

# OSIsoft Regional Seminar 2019

*São Paulo*

*28 de maio*



# Utilização do PI System para Cálculos de Performance de Plantas de Geração Eólica e Solar

*Felipe Rejes de Simoni, Engenheiro de Sistemas de Operação  
Luisa Schoeller Guenther, Engenheira de Sistemas de Operação*

*28-mai-2018*

A large wind turbine is silhouetted against a bright orange sunset sky. The sun is a glowing semi-circle in the center. A dark blue horizontal banner is positioned across the middle of the image.

# ENGIE Brasil Energia

# Portfólio de Ativos



**55** usinas operadas  
com capacidade  
instalada própria  
de **8.276 MW**  
(em 31/03/2019)



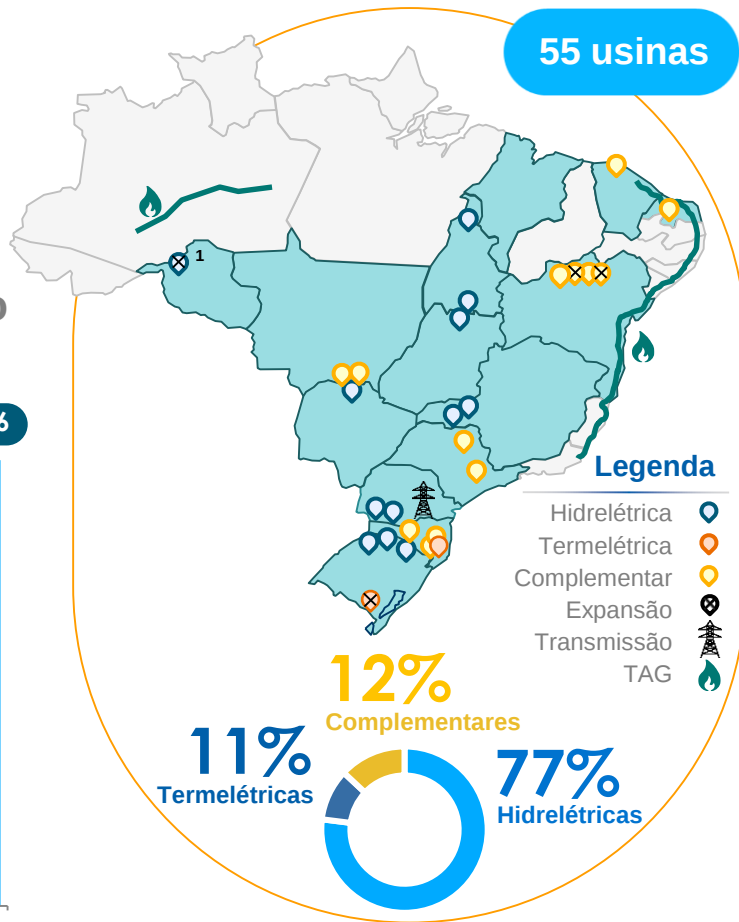
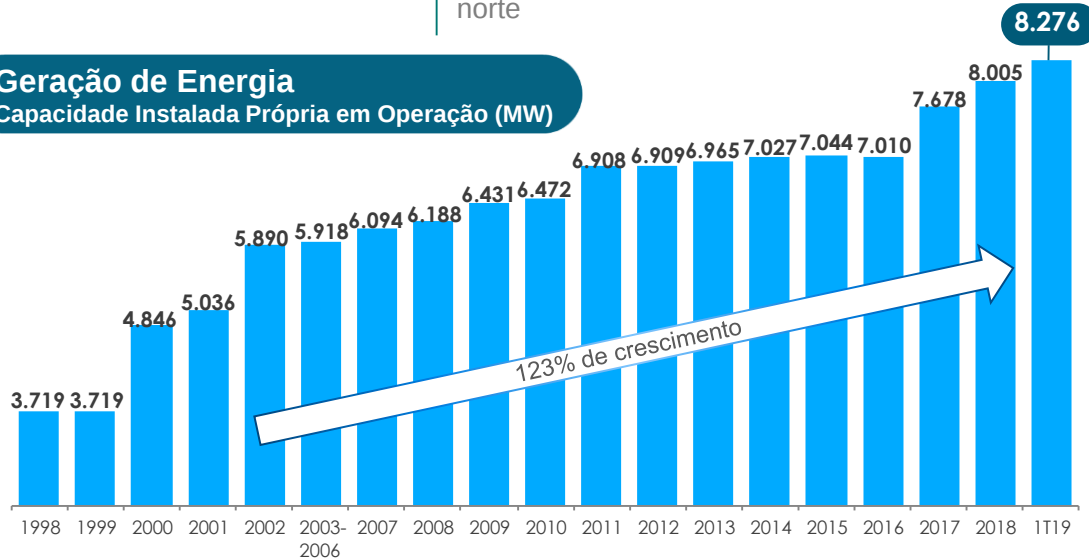
**TAG –**  
**4.500 Km** de  
**gasodutos**  
em operação nas regiões  
sudeste, nordeste e  
norte



**1.000 Km**  
de **linhas de**  
**transmissão**  
em construção

## Geração de Energia

Capacidade Instalada Própria em Operação (MW)



# Plantas de Geração Eólica e Solar



- Conjunto Eólico Trairi
  - 86 aerogeradores
  - Capacidade instalada de 212,6 MW



- Usina Fotovoltaica Assú V
  - 30 inversores
  - Capacidade instalada de 30 MW

# Plantas de Geração Eólica e Solar



- Conjunto Eólico Campo Largo
  - 121 aerogeradores
  - Capacidade instalada de 326,7 MW

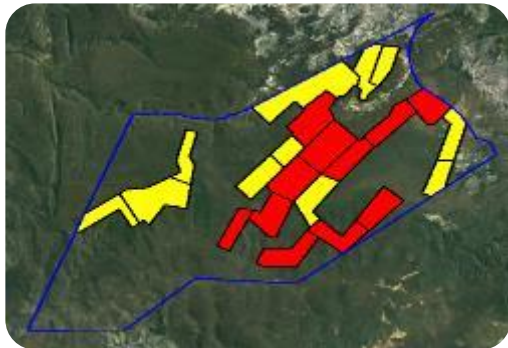


- Conjunto Eólico Umburanas
  - 144 aerogeradores
  - Capacidade instalada de 360 MW

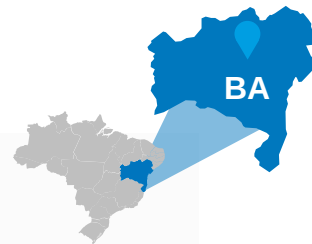
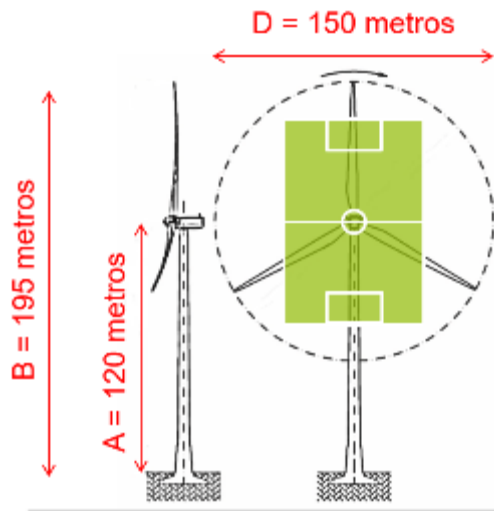
# Projeto Eólico em Construção

