

# SMA ShadeFix

STRING LEVEL OPTIMIZATION



“Há um jeito mais fácil de lidar com a sombra”

# Comparação MPPT Avançado e MLPE



## **Função dos otimizadores de potência:**

- MPPT local para cada módulo
- Desconexão do módulo para limitar a tensão do sistema em caso de falha
- Monitoramento a nível de módulo

## **Desvantagens:**

- Consumo do MLPE gera uma perda na potência adicional devido aos conectores adicionais e mais componentes internos de eletrônica de potência
- Qualquer componente elétrico é potencial ponto de falha (incêndio ou dano a string), especialmente se os conectores de diferentes fornecedores forem utilizados (típico caso, pois fornecedores de módulos e MLPE são diferentes)
- Aumento no número de componentes também aumenta o risco de falha

## 3 cenários



- O **1º cenário** representa uma instalação ideal em que todos os painéis recebem a mesma irradiação e não ocorre sombras.
- O **2º cenário** simula uma situação onde um módulo fotovoltaico tem sempre uma irradiação diferente dos outros. Esse módulo foi coberto enquanto os outros 13 módulos de cada string possuem irradiação completa. Um exemplo típico desta aplicação seria quando um módulo possui uma diferente orientação comparado com o restante da string.
- O **3º cenário** simula uma situação onde temos a sombra de um pequeno obstáculo sobre os painéis ao longo do dia. Um poste de 1.2m de altura e 20cm de diâmetro é colocado a uma distância de 30cm dos painéis fotovoltaicos no meio de cada string. Ao longo do dia, o sombreamento do poste afeta até 4 painéis de manhã e a tarde, enquanto ao meio dia apenas 1 painel. Esse exemplo se aplica aos sombreamentos parciais ocasionado por chaminés.

## O local do teste



- 42 módulos iguais
- 3 strings
- Sistemas de 14 módulos

Foto do satélite do local do teste (Sul da Dinamarca)

# Seleção dos inversores e aquisição de dados



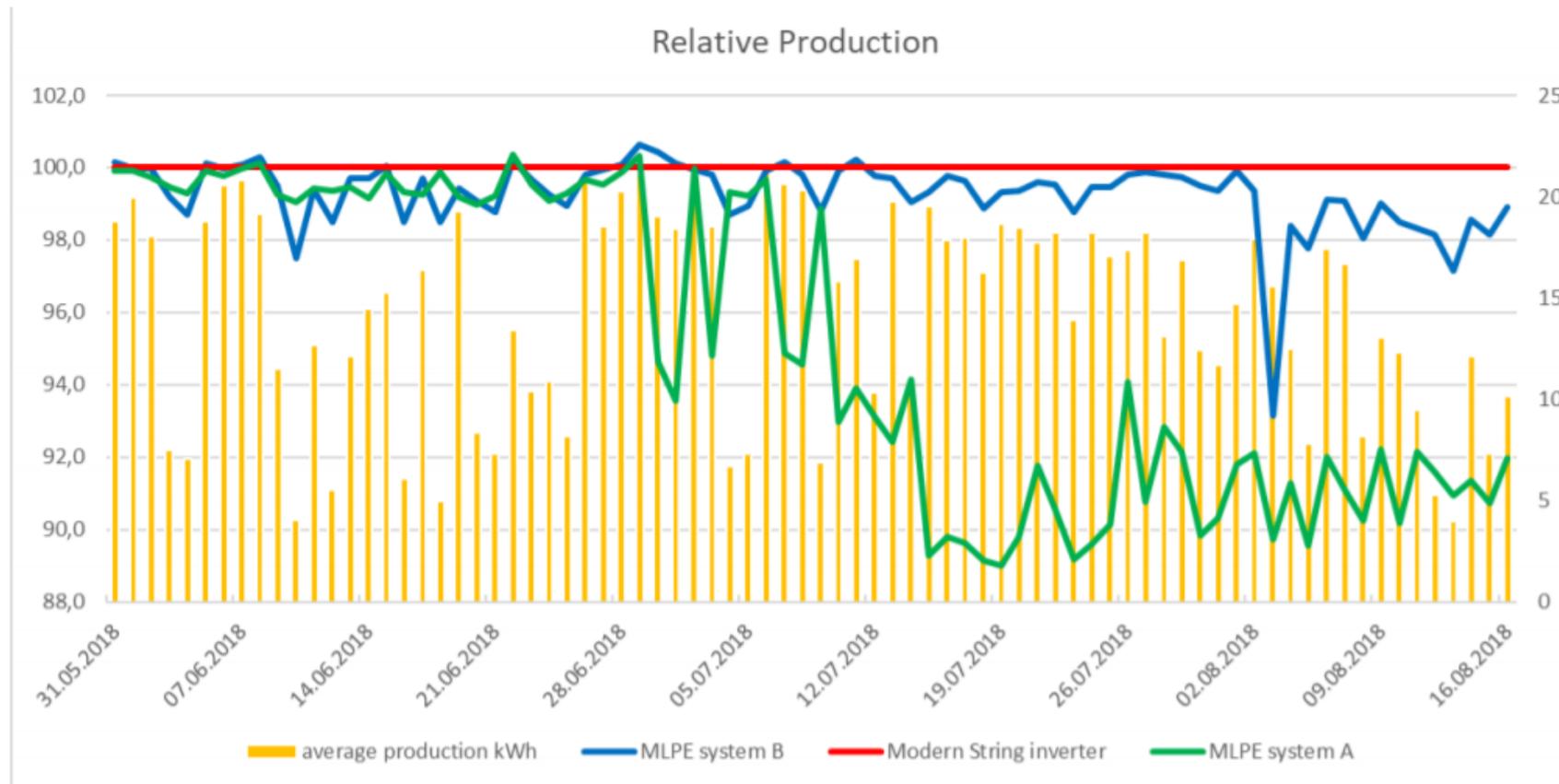
PV-Inverter System	Components	EU-Efficiency
Modern String Inverter	SMA SB3.6-1AV-40	96,5%
MLPE System A	SMA SB3.6-1AV-40 + Tigo TS4-R-O MLPE	$96,5\%_{\text{inverter}} \times \text{MLPE efficiency}$
MLPE System B	SolarEdge SE HD Wave 3,6 + P300 MLPE	$98,8\%_{\text{inverter}}$ and $98,8\%_{\text{MLPE}}$ combined total 97,6%

