do inversor; queima de transformador; problemas com disjuntores, cabeamento e conectores – bem como com o sistema de monitoramento; quebra de telhas durante a instalação; módulos mal posicionados e a quebra dos mesmos.

No que se refere aos painéis, por exemplo, eles podem apresentar diversos problemas durante a vida útil. A maioria ocorre devido à utilização de materiais e processos de fabricação de baixa qualidade.

Os mais comuns são: fissuras e rachaduras nas células; surgimento de bolhas; delaminação; descoloração do encapsulante; trilha de caracol (snail trail), desalinhamento de células; falhas de solda e metalização; ponto quente (hot spot), falhas na caixa de junção e no conector MC4; e o efeito de degradação induzida pelo PID (potencial induced degradation).



Vivemos em alta voltagem

Apoiando parceiros e clientes, desafiando o presente e escrevendo o futuro.



www.helte.com.br

Atividades de O&M: manutenção preventiva

Para evitar que esses casos citados acima e outros possam surgir, é necessário o trabalho de manutenção preventiva, que conforme o próprio nome diz, é a prevenção de problemas e falhas de funcionamento do sistema.

“É feito um contrato de 12 a 32 meses, oferecendo uma programação de serviços e medições a serem feitas, as quais garantem uma previsibilidade mais eficaz de operação”, disse Kleber Alota, profissional com certificação PMP (Project Management Professional) e diretor técnico na AK Energia Solar.

De acordo com ele, entre as principais atividades da equipe que realiza estas funções, estão:

- Limpeza dos módulos fotovoltaicos;
- Controle de vegetação (corte de mato);
- Controle da fauna;
- Drenagem e controle de cheias (desentupir/desobstruir valas);
- Limpeza, conservação, pintura, lubrificação, fixação, aperto de componentes mecânicos;
- Atendimento de alarmes e conserto de componentes não essenciais na geração de energia;
- Reparametrização de equipamentos para melhora da disponibilidade da eficiência;
- Manutenção nos circuitos de MT e cubículos localizados no eletrocentro;
- Reaperto de parafusos;

- Análise termográfica de módulos, inversores e principais pontos de conexão (pontos quentes).

“Podemos dizer, então, que a manutenção preventiva consiste em inspecionar, realizar testes e medições periódicas nas strings, inversores, estrutura de fixação e conexões elétricas. Alguns equipamentos como câmera termográfica e traçador de curva I-V podem auxiliar”, destacou Elvis Almeida, diretor de Novos Negócios da MySol.

Geraldo Dias, diretor de operações da GLD Energia, compartilha da mesma ideia e acrescentou que, com relação à contratação de uma empresa de O&M para realizar o trabalho preventivo, independentemente do escopo contratado e do tamanho do sistema, é recomendável que se faça um mapeamento minucioso dos limites da propriedade e da planta quanto aos seguintes itens:

Estrutura

- Estado de conservação e pontos de atenção da cerca perimetral;
- Drenagem interna ou externa que pode afetar a geração;
- Tipo de solo para definir as ferramentas que serão empregadas na manutenção;
- Acessos e disponibilidade de água potável para a lavagem de módulos;
- Avaliação de trânsito de veículos ou existência de plantações no entorno da propriedade para estimar a necessidade de lavagem

O sol é nossa maior fonte de energia. Nós te ajudamos a utilizar todo seu potencial.



Visite nosso
Stand na
Intersolar
D2.72

A Weidmüller possui soluções fotovoltaicas adaptadas às suas necessidades.
Mais de 20 anos de experiência a nível mundial.

- String Boxes com garantia de 5 anos.
- Mais de 600.000 String Boxes vendidas.
- Mais de 2GWp em potência instalada nos melhores parques do Brasil.
- Projetos desenvolvidos e fabricados no Brasil por uma equipe de especialistas.
- String Boxes de 1 a 32 strings com ou sem monitoramento e comunicação com fio ou wireless.

www.weidmueller.com.br/fotovoltaico



+55 11 4366-9610

vendas@weidmueller.com

Weidmüller 
Conexel

de módulos ou ainda em grandes empreendimentos mapear quais áreas necessitam de mais lavagem do que outras no parque.

Geração

Segundo Dias, é sugerível que, com relação à contratação da manutenção dos itens de geração, a companhia faça um novo comissionamento, mesmo que a usina tenha iniciado a geração há pouco tempo para atestar e conhecer detalhadamente o sistema quanto a:

- Medições obtidas;
- Torque dos parafusos das conexões energizadas;
- Estado das mesas de sustentação dos módulos;
- Estado dos módulos.

“Com esses dados, emite-se o relatório da planta quando do recebimento e a partir desta data inicia-se o acompanhamento da geração sempre utilizando os dados de projeto para referência”, relatou.

Manutenção corretiva

Se mesmo após os trabalhos feitos acima for identificado baixo rendimento da usina, é recomendável acionar a assistência técnica especializada para restaurar as condições iniciais e ideais de operação de máquinas e equipamentos, eliminando as fontes de falhas que possam existir.

Ou seja, aderir à manutenção corretiva, que atua de forma específi-

ca e direcionada para a solução de um ou vários problemas que estão impedindo a operação da planta fotovoltaica.

“Quando algum produto ou sistema deixa de operar ou para de funcionar de forma correta, existe a necessidade de uma ação imediata para repor o componente danificado e fazer a planta voltar a operar”, explicou Alota, que enumerou ainda os principais pontos identificados pela equipe de O&M nesta etapa:

- Detecção (e correção) de falhas e alarmes;
- Mitigação de problemas que originaram falhas e alarmes e composição de relatório de controle da usina;
- Substituição de partes e peças danificadas;
- Reparo de módulos, inversores, combiner box, skid, transformadores, eletrocentros;
- Apropriação de causas de falhas fora de garantia;
- Reporte de falhas de produção ao cliente final;
- Análise de degradação dos produtos ou componentes, implementando conserto ou aguardando ordens para recuperação;
- Readequação dos termos de garantia, quando necessário;
- Reparos nos circuitos de iluminação externa;
- Reparos nos sistemas de monitoramento, CFTV (Circuito Fechado de TV) e fibra óptica das UFVs.



Planos de O&M mantêm o sistema em funcionamento da forma mais eficiente possível. Foto: Canal Solar

Operação

Quando o assunto é a operação da usina fotovoltaica, a mesma é baseada nas atividades desenvolvidas pela de manutenção, afirmou o diretor técnico na AK Energia Solar.

“Isso porque, como um sistema é um investimento significativo, é crucial que ele possa funcionar bem por muito tempo. Essa longevidade é possível – a usina é feita para funcionar por muitos anos – mas ela necessita de inspeções constantes para se manter”, frisou.

Para os trabalhos de gestão de operação e funcionalidade, o especialista comentou que normalmente é ofertado um monitoramento on-line da planta, principalmente se a mesma tiver o CFTV.

“São gerados relatórios de monitoramento mensal (ou quinzenal) mostrando a performance do empreendimento e dos componentes que fazem parte do projeto (subestação, cabine de medição, linha de conexão, rede de média tensão, etc)”, exemplificou.

Inclusive, uma das partes mais importante da operação de um empreendimento é justamente o mo-

nitramento de todos os dados e diversos componentes que o constituem, já que o retorno dos investimentos depende de uma geração de energia contínua e confiável.

Por causa disso, a utilização de um sistema Scada – sigla em inglês que significa Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados – pode auxiliar na melhoria do desempenho da usina, que pode ser útil tanto para GC (geração centralizada) quanto para GD (geração distribuída).

O mesmo é uma tecnologia que utiliza softwares de monitoramento e supervisão para obter informações mais detalhadas das plantas, permitindo acompanhar, configurar, armazenar dados e disponibilizar recursos para que o proprietário possa intervir manualmente ou automaticamente no processo, sempre que necessário.

Em tempo real, por exemplo, existe a possibilidade de fazer a visualização e a supervisão dessas informações, como identificar possíveis sobrecargas de energia nos inversores.

No segmento de GC é possível até mesmo mudar, em poucos segundos, o posicionamento dos trackers para obter maior captação de luz do sol em determinados horários do dia.

A matéria Sistema Scada pode melhorar a rentabilidade de uma usina fotovoltaica?, publicada na 10ª edição da revista, possui mais detalhes. Acesse o site: canalsolar.com.br/revista-canal-solar e confira.

Problemas derivados da falta de um O&M eficiente

Muitas vezes, devido à falta de maturidade ou mesmo conhecimento técnico do cliente ou fornecedor que fará a O&M, a execução inadequada pode acarretar um funcionamento indesejado do sistema.

Em meio a este cenário, o diretor de operações da GLD Energia enumerou os problemas comumente encontrados, no que diz respeito aos ativos. São eles:

- Marimbondos, abelhas encontradas em inversores, strings e transformadores;
- Ninhos de pássaros nas estruturas das mesas ou embaixo dos painéis;
- Ratos nas caixas de passagem;
- Animais peçonhentos que se escondem na vegetação alta e se alimentam dos ratos;
- Degradação do solo por falta ou drenagem inadequada;
- Quebra de placas devido à poda da vegetação com máquinas inadequadas;
- Microfissura nos módulos causadas por processos de lavagem inadequados.

Sobre a geração, na opinião de Geraldo Dias, o problema mais nocivo é a quebra de módulos quando da poda da vegetação. “Quando se quebra uma placa na lavagem, o problema é logo percebido e o módulo é substituído de imediato e, assim, não se compromete tanto a geração”.

“Porém, quando se quebra um painel por ocasião de uma pedra, mesmo que pequena, lançada por uma roçadeira manual ou mecanizada na traseira da placa, que é um lugar pouco visível, isso irá dificultar a identificação e, portanto, irá demorar para se realizar a substituição, causando assim perda de geração”, explicou.

Além disso, citou outros problemas que causam perda na geração de energia, como:

- Não seguir as orientações dos fabricantes de equipamentos quanto à periodicidade de reaperto dos parafusos das conexões energizadas;
- Investigação detalhada de falhas sistêmicas dos equipamentos e componentes;
- Nível de sujeira dos módulos acima do previsto;
- Baixa periodicidade na lavagem dos painéis.



Câmera termográfica analisando a temperatura dos módulos. Foto: Canal Solar

Para Dias, as consequências destas ocorrências podem causar um incêndio ou ainda a queima de equipamentos. Já quando a troca de um equipamento se mostra necessária,

outros componentes no seu entorno devem ser analisados para se ter a certeza que não foram também afetados.

“A baixa periodicidade na lavagem das placas pode não estar afetando a geração prevista, mas o acúmulo de poeira excessiva e o orvalho vão encrustar no painel, gerando posteriormente a necessidade de lavagem agressiva, o que poderá causar microfissuras e perda da garantia”, acrescentou.

Na visão do mesmo, a forma de evitar ou mitigar ao máximo é a definição detalhada do plano de manutenção, incluindo a periodicidade necessária e as ferramentas corretas para o atendimento das ações.

“Ademais, uma boa operação da usina passa por utilizar equipamentos que não sejam rotativos, tipo faca/fio para a roçagem e, sim, tipo trincha, e que não tenham contato com o módulo para a limpeza”, exemplificou.

É fundamental que haja ainda inspeção visual semanal para verificar sujidade das placas, altura da vegetação, presença de animais, pássaros e insetos alojados, bem como inspeções no sistema de geração conforme indicado no datasheet de cada equipamento e indicação das normas vigentes.

“Não se deve economizar na O&M. Na concepção do empreendimento já se deve usar um CAPEX (custo de implantação da usina) com componentes que vão aumentar a vida útil do empreendimento com um baixo OPEX (custo de operação)”, finalizou.

Quanto custa a O&M de uma usina FV?

Dito o conceito e quais atividades norteiam o plano de O&M, chegou a hora de dizer quanto custa para adquirir tais serviços. Segundo especialistas, é um pouco difícil de se precificar, pois isso está atrelado ao tamanho físico do sistema (potência de geração), se será uma usina de telhado ou solo e também o prazo de admissão dos serviços da equipe.

Kleber Alota comentou que, normalmente, para uma planta de solo de 5 MW, há uma contratação de no mínimo duas pessoas (eletricista e ajudante) para os trabalhos do dia-a-dia.

“Quando houver uma intervenção mais longa (corte de vegetação, limpeza do terreno e lavagem dos módulos), a equipe aumenta de forma sazonal para atender as ações descritas nas tarefas do O&M”, disse.

“Assim, para uma usina de 5 MW de potência instalada, onde teremos 2 operadores full time (horário administrativo), o valor mensal pode variar de R\$ 28.000 a R\$ 35.000”, relatou.

Projetos de O&M ganham importância no setor

Com o grande crescimento de sistemas solares instalados em telhados, solos e carport, Alota frisou que as questões relacionadas à manutenção das usinas estão ganhando muita atenção, evidenciadas por

esforços realizados por várias instituições e empresas, que visam ao desenvolvimento de melhores práticas para operações.

“Muito dos problemas citados podem ser mitigados por meio de procedimentos de O&M que auxiliem na identificação de eventuais falhas, tendo como consequência o aumento da vida útil da usina com inspeções visuais, realização de termografia em módulos/inversores (que pode ser feita por meio de

drones, por exemplo), limpeza, medições de curva I-V e monitoramento dos dados”, apontou.

Segundo ele, a confiabilidade de um bom programa (sazonalidade) de O&M das plantas solares pode evitar grandes perdas financeiras, assim como garantir a funcionalidade das operações por toda a vida útil do sistema.

“Para que possamos aumentar a geração de energia, ter os equipamentos e sistemas operando de forma adequada e manter as receitas esperadas de nossa usina, as atividades de O&M têm-se mostrado fundamentais e essenciais, assim como também significam um grande mercado (em expansão) com alto potencial de negócios e crescimento futuros”, enfatizou.

Elvis Almeida também enxerga que os projetos de O&M vêm ganhando mais importância no setor solar, uma vez que o número de usinas de médio e grande portes têm crescido.

“A operação e a manutenção de uma planta são itens obrigatórios dentro do projeto, já que os empreendimentos fotovoltaicos possuem um ciclo de vida longo”, concluiu o diretor de Novos Negócios da MySol.



SAJ

Inversores solares da SAJ

10 anos de garantia para toda a linha



Série **R5**
(0.7kW-12kW)

Série **C6**
(75kW-125kW)

Série **R6**
(5kW-50kW)

Centro de serviço de pós-venda próprio no Brasil

SAJ Brasil

www.saj-electric.com | brasil@saj-electric.com

+55 (11) 963 207 954 | +55 (11) 963 475 982



Quais são os seguros para roubos de equipamentos FV?