## Conjunto Eólico Campo Largo (Fase II)

### Conjunto Eólico Campo Largo



- Campo Largo Fase I – em operação
- Campo Largo Fase II – em implantação



### CE Campo Largo Sento Sé e Umburanas (BA) (Fase II)

Capacidade Instalada Total:  
**361,2 MW**

Capacidade Comercial:  
**~ 200,0 MWm**

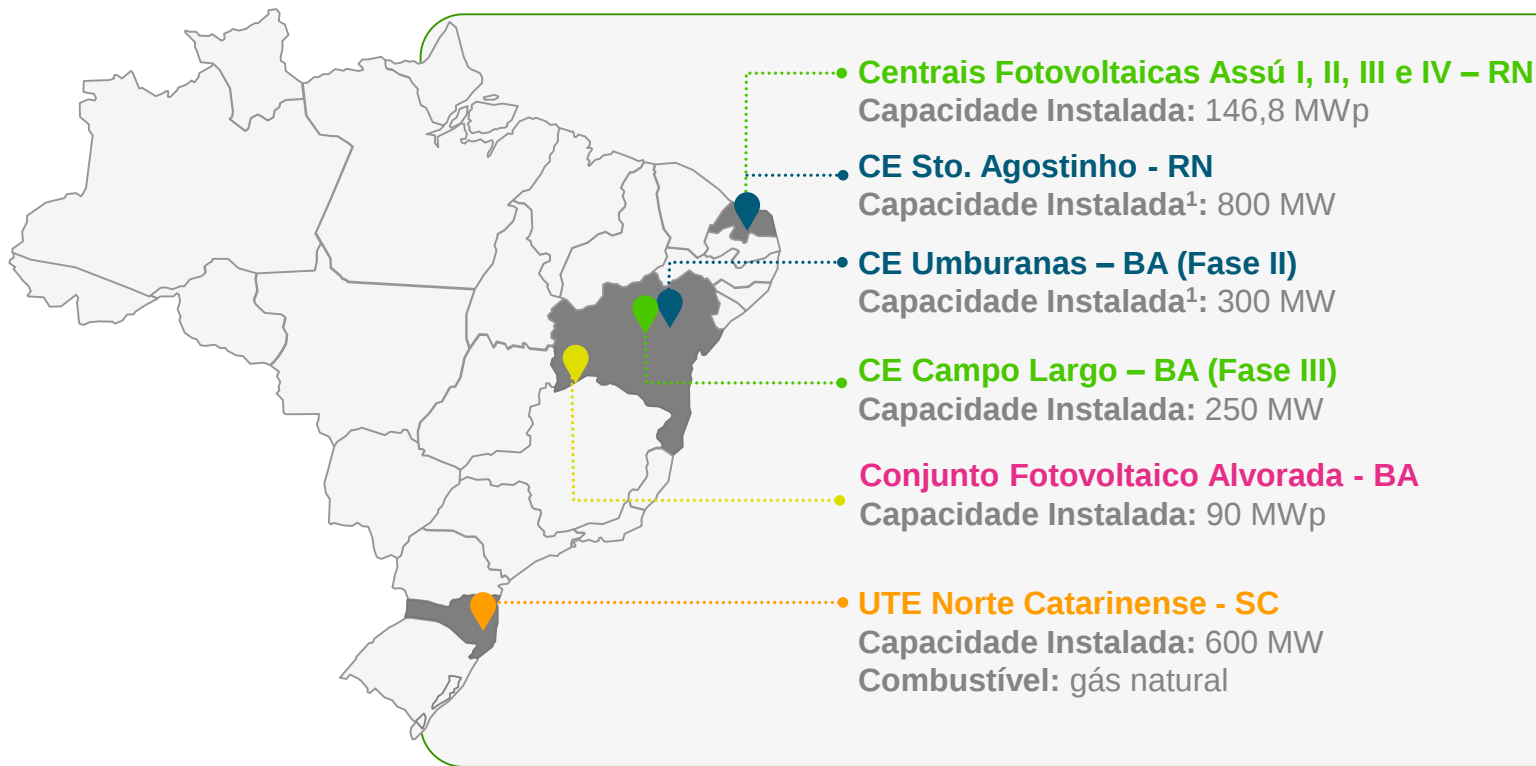


Início da  
construção: **2019**

Início da  
operação: **2021**

Nº de aerogeradores: 86 (~ 4,2 MW cada)

# Projetos em Desenvolvimento



A large white wind turbine stands prominently on a rocky, sparsely vegetated hill. In the background, a series of smaller wind turbines are visible along a ridge under a clear blue sky with a few wispy clouds. A semi-transparent blue rectangular box is overlaid on the right side of the image, containing the title text in white.

# Desafios das Eólicas e Solares

# Desafios

- Eólicas

- O&M das máquinas feito pelos fabricantes
- Grande quantidade de dados
- Indicadores de performance e disponibilidade gerados pelo fabricante

- Solar

- Dificuldade em encontrar uma maneira de calcular um indicador de performance de maneira precisa e que atualize constantemente

# Coleta de Dados de Processo



COS

PI System

COG

PI System

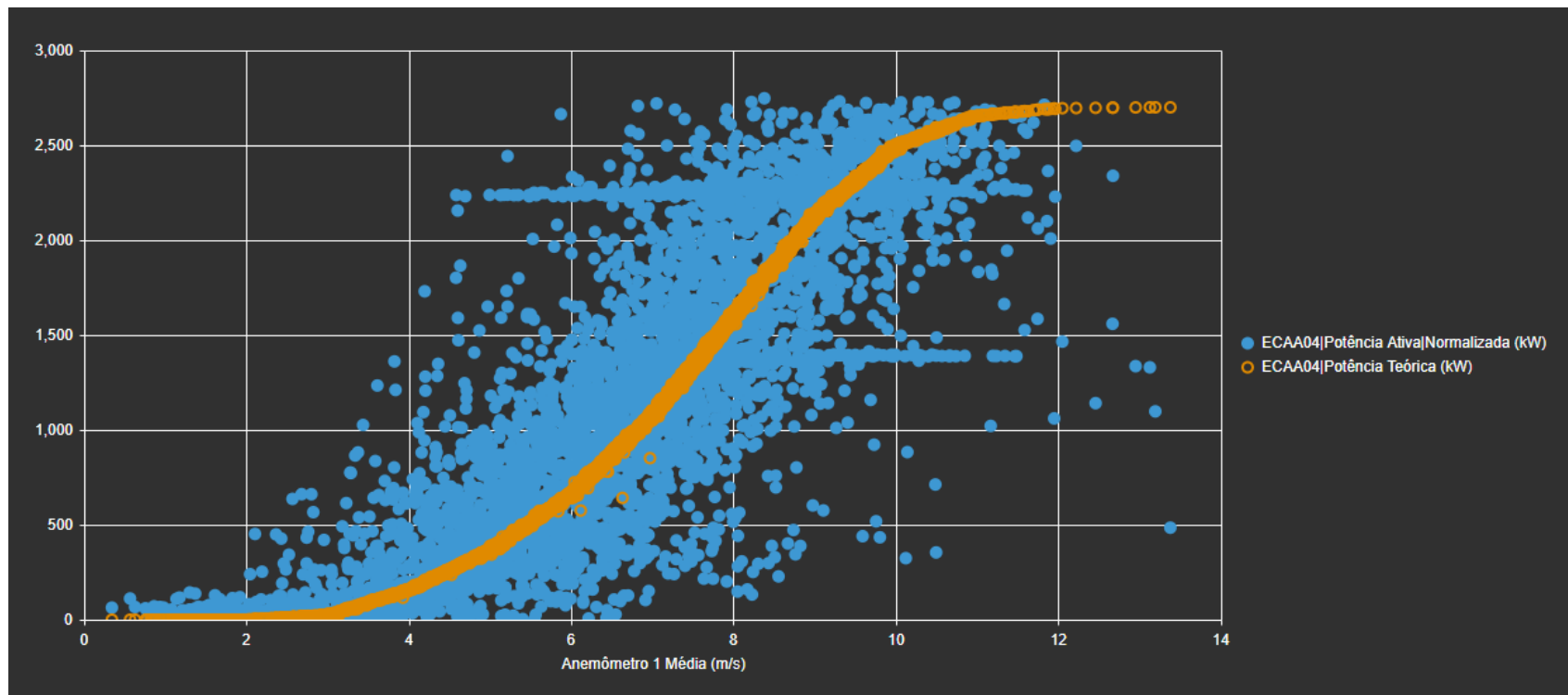
A photograph of a wind farm in a desert landscape. Several large white wind turbines with red accents are visible against a clear blue sky. The ground is dry and sandy. A semi-transparent blue rectangle is overlaid on the right side of the image, containing the title text.

