

IMPACTOS DAS ENCHENTES NO SISTEMA ELÉTRICO

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SUBMETIDOS À SUBMERSÃO: QUAIS AS POSSÍVEIS FORMAS DE RECUPERÁ-LOS?

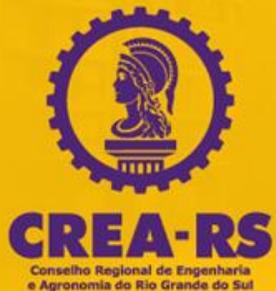
**Leandro Michels**

Engenheiro Eletricista CREA-RS 135084

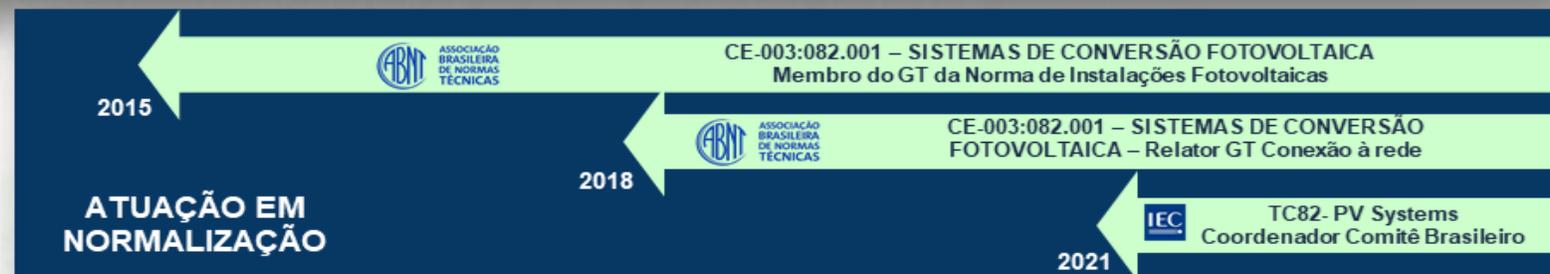
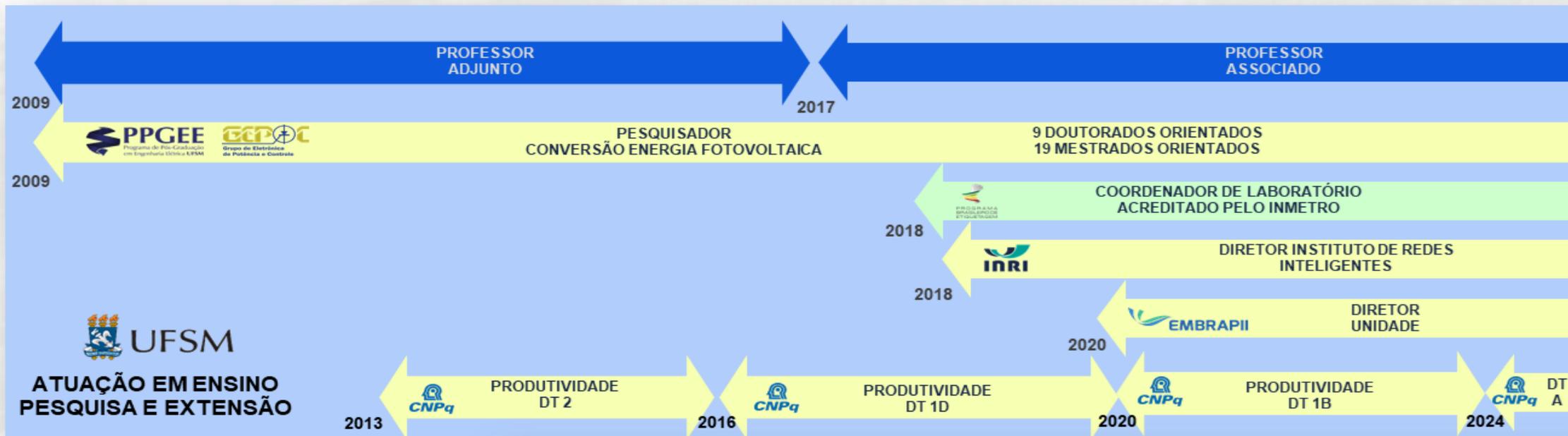
 [www.linkedin.com/in/leandro-michels/](https://www.linkedin.com/in/leandro-michels/)

 [www.facebook.com/leandromichels.sm/](https://www.facebook.com/leandromichels.sm/)

 [www.instagram.com/leandromichels/](https://www.instagram.com/leandromichels/)



# LEANDRO MICHELS: EXPERIÊNCIA SETOR FOTOVOLTAICO



OBS.: As logomarcas da UDESC, CNPq, PBE Inmetro, Embrapii, CNPq, ABNT e IEC são marcas registradas das respectivas instituições. Os desenhos foram extraídos da web e aqui inseridos meramente para facilitar a identificação pela audiência das respectivas instituições.



