
A EXPERIÊNCIA ACUMULADA COM A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA DA USP E PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE DE EQUIPAMENTOS

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
LABORATÓRIO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



Roberto Zilles



A EXPERIÊNCIA ACUMULADA COM A OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA DA USP

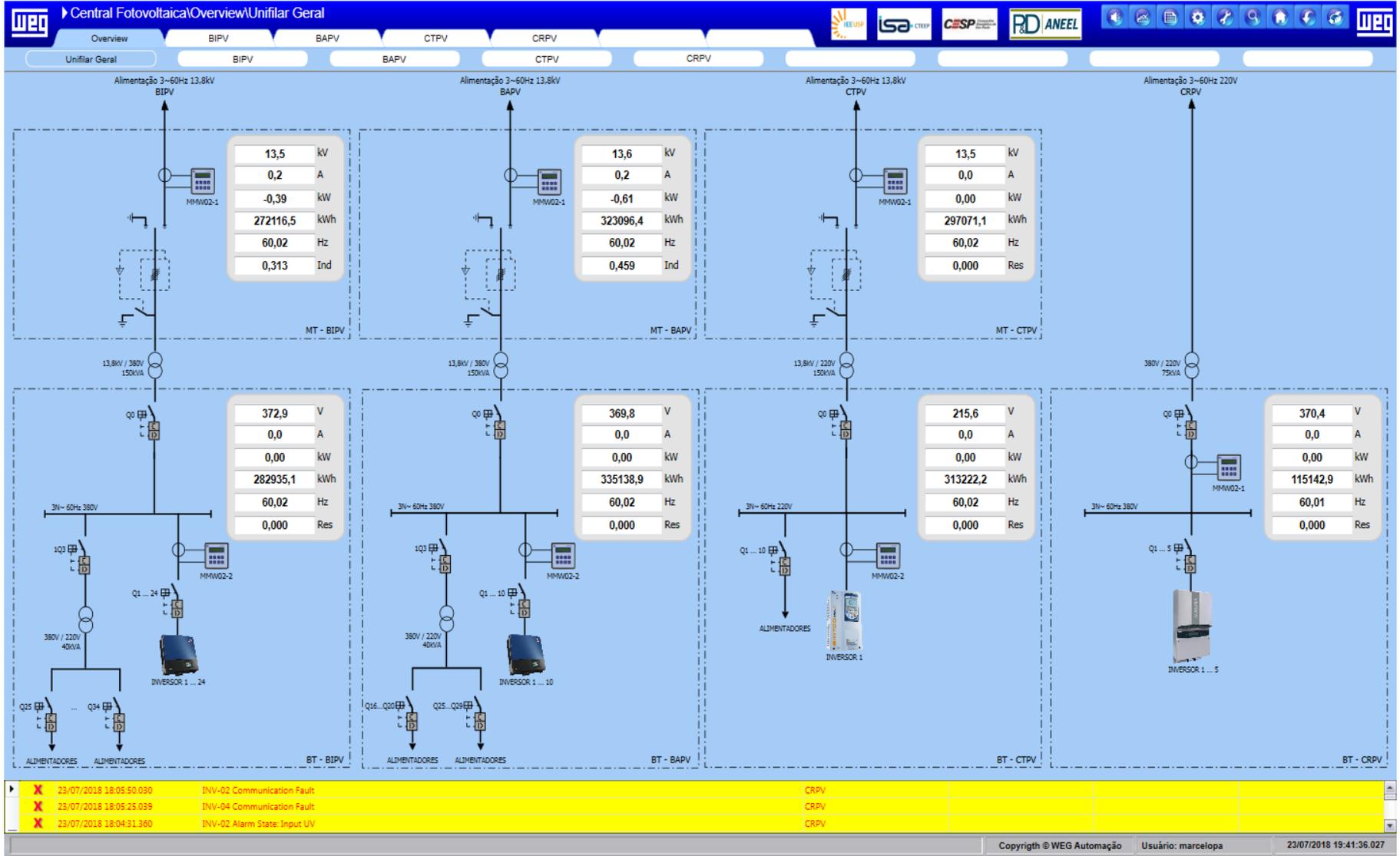
DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



IEE-USP 540 kWp



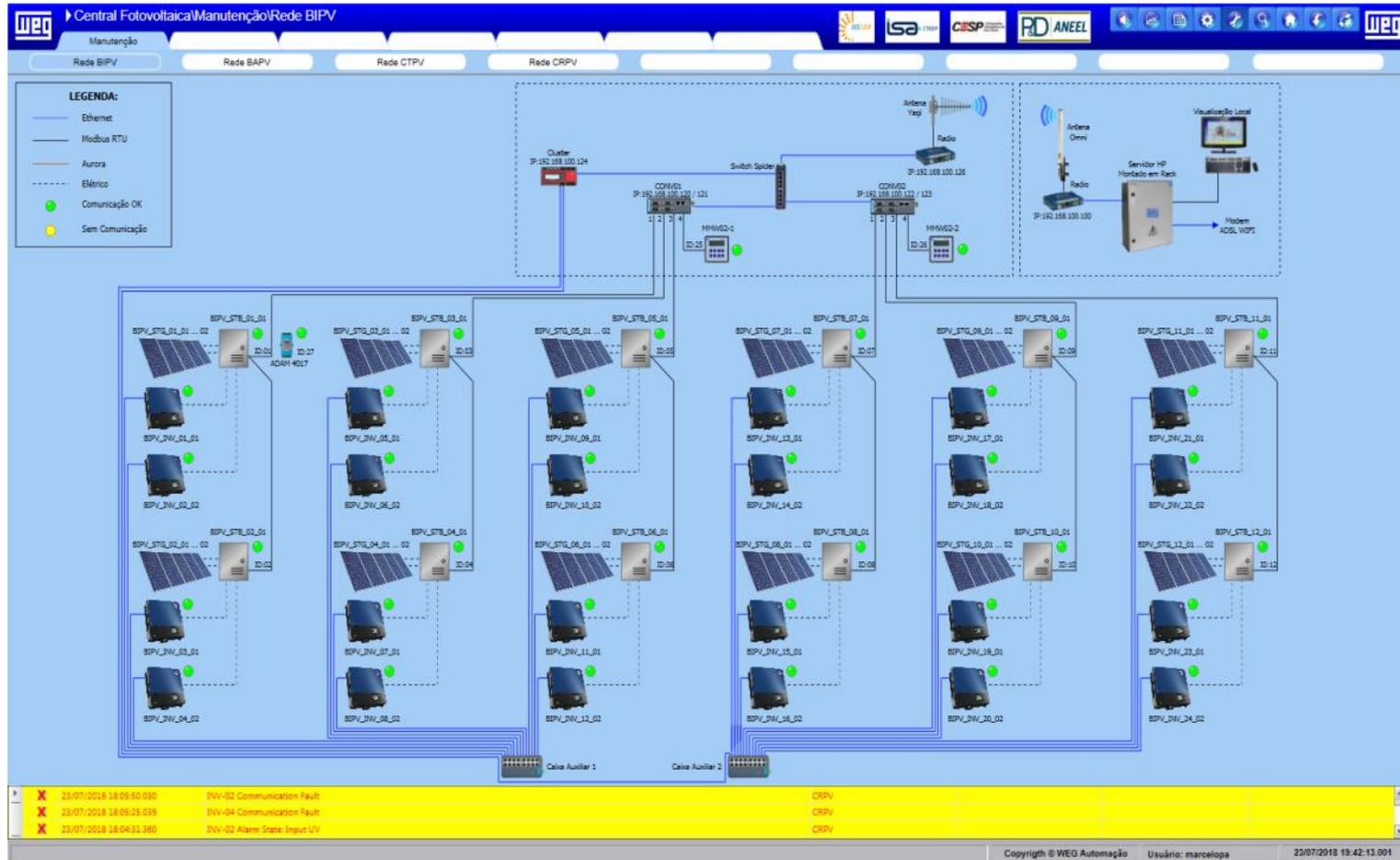
DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