# Eficiência de Geração das Eólicas

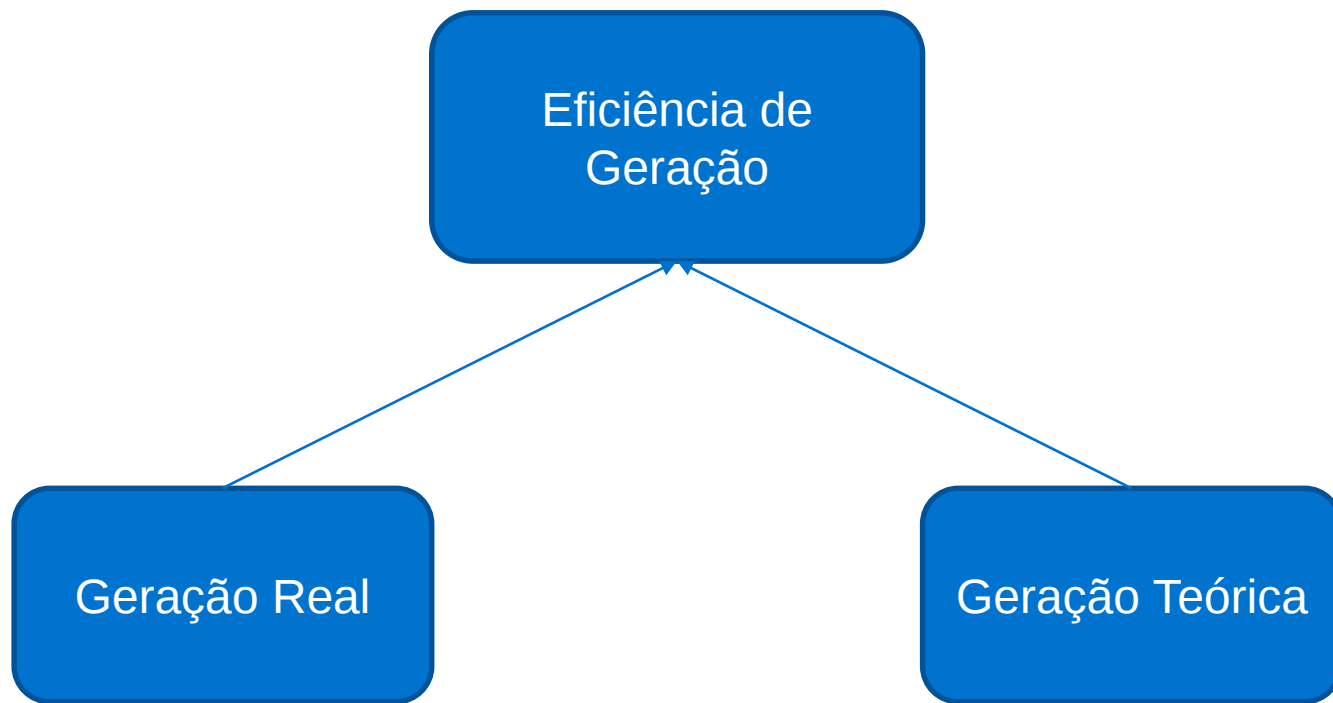
# Motivação

- Controle de indicadores feito anteriormente apenas por disponibilidade das máquinas
- Necessidade de verificação se as máquinas estavam operando como os dados de projeto

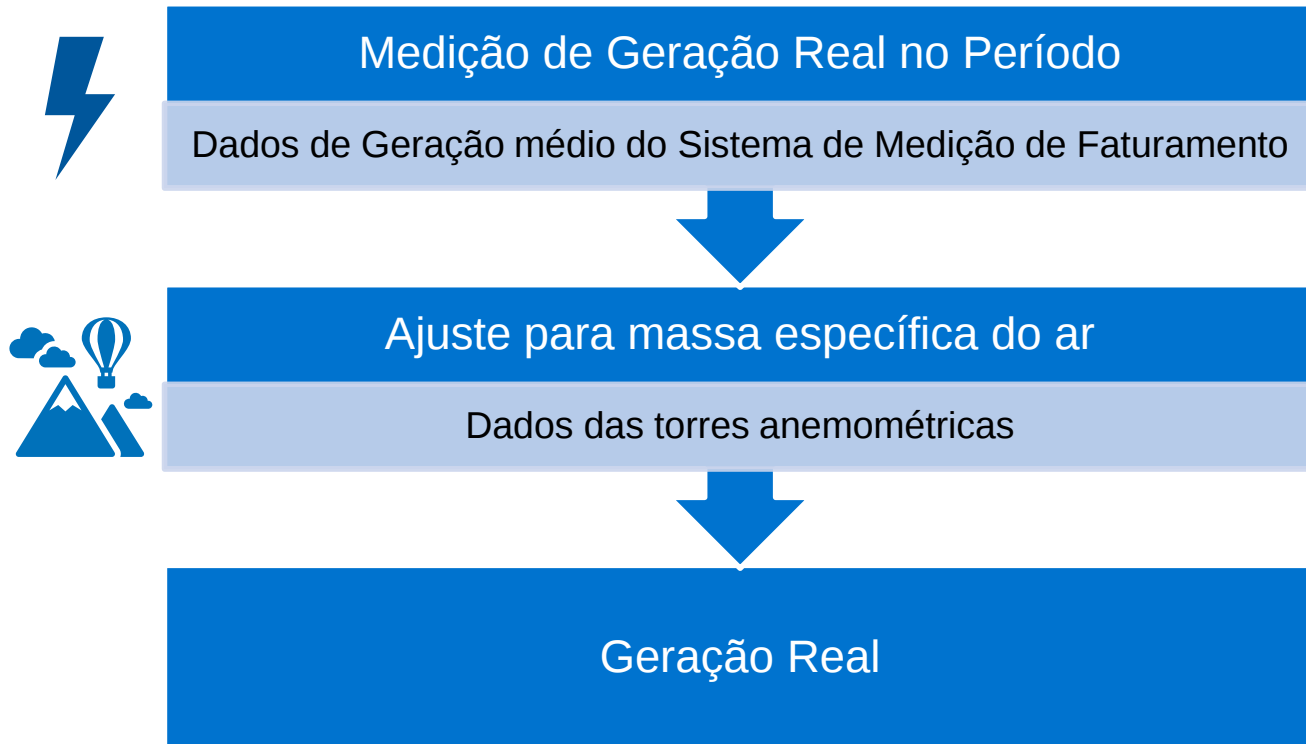
# Definição e Configuração do Indicador



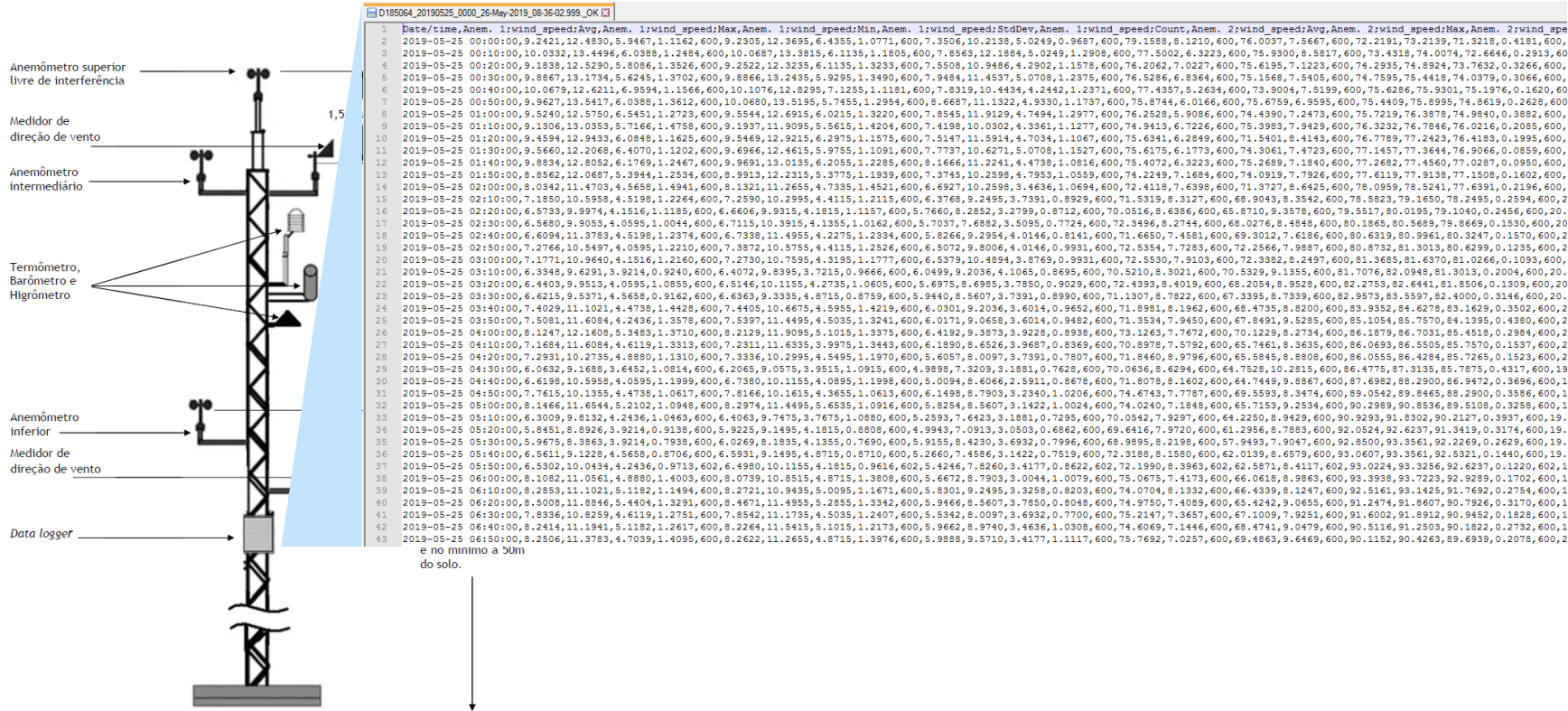
# Definição e Configuração do Indicador



# Definição e Configuração do Indicador



# Geração Teórica



# Geração Teórica

D185064\_20190525\_0000\_26-May-2019\_08-36-02.999\_OK

|   |                                            |
|---|--------------------------------------------|
| 1 | Date/time, Anem. 1; wind speed; Avg, Anem. |
| 2 | 2019-05-25 00:00:00, 9.2421, 12.4830, 5.5  |
| 3 | 2019-05-25 00:10:00, 10.0332, 13.4496, 6.  |
| 4 | 2019-05-25 00:20:00, 9.1838, 12.5290, 5.6  |
| 5 | 2019-05-25 00:30:00, 9.8867, 13.1734, 5.6  |