Artigo de opinião

"Golpes, furtos e enganação"



Mauro Filho
Fundador da Elétron Seguro Solar

O seguro solar é composto por dois ramos distintos: o seguro de risco de engenharia (que cobre o período da instalação) e o seguro de riscos diversos e equipamentos (que cobre o sistema fotovoltaico depois de montado). Vamos analisar de forma mais detalhada cada um deles.

Seguro de risco de engenharia

Este seguro cobre danos ao gerador fotovoltaico no local da instalação e durante a execução do serviço, além de roubo e furto qualificado. É possível também agregar coberturas de responsabilidade civil, danos à propriedade do cliente final e despesas de desentulho, entre várias outras. Em suma, trata-se do seguro da obra.

O evento que ocorre com maior frequência é relacionado a danos diretos em consequência da execução do projeto como queda de módulos, tombamento de paletes, inversor queimado etc. Contudo, eventos de furto e roubo (quando há emprego de violência e ameaça) têm se tornado cada vez mais frequentes.



No mês de junho deste ano uma ocorrência de roubo foi registrada durante a instalação de uma usina solar em uma fazenda no interior do Paraná. A fazenda foi invadida por bandidos que fizeram reféns no local, carregaram tudo em um caminhão e fugiram em seguida.

Seguro de riscos diversos e equipamentos

Este tipo de seguro cobre o sistema fotovoltaico após o término da instalação e aqui já temos uma polêmica: quando podemos considerar que a usina está pronta?

Estudando as condições gerais de várias seguradoras, orienta-se a contratação deste seguro assim que o serviço da instalação for concluído, independentemente de a usina estar em funcionamento.

O **seguro de risco de engenharia** é exclusivo para o período de instalação e montagem. Uma vez encerrada a execução dos serviços, a cobertura estará encerrada.

O **seguro de riscos diversos** cobre danos físicos ao sistema fotovoltaico causados por eventos como incêndio, vendaval (evento muito comum e que tem causado grandes prejuízos, principalmente nas regiões sul, sudeste e centroeste), queda de raio e granizo, entre outros, inclusive roubo e furto qualificado.

É importante entender que o seguro é complementar à garantia dos fabricantes, que via de regra atende casos de defeito de fabricação. Demais danos, não cobertos

pelos garantias, são cobertos pelo seguro.

Em usinas já instaladas, a prática mais comum é o furto de cabos e inversores, principalmente na zona rural em sistemas de solo. A maioria das seguradoras já está com restrições para aceitação deste tipo de risco.

Uma situação muito lamentável ocorreu em 2021. Uma empresa especializada em instalações de antenas de telefonia móvel contratou a Elétron Seguro Solar com uma grande demanda: fazer o seguro de 400 sistemas off-grid.

Até aquele momento, as antenas daquele cliente eram alimentadas por geradores a diesel, uma vez que estavam instaladas em regiões remotas e sem acesso à rede de energia – o que gerava um grande transtorno, pois era necessário contratar moradores locais para abastecer os geradores.

Não é difícil de imaginar que havia muita queda de sinal da rede de telefonia móvel por falta de energia elétrica nas torres, principalmente quando chovia muito. O frentista da torre simplesmente não aparecia no trabalho. Então o cliente teve a ideia de substituir os geradores a diesel por sistemas fotovoltaicos off-grid.

A ideia parecia muito boa, pois durante o dia a energia solar alimentava as torres, enquanto as baterias assumiam essa função durante a noite.

Com esta demanda de segurar um grande número de sistemas off-grid, criou-se um modelo especial

para o oferecimento de seguros para esse tipo de aplicação.

No primeiro mês de contrato foram instalados sete desses sistemas. Dentre eles, apenas dois sobreviveram no segundo mês. Cinco sistemas foram completamente furtados em menos de 30 dias, o que acabou inviabilizando a continuidade da oferta desse tipo de seguro, deixando um rombo de grande monta nos cofres da seguradora.

O maior sinistro atendido pela Elétron até o momento foi uma ocorrência de furto de cabos. Ladrões invadiram durante a madrugada uma usina e cortaram os cabos de 754 módulos, gerando um prejuízo superior a R\$ 1,2 milhão. Com certeza esse prejuízo foi muito maior do que o valor obtido pelos bandidos com a venda dos cabos furtados. Outro fato preocupante é que junto com o aumento de sinistros de roubo e furto qualificado, a empresa começou a receber consultas sobre a possibilidade de contratação de seguro para equipamentos de energia solar sem nota fiscal e sem comprovação de origem. Ou seja, isso comprova a existência de um mercado paralelo de receptação, que acaba fomentando ainda mais os roubos.

Além do aumento da incidência de eventos de roubo e furto em sistemas fotovoltaicos durante a instalação e após instalados, não podemos deixar de ressaltar que o ramo de seguro de transporte também está sofrendo muito com a explosão de roubo deste tipo de

carga.

Isso já se refletiu no custo do frete em duas frentes: na própria taxa do seguro cobrado pelas seguradoras e na exigência de proteções extras como monitoramento da viagem, travas, botão de pânico, cadastro de motoristas e assim por diante.

Todos que trabalham seriamente no ramo de energia solar precisam ficar atentos aos preços dos equipamentos. Qualquer oferta muito abaixo do preço médio, provavelmente é fruto de alguma atividade ilícita, que só prejudica o segmento como um todo.

É preciso conscientizar os consumidores sobre os prejuízos causados por preços muito baixos, que são uma vantagem momentânea e ilusória, porque este tipo de situação alimenta um mercado paralelo do qual o próprio consumidor pode ser a próxima vítima, além do risco de o consumidor responder criminalmente por receptação de carga e equipamentos roubados.



Registro de ocorrência de roubo (com ameaça e violência) na obra de uma usina solar fotovoltaica



Testes de carga mecânica dos módulos fotovoltaicos

Artigo técnico



Marcelo Gradella Villalva
Docente e pesquisador do LESF – Laboratório de Energia e Sistemas Fotovoltaicos da UNICAMP
Com a colaboração de Mendelsson Rainer, Thais Crestani e Eslam Mahmoudi

Os testes de carga mecânica são um dos requisitos para a homologação internacional de módulos fotovoltaicos de acordo com a norma IEC 61215.

No Brasil esta homologação ainda não é obrigatória e os testes não fazem parte da lista de ensaios exigidos pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

Entretanto, os testes de carga mecânica já são realizados (ainda

em caráter de pesquisa) no LESF – Laboratório de Energia e Sistema Fotovoltaicos, construído em uma parceria entre a BYD Energy e a UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas.

Originalmente exigia-se, de acordo com a norma IEC 61215, apenas o teste de carga mecânica estática, ou seja, com a aplicação de pressões constantes sobre os módulos pelo período de uma hora – alternando-se entre pressão negativa e

positiva ao longo de três ciclos.

A versão mais recente da norma IEC 61215 (de 2021) incluiu o teste de carga dinâmica no conjunto de testes obrigatórios, que deve ser realizado conforme os procedimentos da norma IEC 62782:2016, tornando ainda mais rígido o controle de qualidade dos módulos fotovoltaicos que almejam obter a certificação internacional.

A principal motivação para o teste de carga mecânica estática está relacionada a um problema encontrado nos países de clima frio: a neve que se acumula sobre os módulos durante o inverno. O carregamento de neve representa um problema significativo para a integridade dos módulos fotovoltaicos. O peso da neve acumulada exercida sobre os módulos fotovoltaicos pode causar a quebra das células e a redução da sua vida útil.

No Brasil não temos o problema relacionado à neve, mas de qualquer forma o teste de carga mecânica estática é um bom parâmetro para verificar a resistência mecânica do produto.

Muitos efeitos climáticos, como temporais com chuvas e ventos fortes, causam preocupação quanto à durabilidade dos módulos fotovoltaicos ao longo de sua vida útil.

O endurecimento das exigências da IEC 61215 com relação aos testes de carga mecânica vem ao encontro da necessidade de testar módulos capazes de suportar diferentes intempéries sem sofrer danos severos ou deterioração acelerada.

Os testes das normas IEC exami-

nam o efeito de cargas uniformes estáticas ou dinâmicas sobre os módulos fotovoltaicos, mas não consideraram as cargas não uniformes devido aos efeitos dos ventos.

Embora sejam importantes como testes de qualidade, os procedimentos normativos atualmente existentes não reproduzem a complexidade e a intensidade das ações sofridas pelos módulos fotovoltaicos em condições reais.

Existe ainda o desafio de aprimorar os procedimentos dos testes de carga mecânica, sobretudo para ventos fortes, além de compreender de que forma os diferentes fenômenos climáticos afetam a integridade dos componentes e reduzem a vida útil dos módulos fotovoltaicos

Preparação da amostra

O módulo fotovoltaico a ser testado deve ser submetido a um processo de pré-condicionamento, de acordo com a IEC 61215-2.

Esse pré-condicionamento tem o objetivo de estabilizar a potência do módulo, fazendo-o sofrer a degradação inicial de potência a que todo módulo cristalino está sujeito nas primeiras horas de uso.

O procedimento consiste em deixar o módulo exposto a uma irradiação acumulada entre 5 kWh/m² e 5,5 kWh/m², com luz natural ou artificial.

O tempo de pré-condicionamento depende da irradiância disponível, que pode depender das condições climáticas caso o procedimento

seja realizado com luz natural.

Considerando, por exemplo, uma irradiância média de 800 W/m^2 , o teste deve demorar em torno de 7 horas para ser concluído. Tipicamente esse teste demora de 1 a 2 dias, se as condições climáticas forem favoráveis.

Testes de qualificação e aprovação

Os testes de qualificação são necessários para verificar o estado de saúde do módulo antes e depois dos ensaios mecânicos.

Teste 1 – Inspeção visual

O objetivo do teste de inspeção visual é principalmente verificar defeitos de fabricação ou danos ocorridos após os ensaios mecânicos.

Normalmente defeitos em células e conexões elétricas não podem ser percebidos nesta inspeção.

O que se busca neste teste são defeitos que possam reprovar o módulo, impedindo que um módulo em más condições seja testado.

Além disso, após a realização dos ensaios mecânicos, deseja-se verificar se o módulo ainda continua íntegro.

A inspeção visual poderá revelar a existência de bolhas e delaminação (descolamento do material plástico que envolve as células), desalinhamento de células, soldas mal feitas, defeitos e trincas no vidro, deformações na moldura, falhas nas vedações, danos na caixa de junção e rachaduras ou arranhões no ba-

cksheet, por exemplo.



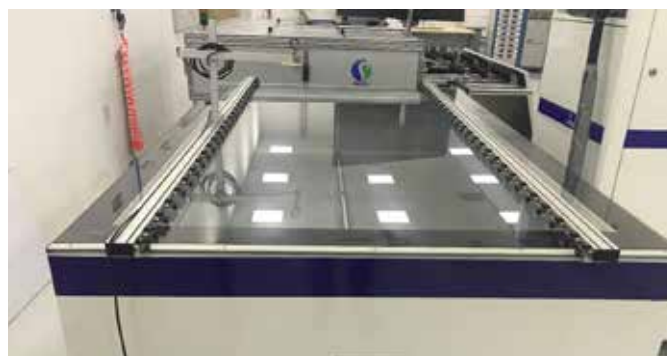
Procedimento de inspeção visual do módulo fotovoltaico. Fonte: LESF/UNICAMP

Teste 2 – Máxima potência

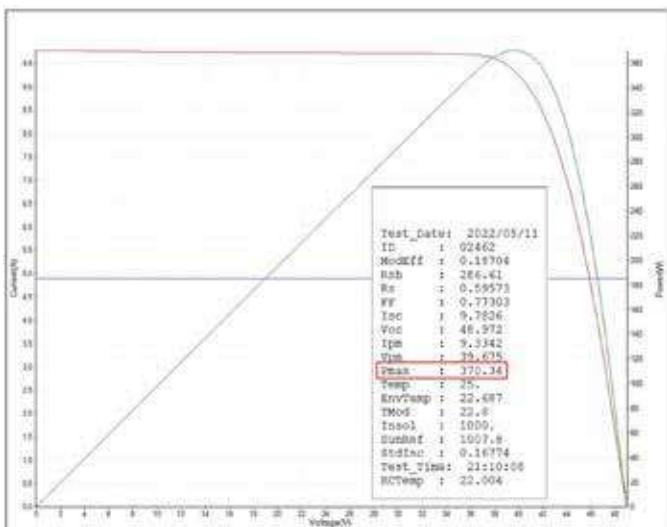
O teste de máxima potência é realizado com um pulso de luz. Para isso utiliza-se uma máquina capaz de emitir um flash de luz com as mesmas características da luz solar.

Durante o teste é obtida a curva I-V (de corrente e tensão) do módulo fotovoltaico em STC (condições padrão de teste), a partir da qual se obtêm os parâmetros elétricos (potência de pico, tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito).

O módulo será considerado aprovado neste teste se, após ter passado pelos ensaios mecânicos, não tiver sofrido degradação de potência superior a 5%.



Máquina de flash usada no teste para a determinação da potência máxima do módulo fotovoltaico. Fonte: LESF/UNICAMP



Curva I-V e parâmetros elétricos obtidos no teste de flash, destacando-se a potência máxima do módulo fotovoltaico. Fonte: LESF/UNICAMP



Fonte de alta tensão usada no teste de isolamento do módulo fotovoltaico. Fonte: LESF/UNICAMP

Teste 3 – Isolação elétrica

O principal objetivo do teste de isolamento elétrica é atestar a segurança do módulo, verificando se ele oferece risco de choques elétricos quando estiver em funcionamento.

Um módulo fotovoltaico em bom estado não permite qualquer contato de pessoas com os componentes internos (células, condutores elétricos e outras partes vivas).

Além disso, o teste de isolamento também é usado para verificar a extensão dos danos sofridos pelo módulo após passar por determinados testes.

A redução do valor da resistência de isolamento elétrica é um forte indicativo de deterioração do módulo, o que pode causar sua reprovação.

Em qualquer situação, antes ou depois dos ensaios mecânicos, a resistência de isolamento elétrica do módulo não pode ser inferior a 40 MΩ/m² (resistência entre os terminais elétricos e a moldura dividida pela área do módulo fotovoltaico).