# CONEXÃO COM A PRÁTICA: LABORATÓRIO DE ENSAIOS

## PBE INMETRO

Ensaios  
ABNT NBR  
ISO/IEC 17025



CRL 1322

### INVERSOR ON GRID

Até 75 kW

Ensaios  
ABNT NBR  
ISO/IEC 17025



CRL 1322

### INVERSOR ON GRID COM BATERIAS

Até 75 kW

Ensaios  
ABNT NBR  
ISO/IEC 17025



CRL 1322

### INVERSOR OFF GRID

Até 75 kW

Ensaios  
ABNT NBR  
ISO/IEC 17025



CRL 1322

### CONTROLADOR DE CARGA

Até 20 kW

MAIS DE 300 EQUIPAMENTOS  
TESTADOS DESDE 2017

## NÃO ACREDITADOS

### INVERSORES ON GRID

Até 240 kW

### EFICIÊNCIA DE INVERSORES

Até 240 kW

### QUALIDADE DE ENERGIA

Até 240 kW

### SEGURANÇA DE INVERSORES

Até 240 kW

MAIS DE 150 EQUIPAMENTOS  
TESTADOS DESDE 2017



1

# SISTEMAS FV SUBMERSOS

Como classificar diferentes casos



**CREA-RS**  
Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia do Rio Grande do Sul

## SISTEMAS FV SUJEITOS A SUBMERSÃO TEMPORÁRIA

**Sistema pode ser recuperado?**

**Se sim, quais procedimentos deve ser adotados?**

# SISTEMAS FV SUJEITOS A SUBMERSÃO TEMPORÁRIA

CASO 1

Submersão parcial dos dispositivos de proteção e conversão e nenhuma dos módulos

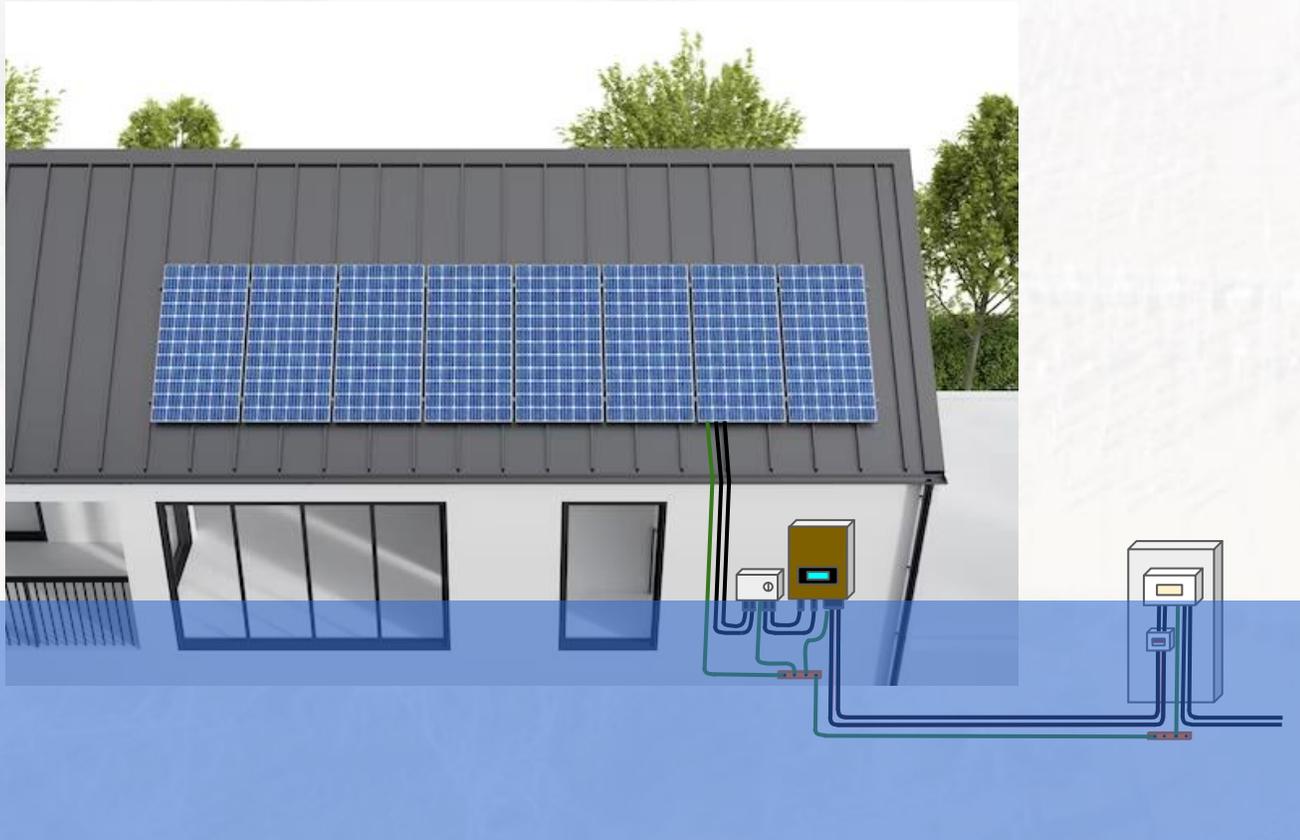


Imagem: Isaias Rheinheimer/GES-Especial  
Site: abcmais.com

# SISTEMAS FV SUJEITOS A SUBMERSÃO TEMPORÁRIA

## CASO 2

Submersão total dos dispositivos de proteção e conversão e nenhuma dos módulos

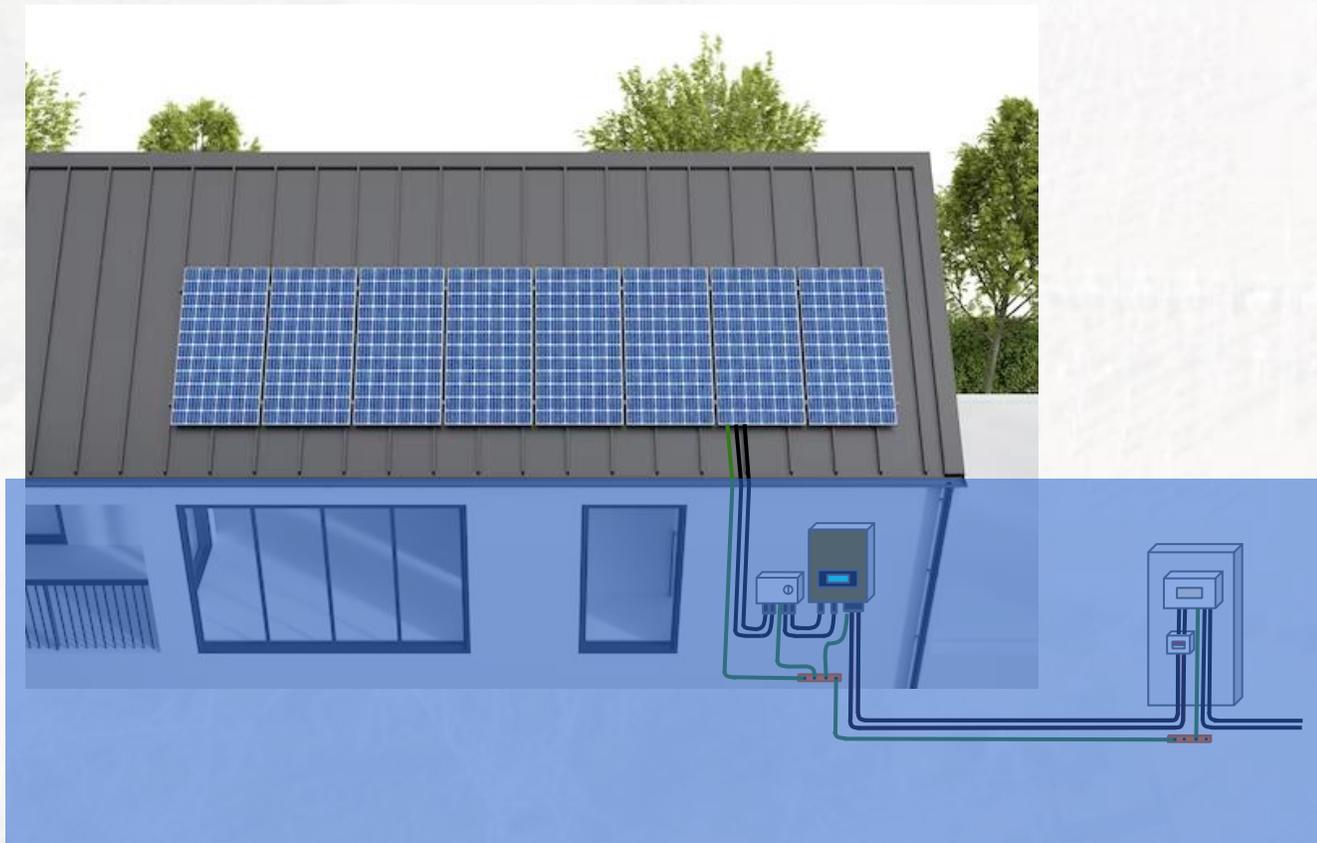


Imagem: Geração Própria  
Site: [www.pv-magazine-brasil.com/](http://www.pv-magazine-brasil.com/)