| Velocidade do Vento | Potência Ativa |
|---------------------|----------------|
| 1                   | 0              |
| 2                   | 0              |
| 3                   | 25             |
| 4                   | 159            |
| 5                   | 366            |
| 6                   | 663            |
| 7                   | 1075           |
| 8                   | 1597           |
| 9                   | 2123           |
| 10                  | 2493           |
| 11                  | 2654           |
| 12                  | 2695           |
| 13                  | 2700           |
| 14                  | 2700           |
| 15                  | 2700           |
| 16                  | 2700           |
| 17                  | 2700           |
| 18                  | 2700           |
| 19                  | 2700           |
| 20                  | 2700           |
| 21                  | 2700           |
| 22                  | 2700           |
| 23                  | 2700           |
| 24                  | 2700           |
| 25                  | 2700           |

# Geração Teórica

|                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div><div>EEST01</div><div>466 kW ▲ +10.83%<br/>Target: 420.46</div><div>6.557 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>95.735 %</div><div>Em operação</div></div>                  | <div><div>EEST02</div><div>861 kW ▼ -28.63%<br/>Target: 1,206.3</div><div>8.071 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>74.316 %</div><div>Em operação</div></div>    | <div><div>EEST03</div><div>707 kW ▲ +9.06%<br/>Target: 648.29</div><div>7.965 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>94.318 %</div><div>Em operação</div></div> | <div><div>EEST04</div><div>719 kW ▼ -8.3%<br/>Target: 784.08</div><div>7.824 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>88.891 %</div><div>Em operação</div></div> |
| <div><div>EEST05</div><div>517 kW ▼ -8.35%<br/>Target: 552.08</div><div>7.103 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>91.958 %</div><div>Em operação</div></div>                   | <div><div>EEST06</div><div>1,041 kW ▼ -24.34%<br/>Target: 1,376.8</div><div>10.344 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>94.479 %</div><div>Em operação</div></div> | <div><div>EEST07</div><div>520 kW ▲ +14.08%<br/>Target: 455.8</div><div>6.716 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>75.511 %</div><div>Em operação</div></div> | <div><div>EEST08</div><div>453 kW ▲ +0.26%<br/>Target: 451.8</div><div>6.698 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>93.599 %</div><div>Em operação</div></div> |
| <div><div>EEST09</div><div>0 kW ▼ -100%<br/>Target: 75.538</div><div>4.287 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>0.95013 %</div><div>Parada - Indisponível - Unidade</div></div> | <div><div>EEST10</div><div>434 kW ▼ -2.26%<br/>Target: 444.02</div><div>6.856 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>90.284 %</div><div>Em operação</div></div>      | <div><div>EEST11</div><div>430 kW ▼ -32.5%<br/>Target: 637.03</div><div>6.187 m/s</div><div>Eficiência de Geração<br/>85.693 %</div><div>Em operação</div></div> |                                                                                                                                                                 |

10 aerogeradores  
em operação

\*

Potência Teórica  
equivalente de um  
aerogerador

=

Potência Teórica  
do Parque

# Cálculo de Eficiência de Geração



ENGIE Brasil Energia S.A.

“A infraestrutura do PI System permitiu a centralização de dados de diversas fontes e a realização de um cálculo complexo para controle da eficiência de geração dos nossos parques eólicos. Esse indicador trouxe uma nova dimensão de análise de nossos parques.”

Felipe Rejes de Simoni, Engenheiro de Sistemas de Operação, ENGIE Brasil Energia



## CHALLENGES

Melhorar o controle sobre o processo de operação de usinas eólicas com operação e manutenção dos fabricantes.

## SOLUTION

Utilizar o PI AF e PI Analysis para encontrar a geração teórica e real no período e acompanhar não somente a disponibilidade das máquinas mas se estão operando da maneira que o projeto foi desenhado.

## RESULTS

Nova dimensão de análise onde é possível mensurar com precisão se estamos extraindo o esperado da fonte de energia intermitente. O indicador entrou na meta da usina e é avaliado mensalmente pelos engenheiros de operação e gerentes.

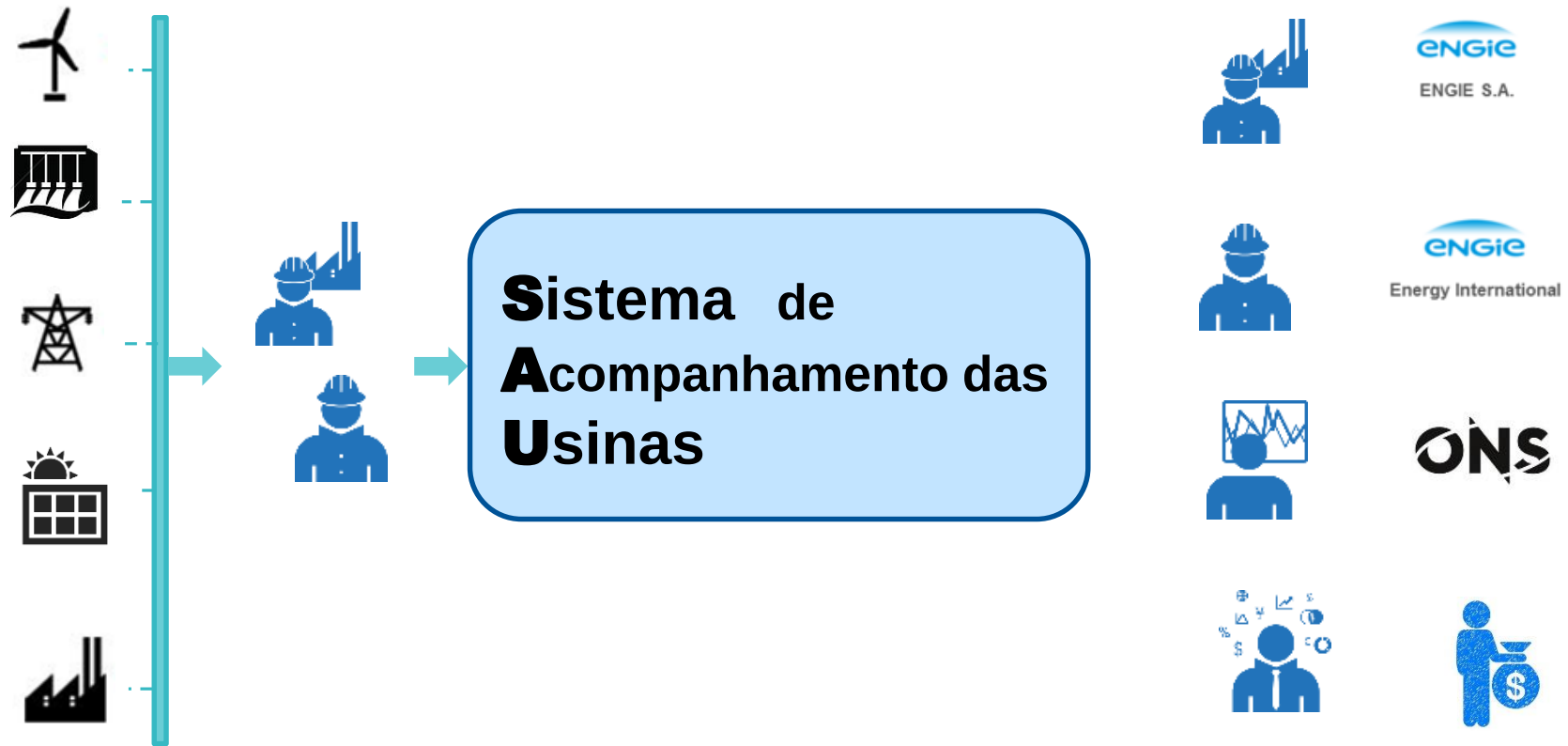
A photograph of a desert landscape at sunset. The sun is low on the horizon, creating a bright glow and long shadows. Several wind turbines are visible, with one prominently in the foreground on the left and others further back. The sky is a mix of orange, yellow, and blue.