Teste 4 – Eletroluminescência

Embora a norma IEC 61215 não exija o teste de eletroluminescência, este procedimento é um importante aliado na verificação de defeitos nas células fotovoltaicas e também nas interconexões elétricas das células.

Neste teste o módulo fotovoltaico é alimentado por uma fonte de energia externa, funcionando como um diodo emissor de luz.

O brilho emitido pelas células fotovoltaicas não é visível ao olho humano, mas pode ser detectado com uma câmera especial.

O resultado do teste de eletroluminescência é uma imagem que se parece com um “raio-X”. A imagem de eletroluminescência denuncia a existência de trincas e microfissuras nas células fotovoltaicas.

Não há um parâmetro claro para definir um critério de aprovação no teste de eletroluminescência.

Idealmente espera-se que nenhuma trinca ou microfissura ocorra nas células fotovoltaicas, mas isso é impossível.

Após os ensaios mecânicos, algum grau de deterioração das células

las será percebido.

O critério objetivo de aprovação ou reprovação é a verificação da potência de saída do módulo, bem como da resistência de isolamento (testes 2 e 3).

O teste de eletroluminescência pode ser útil para revelar uma quantidade maior ou menor de células danificadas, permitindo comparar diferentes modos de instalação, diferentes modelos ou fabricantes ou diferentes configurações (pressão aplicada, número de ciclos, velocidade) para os testes mecânicos, entre outras coisas.



Imagem de eletroluminescência revelando a existência de células danificadas em um módulo fotovoltaico. Fonte: LESF/UNICAMP

Procedimentos de teste de carga mecânica estática

Este teste consiste em aplicar pressões positiva e negativa de no mínimo 2400 Pa sobre a superfície do módulo durante o período de 1 hora para cada valor de pressão.

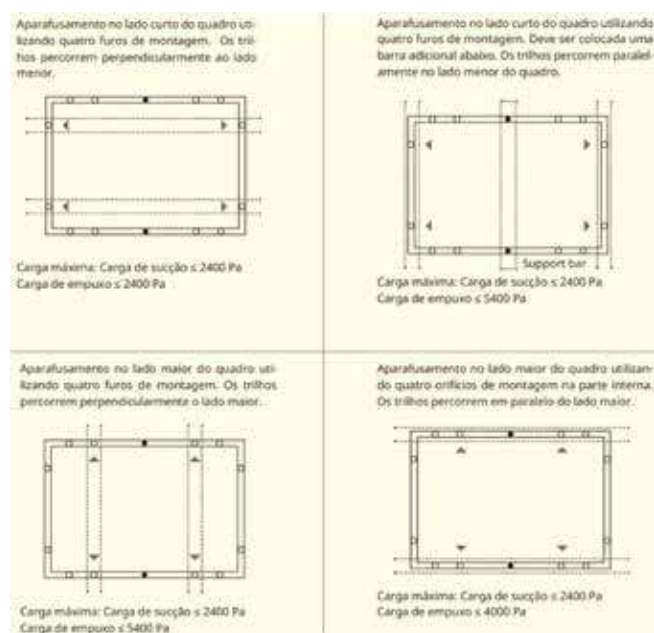
O teste possui 3 ciclos, cada qual contendo 1 hora de aplicação de pressão positiva e 1 hora de aplicação de tensão negativa. O teste total tem duração de 6 horas.



Etapas do teste de carga mecânica estática. Fonte: LESF/UNICAMP

Embora a norma IEC 61215 exija uma pressão mínima de 2400 Pa, muitos fabricantes especificam seus módulos para valores de pressão superiores, como 3600 Pa, 4000 Pa ou 5400 Pa.

Os fabricantes definem as pressões positivas e negativas suportadas pelos módulos de acordo com o método de fixação, como no exemplo a seguir.



Definições de pressão mecânica aceitável de acordo com o modo de instalação. Fonte: Canadian Solar

O teste deve ser realizado de acordo com os valores apresentados na folha de dados, além dos valores mínimos exigidos por norma.

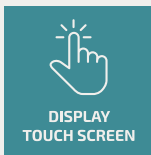
Durante o teste deve ser aplicada uma pequena corrente elétrica por



KIT FOTOVOLTAICO ON GRID



CARREGADOR VEICULAR WALLBOX



DRIVER BOMBA SOLAR



OFF GRID



BAIXE A REVISTA FOTOVOLTAICA
Informações completas sobre produtos Serrana Solar



Aponte a câmera do celular e confira vantagens exclusivas para o Integrador.

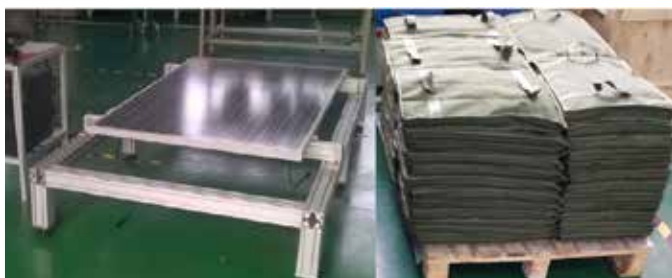


meio de uma fonte de alimentação externa.

A tensão do módulo deve ser mantida próximo de sua tensão de circuito aberto. Isto serve para garantir a continuidade elétrica do módulo durante os ensaios mecânicos.

Se a corrente for cortada e houver perda de continuidade, isso significa que o módulo foi danificado e deve ser imediatamente reprovado.

O teste de carga mecânica estática pode ser realizado de várias formas, com a aplicação de sacos de areia ou colunas d'água com o módulo virado para cima e para baixo (para aplicar pressão positiva e negativa em relação à superfície do vidro frontal).



Sacos de areia para a aplicação de pressão estática sobre os módulos. Fonte: zelwe.cn

O método mais adequado, entretanto, é a utilização de uma máquina de teste de carga mecânica dotada de ventosas e cilindros pneumáticos.

Os testes são feitos apenas com o módulo virado com sua face frontal para cima. A ventosas grudam-se à superfície do vidro, permitindo aplicar pressões positivas (empurrando o módulo para baixo) e negativas (puxando o módulo).

O controle dos cilindros pneumáticos permite ajustar com precisão a pressão exercida sobre o módulo,

além de permitir testes com diferentes valores de pressão, de acordo com a configuração feita pelo usuário.

A figura a seguir ilustra uma máquina Hototech para teste de carga mecânica, modelo HTPV-08B.

As configurações de pressão e tempo de aplicação podem ser definidas pelo usuário. A precisão da pressão aplicada é de 5%.

O equipamento tem 12 cilindros, distribuídos em 4 grupos, que movimentam ventosas pneumáticas que se prendem à superfície do módulo fotovoltaico.

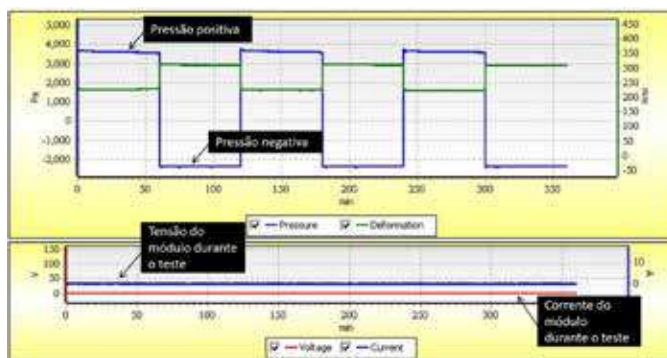
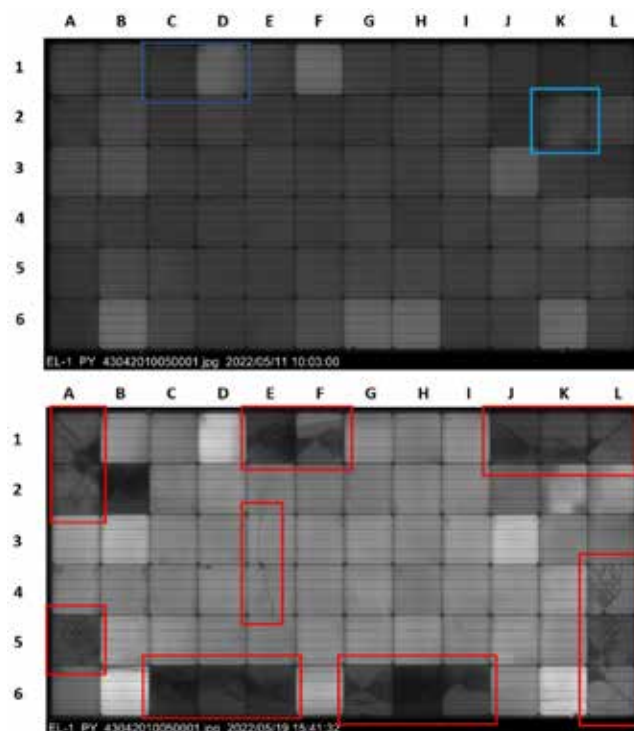


Gráfico de pressão ao longo do tempo durante teste estático com +3600 Pa e -2400 Pa. Fonte: LESF/UNICAMP



Imagens de eletroluminescência de um módulo fotovoltaico antes e depois do teste de carga mecânica estática, revelando danos em diversas células

GOODWE

TORNE-SE UM INSTALADOR CERTIFICADO GOODWE **PLUS+**

Tenha acesso à Suporte Exclusivo, Treinamento Profissional e Ampliação de Garantia.

Inversores on-grid de até 20kW terão, além da garantia padrão de 5 anos, uma garantia adicional de **5 anos**. Inversores entre 20kW e 136kW terão uma garantia adicional de **2 anos**.

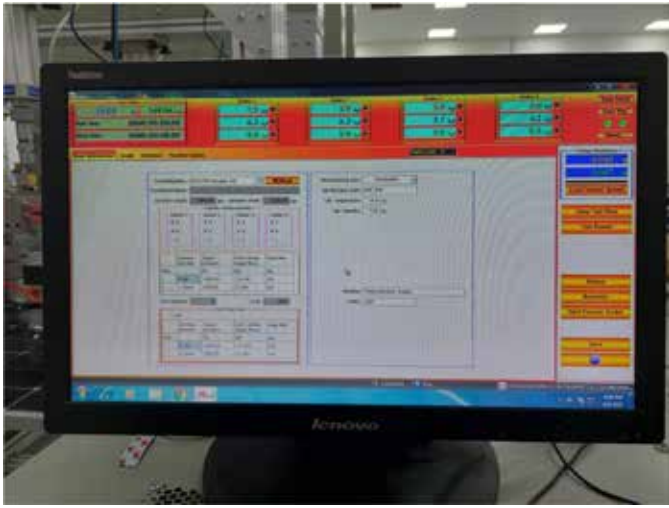
Certificação **100% grátis e on-line.**



SIGA A GOODWE NAS REDES SOCIAIS

br.goodwe.com





O software de controle da máquina Hototech HTPV-08B permite configurar os valores de pressão, tempos de aplicação e número de ciclos

Procedimentos de teste de carga mecânica dinâmica

O teste de carga dinâmica (ou cíclica) é realizado de acordo com a norma IEC 62782:2016, com ciclos compostos por aplicação de pressão positiva 1200 Pa (módulo sendo pressionado) e negativa de -1200 Pa (módulo sendo puxado por ventosas).

São realizados 1000 ciclos com aplicação de pressão positiva e negativa, com duração de 6 segundos para cada aplicação.

Na realidade, o que difere os testes de carga estática e dinâmica são a quantidade de ciclos, a intensidade (pressão aplicada) e a velocidade.



Etapas do teste de carga mecânica dinâmica. Fonte: LESF/UNICAMP

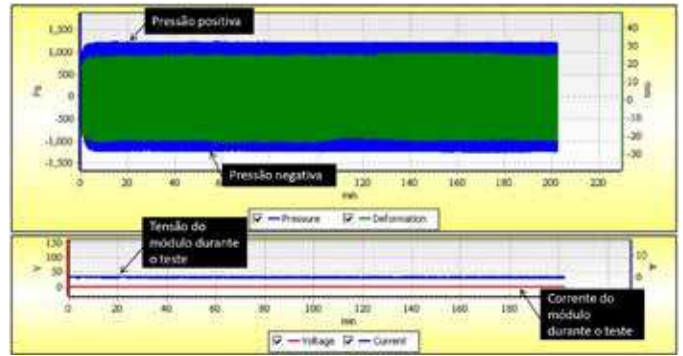


Gráfico de pressão ao longo do tempo durante teste dinâmico com +1200 Pa e -1200 Pa. Fonte: LESF/UNICAMP

Conclusões

Os testes de carga mecânica estática e dinâmica objetivam verificar a suportabilidade do módulo ao estresse mecânico.

Originalmente a norma IEC 61215 exigia apenas o teste estático, cuja motivação principal era verificar a capacidade do módulo de suportar cargas de neve nos países de clima frio.

Recentemente a norma IEC 61215 passou a exigir também o teste de carga dinâmica, cujo procedimento é descrito em outra norma – IEC 62782.





Fluxograma simplificado do escopo dos testes de carga mecânica. Fonte: LESF/UNICAMP

O escopo completo dos ensaios de carga mecânica consiste na aplicação dos testes iniciais de qualificação (depois do pré-condicionamento), na realização dos testes estático e dinâmico e na aplicação dos testes de aprovação, com o objetivo de verificar os impactos dos ensaios mecânicos sobre os módulos.

Nenhum dos testes (estático e dinâmico) é capaz de reproduzir todas as possíveis condições reais de operação, para verificar a imunidade do módulo fotovoltaico contra intempéries agressivas (vento, chuva torrencial etc).

Todavia, os testes são um importante meio para qualificar, comparar e filtrar produtos no mercado, apresentando critérios mínimos de aceitação desses produtos.

Os módulos, após passarem pelos ensaios mecânicos estático e dinâmico (com amostras individuais para cada tipo de teste), são considerados aprovados se não apresen-

tarem defeitos visuais, se não sofrerem redução de potência superior a 5% e se não apresentarem redução da resistência de isolamento elétrica.

Referências

A. Firman, M. Cáceres, A. R. González Mayans, e L. H. Vera, "Photovoltaic Qualification and Approval Tests", Standards, vol. 2, no 2, p. 136–156, abr. 2022, doi: 10.3390/standards2020011.

H. Berg, "Mechanical load test on PV-Modules with 0° and 20° inclination in combination with PowAR snap S mounting system from supplier ARaymond Energies", p. 18.