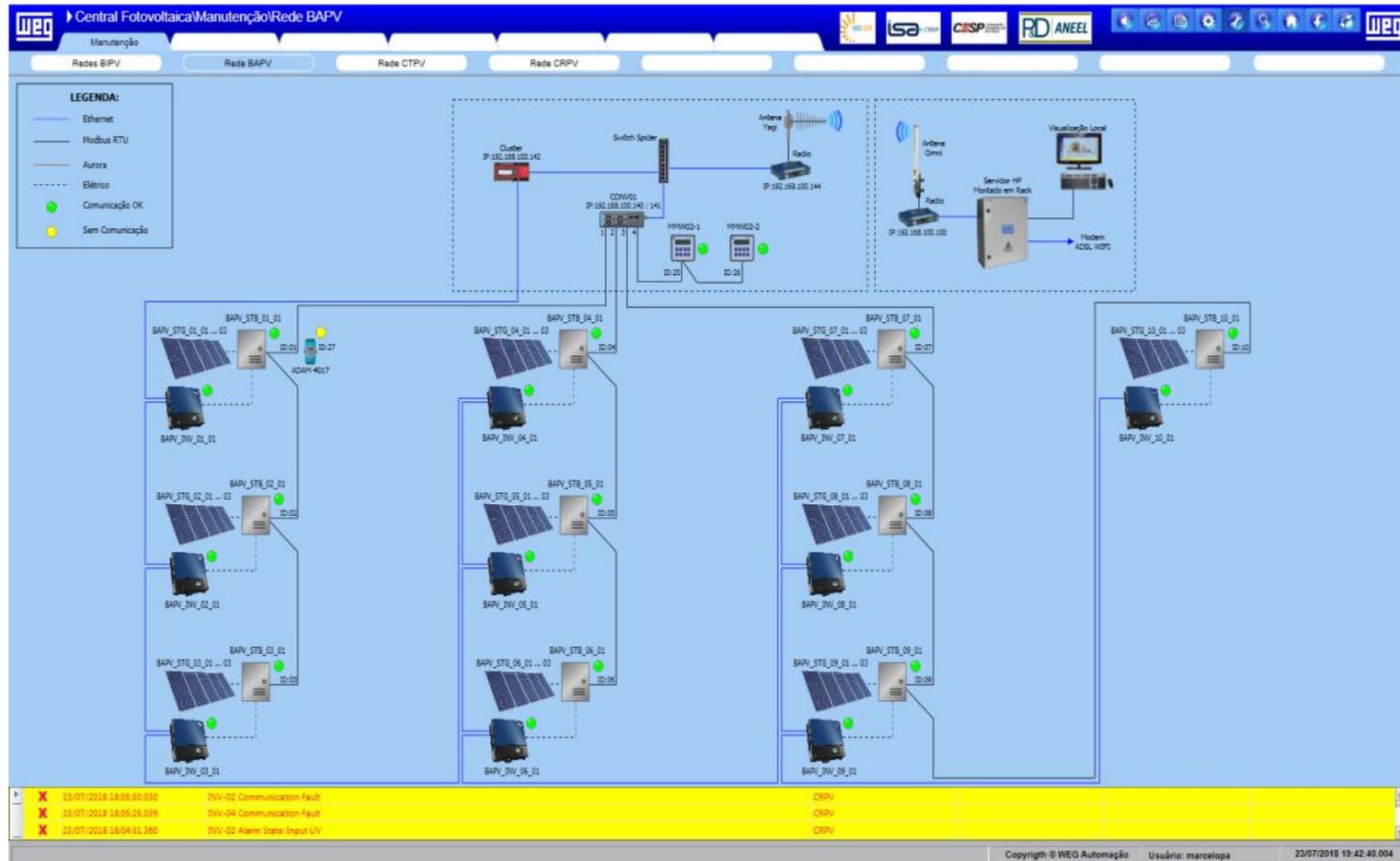
4 anos de operação, 3 inversores com defeito, 12,5%

Tempo médio de substituição em garantia 8 meses

DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



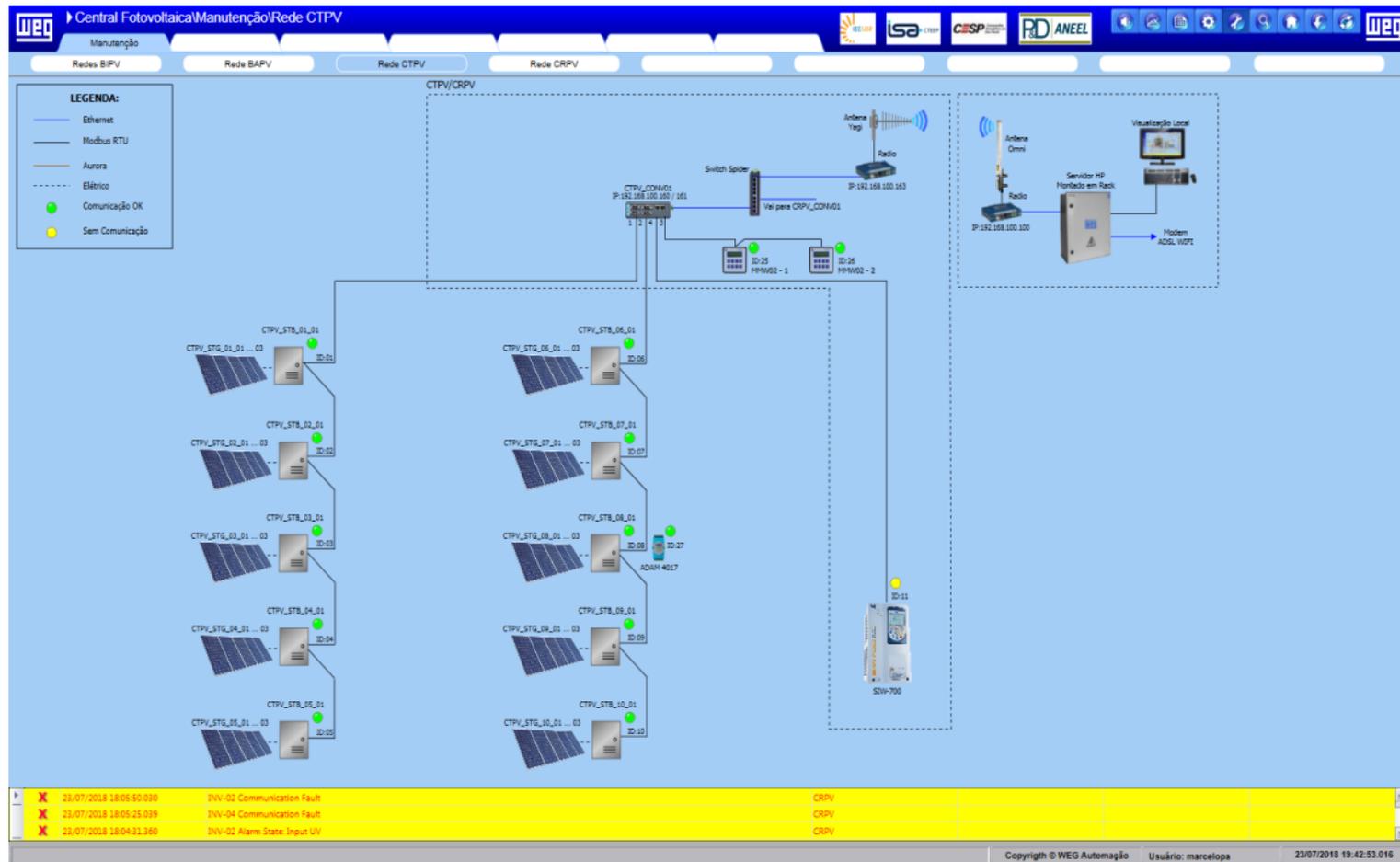
4 anos de operação, 2 inversores com defeito, 20%