# Mudança de Estado dos Aerogeradores

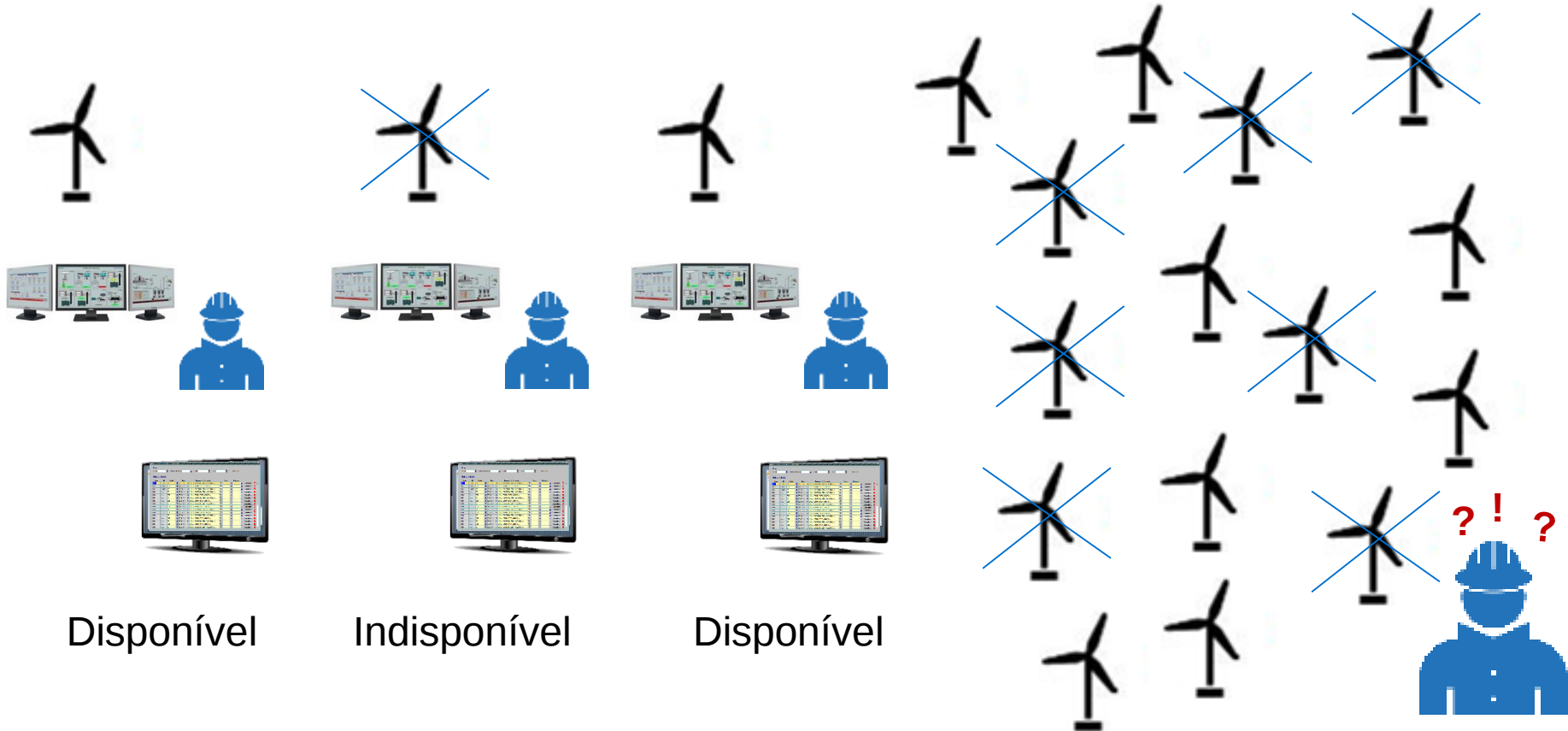
# Estado de Unidade Geradora

- Um estado é a caracterização da condição operacional de uma unidade geradora.
- Deve representar o sistema por um todo e permitir que sejam calculados índices, como indisponibilidade programada e forçada, taxa de falha e apuração das consistências de geração.

# Definição do Estado das Unidades Geradoras

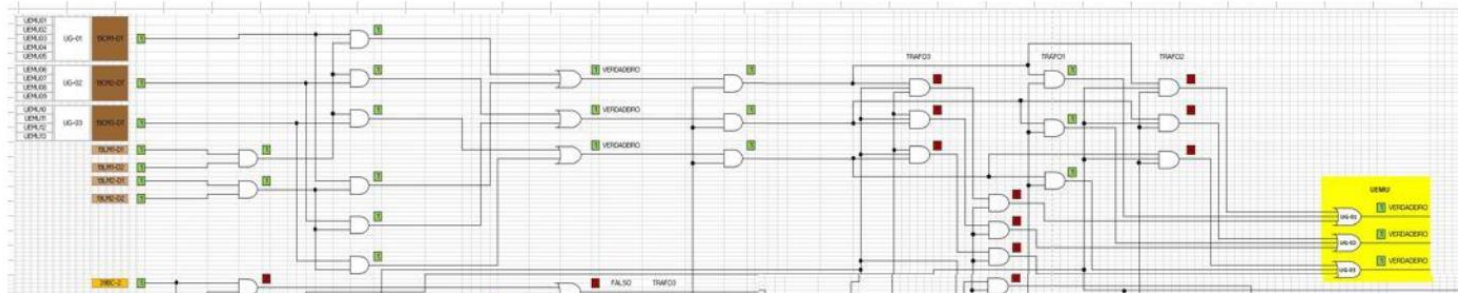


# Mudança de Estado dos Aerogeradores



# Estados Representativos

| ESTADO     | ESTADO                          | COR | LSTOM (CECL)                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------|---------------------------------|-----|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DGN        | Em operação                     |     | UECC_OPC.UECC.CC01.TurbineStatus | 118 - Sem falhas - Turbina OK & Potência > 0,1<br>102 - Advertência & Potência > 0,1                                                                                                                                                                                                    |
| DP         | Parada - Disponível             |     | UECC_OPC.UECC.CC01.TurbineStatus | 118 - Sem falhas - Turbina OK & Potência < 0,1<br>102 - Advertência & Potência < 0,1<br>64 - Parada - Desenrolamento de cabo ativo<br>65 - Pronto para operação - Modo automático<br>66 - Falha de Vento<br>76 - Falha baixa velocidade de vento<br>87 - Falha alta velocidade de vento |
| IPP ou IPI | Parada - Indisponível - GRID    |     | UECC_OPC.UECC.CC01.TurbineStatus | 71 - Falha no GRID                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| IPP ou IPI | Parada - Indisponível - Unidade |     | UECC_OPC.UECC.CC01.TurbineStatus | 70 - Falha Severa<br>77 - Manutenção - Freio Ativo<br>109 - Manutenção - Freio Levantado<br>165 - Parada Manual                                                                                                                                                                         |
| IPI        | Sem comunicação                 |     | UECC_OPC.UECC.CC01.W.Quality     | < 192                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



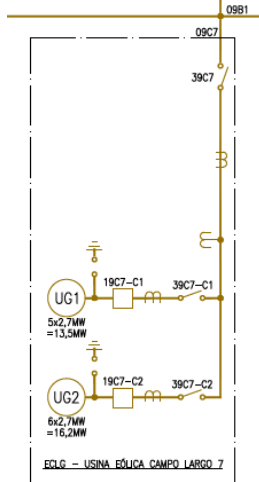
# Mudança de Estado dos Aerogeradores



Dados do  
Aerogerador

Estado  
da  
Máquina

Dados de  
GRID



# Mudança Automática de Estado



ENGIE Brasil Energia S.A.

“Com a automatização do registro de mudança de estados dos aerogeradores houve uma significativa melhora na utilização dos recursos humanos e na precisão dos registros. Seriam necessários ao menos cinco operadores dedicados exclusivamente a esta atividade para os 350 aerogeradores em operação.