- A produção de energia é armazenada através da medição da corrente e tensão no lado C.A do inversor a cada 5 segundos. Para armazenamento de dados foi utilizado o WattsOn Universal Power Transducer da Elkor.

# Resultados – Cenário 1 – Sem sombreamento



- Período de 31.5.2018 a 14.08.2018. Todos os painéis foram limpados dia 30.5.2018.



## Pontos a observar:

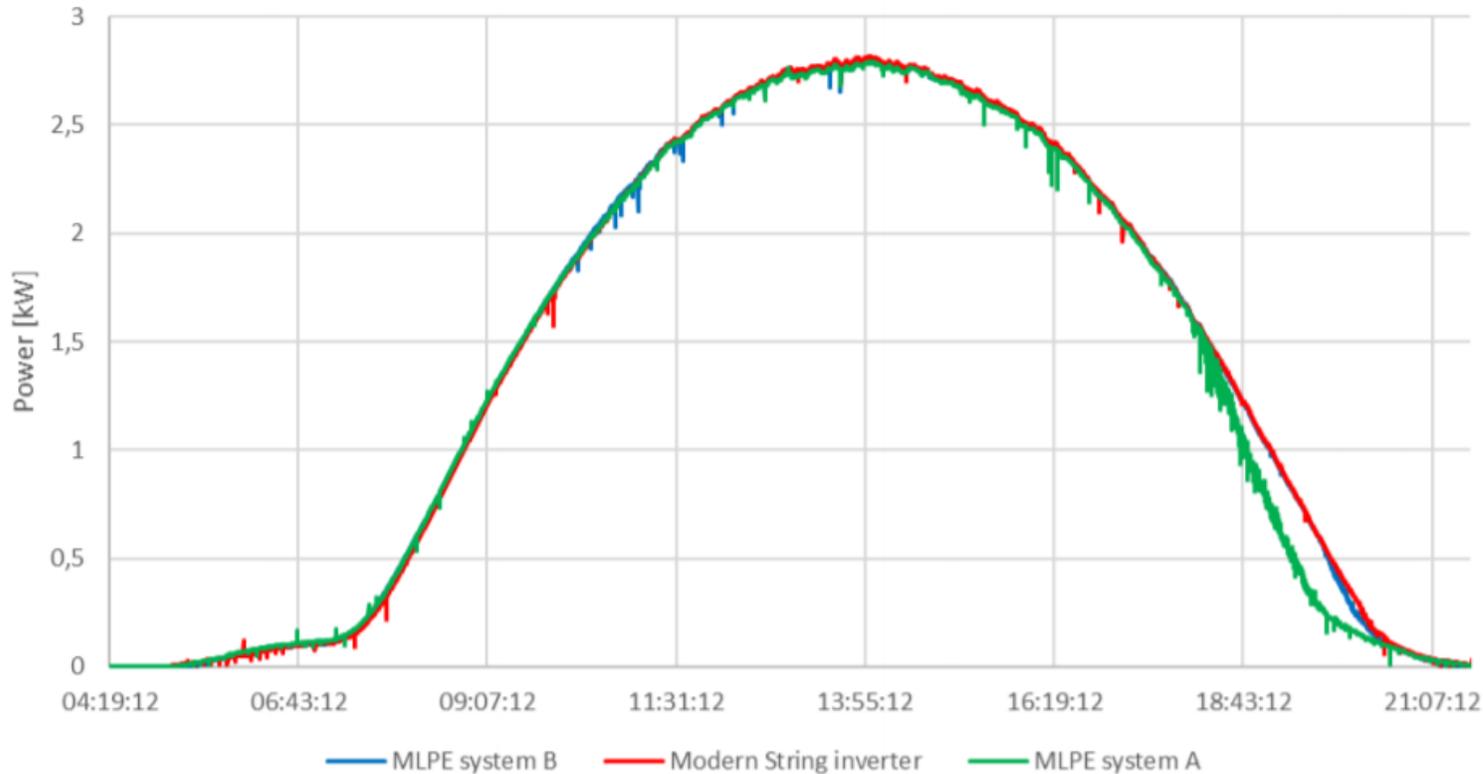


- O Sistema sem otimizador, consiste em apenas módulos, conectores entre módulos e o inversor que é feito de booster para MPPT e circuito “bridge” na saída CA.
- Os sistemas com otimizadores possuem um otimizador por painel + 2 vezes a quantidade de conectores.
- A eletrônica de potência interna dos otimizadores são conectadas em série, o que significa que toda a corrente da string deve passar por eles. Mesmo se o otimizador não estiver ativo, há pelo menos um dispositivo de potência semicondutor com uma certa queda de tensão, causando perdas.
- A perda em cada otimizador é pouco com relação a produção total, mas somando-se todos, causa uma diferença de geração.
- Na teoria (datasheet), o Sistema com 97,6% geraria mais que o Sistema com 96,5%.
- Houve uma falha em um otimizador no Sistema A.