Tempo médio de substituição em garantia 6 meses

DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

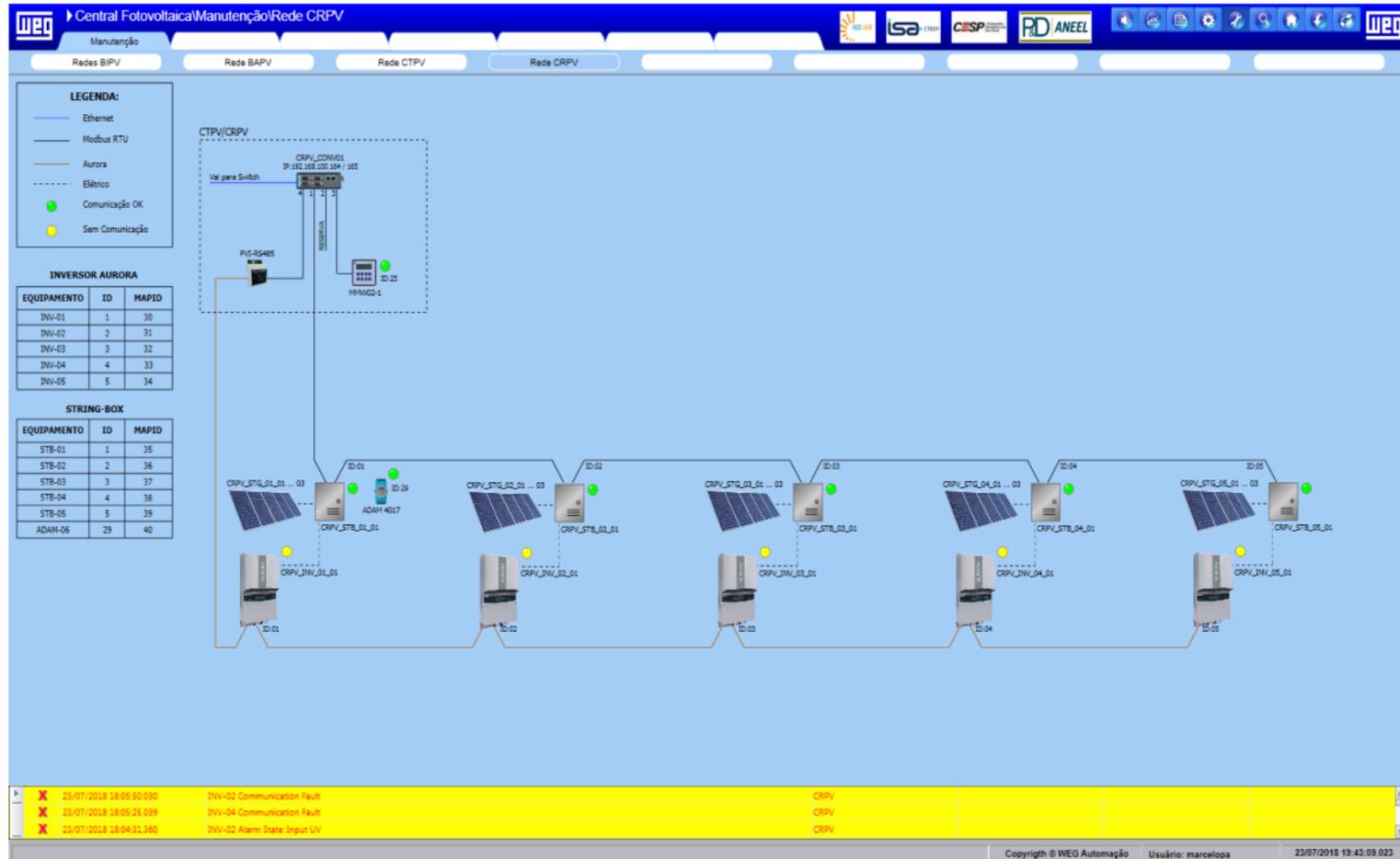


4 anos de operação sem problemas operacionais

DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



4 anos de operação, 4 inversores com defeito, 80%

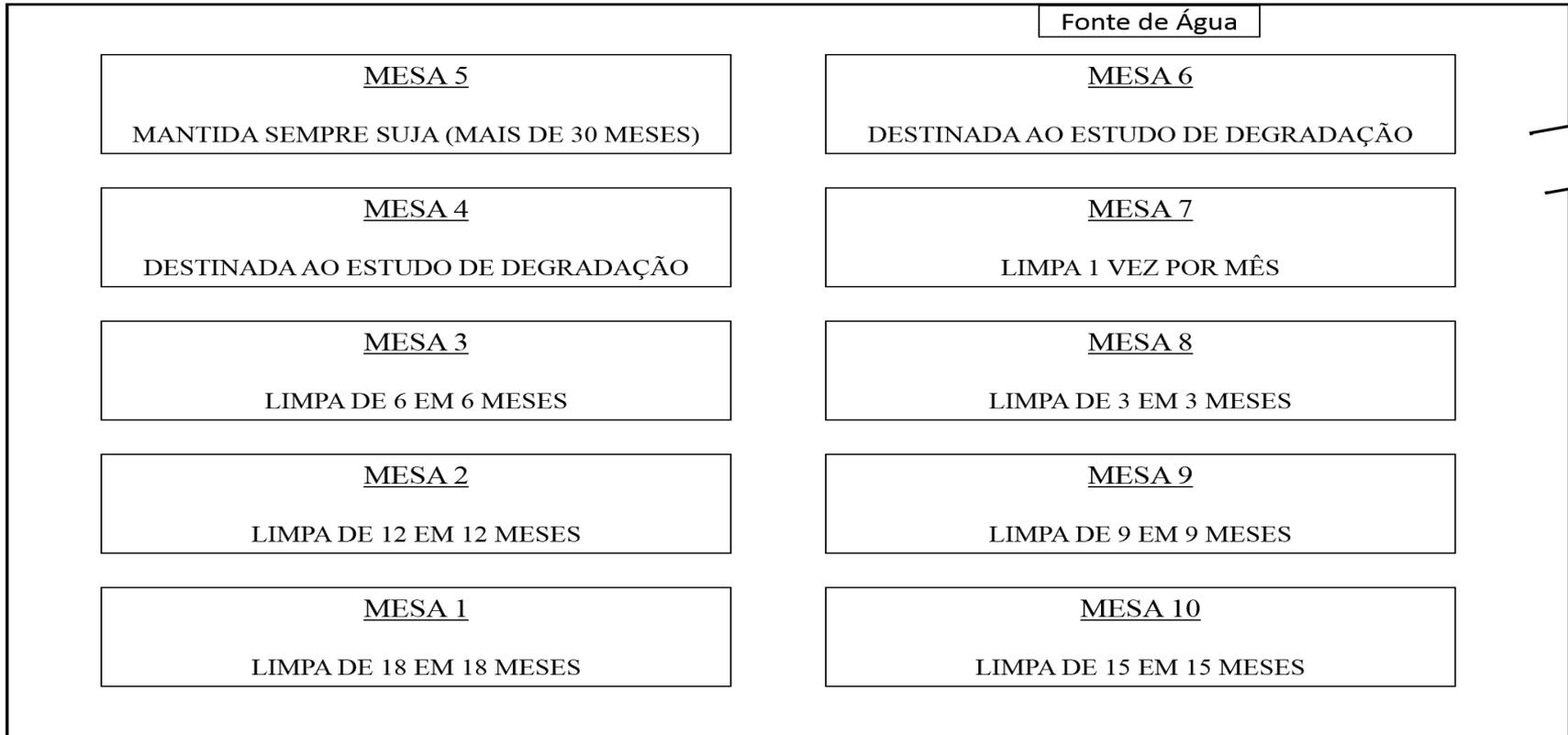
Tempo médio de substituição em garantia 10 meses

EFEITO DA SUJIDADE EM AMBIENTE URBANO



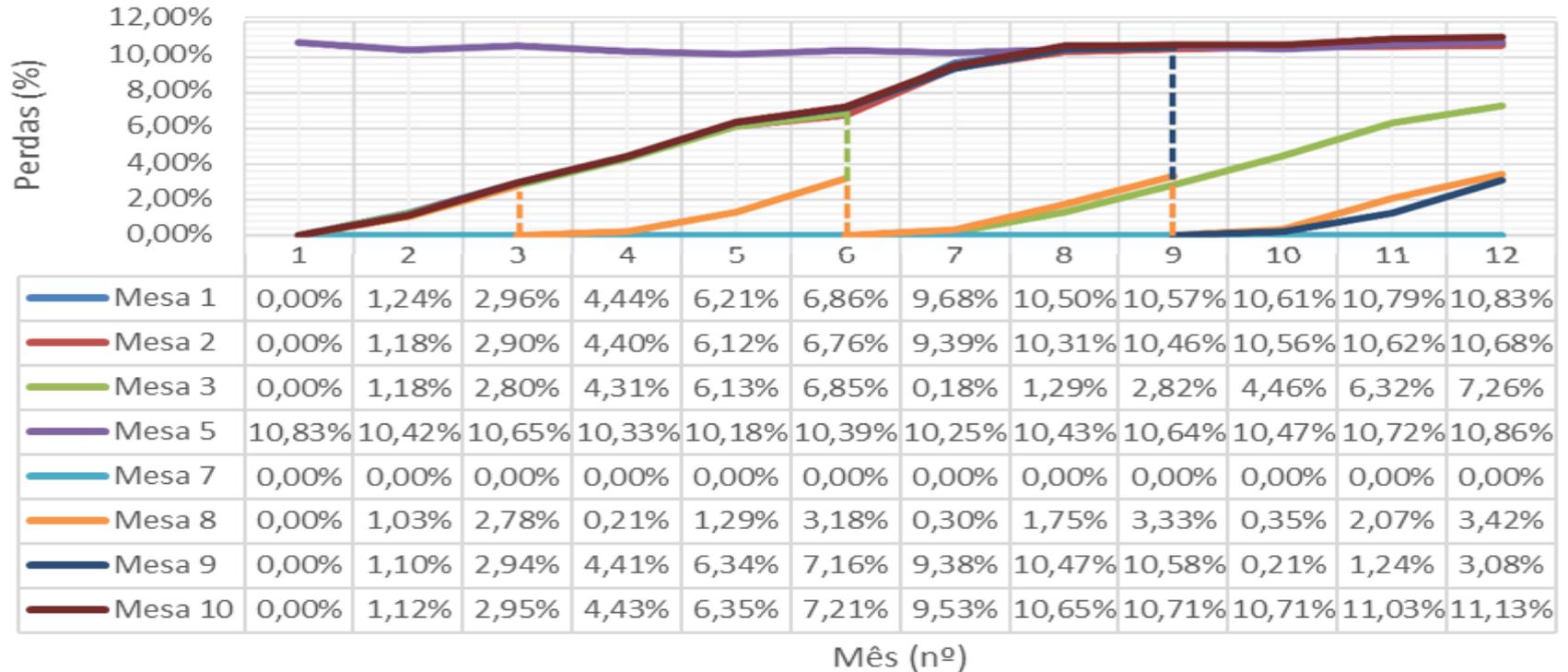
Comparação entre módulos limpos e sujos com mais de 30 meses de sujeidade acumulada.