Manual de instalação de módulos solares padrão IEC, Canadian Solar

Lee, Y and Tay, A. A. O. 2013. Stress Analysis of Silicon Wafer-Based Photovoltaic Modules Under IEC 61215 Mechanical Load Test. Energy Procedia, v.33, pp 265-271.

Hsu, S. T., You, W., Wu, S. J. 2018. Environmental Factors for Non-Uniform Dynamic Mechanical Load Test due to Wind Actions on Photovoltaic Modules. Energy Procedia, v.150, pp. 50-57.

Hsu, S. T., Wu, T. C. 2017. Simulated Wind Action on Photovoltaic Module by Non-uniform Dynamic Mechanical Load and Mean Extended Wind Load. Energy Procedia, v. 130, pp. 94-101.

IEC 62782:2016 - Photovoltaic (PV) modules - Cyclic (dynamic) mechanical load testing.

IEC 61215-2:2021 - Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval. Part 2: Test procedures.

IEC 60904-3:2019 - Photovoltaic devices. Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data (IEC 60904-3:2019).

Nivelle, P., Tsanakas, J. A., Poortmans, J., Daenen, M. 2021. Stress and strain within photovoltaic modules using the finite element method: A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 149.

IEC 60904-13:2018 - Photovoltaic devices. Part 13: Electroluminescence of photovoltaic modules.



ENERGY TRANSITION KEY PARTNER

Além de produtos e serviços

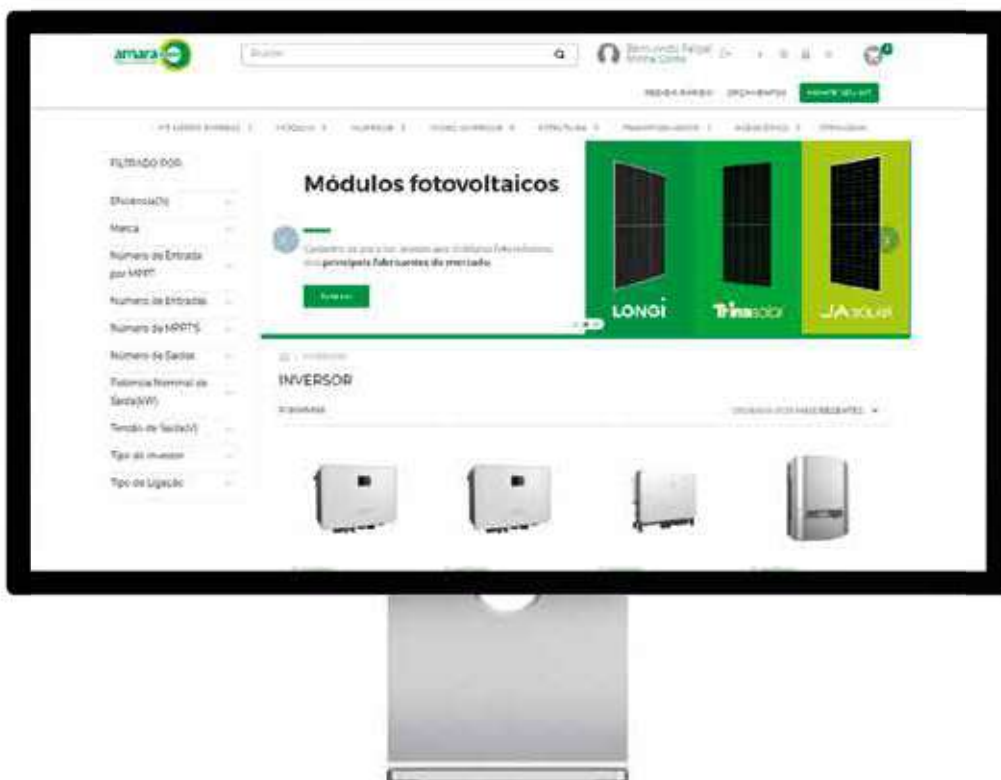
Desde nossa **experiência integral em energia sustentável**, nos comprometemos a acompanhá-lo **agregando valor** aos seus projetos



Descubra

tudo que podemos fazer juntos em

app.amaranzero.com.br



amaranzero.com.br

sac@amaranzero.com

app.amaranzero.com.br

+55 71 3273-7882



Fabricação de células fotovoltaicas de silício



Victor Emilio Borges Soares
Engenheiro eletricista, Sales Engineer da JA Solar

O polissilício é o nome como é conhecido o silício ultra-puro, que é a matéria prima da cadeia produtiva de células e módulos fotovoltaicos. Essa matéria prima é aquecida a altas temperaturas para a produção de lingotes, que são fatiados para a produção de wafers, a partir dos quais são produzidas as células fotovoltaicas.

O silício é um elemento químico semicondutor, usado na forma cristalina para a fabricação de dispositivos eletrônicos e células fotovoltaicas.

Ao receber dopagem com diferentes elementos químicos, com átomos trivalentes ou pentavalentes, o silício pode ter suas características elétricas moduladas, o que permite produzir materiais dos tipos P e N. A junção dos materiais P e N é a base do funcionamento das células fotovoltaicas.

O polissilício é obtido a partir do

quartzito, uma rocha de coloração branca ou acinzentada, bastante abundante na crosta terrestre, que é composta quase inteiramente de sílica (dióxido de silício), de onde finalmente se extrai o silício puro.

O silício é semicondutor predominante na fabricação de células e módulos fotovoltaicos, estando presente em aproximadamente 95% dos módulos comercializados atualmente.

As células de silício cristalino são constituídas de finas lâminas de silício cristalino. Esse material cristalino é formado por átomos de silício conectados por ligações covalentes e arranjados em uma estrutura geométrica organizada.

A produção de células a partir do polissilício

A produção e a purificação de polissilício são os primeiros passos no



UTILIZAR nossas
ESTRUTURAS
faz toda a **DIFERENÇA**
para todos os tipos de telhados
solos e carport

NOSSO **OBJETIVO**
É A **ECONOMIA DE TEMPO**
NA SUA **INSTALAÇÃO**.

vendas@ssmdobrasil.com.br

+55(41)3037-3750

+55(41)99841-8202

www.ssmsolardobrasil.com.br



VENHA NOS VISITAR

**inter
solar**
connecting solar business

| SOUTH AMERICA

FALE COM NOSSO
ESPECIALISTAS

B3.96

processo de fabricação das células solares.

O polissilício é a matéria prima básica, a partir da qual se inicia toda a cadeia produtiva, com os processos de fabricação de lingotes, wafers, células e módulos. A Figura 1 mostra o fluxo de produção de módulos fotovoltaicos a partir da matéria prima básica.

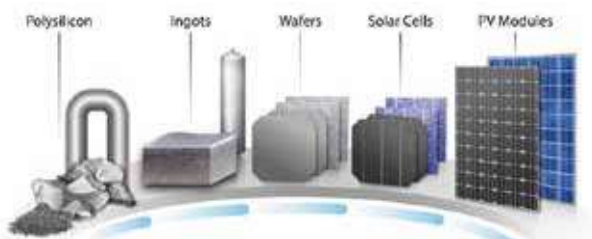


Figura 1 – Produtos de cada uma das etapas da produção de um módulo fotovoltaico, tendo o polissilício como matéria-prima inicial. Fonte: NREL/National Renewable Energy Laboratory/EUA

Antes do início da cadeia produtiva dos módulos fotovoltaicos, a matéria-prima (polissilício) é obtida

por um processo de redução carbotérmica do dióxido de silício (SiO_2), ilustrado na Figura 2.

O SiO_2 é colocado em um forno elétrico a arco. Em seguida, um arco de carbono (C) proveniente de materiais como carvão, coque (combustível), grafite ou madeira, é aplicado para liberar o oxigênio.

Os produtos resultantes são dióxido de carbono e silício fundido. Isso produzirá silício com apenas 1% de impureza, o que é útil em várias indústrias. No entanto, ainda não é puro o suficiente para células solares.

O silício, então com 99% de pureza, ainda será mais purificado pela técnica conhecida como zona flutuante. Um bastão de silício impuro é passado por uma zona aquecida várias vezes na mesma direção.



Dia **23/08**
começa a Feira

inter
solar
connecting solar business | SOUTH AMERICA

Save the Date.

Conecte-se com
o melhor do universo fotovoltaico.

Visite o stand da BelEnergy.

📍 Expo Center Norte - E1.76

📅 23-25/08

BelEnergy

A SUA MELHOR ENERGIA

O que o procedimento faz é arrastar as impurezas para uma extremidade a cada passagem. O polisilício sólido se deposita e cresce ao redor da semente de silício. Uma vez concluído o processo, o núcleo em forma de U e o polisilício são extraídos.

O polisilício resultante também é conhecido como silício grau eletrônico com pureza de 9N (99,999999999 % Si) e dividido em pedaços menores prontos para a produção de lingotes.

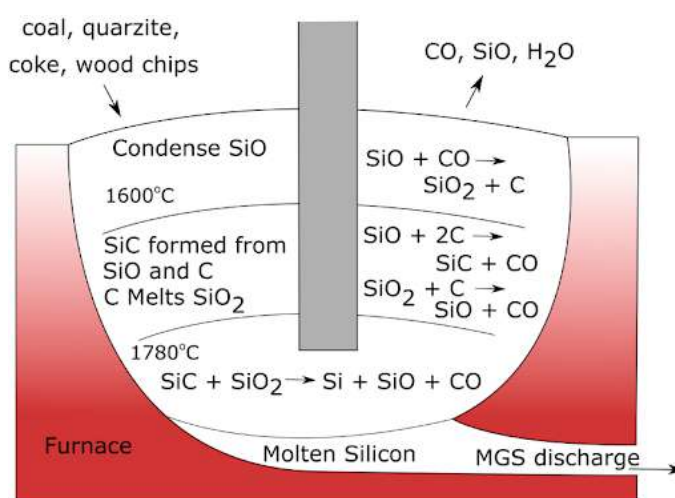


Figura 2 – Processo de obtenção do silício a partir do quartzito. Fonte: Pv-manufacturing.org

O segundo estágio é onde se produz silício cristalino. As células solares são fabricadas a partir do fatiamento de lingotes cilíndricos de silício.

Esses lingotes são corpos com estrutura atômica cristalina. O método mais comumente utilizado para a criação de lingotes é conhecido como método de Czochralski (Cz).

Durante este processo, um cristal de semente de silício é mergulhado em silício policristalino derretido. À medida que o cristal-semente é retirado, é ao mesmo tempo rotacionado, o que proporciona a formação de um lingote cilíndrico de

seção circular.

O lingote é completamente puro, pois todas as impurezas ficam no líquido. A Figura 3 mostra a fabricação do lingote a partir do processo Czochralski (Cz).

O próximo passo é a criação dos wafers (bolachas) a partir do fatiamento do lingote de silício por um processo de serragem mecânica. Uma serra de diamante é melhor para fatiar, produzindo um corte tão largo quanto o wafer.

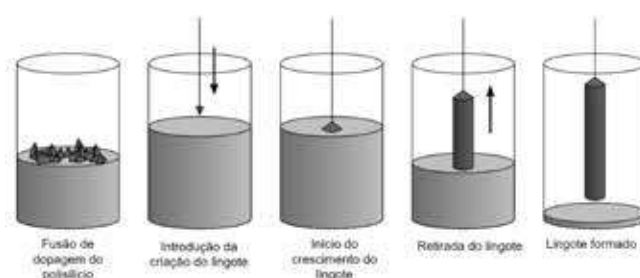


Figura 3 – Etapas da fabricação do lingote a partir do processo Czochralski. Fonte: Opsil Ltd

Cerca de metade do silício é perdido do lingote para o wafer circular acabado, embora mais possa ser perdido se o wafer for cortado em uma forma retangular ou hexagonal. Essas formas às vezes são usadas em células solares porque podem ser encaixadas perfeitamente, utilizando todo o espaço disponível na superfície da célula solar.

Em seguida, os wafers são polidos para remover quaisquer marcas de serra, embora alguns fabricantes tenham optado por deixar essas marcas, pois descobriu-se que células mais ásperas podem absorver a luz de forma mais eficaz. A Figura 4 representa o corte e a limpeza do lingote.

For our home energy independence.

HUAYU
new energy



HYH-6K-BR

Inversor Híbrido Acessível (Versão BR)

- Fase dividida 120/240VAC
- 24V/48V Baixa Tensão da Bateria
- Eficiência MPPT embutida superior a 99%
- Cinco modos de trabalho inteligentes, tempo de comutação $\leq 4\text{ms}$
- Comunicação RS485 e função de controle remoto sem fio de suporte



Download on the
App Store



ANDROID APP ON
Google play



www.huayu-solar.com



info@huayu-energy.com

2

**ANOS
GARANTIA**

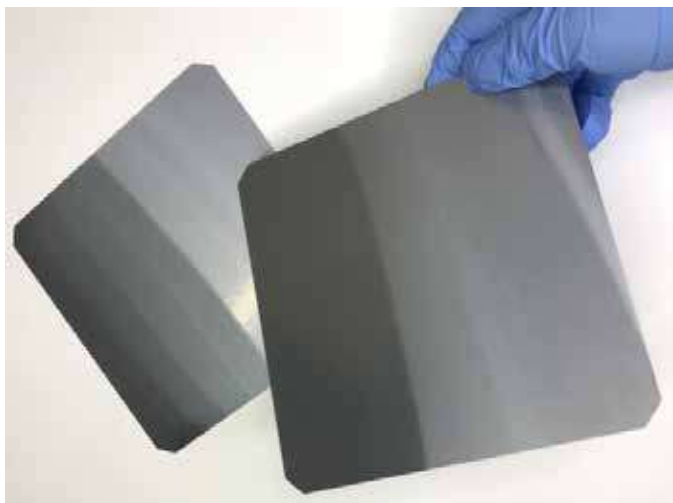


Figura 4: Wafer obtido a partir da serragem de lingotes de silício. Fonte: Zhejiang Dongshuo New Energy

O próximo passo é a dopagem do wafer para a construção da junção P-N. Este processo consiste na adição de impurezas ao wafer de silício, o que pode ser feito com um acelerador de partículas para bombardear o wafer com os íons dopantes. Wafers do tipo P são dopados com fósforo (elemento pentavalente), enquanto wafers do tipo N são dopados com boro (elemento trivalente).

Ao controlar a velocidade dos íons, torna-se possível controlar a profundidade de penetração. O método também poderá utilizar a introdução de uma pequena quantidade de boro durante a etapa anterior. A Figura 5 representa a camada de dopagem do wafer.