# SISTEMAS FV SUJEITOS A SUBMERSÃO TEMPORÁRIA

## CASO 3

Submersão total dos dispositivos de proteção e conversão e dos módulos

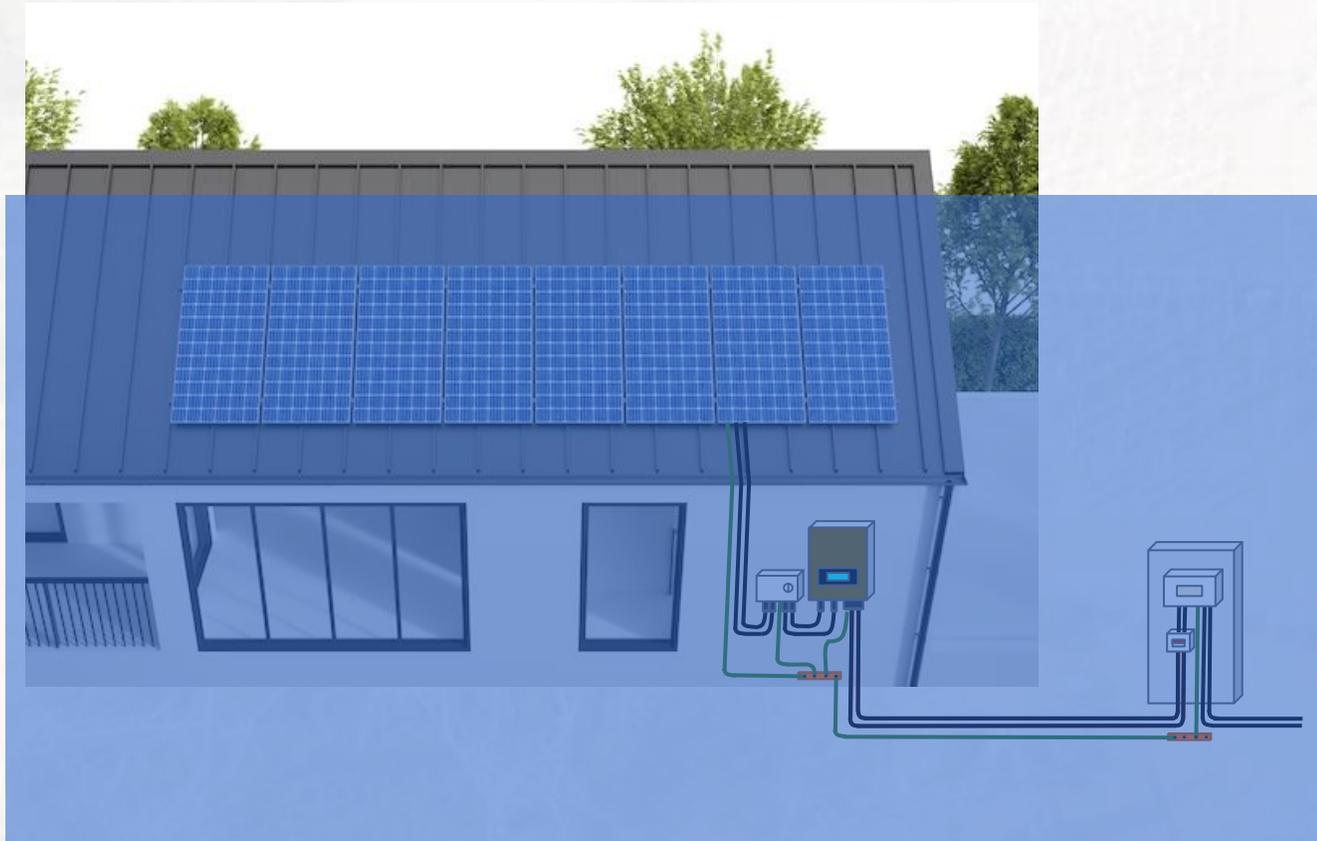


Imagem: Soluções Pedroso  
Site: [www.pv-magazine-brasil.com/](http://www.pv-magazine-brasil.com/)

## SISTEMAS FV SUJEITOS A SUBMERSÃO TEMPORÁRIA

Qual a topologia do circuito?	Microinversor	Inversor string		
Foi desligada a parte c.a. antes da submersão?	Sim	Não		
Quais partes / equipamentos do sistema foram submersas?	Módulos	Cabos c.c.	Conectores c.c.	String box c.c.
	Inversor	Quadros c.a.	Webbox	
Qual a classe de isolamento dos equipamentos	IP 67/68	IP 66/65	> IP 65	
Quanto tempo ficou submerso?	Poucas horas	Dias		
O sistema foi sujeito à fluxo de água com correnteza?	Sim	Não		
Alguém potencialmente manuseou durante o alagamento?	Sim	Não		

2

## GRAU DE PROTEÇÃO

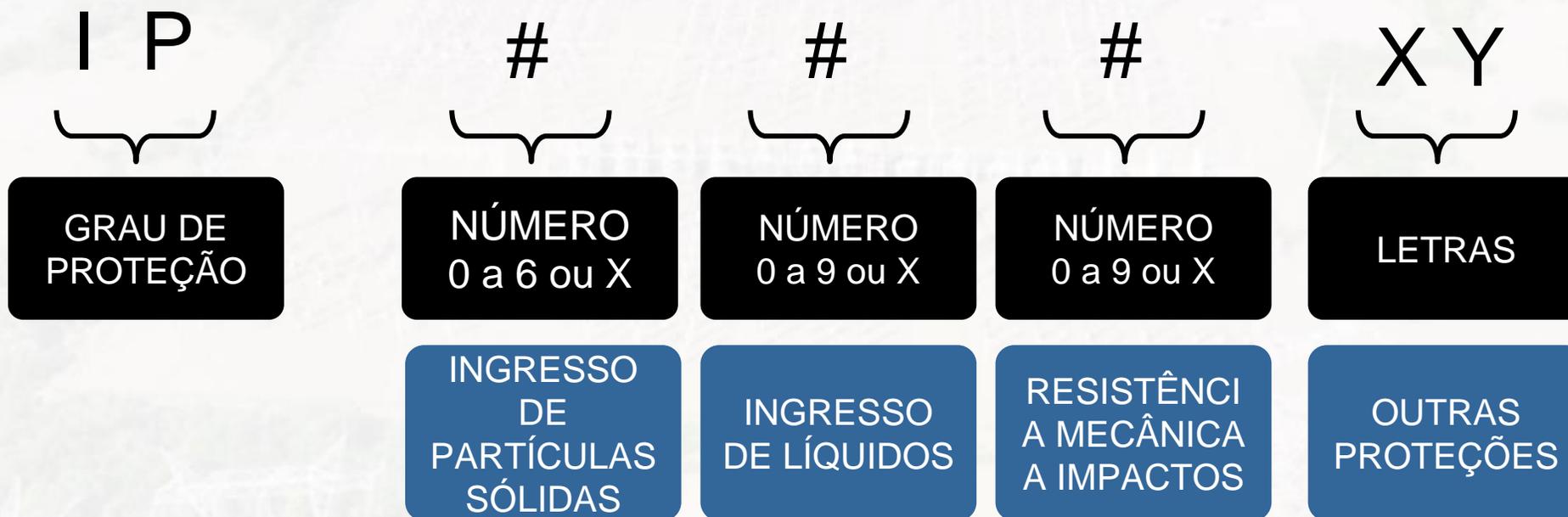
O ponto crucial para avaliação da proteção contra água