Esquematização da rotina de limpeza nas mesas fotovoltaicas da central solar



DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

Percentual de Perdas de Produtividade Mensal Individual Comparado com o Padrão Limpo Mesa 7



Dados de percentual de perda de produtividade mensal de cada mês em comparação com o padrão limpo da mesa 7.

DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E AVALIAÇÃO DE ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE



Limpeza	Total	Mesa 7	Mesa 8	Mesa 3	Mesa 2
Consumo de água	234,0 L	50,0 L	54,6 L	63,2 L	66,2 L
Litros por área	0,59 L/m ²	0,51 L/m ²	0,55 L/m ²	0,64 L/m ²	0,67 L/m ²
Tempo de Limpeza	210 min	35 min	55 min	60 min	60 min

1 mês

3 meses

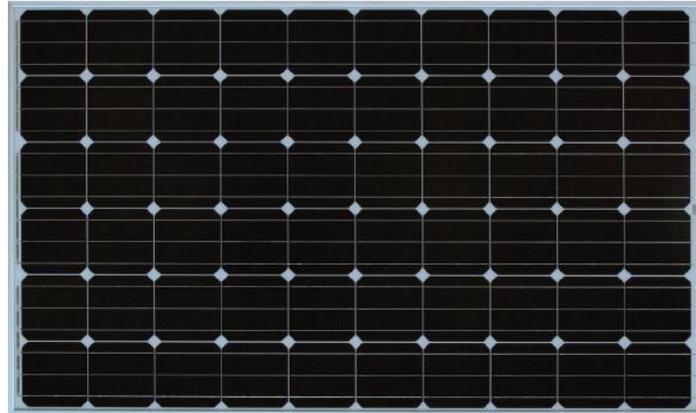
6 meses

12 meses

Degradação Precoce de Módulos FV: Estudo de caso IEE/USP

- Degradação precoce de módulos fotovoltaicos instalados em sistema conectado à rede.
- 0.54 MWp divididos em 4 subsistemas em diferentes modalidades de conexão com a rede de distribuição
- Operação iniciada em 2014.

- Perda de desempenho observada nos geradores fotovoltaicos compostos de módulos de silício mono cristalino tipo n.



- Degradação homogênea após dois anos de operação contínua.

Subsistema CTPV



Especificações

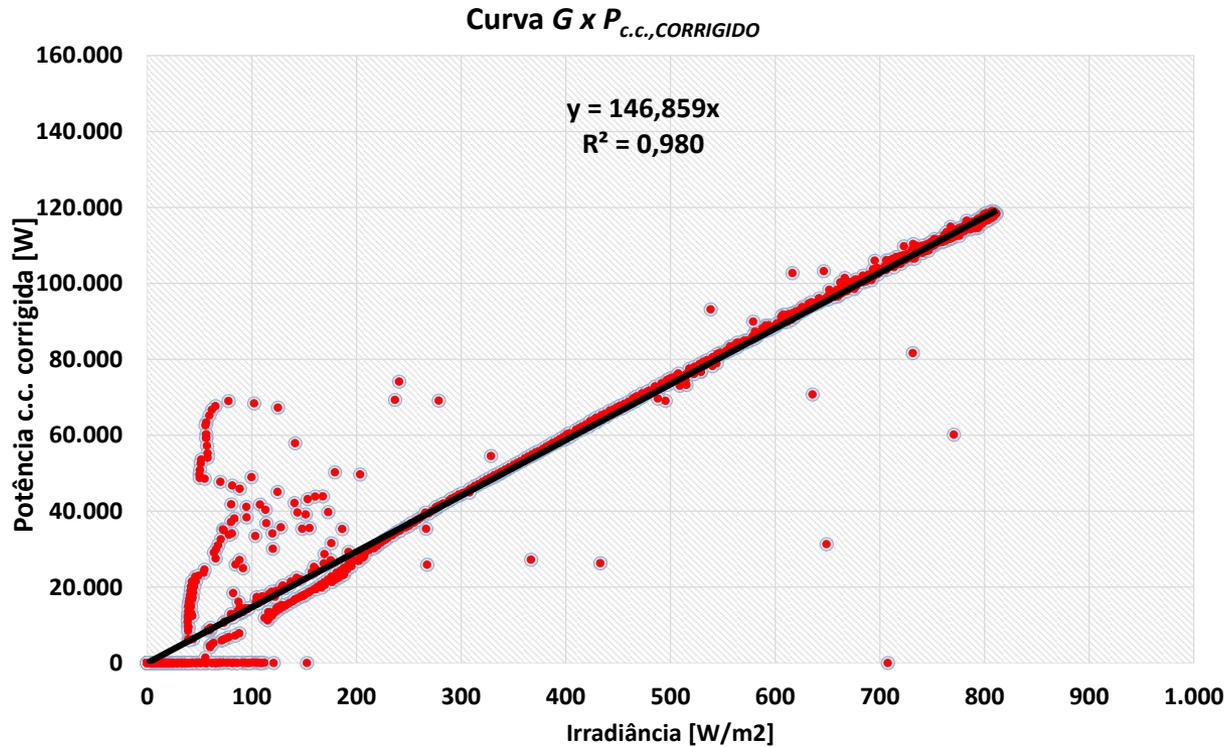
10 Caixas de junção (15.6 kW cada)

Inversor (140 kW)

Conexão na distribuição primária (13.8 kV)

Avaliação de desempenho

Ano 1
(Junho 2015)



$$P_{FV} = 146,8 \text{ kW}$$

Acompanhamento

Ano 2
(Dezembro 2016)

Potência c.c. medida nas caixas de conexão	
Caixa de junção	P_{mp}^* (kW)
01	13,7
02	13,0
03	13,0
04	12,0
05	13,4
06	12,7
07	13,4
08	12,8
09	13,3
10	13,3
Total	130,6