# Dia ensolarado



Sunny day



Date: 7.6.2018	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Production [kWh]	20,870	20,917	20,831
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	99,8%	100,0%	99,6%

# Dia nublado



Cloudy day



Date: 9.6.2018	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Production [kWh]	11,520	11,602	11,475
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	99,3%	100,0%	98,9%

## Conclusão – Cenário 1



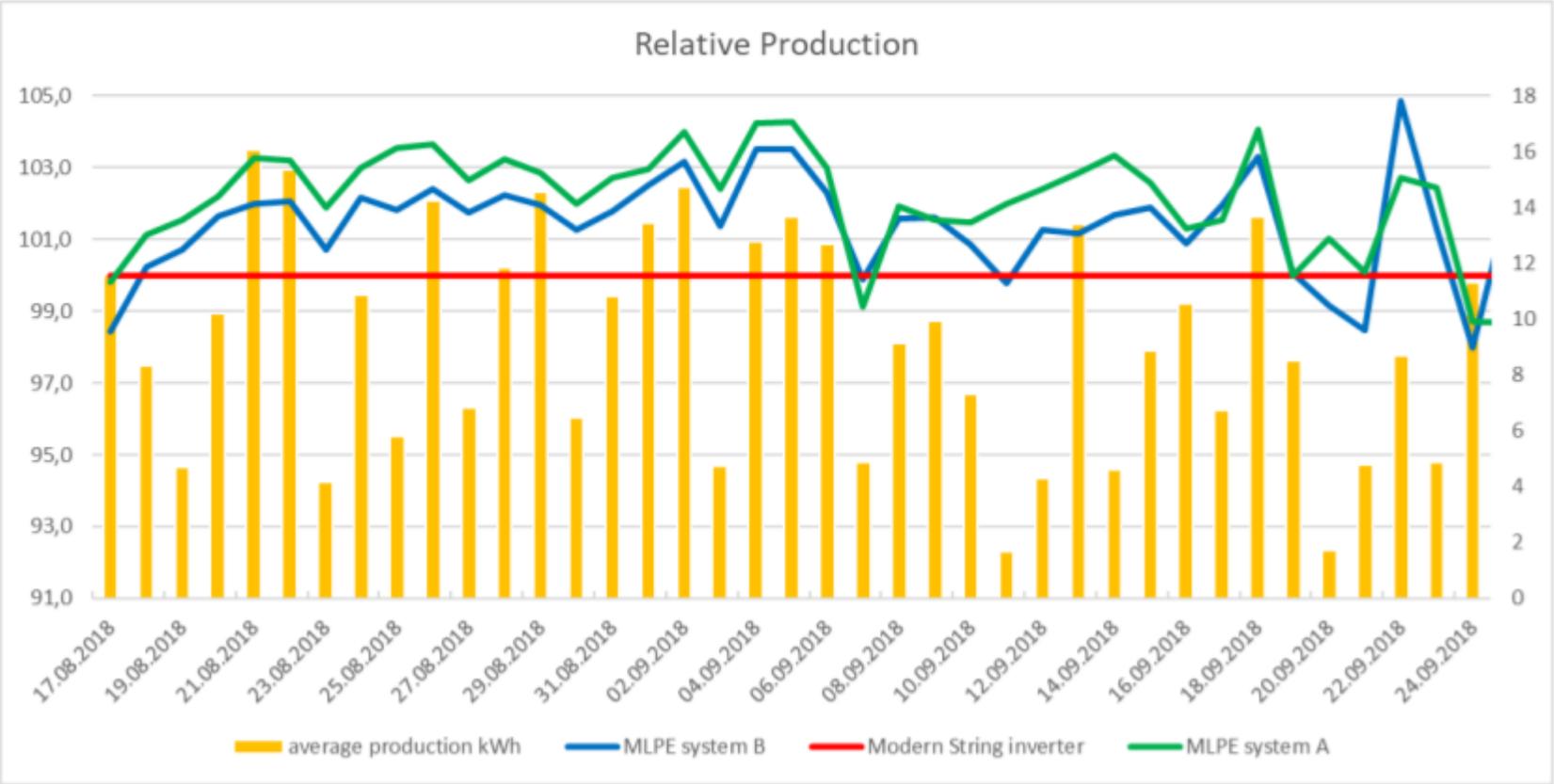
- Comparando o resultado sem sombreamento de um dia ensolarado e um dia nublado, pode-se observar que a diferença entre um sistema com otimizadores e sem, é mais relevante em dias com nuvens.
- A razão para isso é o resultado da energia consumida pelos próprios otimizadores. A energia necessária para operar os otimizadores independe das condições climáticas.
- Se a irradiância solar for baixa, o impacto do autoconsumo de MLPE na produção total de energia aumenta e, portanto, o desempenho geral dos otimizadores com baixa irradiação é menos eficaz em comparação com um inversor de string moderno.
- Em geral, pode-se concluir que otimizadores para instalações fotovoltaicas que não possuam elementos de sombreamento proporcionam menos benefícios à produção de energia do que um sistema string moderno baseado em inversor de rastreamento MPP avançado. Além disso, o risco de falha dos componentes aumenta, gerando custos adicionais de serviço e perdas no yield.