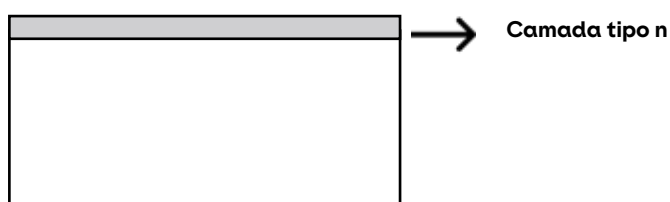


Figura 5 – Wafer do tipo P dopado com fósforo para a criação de uma camada de silício N. Fonte: Instituto de Física Gleb Wataghin/Unicamp

O passo seguinte é a metalização, quando é inserido o alumínio (Al) na face P. Este procedimento garante um bom contato ôhmico na face posterior da célula, resultando em um acréscimo na eficiência da célula.

Já os contatos elétricos são usados para conectar uma célula solar à outra, bem como ao receptor da corrente produzida. O contato precisa ser incrivelmente fino para que não bloqueie a luz solar incidente na célula. Metais como paládio ou cobre são evaporados a vácuo através de um foto-resistor ou depositados na porção exposta das células parcialmente cobertas com cera.

Depois que os contatos foram colocados, os ribbons são colocados entre as células. Os ribbons mais comuns usados são de cobre estanhado. A Figura 6 representa a metalização e os contatos elétricos da célula.

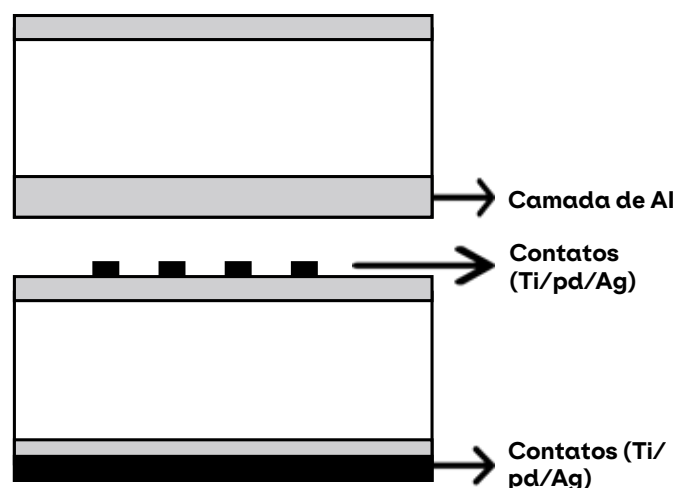


Figura 6 – Metalização e contatos elétricos da célula. Fonte: Instituto de Física Gleb Wataghin/Unicamp

Após o passo anterior é necessário revestir a célula. O silício puro é naturalmente brilhante, permitindo



PHB SOLAR: ● ● ●
A PARCERIA IDEAL ● ● ●
PARA O SEU NEGÓCIO.



Conheça nossa história

Empresa com DNA em tecnologia e inovação, 100% nacional. Consolidada no mercado fotovoltaico, teve o primeiro inversor certificado pelo INMETRO no Brasil. Busca sempre as melhores soluções para seus parceiros. Trabalha com produtos de qualidade. Criou um laboratório completo para testes e manutenção dos inversores e oferece suporte técnico e garantia nacional, especializada e ágil.

KIT PREMIUM PHB SOLAR,
O MAIS COMPLETO ● ● ●
DO MERCADO. ● ● ●



DIFERENCIAIS PARA O SEU PROJETO FOTOVOLTAICO



Preços altamente competitivos.



Engenharia capacitada e assistência técnica local.



Produtos de ótima qualidade.



Atendimento exclusivo para parceiros.

SEJA NOSSO PARCEIRO, REALIZE O CADASTRO EM NOSSA PLATAFORMA

www.plataformaphbsolar.com.br



@PHBSOLAR



YOUTUBE.COM/PHBSOLARBR



que reflita até 35% da luz solar que o atinge. A fim de reduzir a quantidade de luz solar que é perdida, um revestimento antirreflexo é colocado no wafer de silício.

Os tipos de revestimento mais usados são o dióxido de titânio e o óxido de silício. O material usado para o revestimento é aquecido até que suas moléculas fervam e migrem para o silício para condensar – ou o material sofre pulverização catódica.

Durante este processo, uma alta tensão elétrica irá derrubar as moléculas do material e depositá-las no silício e depois depositá-las no silício no eletrodo oposto.

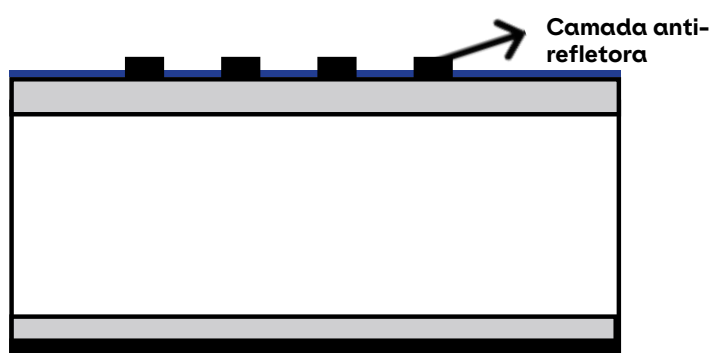


Figura 7 – Deposição da camada anti-refletora. Fonte: Instituto de Física Gleb Wataghin/Unicamp

As células solares acabadas são encapsuladas dentro dos módulos fotovoltaicos. Isso significa que elas são seladas em borracha de silicone ou etileno acetato de vinil.

Na última etapa de fabricação a célula é caracterizada e tem sua curva I-V obtida a partir de um simulador solar. As células são testadas individualmente e são classificadas de acordo com sua eficiência.

Conclusão

Conforme demonstrado no de-

correr deste artigo, o polisilício é a matéria-prima fundamental na produção de células solares fotovoltaicas.

O silício é o material empregado em aproximadamente 95% dos módulos comercializados atualmente, e o segundo elemento químico mais abundante na Terra.

Apesar de novas tecnologias estejam sendo desenvolvidas, o silício continuará sendo o material mais importante na fabricação de células fotovoltaicas.

Referências

Polysilicon Production, 2011, disponível: <https://pv-manufacturing.org/silicon-production/polysilicon-production/>

Boylestad, R.L.; Nashelsky, L. Semiconductor diodes. In Electronic Devices and Circuit Theory, 8th ed.; Trimer, R.; Publisher: Pearson Prentice Hall São Paulo, Brazil, 2004;

Malvino, A.; Bates, D. J. Diode Theory. In Electronic Principles, 7th ed.; Costa, G.; Publisher: Mc Graw Hill São Paulo, Brazil, 2007

Solar Leading, supplier of the PV Cells. disponível: <https://www.solarleading.com/product-details/sl-p6ff-3bb/>;

Refurbji Asia, disponível: <https://refurbiasia.com/about.php>;

Science Direct, disponível: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/czochnralski-process>

BNP Paribas, Asset Management, disponível: <https://www.bnpparibas-am.com/viewpoint/what-you-need-to-know-about-polysilicon-and-its-role-in-solar-modules/>

The renewable Energy Hub Uk, disponível: <https://www.renewableenergyhub.co.uk/main/solar-panels/what-is-a-solar-cell-made-up-of/>

Senthilarasu & Benson, David & Mallick, Tapas. (2016). Overview of the PV Industry and Different Technologies;

Bernardo Radefeld Meirelles. Fabricação de células solares. Instituto de Física Gleb Wataghin, Campinas, 2002;

Martin A. Green, Silicon Solar Cell

R. F. Q. Magossi, P. G. B. Ferreira, M. S. Quinalia, M. C. Carvalho and R. Q. Machado, "Project of a solar module emulator using a zener diode to analyze the behavior of MPPT algorithms," 2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), Juiz de Fora, 2017;

DAVIES, Felipe; FRISSE, Gustavo; BRANDÃO, Matheus. A utilização do silício nacional para a fabricação de placas solares: uma reflexão das dificuldades tecnológica e financeira. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado, 2018;



Artigo técnico

Módulos fotovoltaicos devem ser protegidos por para-raios?



*Edmundo da Fonseca Freire
Engenheiro eletricitista e especialista em aterramento e SPDA de grandes usinas*

Geradores Fotovoltaicos, aqui abreviados por GFV, são as plantas de geração fotovoltaicas instaladas nas unidades consumidoras, destinadas primariamente a suprir a sua demanda de energia elétrica, integral ou parcialmente, e que injeta a energia excedente na rede de distribuição que atende a referida unidade.

O conceito vem da IEC – International Electrotechnical Commission e das instalações na Europa, onde distinguem-se os GFV das UFV, inclusive adotando normas distintas:

$\frac{3}{4}$ IEC/TS 62738:2018 - Ground-mounted photovoltaic power plants - Design guidelines and recommendations; e $\frac{3}{4}$ IEC 62548 - Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements.

Podemos distinguir os GFV de telhado, os mais comuns, e os de solo. O aterramento dos GFV de telhado não tem nenhuma especificação especial, devendo apenas ser integrado ao aterramento da edificação, que deve atender as normas aplicáveis, especialmente a NBR5419 (Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas).

A proteção de arranjos fotovoltaicos contra descargas atmosféricas diretas, por meio de mastros para-raios, somente é viável em instalações de pequeno porte, como no

caso de GFV de telhado de residências ou de pequenos comércios.

GFV de galpões ou edificações de maior porte usualmente acabam por integrar a rede captora dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas da edificação. Neste caso há que se tomar cuidado para que os elementos captadores não façam sombra nos módulos fotovoltaicos, o que pode dar origem a pontos quentes nas placas, uma vez que as células sombreadas se tornam carga para as células vizinhas e acabam por consumir parte da energia por elas gerada.

A Figura 1 ilustra a medição com uma câmera termográfica de um ponto quente em uma placa sombreada de um GFV de telhado, onde observa-se a célula sombreada com mais do que o dobro da temperatu-

ra das células vizinhas. Este processo, além de diminuir a produção de energia, resulta na redução da vida útil da placa.

No caso de Usinas Fotovoltaicas de solo (UFV) a inviabilidade da proteção contra quedas diretas de raios fica ainda mais evidente, dado às grandes áreas envolvidas e o elevado nível de exposição dos arranjos fotovoltaicos.

Neste caso para se implementar uma rede captora constituída por mastros para-raios seria necessário um significativo aumento do espaçamento entre as fileiras de trackers, de modo a reduzir o risco de sombreamento acima comentado, o que resultaria em uma inviável redução da relação W/m^2 .

A Figura 2 ilustra a medição com uma câmera termográfica de um



[PV+ESS PARA O FUTURO]

TOP 10

Marcas de inversores solares usadas em projetos financiados por empréstimos a prazo. (Bloomberg)

Nº9

Fornecedor de inversores fotovoltaicos na Ásia (IHS Markit 2021)

Nº5

Fornecedor de inversores de armazenamento mundial (IHS Markit 2020)



Inversor String Monofásico SPI3000~6000-B2



Inversor String Monofásico SPI7K~9K-B X2



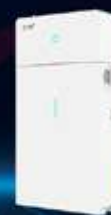
Inversor String Trifásico SPI12K~40K-B X2



Inversor String Trifásico SPI50K~60K-B



Inversor String Para UFA SPI100K~125K-B



Sistema de Armazenamento de energia residencial iStoragE Series

ponto quente em uma placa sombreada de uma UFV de solo, onde as células sombreadas apresentam temperatura mais elevada do que as células vizinhas.

A Tabela 1 reproduz a Tabela B.2 da NBR-5419-2 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, que apresenta a probabilidade de uma descarga causar danos físicos a uma estrutura em função das medidas de proteção adotadas.

Uma estrutura não protegida por SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) tem 100% de probabilidade de ser atingida por um raio que nela venha a incidir, o que pode ser interpretado como uma obviedade, mas que faz sentido no contexto da tabela.

Esta mesma tabela estabelece os níveis de risco de falha de blindagem entre 2% e 20%, conforme a Classe do SPDA utilizado (de I a IV). A falha de blindagem está associada ao risco de um raio não ser inter-

ceptado pelo SPDA, incidindo assim na estrutura a ser protegida.

A Figura 3 ilustra o volume de proteção proporcionado por postes para-raios de duas alturas (20 m e 30 m), considerando o Método de Franklin (ângulos de proteção que variam com a elevação do elemento captor) e o Modelo Eletrogeométrico, ilustrado por um segmento de círculo de 45 m, associado a um SPDA Classe III. O raio da esfera rolante é determinado pelo nível de proteção desejado, determinado pela Classe do SPDA.

A proteção dos arranjos fotovoltaicos por meio de terminais aéreos neles fixados (hastes de aço zincado com comprimento até 0,5 m), não caracteriza um sistema de captação efetivo, considerando que o dimensionamento da distribuição destes elementos captadores curtos é baseado no modelo eletrogeométrico.

Ocorre que não se pode ter uma expectativa de desempenho ade-



KSTAR

BluE Residencial ESS

Sistema Integrado de Inversor Híbrido & Armazenamento de Energia
KSTAR & CATL

-  Seguro
-  Simples
-  Interconectado

Bateria LFP da CATL, estável e segura
Modular, compacto, sistema com tripla proteção IP65, possível instalação externa, longe da sala de estar

Design modular, uma única pessoa pode transportar e instalar.
Plug and play, instalação rápida em até 30 minutos
Economia de espaço, em até 0,15 m²

Plataforma Global em nuvem e Aplicativo Móvel Qualquer tempo e qualquer lugar - 24 horas API aberta, Suporte à aplicativos avançados de internet

www.kstar.com, ted@kstar.com, sales@kstar.com

quando para um captor que tem extensão da ordem de apenas 1% do raio da esfera rolante. O comportamento de um raio é um processo extremamente complexo e essencialmente estocástico, não admitindo a ilusão de um modelo com tanta exatidão.

Ainda que se pudesse atribuir esta esperada exatidão ao modelo eletrogeométrico, e que todos os raios fossem sempre interceptados pelos terminais aéreos, o uso de terminais aéreos diretamente fixados nas estruturas dos arranjos fotovoltaicos não proporcionaria a desejada proteção das placas.

Os danos nos painéis solares na maioria das vezes não estão associados à queda direta de um raio, e sim a sobretensões induzidas internamente, entre as células fotovoltaicas e os diodos de by-pass.