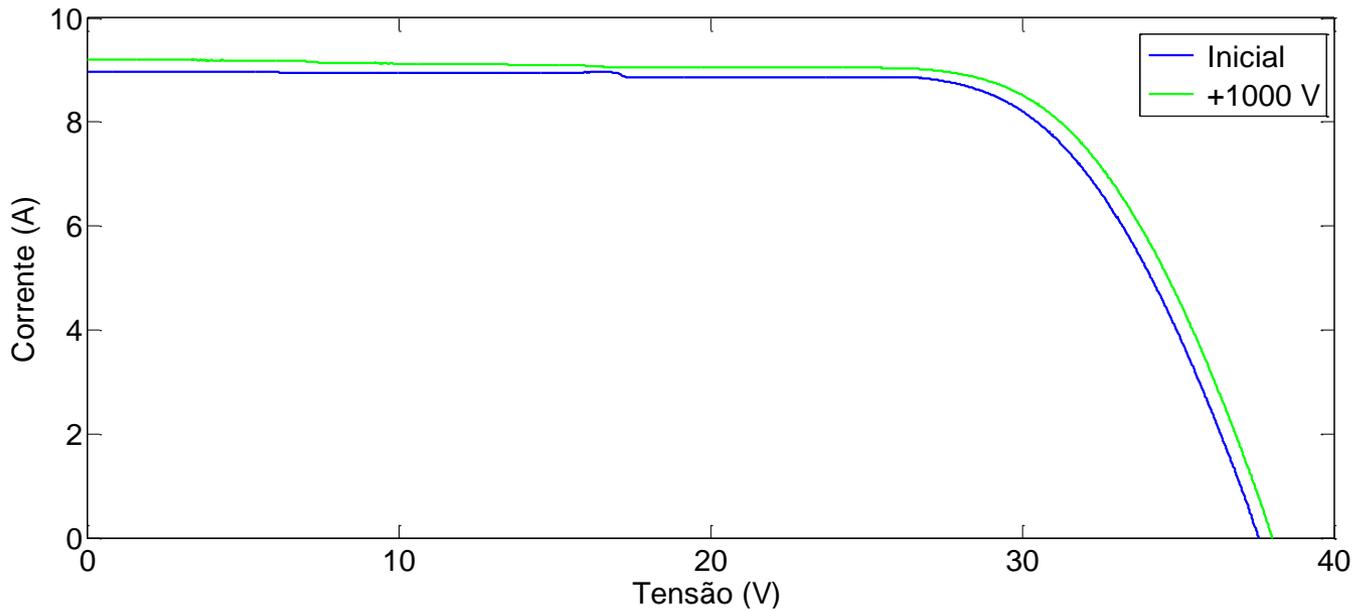
Investigação das causas

Perda uniforme da capacidade geradora

Medidas pontuais de V_{op} : ΔV_{op} entre -7,3 V e -9,2 V

Indícios de PID

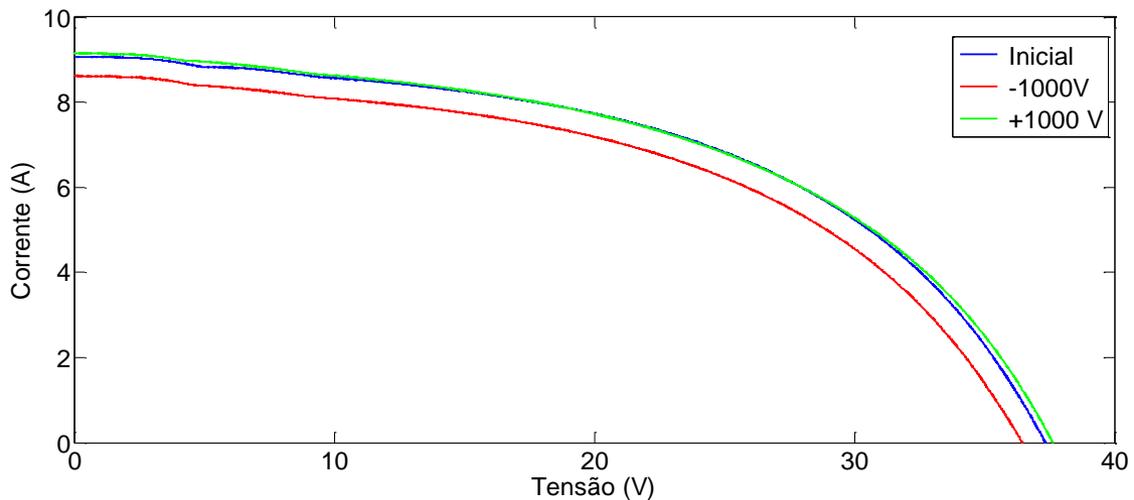
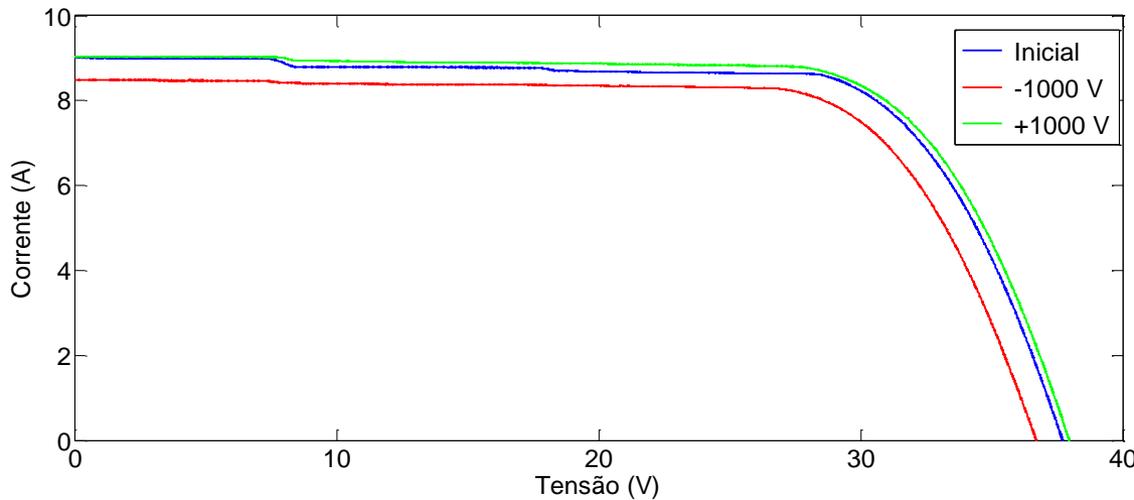
Ensaio de Reversão



Evolução:
+ 4% P_{mp}
+ 3% V_{oc}/I_{sc}

Investigação das causas

Ensaio Cíclico: aplicação da IEC TS 62804-1 com adição do ensaio de reversão



Variações similares em ambas as amostras:

10% ΔP_{mp}

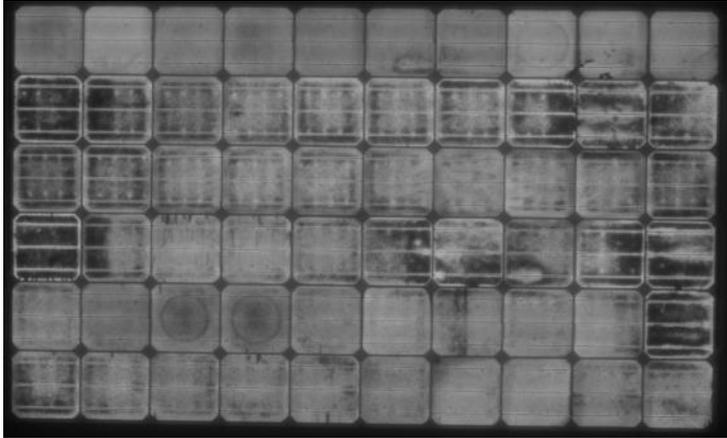
6% ΔI_{sc}

3% ΔV_{oc}

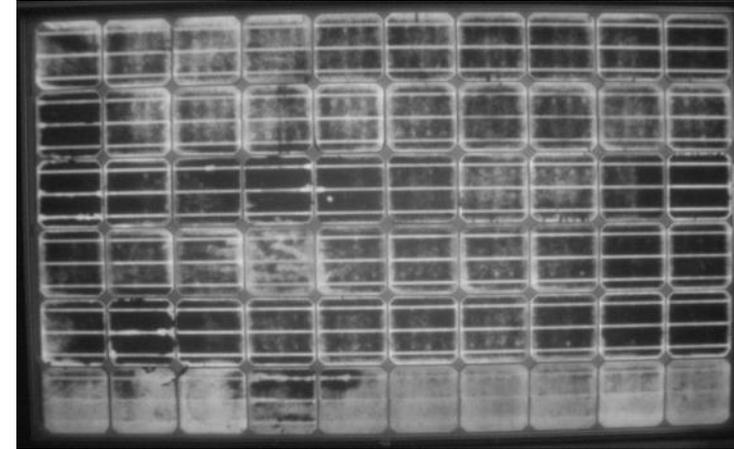
Medidas Complementares

Eletroluminescência

2016

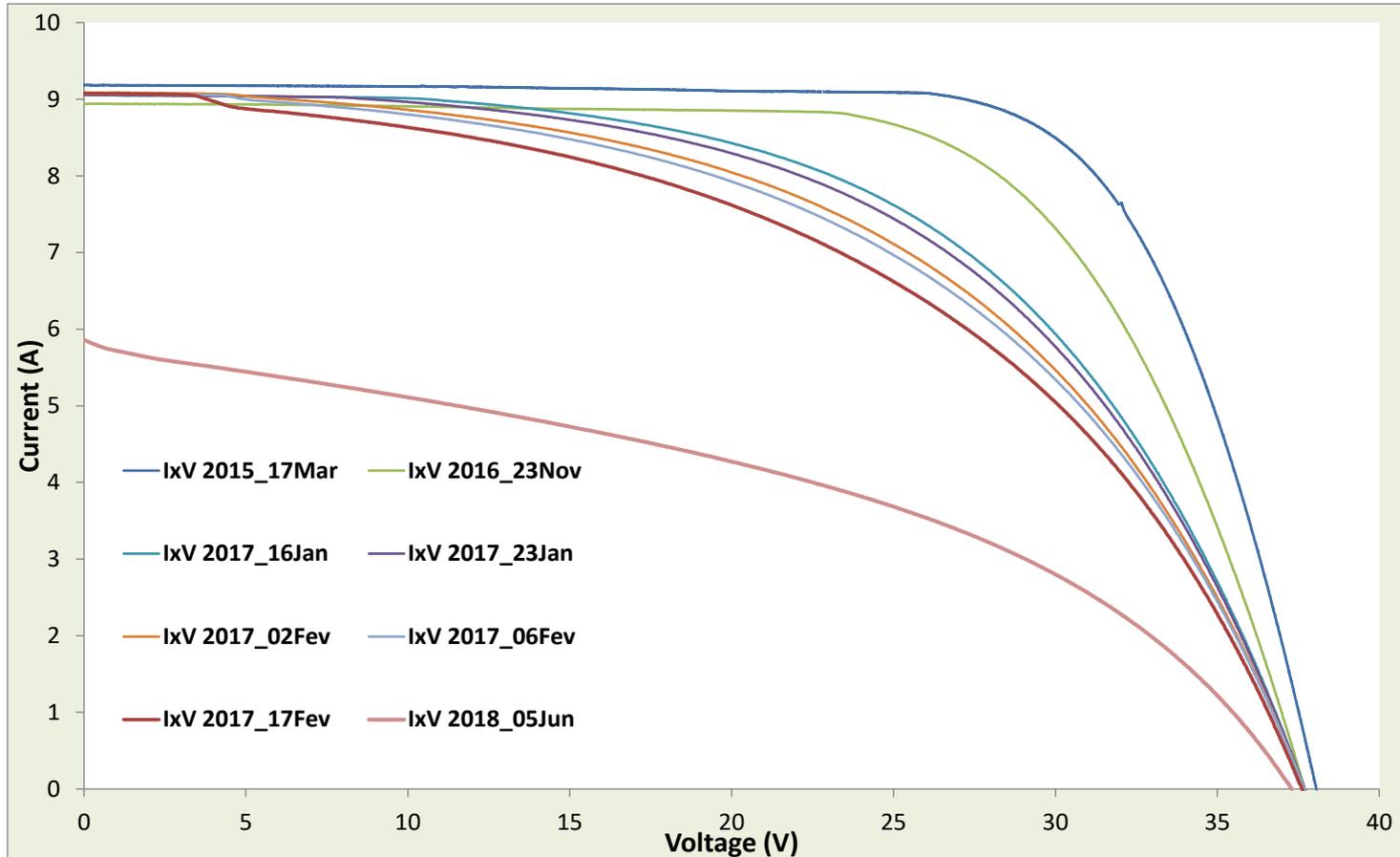


2018



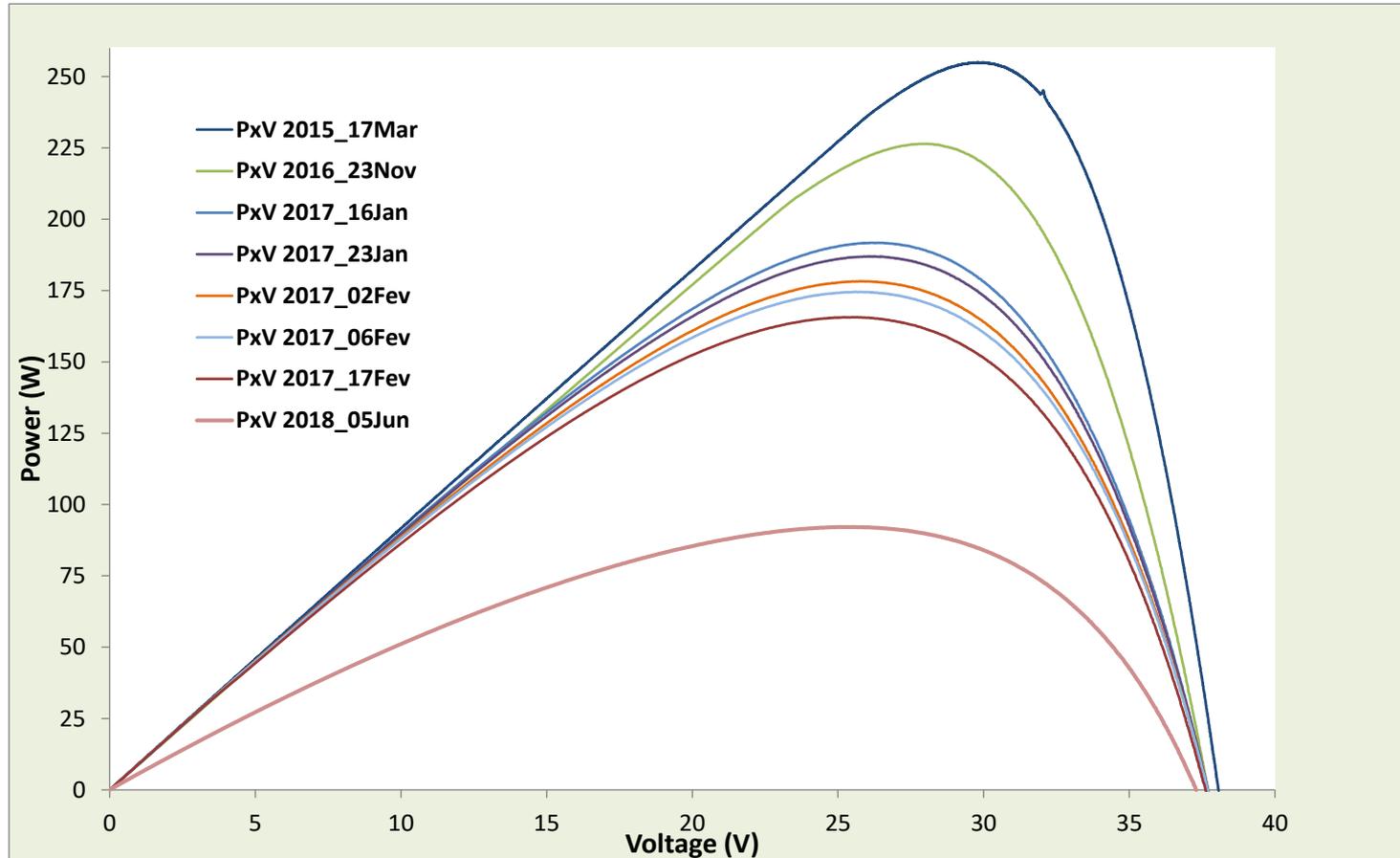
Medidas Complementares

Curvas I-V: acompanhamento da degradação amostra de controle



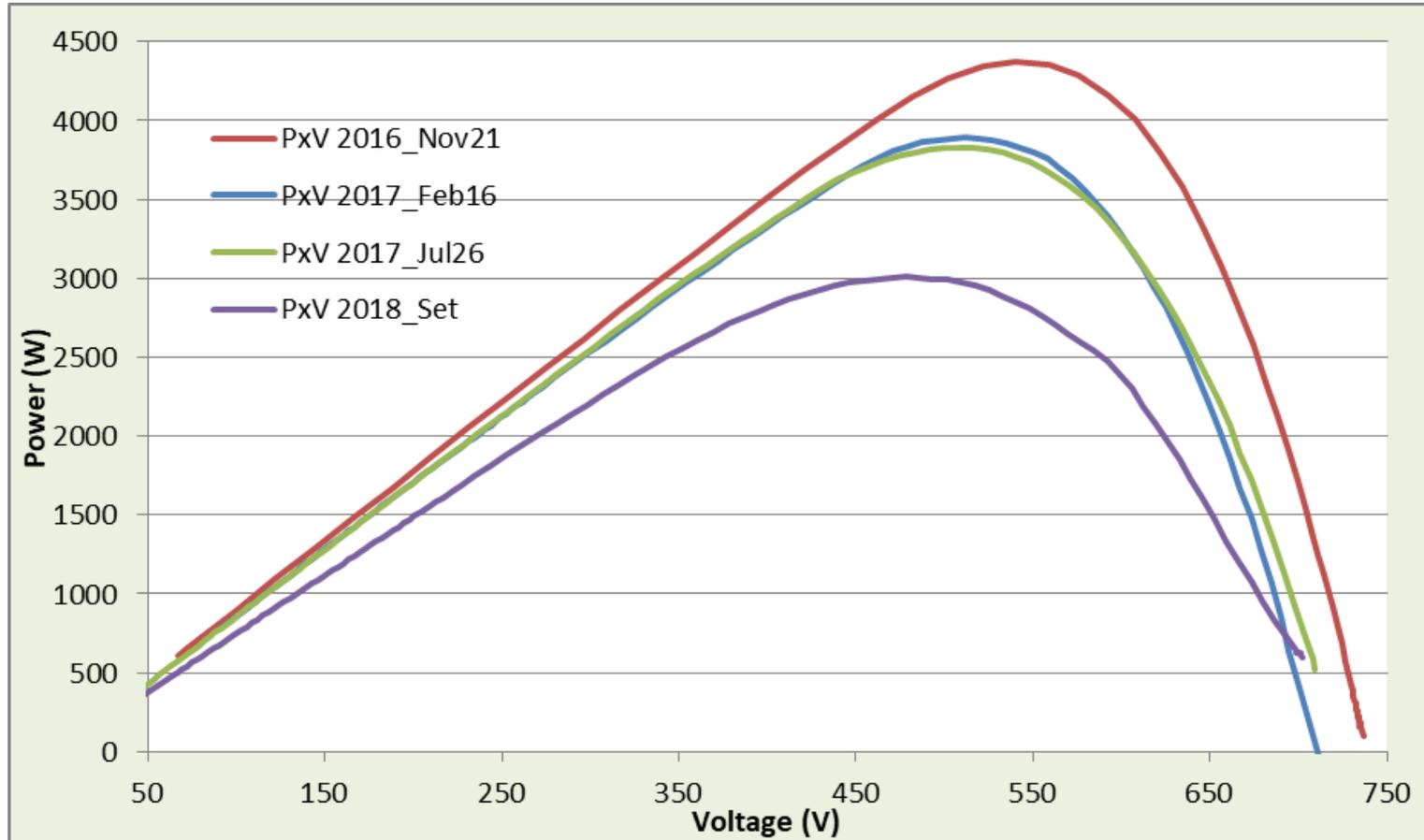
Medidas Complementares

Curvas P-V: acompanhamento da degradação amostra de controle



Medidas Complementares

Curvas P-V: acompanhamento da degradação de uma série FV



PROCEDIMENTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE DE EQUIPAMENTOS

REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE PARA SISTEMAS E EQUIPAMENTOS PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (RAC) INMETRO

Portaria INMETRO nº 004, de 04/01/2011
(Portaria INMETRO nº 357, de 01/08/2014)

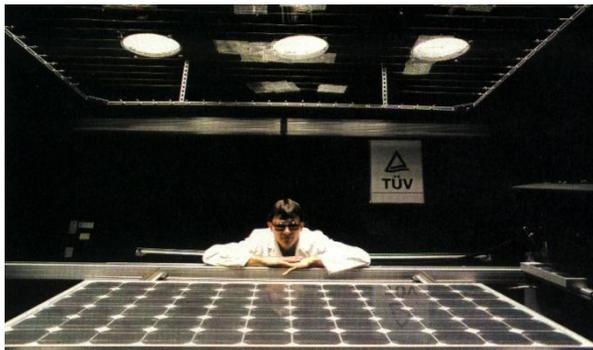
ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Para fins de etiquetagem, estes Requisitos de Avaliação da Conformidade aplicam-se a:

- Módulo fotovoltaico;
- Bateria;
- Controlador de carga e descarga de baterias;
- Inversor para sistemas autônomos com potência nominal entre 5W e 10kW;
- Inversor para sistemas conectados à rede com potência nominal de até 10kW.



CARACTERIZAÇÃO DE MÓDULOS E GERADORES FOTOVOLTAICOS



FABRICANTES

CERTIFICAÇÃO E CATALOGOS

VENDA US\$/Wp
(CONFORME CATALOGO)



INSTALADORES E ENGENHARIA DE SISTEMAS

DIMENSIONAR E OTIMIZAR

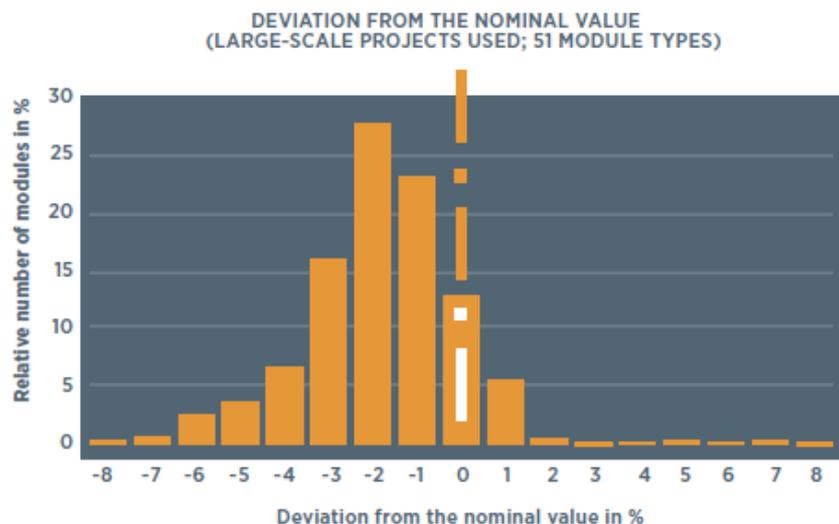
ESTABELECEM ESPECIFICAÇÕES DE FORNECIMENTO
(valor contratual US\$/Wp)

INVESTIDOR:

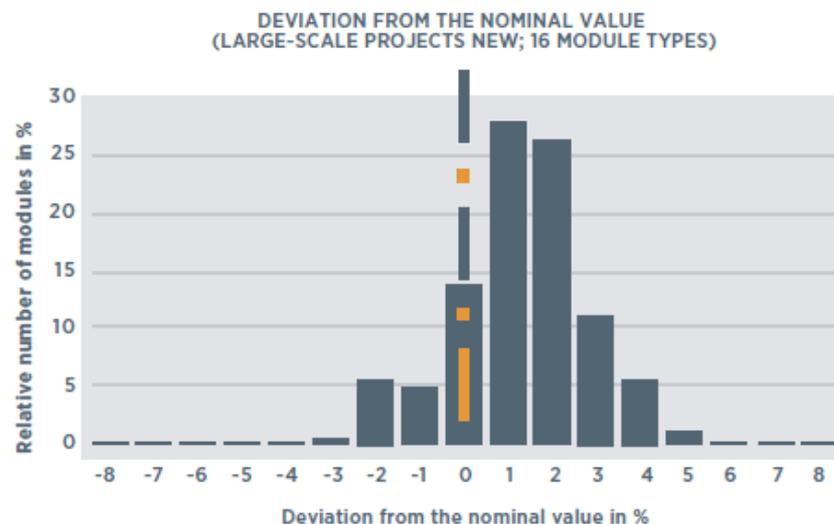


kWh/kWp (ano) com uma redução anual 0,5 e 0,6%

Medidas independentes de potência de módulos e desvio da potência nominal



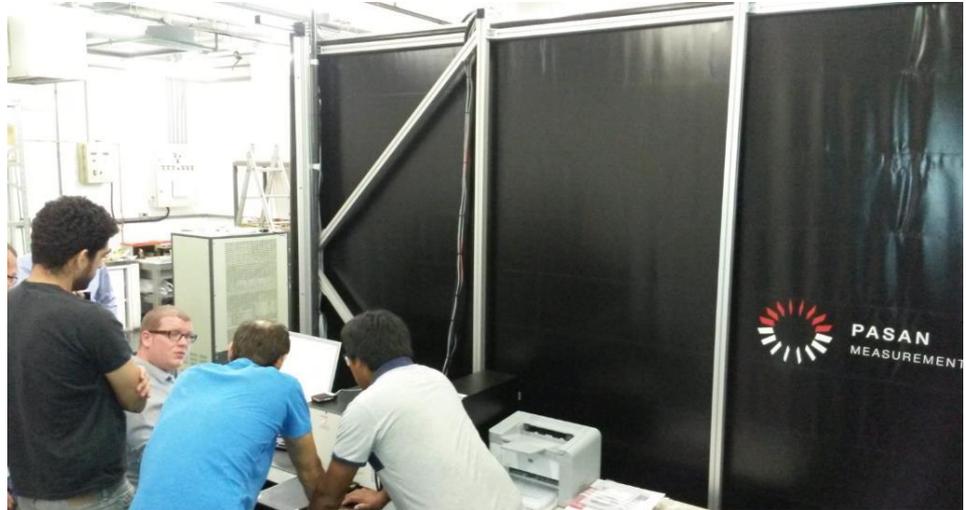
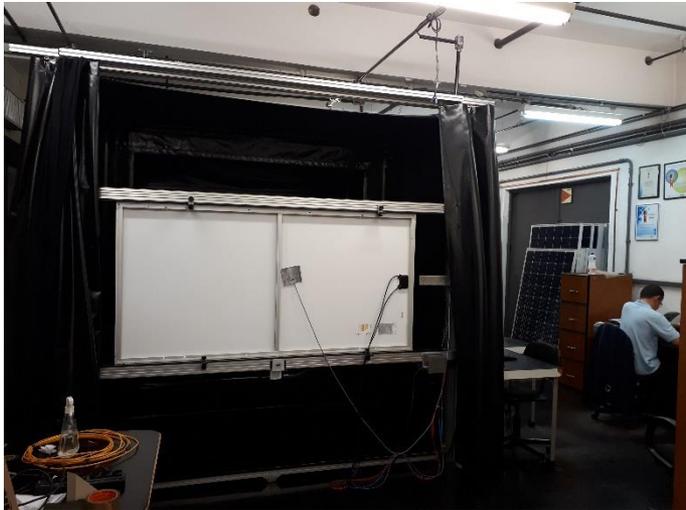
Total de 500 módulos