**CREA-RS**  
Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia do Rio Grande do Sul

# GRAU DE PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

IEC 60529



# GRAU DE PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

## PRIMEIRO NÚMERO

Proteção que o encapsulamento do equipamento oferece com relação as partes perigosas (condutores elétricos, partes móveis, superfícies cortantes) ou ingresso de objetos sólidos vindos do exterior

#	Proteção efetiva contra objetos	Proteção pretendida
0	Nula	Nenhuma proteção contra contato ou ingresso de objetos
1	> 50 mm	Qualquer grande superfície do corpo, como parte de trás das mãos
2	> 12.5 mm	Dedos ou objetos similares
3	> 2.5 mm	Ferramentas, fios grossos
4	> 1.0 mm	Parafusos finos, fios em geral, grandes insetos
5	Proteção contra poeira	Poeira entra em pequena quantidade mas não interfere na operação
6	Vedado contra poeira	Poeira não entra (teste vácuo / 8h em câmara de poeira)
X	Desconhecida	Não se conhece nada sobre o desempenho do equipamento

# GRAU DE PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

## SEGUNDO NÚMERO

Proteção que o encapsulamento do equipamento oferece contra a entrada prejudicial de água

#	Proteção efetiva contra objetos	Teste
0	Nula	Nenhuma proteção contra ingresso de água
1	Água pingando	10min 1mm de chuva vertical
2	Água pingando inclinada em 15°	2.5min por direção 3mm de chuva inclinada
3	Pulverização de água	1min por m2 por 5min 10 l/min com bico de pulverização 50-150kPa
4	Salpicos de água	10min 10 l/min com bico de pulverização desprotegido
5	Jatos de água	1min por m2 por 3min 12.5 l/min com jato de 30kPa distante 3m
6	Jatos de água potentes	1min por m2 por 3min 100 l/min com jato de 100kPa distante 3m
7	Imersão em água até 1m	30min ponto mais baixo a 1m linha d'água e ponto mais alto >15cm linha d'água
8	Imersão em água até 1m ou maior	Duração e profundidade definida pelo fabricante (típico 30min e 3m)
9	Potentes jatos em alta temperatura	30s por direção 15 l/min com jato de 9MPa distante 15cm a 80°C
X	Desconhecida	Não se conhece nada sobre o desempenho do equipamento

3

## CLASSE IP DE EQUIPAMENTOS FV

Exemplos práticos

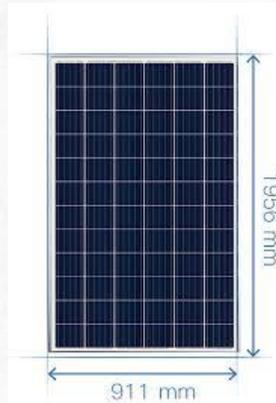


**CREA-RS**  
Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia do Rio Grande do Sul

# EXEMPLO: MÓDULO FV

## Standard Series TSP-72

Trunsun High Efficiency Polycrystalline Solar Module  
325-345W



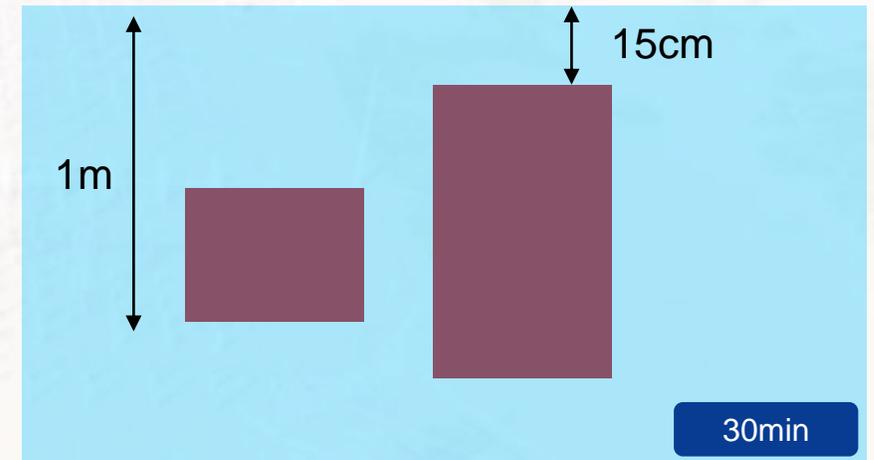
### MECHANICAL DATA

Cell Type	Poly-Crystalline, 6" inch
Cell Arrangement	72pcs (6×12)
Dimension (L×W×H)	1956×991×35mm
Weight	21.5kg
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67, 3 Bypass Diodes
Cable Type	4mm <sup>2</sup>
Length of Cable	1200mm
Connector	PV Connector