## Cenário 2 - Sombreamento em 1 módulo

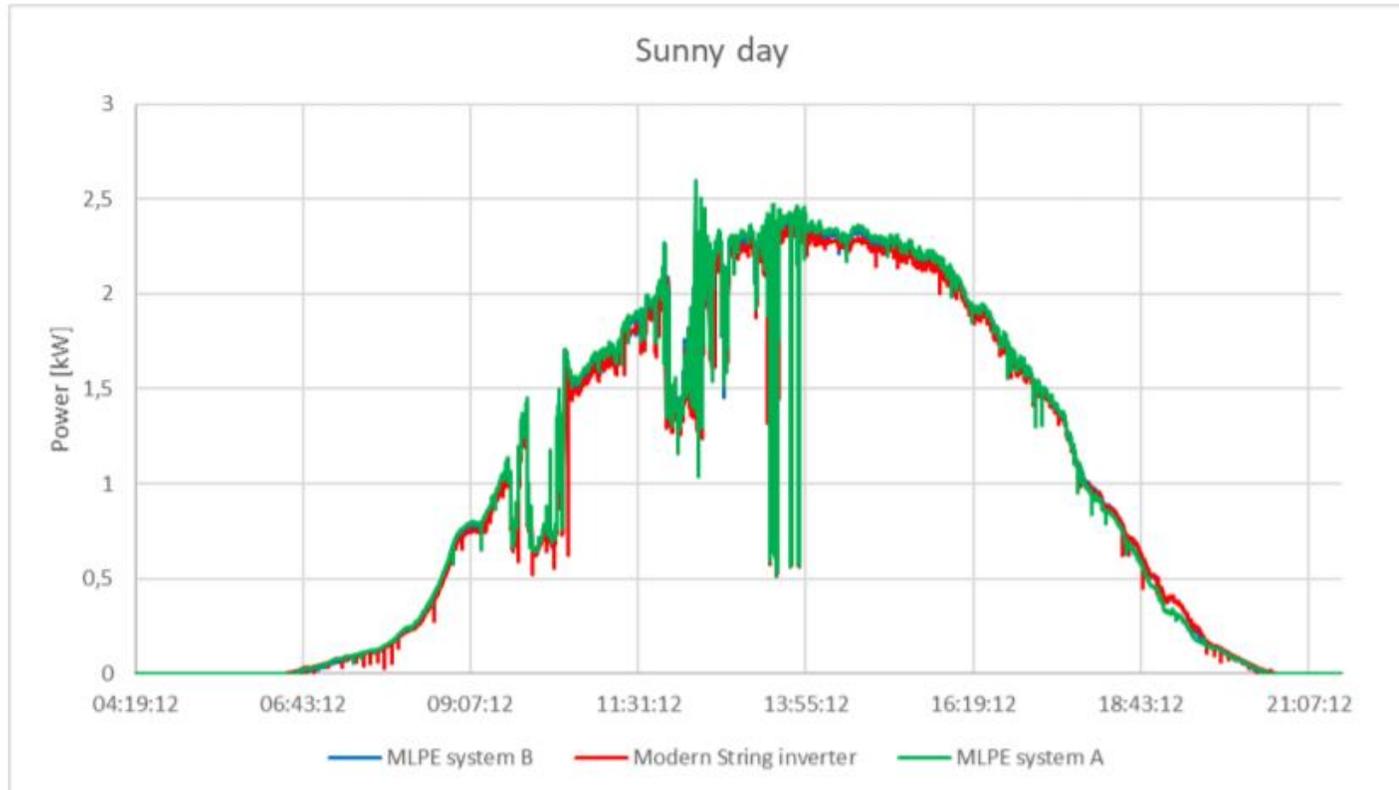


# Resultado Cenário 2 – Sombreamento em 1 módulo

- Período de 17.8.2018 a 24.09.2018.