Um módulo Fv é composto por células conectadas em série com diodos de by-pass em paralelo. Quando uma descarga atinge o frame do painel, ou um terminal aéreo próximo ao frame, a corrente do raio flui para a estrutura e desta para o sistema de aterramento, onde é dissipada no solo sem maiores consequências diretas.

Contudo, a variação do fluxo magnético produzido pela corrente impulsiva de um raio, com elevadas intensidade e taxa de variação (di/dt), não importa se incidente no frame da placa ou em um terminal aéreo fixados a centímetros de distância da placa, vai induzir sobretensões nas malhas internas do módulo (ou dos módulos, ao longo de uma

string). As vítimas típicas deste processo são os diodos de by-pass.

O fato de os arranjos fotovoltaicos estarem expostos às quedas diretas de raios significa que é grande a responsabilidade do sistema de proteção contra descargas indiretas, destinados ao controle das sobretensões que podem ser induzidas nas linhas de cabos de energia (c.c. e c.a.) e de supervisão e controle (CFTV, estações meteorológicas etc.), e que colocam em risco a integridade destas linhas e dos equipamentos a ela conectados. A proteção contra descargas indiretas é realizada por meio dos recursos de isolamento, atenuação e de supressão, nesta ordem, conforme a eficiência da solução.

O isolamento é o recurso mais eficiente, e utiliza a alimentação local por placas solares (câmeras CFTV, estação meteorológica, trackers), sinal de controle enviado por rádio/WiFi (comando para os trackers) e de conexão de sinal por fibra ótica (câmeras CFTV).

Transformadores isoladores combinam os recursos de isolamento e de atenuação, promovendo a separação galvânica entre primário e secundário, e atenuando sobretensões que possam ser transmitidas pela capacitância entre estes dois enrolamentos.

Outros recursos de atenuação são os cabos de energia com blindagem multiaterrada, cabeaço encaminhada em meio metálico (eletrocilha ou eletroduto), cabo de cobre nu ou de aço-cobreado acompanhando a cabeaço em valas de ca-

SUNNY TRIPOWER X

Conduz ao futuro da gestão energética.



A nova **série X...**

...Está no **centro** do sistema.

...**Combina** os quatro setores de SMA Energy System Home & Business: **geração, armazenamento, eletromobilidade e controle da energia solar FV.**

...**Multiplica** as suas **potencialidades** hoje e no futuro.



SMA ArcFix



bos de energia e/ou de sinal; e cabo para-raios acompanhando linhas aéreas (recurso mais utilizado em linhas de 34,5 kV de parques eólicos).

Finalmente tem-se o recurso de supressão, que utiliza Dispositivos Supressores de Surtos (DPS) para descarregar para a terra sobretensões transitórias induzidas nas linhas de energia e de sinal e controle.

Para as linhas c.c. de GFV/UFV existe uma norma específica, que é a NBR IEC 61643-31/2022 – Dispositivos de proteção contra surtos de baixa tensão - Parte 31: DPS para utilização específica em corrente contínua - Requisitos e métodos de ensaio para os dispositivos de proteção contra surtos para instalações fotovoltaicas.

Para concluir cabe lembrar que UFV são instalações expostas ao tempo e, portanto, aos raios. Equipes de operação e manutenção da UFV não podem trabalhar em áreas abertas quando houver risco de tempestade com raios.

Neste caso há que se estabelecer medidas operacionais, baseadas em sistemas de alerta de aproximação de tempestades, instalados na própria UFV ou contratados junto a empresas que prestam este tipo de supervisão. A norma NBR 16785/2019 – Proteção contra descargas atmosféricas - Sistemas de alerta de tempestades elétricas, estabelece os critérios para a operação destes sistemas.

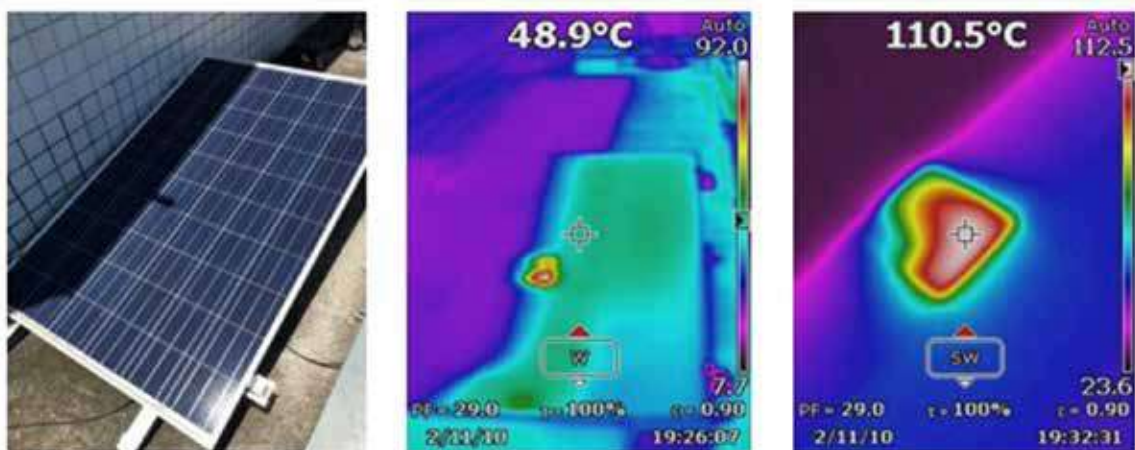


Figura 1: ponto quente em um módulo de GFV, onde a célula sombreada está com mais do que o dobro da temperatura das células vizinhas

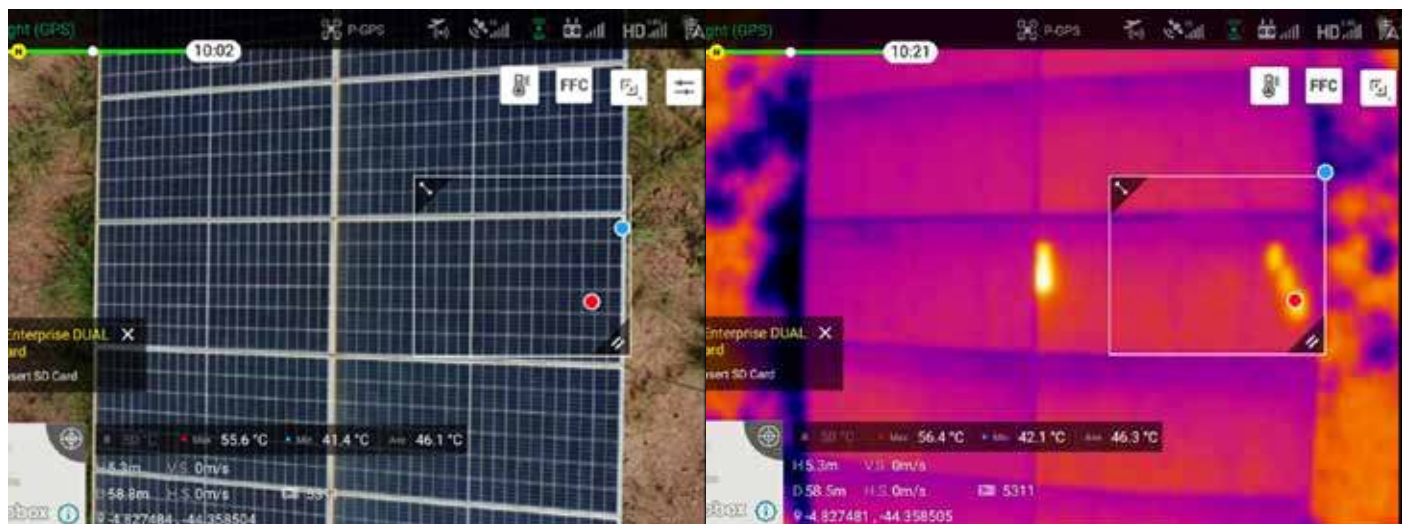


Figura 2: ponto quente em um módulo de UFV, células sombreadas com temperatura superior à das células vizinhas



Artigo técnico

PID: Degradação induzida por potencial nos módulos FV



Marcelo Gradella Villalva
LESF – Laboratório de Energia e Sistemas Fotovoltaicos da UNICAMP

Introdução

A degradação induzida por potencial (PID – potencial induced degradation) em módulos fotovoltaicos de c-Si (silício cristalino) causa significativas perdas de energia, na medida em que deteriora as células fotovoltaicas e pode reduzir sua eficiência de conversão de forma permanente.

O efeito PID normalmente é notado em sistemas com tensões acima de 600 V, situação que ocorre principalmente nas usinas de geração centralizada, nas quais se usam strings com um grande número de

módulos fotovoltaicos ligados em série.

A ocorrência do PID está relacionada ao surgimento de uma grande diferença de potencial entre os terminais elétricos das células fotovoltaicas e as molduras dos módulos. As células do tipo P (usadas na maior parte dos módulos atualmente em comercialização ou operação) sofrem com o potencial negativo, enquanto as células do tipo N sofrem PID principalmente devido ao potencial positivo.

O efeito PID tem sido mais estudado para as células do tipo P. Os mecanismos do efeito PID nas células do tipo N (presentes nos novos módulos de alta eficiência) ainda não são perfeitamente compreen-

dados. Estudos apontam que alguns tipos de células do tipo N, dependendo de sua estrutura de fabricação, podem também sofrer PID com potenciais negativos.

Nas strings com módulos do tipo P os módulos inferiores (mais próximos ao polo negativo) sofrem a degradação PID, enquanto nos sistemas com módulos do tipo N (supondo que a degradação ocorra devido ao potencial positivo) os módulos superiores da string (mais próximos do polo positivo) são mais afetados por esse fenômeno de degradação.

O efeito PID poderia ser eliminado pelo aterramento dos polos negativo ou positivo das strings, conforme o tipo de módulo utilizado, mas isso geralmente não é possível nos sistemas fotovoltaicos que usam inversores sem transformadores – ou seja, a totalidade dos inversores comercializados atualmente.

Os inversores fotovoltaicos ocasionam o deslocamento dos potenciais elétricos dos polos positivo e negativo das strings em relação à terra. Esse é um comportamento natural dos inversores, que pode ser minimizado com algumas técnicas de construção ou pode ser eliminado com o uso de um transformador de saída, que desacopla os potenciais elétricos dos lados CC e CA do sistema fotovoltaico e permite o aterramento de um dos polos da string.

Como a maior parte dos inversores não usa um transformador de saída, e como os módulos normalmente têm suas molduras aterradas,

criam-se elevados potenciais negativos entre as células e as molduras, que são mais intensos nos módulos fotovoltaicos próximos à extremidade da string (extremidade negativa ou positiva, conforme o tipo de módulo).

A compreensão e a mitigação do PID têm recebido atenção e importância cada vez maiores, devido ao aumento das tensões operacionais nas usinas fotovoltaicas, com strings que podem atualmente alcançar até 1500 V.

O PID pode ser contornado ou mitigado de várias formas, incluindo o uso de novas topologias de inversores que possam permitir o aterramento dos polos das strings, o uso de módulos PID-free (construídos com materiais que evitam ou reduzem o efeito PID, principalmente o vidro) ou pelo uso de dispositivos anti-PID ligados às entradas dos inversores.

Os dispositivos anti-PID, embora não evitem, podem reverter os danos do efeito PID pela aplicação de potenciais com polaridade invertida durante a noite, quando os módulos fotovoltaicos estão fora de operação, regenerando as células fotovoltaicas.

Avaliação do efeito PID

É difícil a constatação do efeito PID. Geralmente, em uma usina fotovoltaica o problema só é percebido quando a degradação já se tornou irreversível.

A degradação causada pelo efeito

JASOLAR

DEEP BLUE 3.0 *Pro*

P-Type^{pro}

DEEP BLUE 4.0 ∞

N-Type

+545W +580W



Entrepoto Alfandegado

PID não pode ser percebida visualmente nos módulos fotovoltaicos. O primeiro sinal de PID é a redução do desempenho da usina solar.

A ocorrência do PID nos módulos pode ser confirmada por testes de eletroluminescência, pela observação de anormalidades na curva I-V ou por imagens térmicas obtidas com câmera de infravermelho durante a operação da usina, que podem indicar diferenças de temperatura entre as células dos módulos fotovoltaicos.

O método mais confiável para constatar a ocorrência do efeito PID e observar a extensão dos danos causados ao módulo fotovoltaico é a técnica da eletroluminescência (EL).

A técnica de EL consiste na aplicação de uma corrente elétrica ao módulo fotovoltaico, no escuro, fazendo-o emitir radiação luminosa fora do espectro visível, que pode ser percebida por uma câmera especialmente adaptada para observar luz na fronteira do espectro infravermelho.

O resultado do teste de EL é uma imagem que se assemelha a uma radiografia médica, permitindo observar a ocorrência de defeitos ou fissuras nas células fotovoltaicas. Com relação ao efeito PID, as células degradadas apresentam baixa eletroluminescência, apresentando-se como células escurecidas na imagem obtida.

Além da aplicação da técnica de EL, a degradação por efeito PID pode ser confirmada pelo traçado da curva I-V, tanto com luz natural

como em laboratório, por meio de exposição a um flash luminoso com espectro próximo ao da luz solar.

A partir da curva IV podem-se identificar os parâmetros elétricos do módulo (potência, fator de forma, resistência série, resistência shunt).

Os módulos degradados por PID apresentam baixa resistência shunt e elevada resistência série, o que se traduz por inclinações mais acentuadas nas partes retas superior e inferior da curva I-V, com a consequente redução do fator de forma.

A corrente de curto-circuito e tensão de circuito aberto não são afetadas significativamente para níveis de PID inferiores a 40% (com relação à potência do módulo), segundo a literatura.

Teste de efeito PID em laboratório

É possível forçar a ocorrência do efeito PID em laboratório com a aplicação de um potencial elétrico ao módulo fotovoltaico, bem como provocar a aceleração do fenômeno por meio de uma câmara com controle de temperatura e umidade.

Os procedimentos de teste do efeito PID são descritos nas normas IEC 61215:2021 (Terrestrial photovoltaic modules – Design qualification and type approval) e IEC 62804-1:2015 (Photovoltaic (PV) modules – Test methods for the detection of potential induced degradation – Part 1: Crystalline silicon).

Esses testes permitem avaliar a

durabilidade de módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologias, produzidos com diferentes componentes, em determinadas condições de operação (potencial aplicado, temperatura e umidade).