Fonte: <https://cdn.ensolar.com/z/pp/prl60d267cf86fcf/5efe94658ba47.pdf>

7

Não há entrada de água em quantidade prejudicial quando o invólucro estiver submerso nas condições especificadas



Não garante isolamento por longos tempos submersos

# EXEMPLO: MÓDULO FV



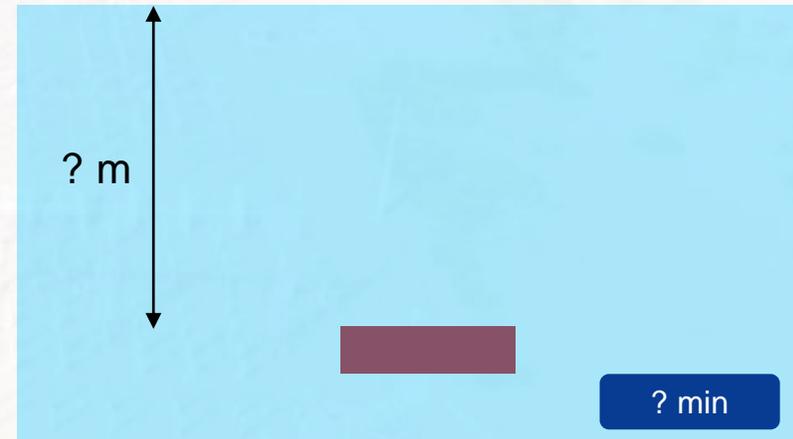
## MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline
Cell configuration	110 cells (5×11+5×11)
Module dimensions	2384×1096×35mm
Weight	29kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm <sup>2</sup> , Positive(+)350mm, Negative(-)230mm (Connector Included ) or customized length
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

Fonte: <https://en.risenenergy.com/uploads/20240117/RSM110-8-535-560M%20IEC1500V-35mm%202023H2-2-EN.pdf>

8

Adequado para imersão contínua em água sob condições especificadas pelo fabricante. Água pode entrar, mas não deve prejudicar o equipamento



Provavelmente garantida isolamento por longos tempos submersos, mas sem garantia além do tempo de teste

# EXEMPLO: MÓDULO FV

**STÄUBLI**

Original MC4

Renewable Energy | Solar Photovoltaics



## Technical data

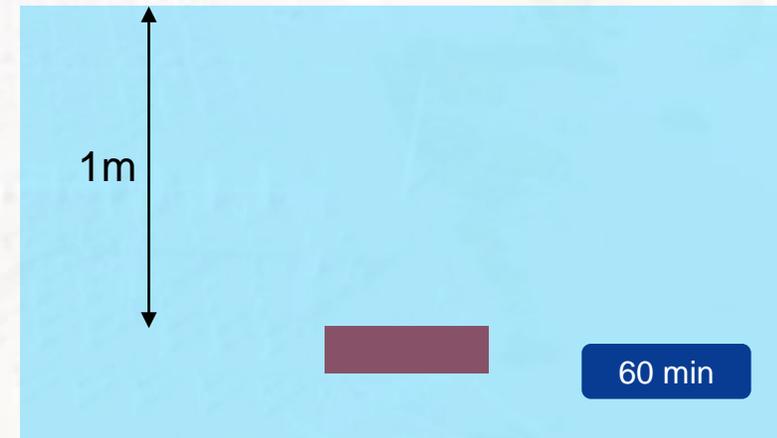
### Technical data

Ambient temperature range	-40 °C...+85 °C (TÜV/UL)
Upper limiting temperature	105 °C
Degree of protection, mated	IP65/IP68 (1 m, 1 h)
Degree of protection, unmated	IP2X
Degree of pollution	3

Fonte: <https://www.staubli.com/content/dam/spot/SOL-MC4-11014112-en.pdf>

8

Adequado para imersão contínua em água sob condições especificadas pelo fabricante. Água pode entrar, mas não deve prejudicar o equipamento



Não garante isolamento por longos tempos submersos

# EXEMPLO: STRING BOX FV



**CLAMPER Solar SB 2E/1S 1040V 20A**



Invólucro	Unidade	
Peso aproximado	kg	1,8
Dimensões	mm	308,3 X 253,3 X 112,5 (C x A x P)
Grau de proteção	-	IP65
Material	-	Polícarbonato com proteção UV

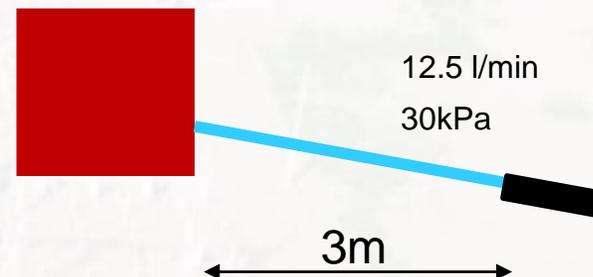
Características Técnicas	Unidade	DPS CLAMPER Solar 1040V 40kA
Seção de condutores de conexão elétrica	mm <sup>2</sup>	4 - 25
Torque do parafuso de conexão elétrica	Nm	3,2 ± 0,3
Grau de proteção	-	IP20