Luisa Guenther, Engenheira de Sistemas de Operação, ENGIE Brasil Energia



## CHALLENGES

Nos parques eólicos há muitas variáveis. Para os índices relacionados à disponibilidade, as análises e registros eram realizados manualmente, o que era dispendioso para 86 aerogeradores e inviável para os mais de 350 atuais – que ultrapassarão 500 nos próximos anos.

## SOLUTION

Automatizar o processo de registro de mudança de estado, definindo os estados e verificando o mínimo de variáveis necessárias para sua definição. O estado é determinado utilizando o PI AF (Analysis) que irá detectar a mudança, gera eventos (PI Notifications) para registro nos demais sistemas da companhia.

## RESULTS

Os estados são calculados automaticamente e enviados ao SAU, onde são validados e utilizados pela companhia. Os registros estão mais precisos e os operadores podem se dedicar a outras atividades.



# Performance Ratio das Solares

# Performance Ratio das Solares

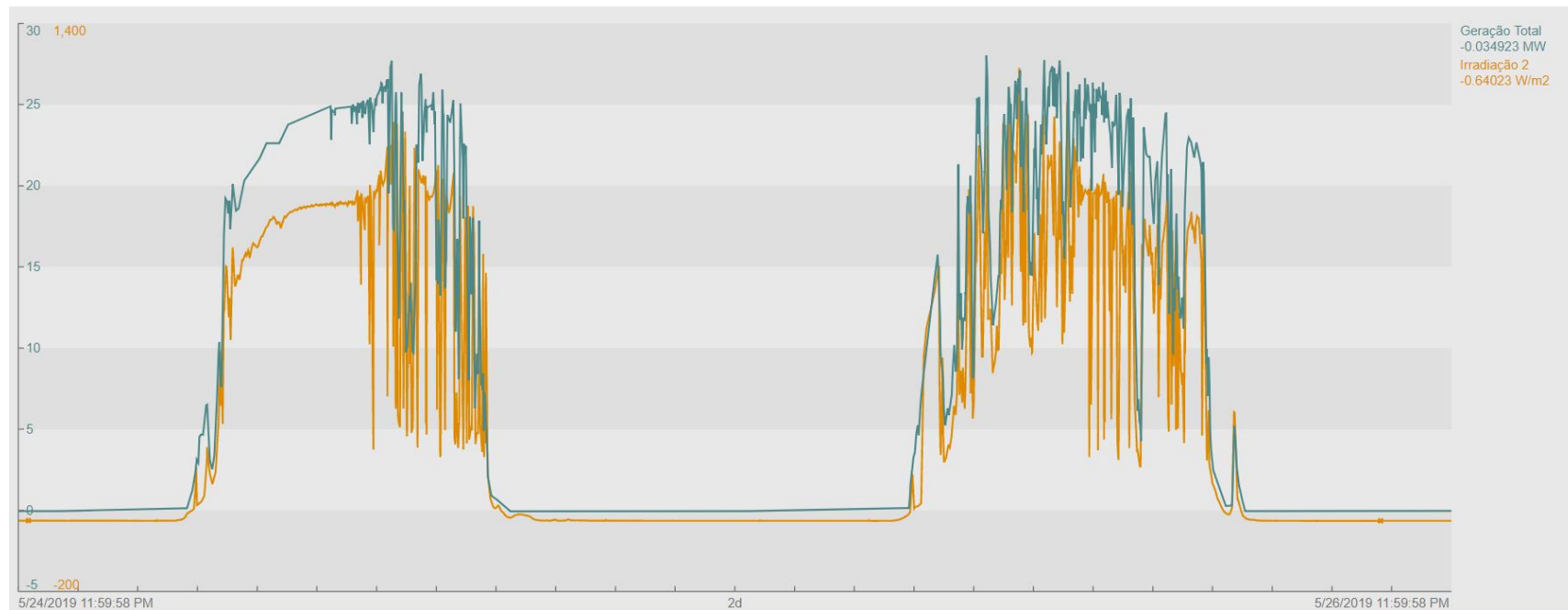
- Indicador que permite avaliar a eficiência das usinas solares (ABNT NBR 16274)