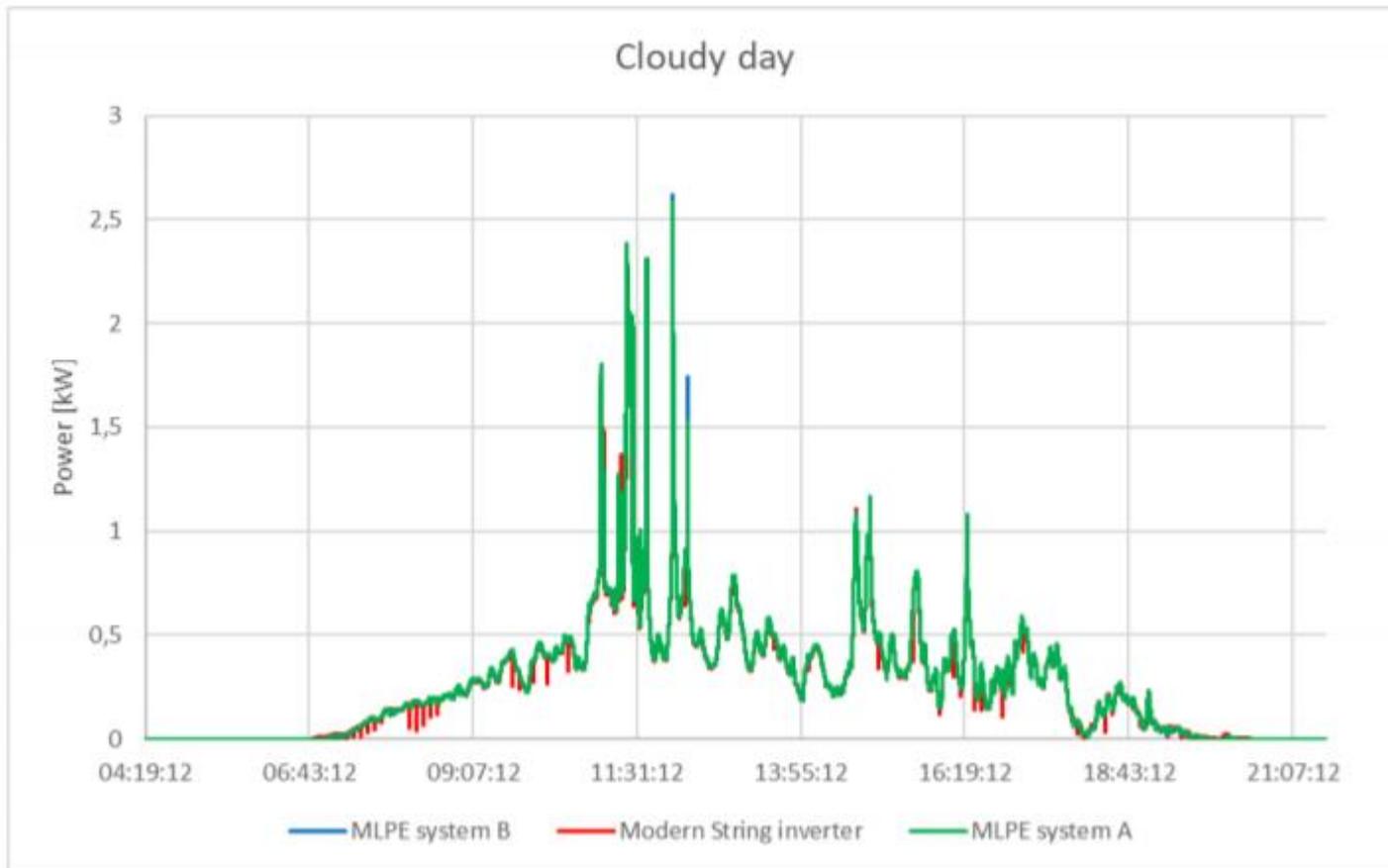


# Dia ensolarado



Date: 22.8.2018	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Production [kWh]	15,389	15,178	15,572
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	101,4%	100,0%	102,6%

# Dia nublado



Date: 23.8.2018	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Production [kWh]	4,189	4,178	4,241
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	100,3%	100,00%	101,5%

## Conclusão – Cenário 2



- Em situações em que é impossível instalar todos os módulos de uma string na mesma orientação, quando um ou mais módulos tiverem expostos a uma diferente irradiação, os otimizadores podem otimizar a geração de energia em 1 a 3% por módulo, mas apenas se o módulos tiver 100% sombreado, o que significa que sem MLPEs, todos os diodos *by-pass* do painel estariam ativos.
- Por outro lado, isso significa que se apenas partes de um módulo tiverem irradiação diferente (por exemplo, devido a sombras de árvores), mas uma string de células interna de um painel é exposta à irradiação total, um diodo *by-pass* não fica ativo, portanto o otimizador não pode melhorar a produção.
- Para sistemas com mais de 4 módulos fotovoltaicos em uma única série com uma orientação diferente, uma configuração alternativa usando strings curtas e dois MPPTs avançados, poderia ser uma alternativa melhor.

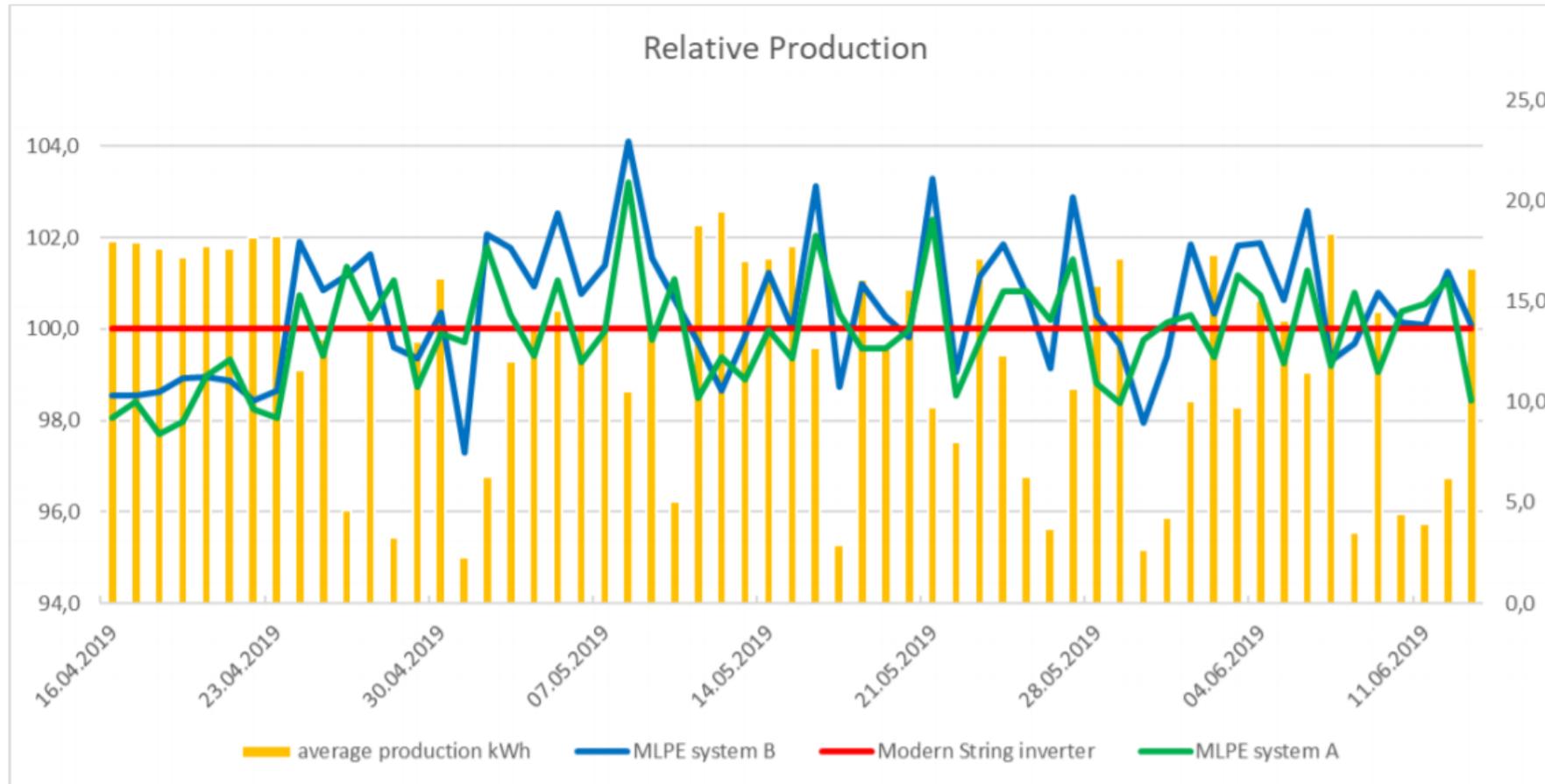
## Cenário 3 - Sombreamento ao longo do dia