Depois de ter passado pela fase de estabilização inicial com exposição à luz, o módulo deve ser testado de acordo com as seguintes condições:

- Temperatura: $85\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
- Umidade relativa: $85\% \pm 3\%$
- Tempo de teste: 96 h
- Tensão aplicada: nominal do produto
- Polaridade: de acordo com a tecnologia da célula

O procedimento de teste consiste em colocar o módulo dentro da câmara climática, com as condições de temperatura e umidade indicadas acima, tendo os seus dois terminais elétricos conectados a uma fonte de tensão que aplica uma diferença de potencial entre os terminais e a moldura, conforme ilustra a Figura 1.

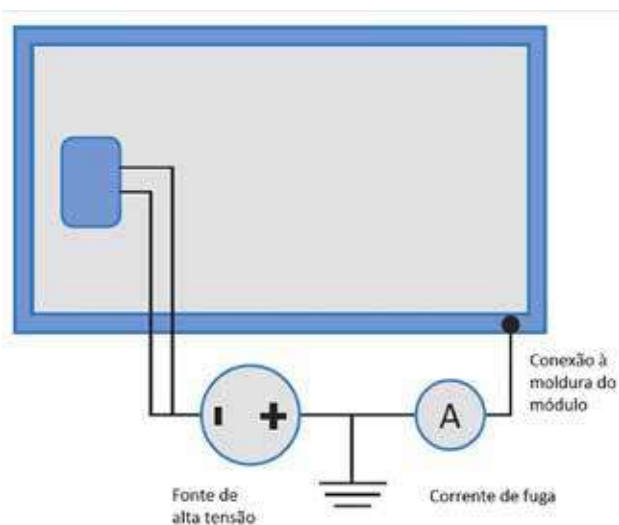


Figura 1: Modo de conexão do módulo fotovoltaico (do tipo P) para a produção do efeito PID em laboratório

A Figura 2 mostra os equipamentos utilizados no LESF – Laboratório de Energia e Sistemas Fotovoltaicos da UNICAMP – para estudos sobre a degradação PID. Uma câmara “damp heat”, com controle de calor e umidade, é usada para criar as condições climáticas necessárias. Um sistema de monitoramento acoplado a uma fonte de tensão é usado para produzir o potencial elétrico aplicado ao módulo, enquanto supervisiona o teste.



Figura 2: Câmara climática “damp heat” para controle de calor e umidade (à esquerda) e módulo de monitoramento com fonte de alta tensão (à direita)

Resultados experimentais

A seguir são apresentados alguns resultados experimentais de testes de degradação PID com duas amostras de módulos de silício monocristalino.

Serão mostradas as curvas I-V e as imagens de eletroluminescência (EL) obtidas antes e depois do processo de degradação.

Na Figura 3 é possível observar a imagem de eletroluminescência da amostra A antes da degradação por efeito PID. As diferentes colo-

rações das células, algumas mais claras e outras escuras, devem-se à desigualdade resultante do processo de fabricação – esta situação é frequentemente encontrada e considerada normal.

Para melhor analisar os resultados do teste de PID, é recomendável registrar as células que apresentem coloração mais clara, sobre as quais posteriormente deve-se concentrar a atenção durante a análise dos resultados.

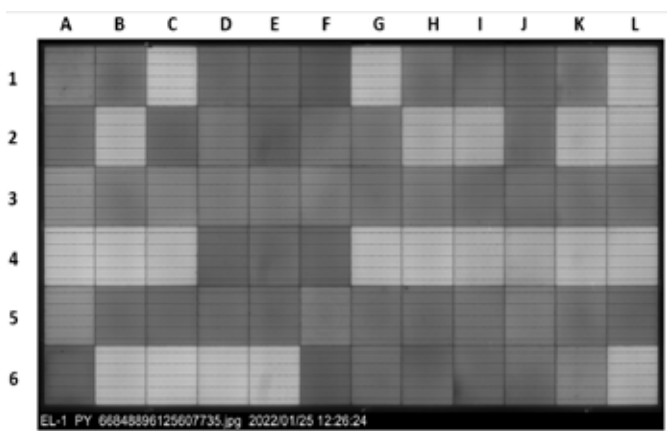


Figura 3: Imagem de eletroluminescência da amostra A antes da degradação por PID

A Figura 4 apresenta a curva I-V da amostra A antes da realização do teste. Neste caso, o módulo está com suas características originais, já que não sofreu degradação. Os dados originais, que serão usados como controle para a avaliação do efeito da degradação, estão descritos na Tabela I.

Tabela I: Características iniciais da amostra A antes da degradação por efeito PID.

Eficiência do Módulo (η)	Resistência Série (Rs)	Resistência Shunt (Rsh)	Corrente de Curto-circuito (Isc)	Tensão de Circuito Aberto (Voc)	Potência Máxima (Pmax)
20,54%	0,454 Ω	295,63 Ω	10,45 A	49,16 V	412,79 W

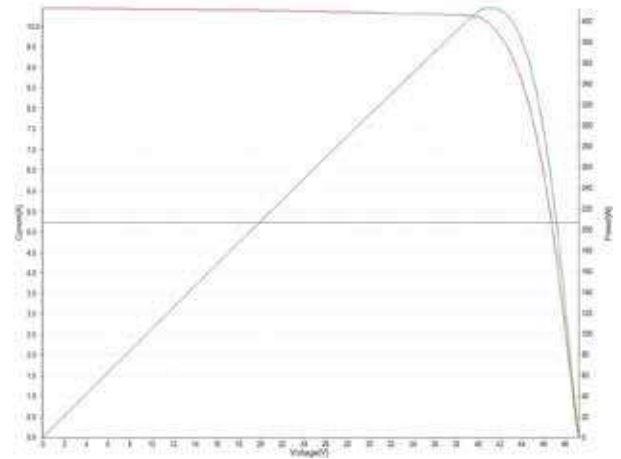


Figura 4: Curva I-V da amostra A antes da degradação por PID

Após um ciclo de 96 horas de teste na câmara climática, com uma temperatura interna de 85°C e 85% de umidade relativa, o módulo foi novamente observado com eletroluminescência e teve sua curva I-V extraída.

Na Figura 5 observa-se o escurecimento de todas as células, o que indica a ocorrência de degradação por efeito PID.

As células mais degradadas são aquelas localizadas próximo às bordas do módulo, onde a diferença de potencial elétrico entre a célula e a moldura tem sua maior intensidade.

Comparando-se as Figuras 3 e 5 é possível perceber grande diferença de coloração nas células B6, C6, D6 e E6, localizadas próximo a uma borda, antes e depois do teste.

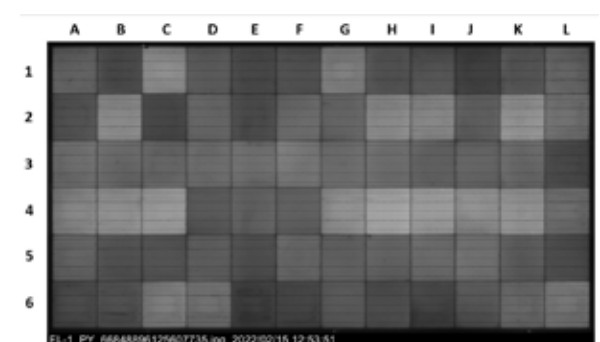


Figura 5: Imagem de eletroluminescência da amostra A depois da degradação por PID

Tudo que o integrador solar precisa



ECOSSISTEMA GENYX

Além da melhor plataforma online para comercialização de kits geradores fotovoltaicos, o integrador parceiro Genyx pode contar com todo um ecossistema de soluções integradas. Conheça o **Banco Genyx**: O Banco Digital do Integrador Solar - parceria com o Banco BV.

BANCOGENYX.COM.BR



bancogenyx.com.br

GENYX **SOLAR**[®]
POWER

A Figura 6 mostra a curva I-V do módulo após a degradação por PID. Pode-se ver (conforme a Tabela II) que todos os parâmetros do módulo sofreram alteração.

O maior impacto foi notado na potência máxima (Pmax), que sofreu redução de 8,86%. A redução da potência indica uma redução do fator de forma do módulo, o que por sua vez revela que os parâmetros Rs (resistência série) e Rsh (resistência shunt) sofreram alteração, consequências conhecidas do efeito PID.

A corrente de curto-circuito e a tensão de circuito aberto não sofreram alteração significativa.

Tabela II: Características da amostra A antes e depois da degradação por efeito PID.

	Eficiência do Módulo (n)	Resistência Série (Rs)	Resistência Shunt (Rsh)	Corrente de Curto-circuito (Isc)	Tensão de Circuito Aberto (Voc)	Potência Máxima (Pmax)
Antes da degradação	20,54%	0,454 Ω	295,63 Ω	10,45 A	49,16 V	412,79 W
1º ciclo	193,41%	0,516 Ω	263,55 Ω	10,02 A	48,81V	376,18 W

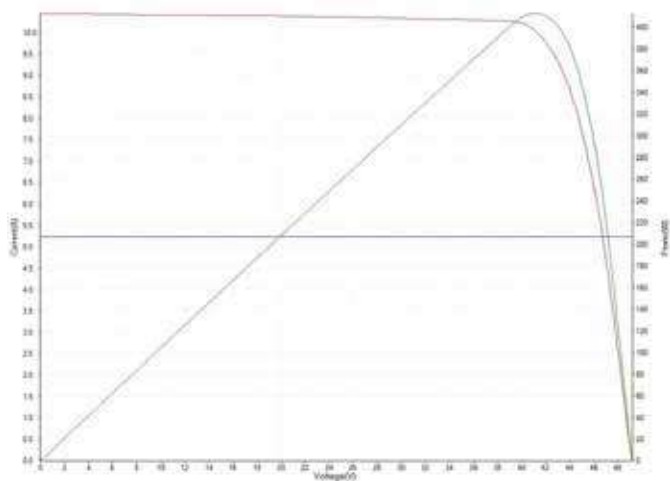


Figura 6: Curva I-V da amostra A após o 1º ciclo de degradação por PID

Para confirmar o impacto do efeito PID sobre o módulo fotovoltaico, realizou-se mais um ciclo de teste, também com duração de 96 horas.

A norma IEC 61215 exige apenas um ciclo de 96 horas, mas é inte-

ressante realizar testes estendidos, que permitem verificar de forma mais precisa a ocorrência da degradação.

A Figura 7 apresenta o resultado da eletroluminescência da amostra A após um segundo ciclo de degradação de 96 horas, nas mesmas condições do ciclo anterior.

O resultado do teste de EL evidencia ainda mais a degradação pelo efeito PID, com o escurecimento acentuado de todas as células, principalmente as localizadas nas bordas.

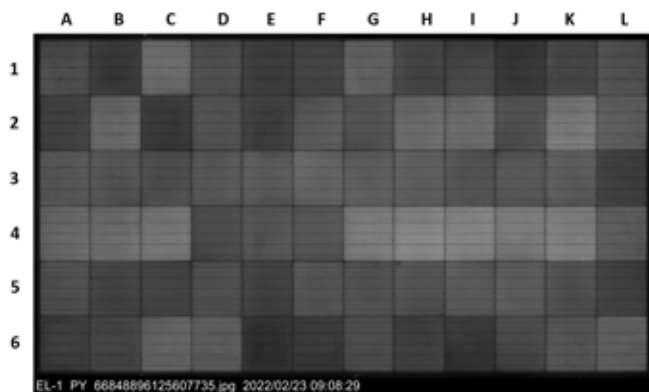


Figura 7: Imagem de eletroluminescência da amostra A após o 2º ciclo de degradação por PID

Alterações nos parâmetros elétricos do módulo também foram verificadas após o segundo ciclo de degradação, mas com variação menor em comparação com o 1º ciclo.

No total, depois dos dois ciclos, o módulo sofreu uma redução de potência de 12,79%.

Tabela III: Características da amostra A, antes de qualquer degradação e depois do segundo ciclo por PID.

	Eficiência do Módulo (n)	Resistência Série (Rs)	Resistência Shunt (Rsh)	Corrente de Curto-circuito (Isc)	Tensão de Circuito Aberto (Voc)	Potência Máxima (Pmax)
Antes da degradação	20,54%	0,454 Ω	295,63 Ω	10,45 A	49,16 V	412,79 W
2º ciclo	18,27%	0,578 Ω	Ω 231,46	9,78 A	48,49 V	359,97

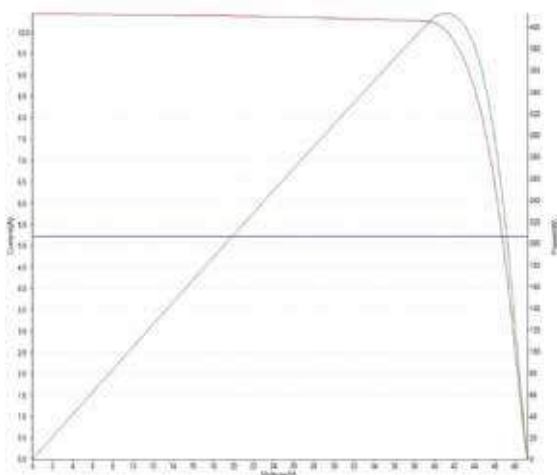


Figura 8: Curva I-V da amostra A após o 2º ciclo de degradação por PID

Em seguida foi testado um módulo de outro fabricante (amostra B), do tipo bifacial. Uma grande diferença desse módulo em relação ao anterior, além do tipo de célula, é a presença do backsheet transparente.

A Figura 9 apresenta a imagem

de EL do módulo bifacial (amostra B). Um pequeno detalhe nesta imagem é a trinca existente na célula F2, provavelmente causada por algum problema durante o transporte, já que não é comum a ocorrência de defeitos desse tipo em módulos novos. Entretanto, este pequeno detalhe não tem influência nos resultados dos testes aqui realizados.

Ainda na Figura 9, pode-se ver que todas as células têm a mesma coloração, indicando boa homogeneidade entre elas. As células empregadas por esse fabricante provavelmente passam por um processo mais rigoroso de seleção, para maior uniformidade – o que, como consequência, possibilita obter módulos de maior eficiência.

aldo | SOLAR

INOVAÇÃO É A NOSSA
ENERGIA

Há 40 anos no mercado com soluções certas para cada necessidade!