Fonte: <https://www.lojaclamper.com.br/clamper-solar-string-box-1040v-20a-2e-1s/p>

DPS não suporta imersão

5

Água projetada por um bocal de 6,3 mm contra o invólucro de qualquer direção não causará efeito prejudicial



Não garante isolamento para submersão

# EXEMPLO: STRING BOX FV



## STRING BOX

01 Caixa FAMATEL Proteção UV

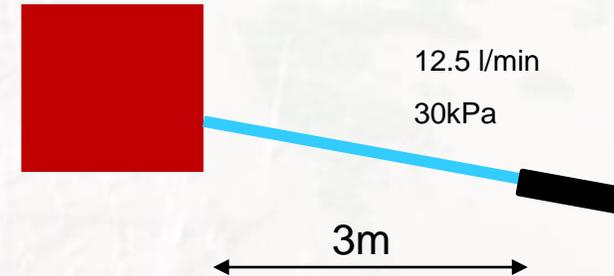
02 Resistente à água

Características Gerais				
MODELO	S1.03.4.02.02-01.02	S1.05.4.02.02-01.02	S1.06.4.02.02-01.02	S1.07.4.02.02-01.02
Norma de instalação	ABNT NBR 16690:2019			
Tensão máxima operação	300V CC	500V CC	600V CC	750V CC
Nº de entradas	02	02	02	02
Corrente máxima entrada	40A CC	35A CC	35A CC	25A CC
Nº de saídas	02	02	02	02
Corrente máxima saída	40A CC	35A CC	35A CC	25A CC
Grau de proteção	IP 65			
Tipo de montagem	Sobrepor			

Fonte: embrastec.com.br

5

Água projetada por um bocal de 6,3 mm contra o invólucro de qualquer direção não causará efeito prejudicial



Não garante isolamento por longos tempos submersos

# EXEMPLO: INVERSOR FV



## Smart Energy Controller

SUN2000-8-10K-LC0



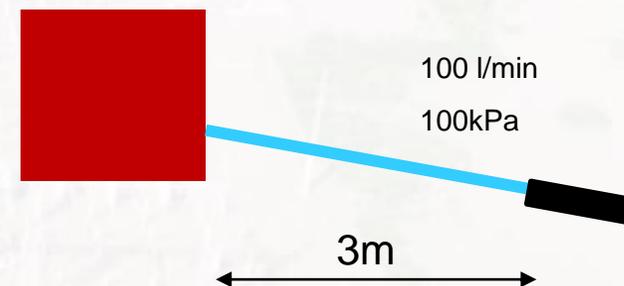
### General Data

Operating temperature range	-25 °C to +60 °C (-13 °F - 140 °F)	
Relative operating humidity	0% - 100% RH	
Operating altitude	0 - 4,000 m (Derating above 2,000 m)	
Cooling	Natural convection	Smart Air Cooling
Display	LED indicators; integrated WLAN + FusionSolar app	
Communication	RS485, WLAN / Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional), EMMA (available from 30/11/2023)	
Weight	14.5 kg	15 kg
Dimensions (W x H x D) (incl. mounting plate)	425 mm x 365 mm x 150 mm (16.7 x 14.4 x 5.9 inch)	
Degree of protection	IP66	

Fonte: <https://solar.huawei.com/en/professionals/all-products/SUN2000-8-10K-LC0/specs>

6

Água projetada por jatos potentes bocal de 12,5 mm contra o invólucro de qualquer direção não causará efeito prejudicial



Não garante isolamento por longos tempos submersos

# EXEMPLO: OTIMIZADOR FV



## Smart Module Controller

SUN2000-450W-P2/SUN2000-600W-P



### General Specifications

Dimensions (W x H x D)	75 mm x 140 mm x 28 mm (3.0 in. x 5.5 in. x 1.1 in.)
Weight (including cables)	0.6 kg (1.3 lb.)
Installation part (optional)	Frame mounting bracket / T-shaped bolt <sup>4</sup>
Input connector	Staubli MC4
Input wire length	0.15 m (0.49 ft.)
Output connector	Staubli MC4
Output wire length	1.3 m (4.3 ft.)
Operating temperature / humidity range	-40 °C to +85 °C <sup>5</sup> / 0% - 100%
IP rating	IP68
Compatible inverters	SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1, SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1, SUN2000-8/10/12/15/17/20KTL-M2, SUN2000-12/15/17/20/25KTL-M5, SUN2000-30/36/40KTL-M3

Fonte: <https://solar.huawei.com/en/professionals/all-products/SUN2000-8-10K-LC0/specs>

8

Adequado para imersão contínua em água sob condições especificadas pelo fabricante. Água pode entrar, mas não deve prejudicar o equipamento