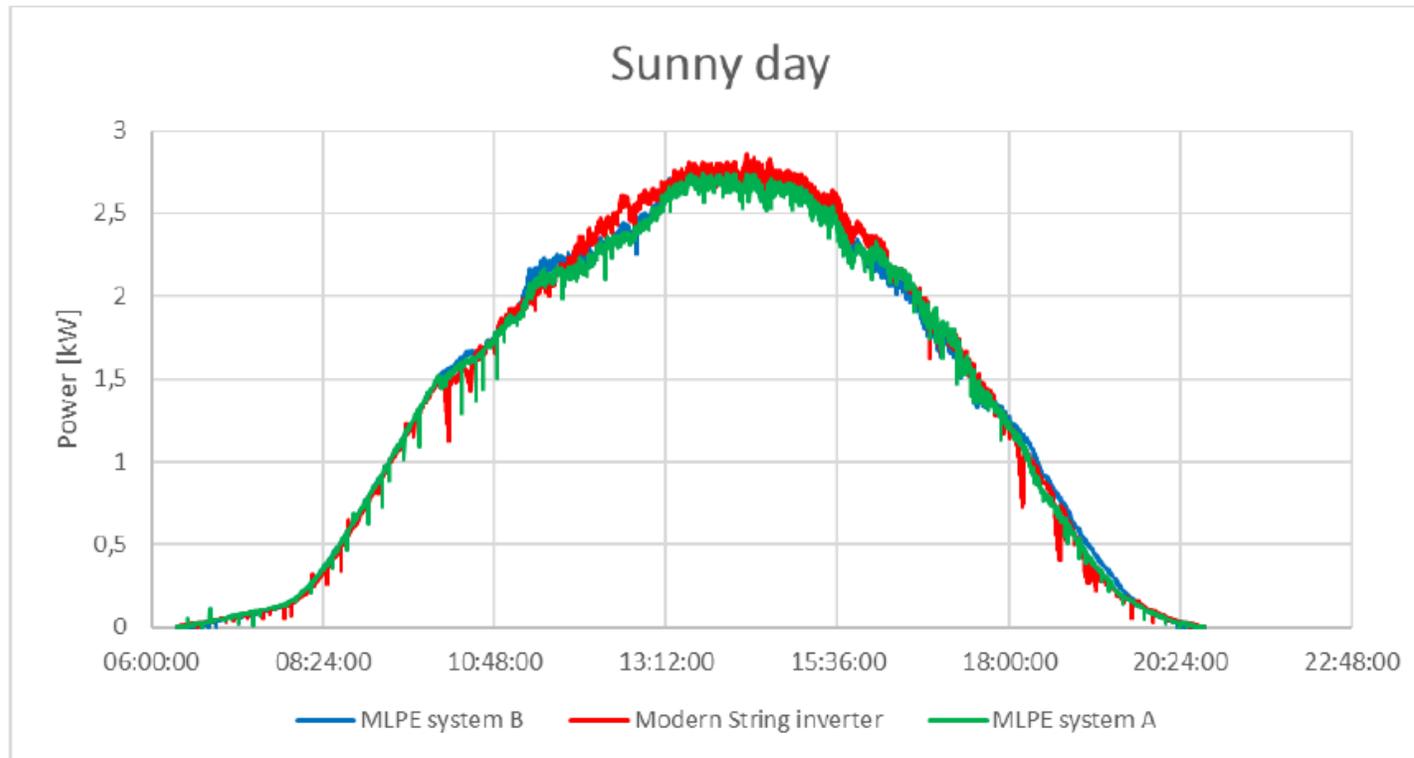
# Resultado Cenário 3 - Sombreamento ao longo do dia