$$PR = \frac{E_{REAL}}{E_{IDEAL}} * 100\%$$

$$E_{IDEAL} = \frac{H_i}{G_{i,ref}} * P_{STC}$$

$$H_i = \int G_i dt$$

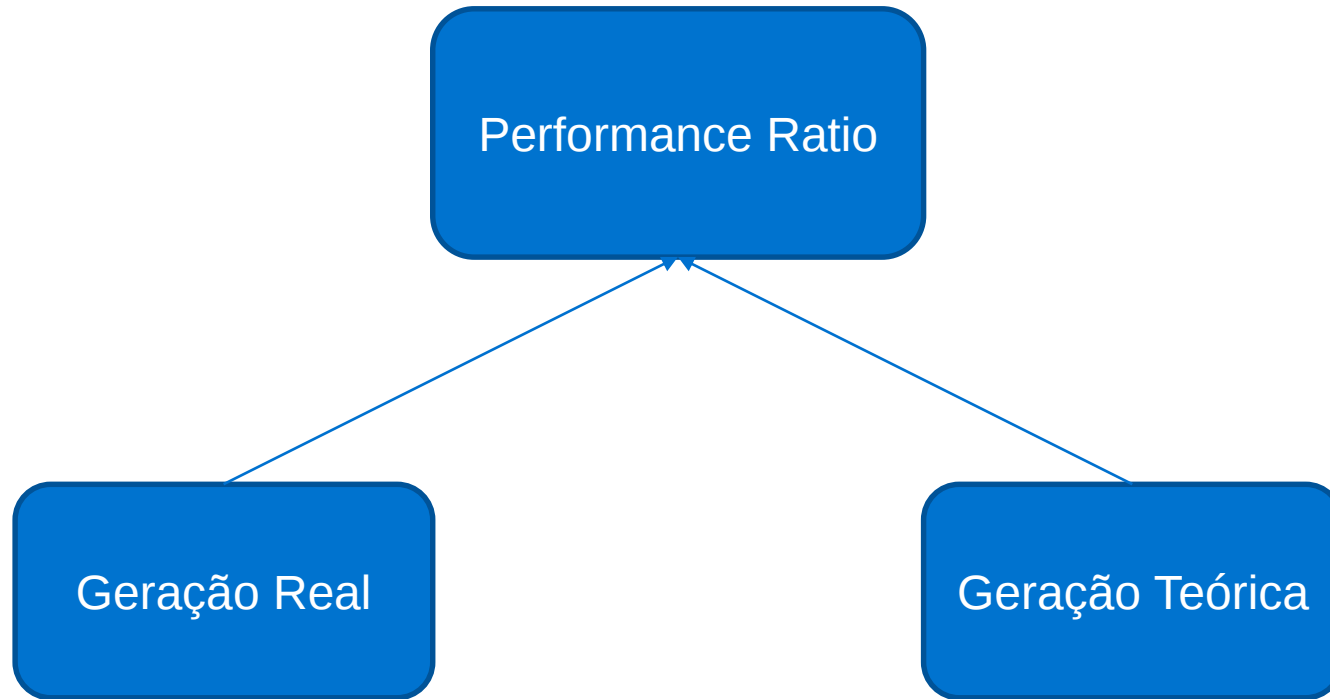
# Performance Ratio das Solares



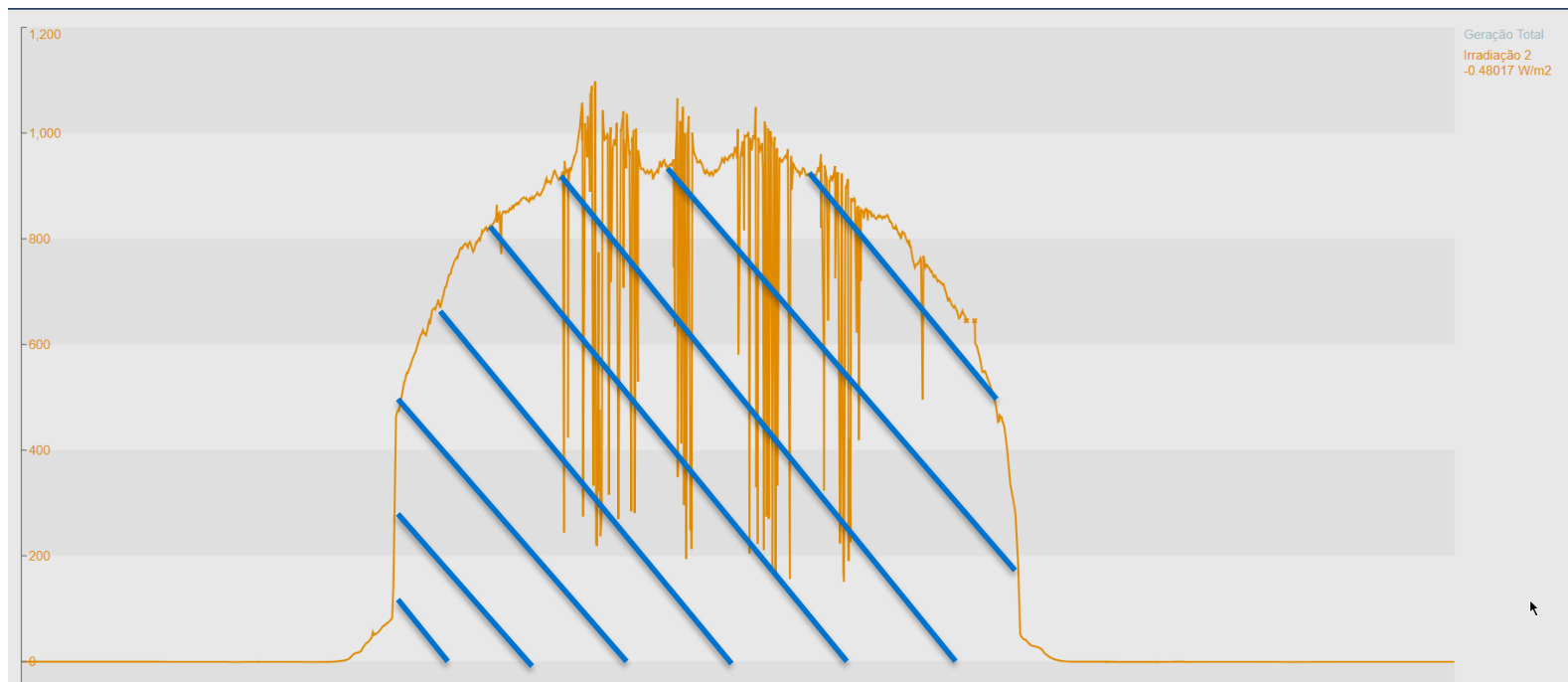
# Desafio

- Extração dos dados para cálculo
- Complexidade dos cálculos (envolve integrais e verificações de estado dos inversores)