EXCLUSIVO ALDO SOLAR

MÓDULOS DE ULTRA EFICIÊNCIA

TECNOLOGIA N-Type TOPCon	COEFICIENTE de temperatura /°C - 0,30%
PRIMEIRO ANO de degradação ≤ 1%	DEGRADAÇÃO LINEAR nos demais anos -0,4%

Solar
JinKO
TIGER Neo
**MONO
565W**

EFICIÊNCIA
21,87%
87,4%
AOS 30 ANOS

PAINÉIS JINKO TIGER NEO:

- Potência de 465W, 470W e 565W;
- Alta produtividade e eficiência;
- Máximo rendimento de energia;
- Vida útil mais longa.

www.aldosolar.com.br

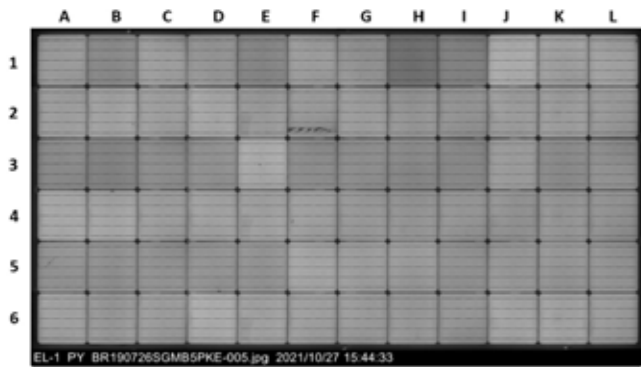


Figura 9: Imagem de EL da amostra B antes da degradação por PID

Na Figura 10 observa-se a curva I-V da amostra B antes de sofrer degradação. As características elétricas originais do módulo, extraídas da curva, são mostradas na Tabela IV.

Tabela IV: Características originais da amostra B antes da degradação por PID.

Eficiência do Módulo (n)	Resistência Série (Rs)	Resistência Shunt (Rsh)	Corrente de Curto-circuito (Isc)	Tensão de Circuito Aberto (Voc)	Potência Máxima (Pmax)
19,25%	0,475 Ω	287,75 Ω	9,52 A	48,99 V	373,47 W

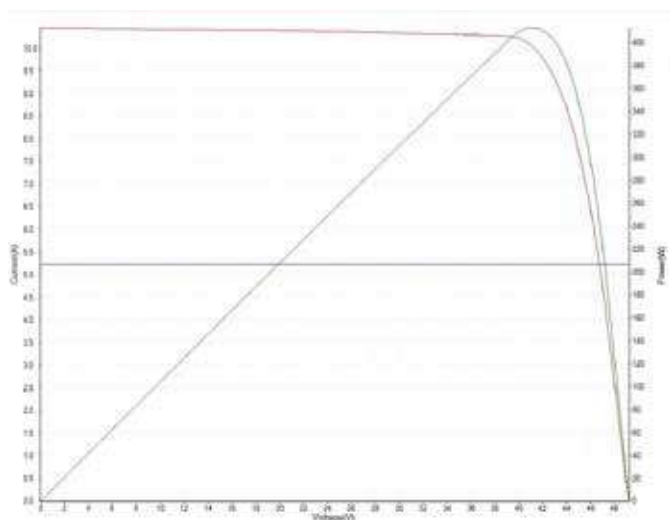


Figura 10. Curva I-V da amostra B antes da degradação por PID

Após um ciclo de 96 horas de teste em câmara climática, com uma temperatura interna de 85 °C e 85% de umidade relativa, o módulo foi novamente caracterizado por meio de imagem de EL (Figura 11) e curva I-V (Figura 12).

Na imagem de EL da Figura 11 observa-se a degradação ocorrida em todas as células desse módulo, sen-

do que as mais degradadas são as que se encontram próximo às bordas.

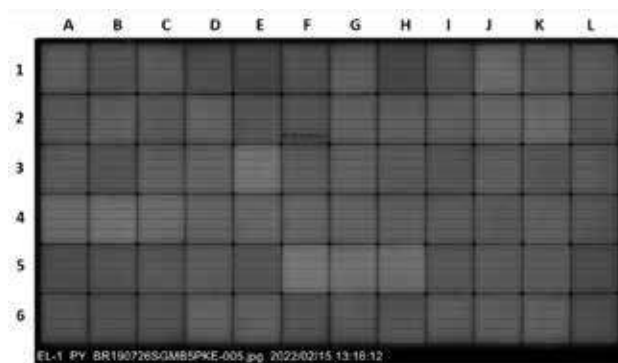


Figura 11. Imagem de EL da amostra B após o 1º ciclo de degradação por PID

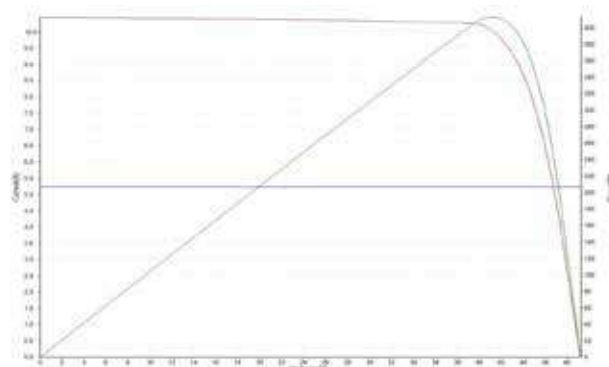


Figura 12: Curva I-V da amostra B após o 1º ciclo de degradação por PID

Não pegue atalhos, **CAPACITE-SE** com quem entende do assunto!

Fundamentos de
Energia Solar Fotovoltaica

Projeto Avançado de
Usinas Solares de até 5MW

Tributos Sobre Consumo e
Geração de Energia Elétrica

Projeto de Sistemas FV
com PVSyst e SOLERGO

**CURSOS DO
CANAL SOLAR**



Da mesma forma que o módulo convencional testado anteriormente, observou-se a redução da potência de pico após a degradação. Neste caso, entretanto, a redução de potência foi de apenas 2,83%, contra a redução de 8,86% do módulo anterior.

Tabela V: Características da amostra B, antes de qualquer degradação e depois do primeiro ciclo por PID.

	Eficiência do Módulo (n)	Resistência Série (Rs)	Resistência Shunt (Rsh)	Corrente de Curto-circuito (Isc)	Tensão de Circuito Aberto (Voc)	Potência Máxima (Pmax)
Pré degradado	19,25%	0,475 Ω	287,75 Ω	9,52 A	48,99 V	373,47 W
1º ciclo	18,48%	0,508 Ω	231,57 Ω	9,49 A	48,56 V	362,9 W

Na Figura 13 observa-se a imagem de EL da amostra B após um segundo ciclo de degradação, novamente com as mesmas condições e durante um período de 96 horas.

Após o segundo ciclo de degradação, o módulo B novamente apresentou uma leve queda de potência, em comparação com o módulo anterior.

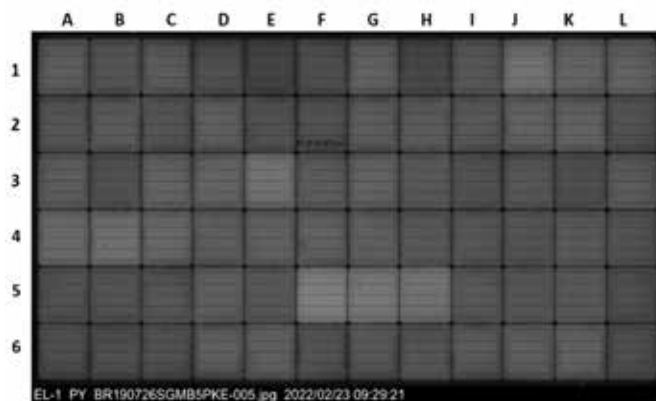


Figura 13: Imagem de EL da amostra B após o 2º ciclo de degradação por PID

Tabela VI: Características da amostra B antes de qualquer degradação e depois do segundo ciclo de degradação por PID.

	Eficiência do Módulo (n)	Resistência Série (Rs)	Resistência Shunt (Rsh)	Corrente de Curto-circuito (Isc)	Tensão de Circuito Aberto (Voc)	Potência Máxima (Pmax)
Antes da degradação	19,25%	0,475 Ω	287,75 Ω	9,52 A	48,99 V	373,47 W
2º ciclo	17,70%	0,541 Ω	175,4 Ω	9,46 A	48,13V	352,34 W

Cursos do Canal Solar

**Tributos Sobre Consumo e Geração de Energia Elétrica
(ONLINE AO VIVO)**

**Projeto de Cabine Primária para Usinas Solares FV
(ONLINE AO VIVO)**

**Aterramento e SPDA – ênfase em Usinas Fotovoltaicas
(ONLINE AO VIVO)**

**Projetos de Energia Solar com Armazenamento em Baterias: Off-Grid,
híbridos e backup
(ONLINE AO VIVO)**

**Projeto Avançado de Usinas Solares de Geração Distribuída até 5MW
(ONLINE AO VIVO)**

**Fundamentos de Energia Solar Fotovoltaica
(ONLINE GRAVADO)**

**Energia Solar FV - Módulo Comercial - Vendas
(ONLINE GRAVADO)**

**Curso de Projeto de Microgeração de Energia Solar FV
(ONLINE GRAVADO)**

**Projeto de Sistemas FV com PVSyst e SOLERGO
(ONLINE GRAVADO)**

**Energia Solar e Mercado Livre
(ONLINE AO VIVO E GRAVADO)**

Confira as condições especiais de Intersolar

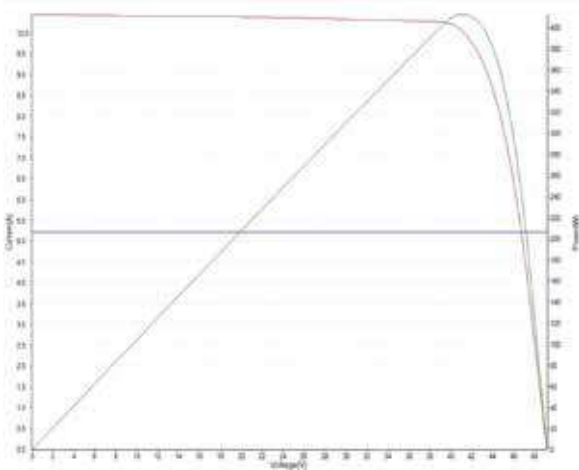


Figura 14: Curva I-V da amostra B após o 2º ciclo de degradação por PID

Conclusões

O efeito PID ocorre quando existe uma elevada diferença de potencial entre as células fotovoltaicas e a moldura do módulo, que normalmente é aterrada.

A causa raiz do problema é a elevação dos potenciais de entrada dos inversores em relação à terra, devido ao seu modo de funcionamento. Normalmente o polo negativo da string recebe um potencial negativo, enquanto o polo positivo recebe um potencial de mesma polaridade.

Módulos do tipo P (os mais comuns) mais próximos do polo negativo da string sofrem a degradação PID com maior intensidade. No caso de módulos do tipo N, normalmente o efeito é contrário, sendo mais afetados pela degradação PID os módulos próximos ao polo positivo da string.

Uma solução para esse problema seria o aterramento de um dos polos da string (positivo ou negativo, conforme o tipo de módulo), porém isso requer o uso de um inversor com transformador de saída.

Temperatura e umidade influenciam a degradação PID. A norma IEC 61215 exige um teste com duração de 96 horas, com temperatura de 85 °C e umidade relativa de 85%.

Módulos com diferentes composições podem sofrer a degradação por PID com maior ou menor intensidade.

Neste artigo foram mostrados resultados de testes de efeito PID em dois módulos distintos, ambos baseados em células monocristalinas, mas com composições diferentes.

O segundo módulo testado apresentou degradação de potência cerca de 70% menor do que a do primeiro. Isso revela a importância desse tipo de teste para a avaliação da durabilidade dos módulos fotovoltaicos e para a comparação de produtos de diferentes modelos e fabricantes.

Referências

- Carolus, J., Tsanakas, J.A., van der Heide, A., Voroshazi, E., De Ceuninck, W., Daenen, M., 2019. Physics of potential-induced degradation in bifacial p-PERC solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 200, 109950. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2019.109950>
- Hara, K., Jonai, S., Masuda, A., 2015. Potential-induced degradation in photovoltaic modules based on n-type single crystalline Si solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 140, 361–365. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.04.037>
- Kumari, V., Kumar, N., Srivatsa, K.M.K., Aloysius, R.P., Datta, M., Kumar Srivastava, S., Vandana, Mohan Singh Rauthan, C., Pathi, P., 2020. Estimation of potential induced degradation in solar Mini-modules. *Materials Today: Proceedings* 30, 229–233. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.258>
- Kwembur, I.M., Crozier McClelland, J.L., van Dyk, E.E., Vorster, F.J., 2020. Detection of Potential Induced Degradation in mono and multi-crystalline silicon photovoltaic modules. *Physica B: Condensed Matter* 581, 411938. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2019.411938>
- Naumann, V., Lausch, D., Großer, S., Werner, M., Swatek, S., Hagen-dorf, C., Bagdahn, J., 2013. Microstructural Analysis of Crystal Defects Leading to Potential-Induced Degradation (PID) of Si Solar Cells. *Energy Procedia* 33, 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.042>
- Nguyen, D.C., Ishikawa, Y., Jonai, S., Nakamura, K., Masuda, A., Ura-oka, Y., 2020. Elucidating the mechanism of potential induced degradation delay effect by ultraviolet light irradiation for p-type crystalline silicon solar cells. *Solar Energy* 199, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.02.034>
- Oh, W., Bae, S., Kim, D., Park, N., 2018. Initial detection of potential-induced degradation using dark I-V characteristics of crystalline silicon photovoltaic modules in the outdoors. *Microelectronics Reliability* 88–90, 998–1002. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2018.06.093>
- Slamberger, J., Schwark, M., Van Aken, B.B., Vrtič, P., 2018. Comparison of potential-induced degradation (PID) of n-type and p-type silicon solar cells. *Energy* 161, 266–276. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.118>
- Wang, Q., 2020. Research on the effect of encapsulation material on anti-PID performance of 1500 V solar module. *Optik* 202, 163540. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.163540>
- PVEL – PV Evolution Labs, 2019. PV Module Product Qualification Program (PQP): LeTID Sensitivity Test.
- International Technology Roadmap For Photovoltaics - ITRPV, 12ª edição, 2021. Disponível: <https://itrvp.vdma.org>



Conhecimento
é a nossa
Energia!

www.canalsolar.com.br