- Período de 16.4.2019 a 11.06.2019

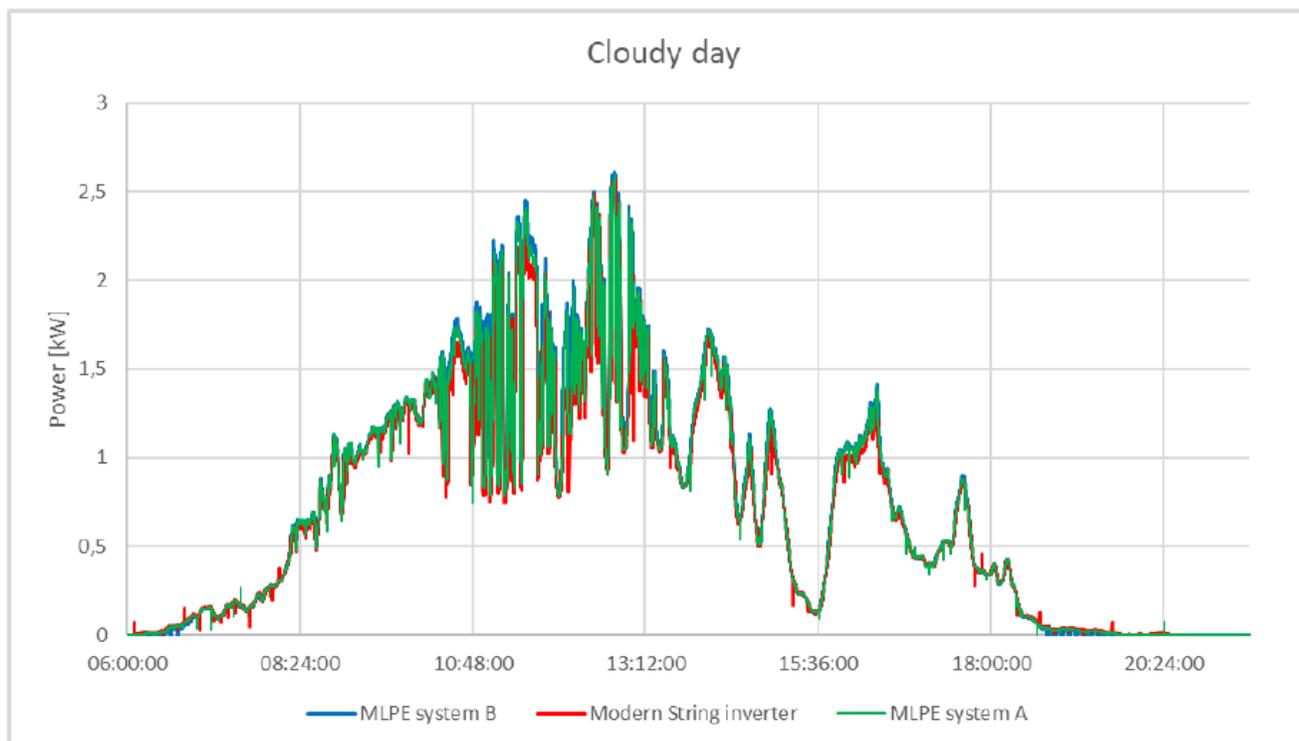


# Dia ensolarado



Date: 23.4.2019	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Production [kWh]	18,252	18,495	18,123
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	98,7%	100,0%	98,0%