? m

? min

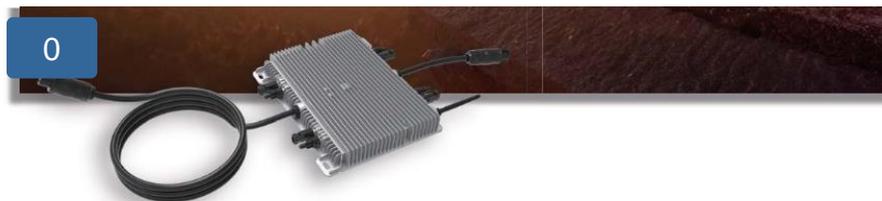
Provavelmente garantida isolamento por longos tempos submersos, mas sem garantia além do tempo de teste

# EXEMPLO: MICRO INVERSOR FV

**Deye**

## Micro Inversor

SUN1300G3-US-220/EU-230 SUN1600G3-US-220/EU-230  
SUN1800G3-US-220/EU-230 SUN2000G3-US-220/EU-230

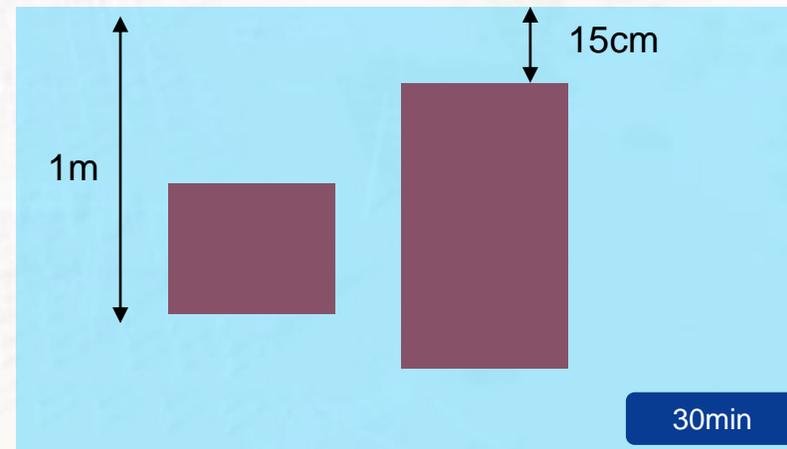


- R Suporte à compensação de potência reativa
- Comunicação WIFI
- 4 MPPT, monitoramento a nível de módulo
- Função de desligamento rápido
- Proteção grau IP67
- 13A Maxima Corrente CC de Entrada

Fonte: <https://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto151506IdArquivo26638.pdf>

7

Não há entrada de água em quantidade prejudicial quando o invólucro estiver submerso nas condições especificadas



Não garante isolamento por longos tempos submersos

4

## É POSSÍVEL RECUPERAR?

Procedimentos a serem adotados para recuperar os sistemas



**CREA-RS**

Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia do Rio Grande do Sul

## POSSÍVEL PROCEDIMENTO A SER ADOTADO

### Possível procedimento a ser adotado:

- 1 Desconectar todos os cabos empregando EPIs adequados (desenergização plena)
- 2 Verificar a topologia do circuito completa para ver se não há danos aparentes na instalação.
- 3 Listar todos os equipamentos que foram submersos e se verificar seus códigos IPs
- 4 Limpar, lavar e secar todas as partes elétricas externas molhada e remover barro e sujeira (usar álcool isopropílico, limpa contatos, secador de cabelo / soprador térmico)

**OBS.:** Por riscos de segurança, deve ser realizado com a supervisão de profissional habilitado (técnico em eletrotécnica, engenheiro eletricista)

## POSSÍVEL PROCEDIMENTO A SER ADOTADO

5

**Avaliar as ações a serem tomadas nos equipamentos:**

IP68	sem manutenção	provavelmente continua funcionando
IP67	abrir para verificar se está molhado	testar para ver se continua funcionando
IP66	abrir para secar e retirar água que entrou	possivelmente continua funcionando
IP65	abrir para limpar a sujeira, limpar	há chance de continuar funcionando
>IPx4	abrir para limpar o barro acumulado	Pouca chance de continuar funcionando

6

**Substituir todos elementos IP20 que foram molhados (DPS, disjuntores, etc)**

**OBS.: Por riscos de segurança, deve ser realizado com a supervisão de profissional habilitado (técnico em eletrotécnica, engenheiro eletricista)**

## POSSÍVEL PROCEDIMENTO A SER ADOTADO

- 7 Fazer testes preliminares nos equipamentos limpos um-a-um
- 8 Ligar os equipamento e verificar as funcionalidades
- 9 Consertar/substituir os equipamentos que forem danificados
- 10 Recomissionar os sistemas fotovoltaicos

OBS.: Por riscos de segurança, deve ser realizado com a supervisão de profissional habilitado (técnico em eletrotécnica, engenheiro eletricista)

IMPACTOS DAS ENCHENTES NO SISTEMA ELÉTRICO

# SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SUBMETIDOS À SUBMERSÃO: QUAIS AS POSSÍVEIS FORMAS DE RECUPERÁ-LOS?

**Leandro Michels**

Engenheiro Eletricista CREA-RS 135084



[www.linkedin.com/in/leandro-michels/](https://www.linkedin.com/in/leandro-michels/)



[www.facebook.com/leandromichels.sm/](https://www.facebook.com/leandromichels.sm/)



[www.instagram.com/leandromichels/](https://www.instagram.com/leandromichels/)