Total de 1000 módulos

Fonte: BOOSTING SOLAR PV MARKETS: THE ROLE OF QUALITY INFRASTRUCTURE

Simulador, classe A+A+A+ padrão IEC 60904-9, Edição 2



rastreabilidade com o *Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems*, ISE.

420 módulos – Potencia nominal 320 Wp

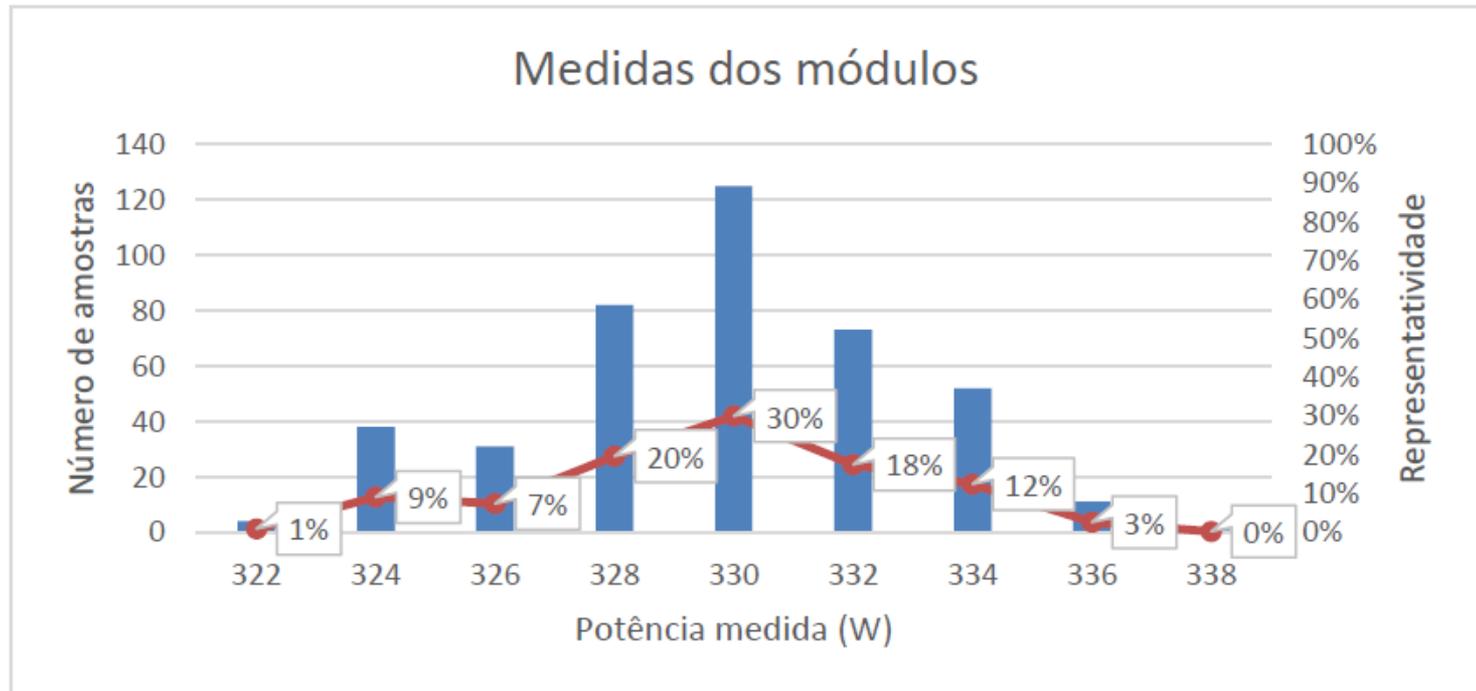


Figura 2 - Histograma de distribuição de frequência das medidas de potência

potência média de 328,7 W com um desvio padrão de 3,06 W.

180 módulos – Potencia nominal 325 Wp

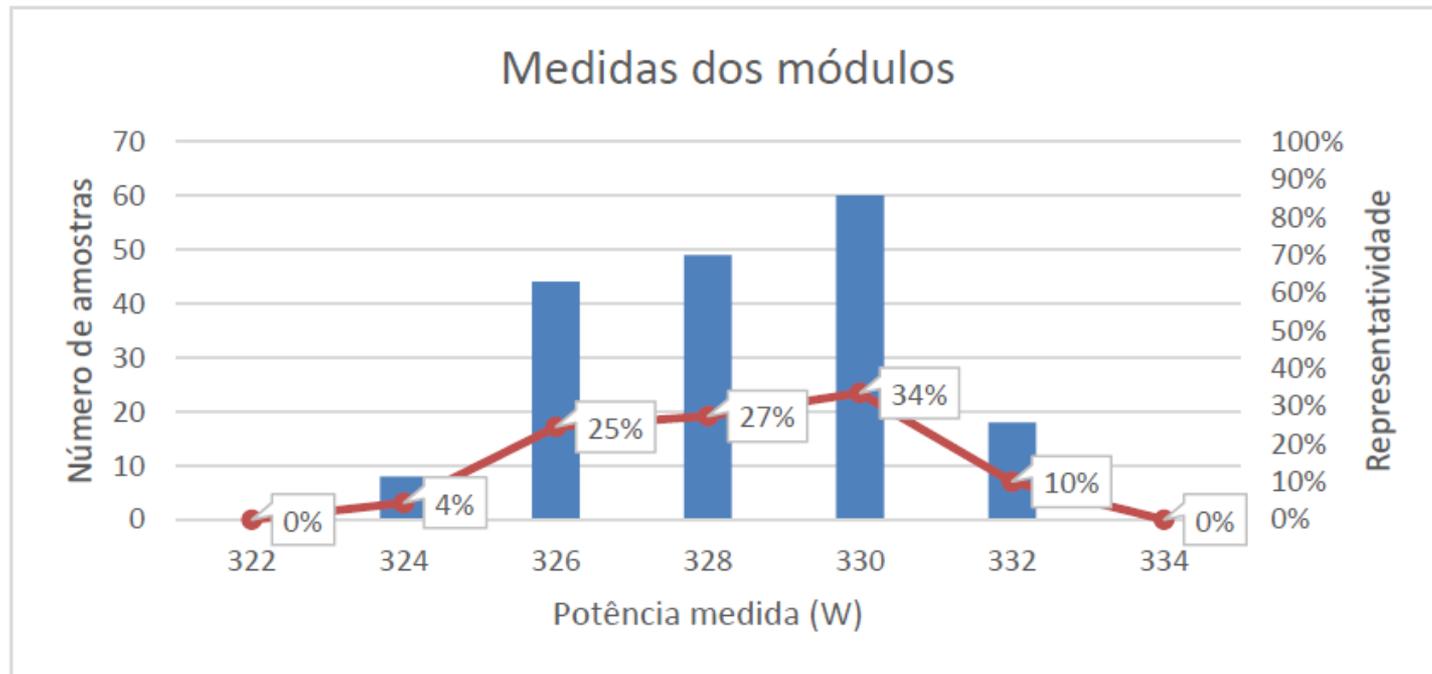


Figura 2 - Histograma de distribuição de frequência das medidas de potência

potência média de 327,4 W com um desvio padrão de 2,1 W.



OBRIGADO PELA ATENÇÃO

zilles@iee.usp.br