# Definição e Configuração do Indicador



# Definição e Configuração do Indicador



$\text{W/m}^2$

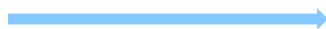


$\text{kWh/m}^2$

# Definição e Configuração do Indicador

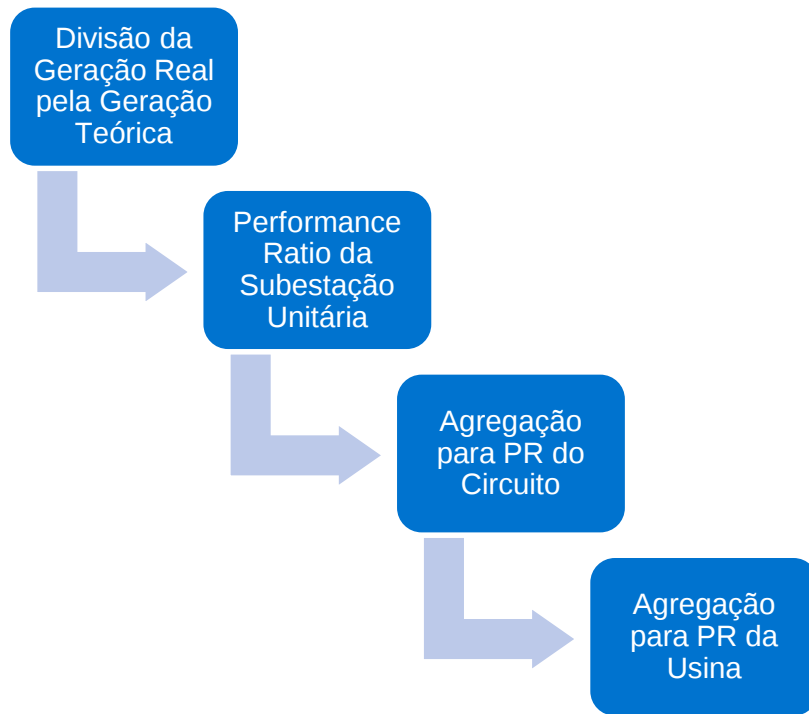


Ponderação para a Potência  
instalada em operação

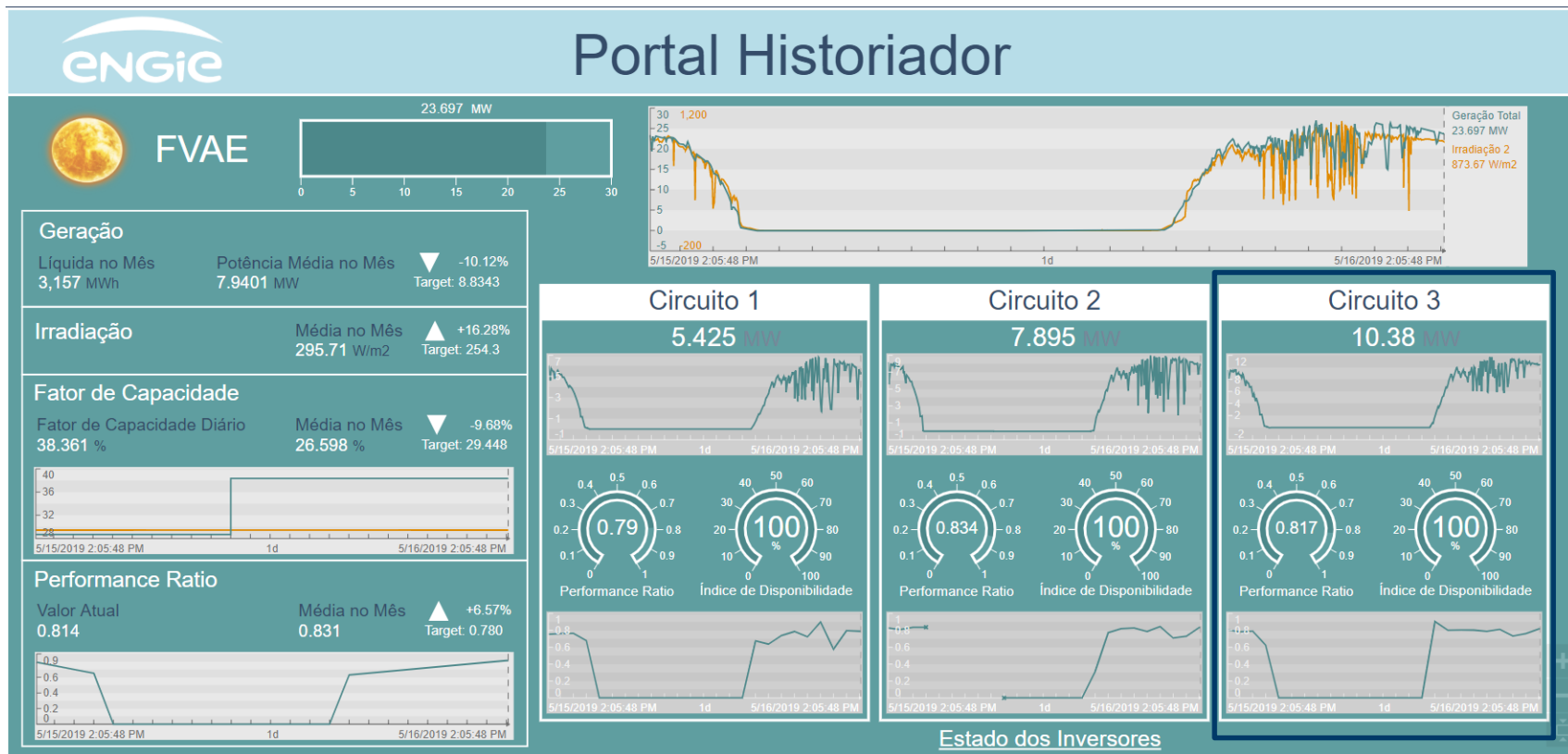


Geração Teórica

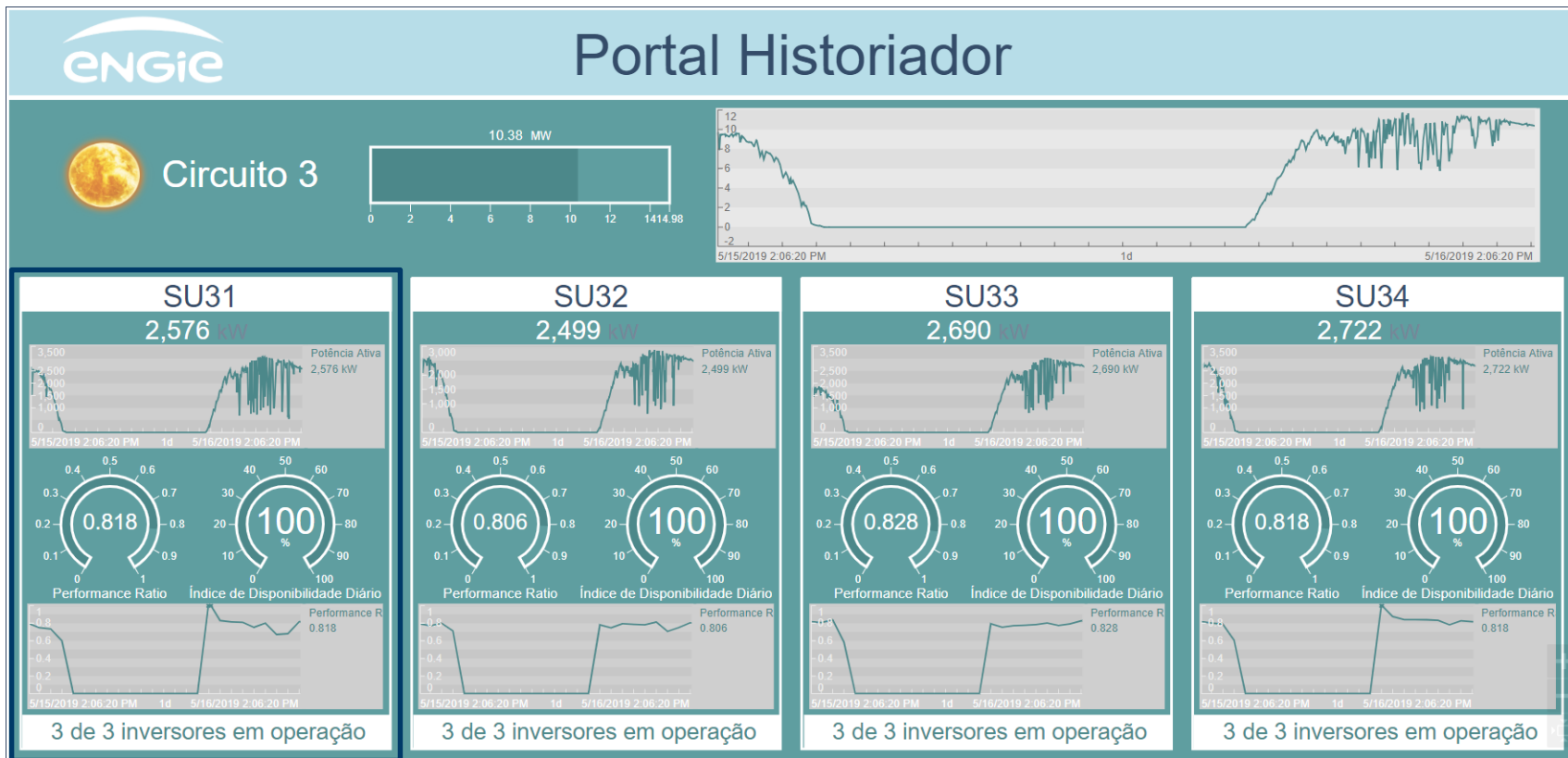
# Definição e Configuração do Indicador



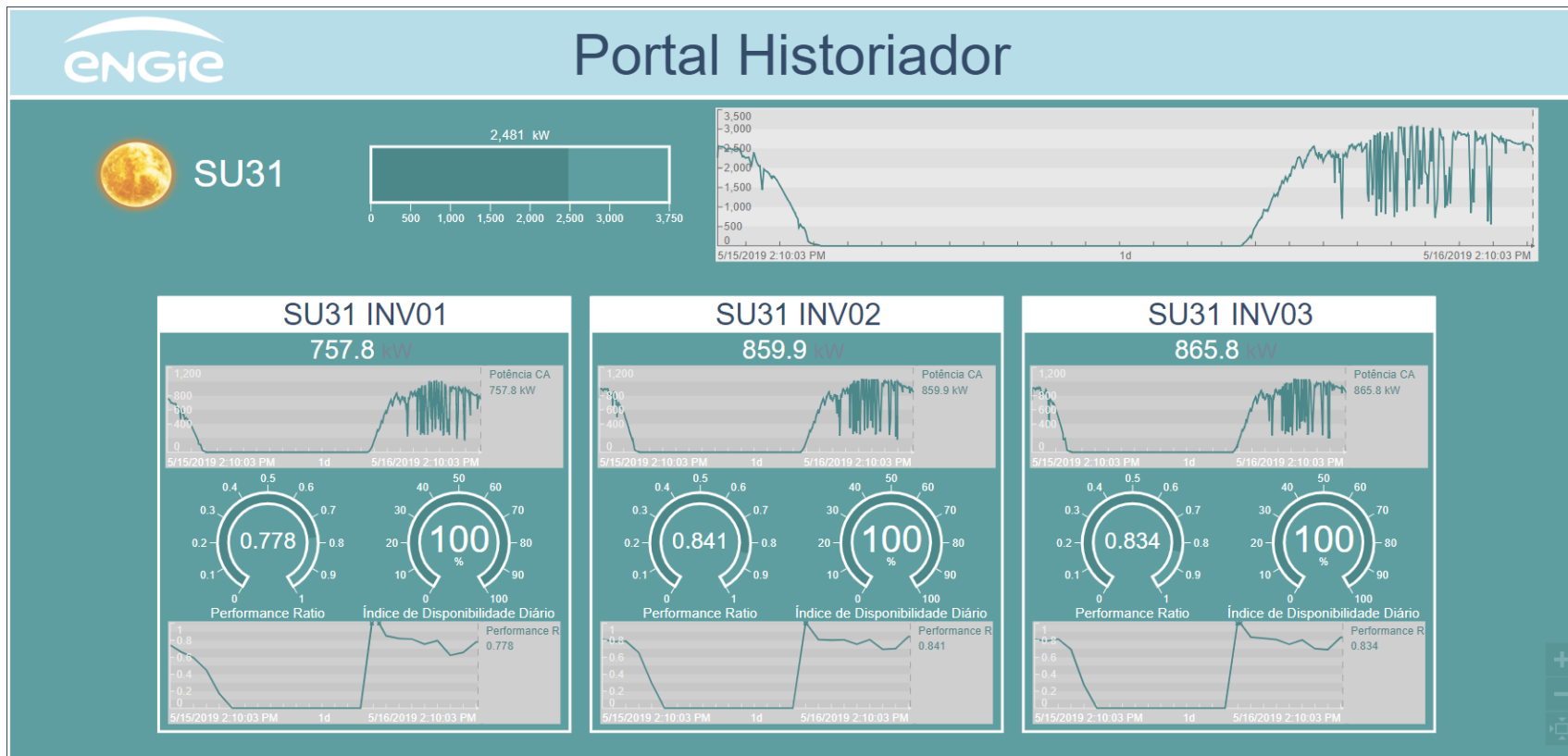
# Telas para Verificação dos Indicadores



# Telas para Verificação dos Indicadores



# Telas para Verificação dos Indicadores



# Cálculo de Performance Ratio



ENGIE Brasil Energia S.A.

“Através do PI AF e PI Analysis foi possível aplicar cálculos de performance de usinas solares em tempo-real e separado pelos conjuntos que a compõem. Esse indicador é utilizado para comprovação de performance junto a empresa responsável pelo projeto.”

Felipe Rejes de Simoni, Engenheiro de Sistemas de Operação, ENGIE Brasil Energia



## CHALLENGES

Realizar um cálculo complexo que envolve dados de diferentes fontes em tempo-real para cada um dos conjuntos que compõem uma usina solar.

## SOLUTION

Realizar a integração dos dados e os cálculos no PI AF. Os resultados são verificados tanto em telas do PI Vision como podem ser extraídos para relatórios mensais através do PI Datalink.

## RESULTS

O indicador permite identificar problemas que impactem o processo de geração (como sujeira nas placas). Seu cálculo remove indisponibilidades dos inversores e permite uma análise isolada da performance das plantas.

# Contact Information

Felipe Rejes de Simoni  
Engenheiro de Sistemas  
de Operação  
felipe.simoni@engie.com  
(48) 3221-7952

Luisa Schoeller Guenther  
Engenheira de Sistemas  
de Operação  
luisa.guenther@engie.com  
(48) 3221-7902