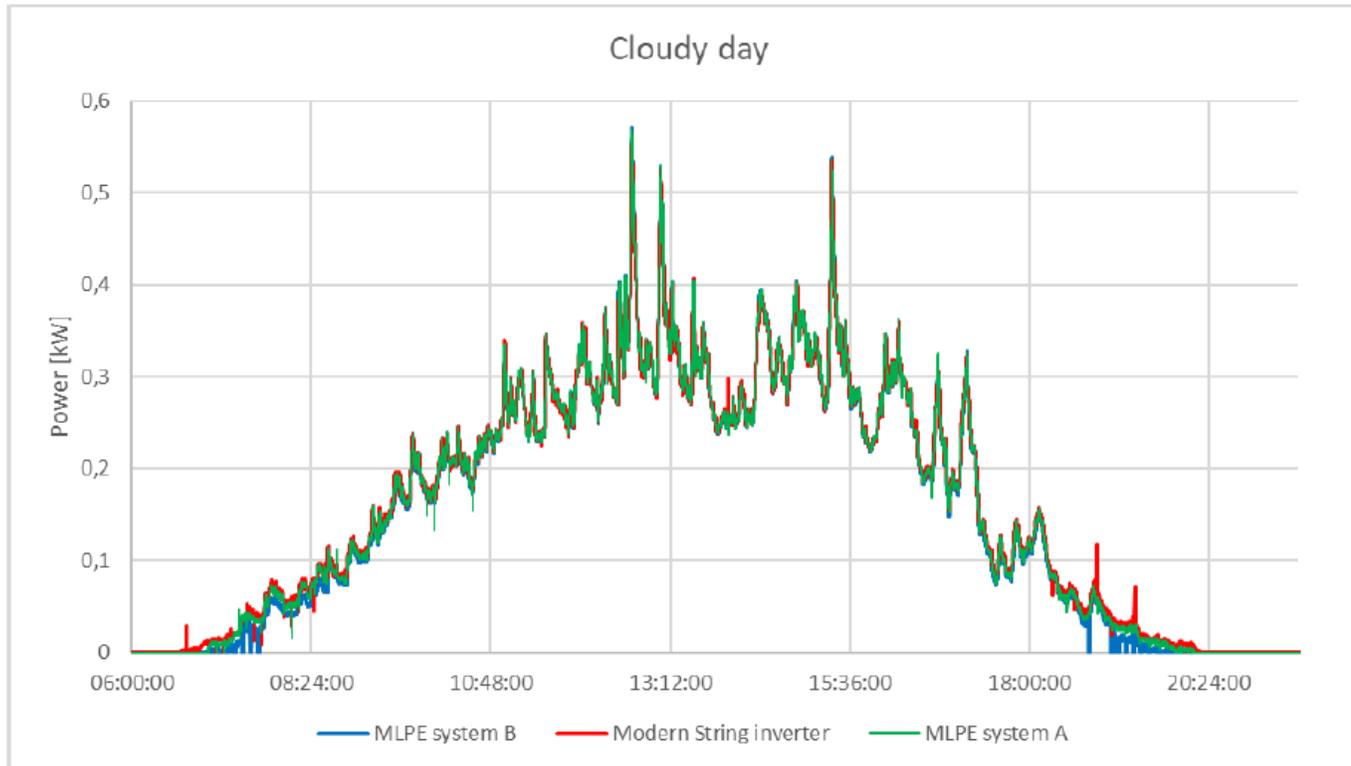
# Dia nublado junto com ensolarado



	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Date: 8.5.2019			
Production [kWh]	10,726	10,295	10,612
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	104,2%	100,0%	103,1%

Em dias nublados, os sistemas otimizadores apresentam melhor desempenho com as configurações aplicadas. Uma razão para isso pode ser que, após uma nuvem, os sistemas com otimizadores encontrarão o MPP mais rápido, enquanto o sistema sem otimizadores poderá primeiro atingir o máximo local e permanecer lá até o sistema de rastreamento MPP encontrar o máximo global executando uma varredura.

# Dia nublado



	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Date: 1.5.2019			
Production [kWh]	2,309	2,350	2,341
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	98,3%	100,0%	99,6%

## Conclusão – Cenário 3



- A sombra de um único poste influencia na produção de energia, dependendo das condições climáticas.
- Para dias ensolarados, não há benefício na produção de energia dos otimizadores, pois o sombreamento é apenas em partes de um módulo e o otimizador não tem possibilidades de otimizar a produção de energia a nível submódulo.
- Em dias com muitas nuvens passageiras, com muita alternância entre sol e sombra, os sistemas com otimizadores mostram alguma vantagem, pois parecem ser mais dinâmicos na busca do ponto máximo global. Pode-se esperar que um rastreamento MPP mais dinâmico nos inversores string produza resultados semelhantes.
- Em dias nublados, todos os módulos são expostos à mesma irradiação difusa. Isso leva a uma colheita de energia reduzida nos sistemas com otimizadores devido ao seu autoconsumo. Apesar das pequenas vantagens observadas dos otimizadores durante dias com irradiação que muda rapidamente, a produção geral nesse período de observação é igual para todos os três sistemas.

# Energia produzida no ano



- Considerando a produção total de energia em um ano, com todos os cenários diferentes levados em consideração, todos os sistemas estão em um nível semelhante, com o inversor de strings moderno superando ligeiramente os demais.
- A menor produção significativa do sistema A de MLPE deve-se principalmente ao otimizador defeituoso no início do experimento. Isso também mostra o impacto da falha no MLPE.
- Ao comparar apenas a produção diária, é muito difícil perceber essa falha, pois a produção ausente ainda está dentro da variação típica da produção. Somente uma análise detalhada ou a observação por um período mais longo permite a detecção de um evento desse tipo. Portanto, um sistema de monitoramento para os otimizadores deve ser instalado e otimizadores quebrados idealmente serem substituídos imediatamente após a detecção da falha.

Date: 31.5.2018-13.6.2019	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
Production [kWh]	1.453,578	1.454,261	1.418,588
Percentage difference to string inverter w/o MLPEs	99,95%	100%	97,55%

# CONCLUSÃO FINAL



	MLPE system B	Modern String inverter	MLPE system A
<b>No shading</b>			
Clear sky	99.8%	100%	99.6%
Overcast	99.3%	100%	98.9%
<b>Different orientation of single module</b>			
Clear sky	101,4%	100,0%	102,6%
Overcast	100,3%	100,0%	101,5%
<b>Shading by pole</b>			
Clear sky	98,7%	100,0%	98,0%
Cloudy	104.2%	100,0%	103.1%
Overcast	98,3%	100,0%	99,6%
<b>Overall</b>			
Data of the year	99.95%	100%	97.55%

# CONCLUSÃO FINAL



- As alegações comuns de marketing de produção adicional de energia com a aplicação de otimizadores não puderam ser confirmadas por esse experimento. De fato, existem apenas muito poucos cenários em que o uso de otimizadores melhora o desempenho do sistema. Os cenários mais significativos são quando os módulos de uma sequência têm orientações diferentes ou se amplas sombras cobrem os módulos completos por uma grande parte do dia. Muitas vezes, esses cenários podem ser evitados com um layout adequado das strings. Mesmo que a sombra de um poste de luz de rua, um mastro de bandeira, um poste de energia, uma chaminé sombreie a string, os otimizadores não levam a um ganho significativo na produção de energia. Especialmente, se o poste estiver mais distante dos painéis fotovoltaicos do que neste experimento, a sombra ficará mais difusa e menor impacto será esperado. Além disso, o risco de falha de um componente em uma das muitas MLPEs não deve ser subestimado. Finalmente, os conectores adicionais para os otimizadores correm o risco de conexões ruins que podem levar à falha do sistema ou, pior ainda, ser a causa raiz de um incêndio. Esse risco é muito mais que dobrado, uma vez que sistemas de diferentes fabricantes (produtor de módulos e otimizadores) são combinados e, geralmente, os conectores não se encaixam exatamente um no outro.