



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO**

RELATÓRIO EDITAL Nº 013/2017-GDG-PROAPA

**MONITORAMENTO E CONTROLE IOT DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA NO IFCE - CAMPUS MARACANAÚ**

ÁREA TEMÁTICA 2 – INTERNET DAS COISAS E ENERGIA

**SANDRO CÉSAR SILVEIRA JUCÁ
GILMAR DE PONTES BARROS BEZERRA**

Maracanaú

2019

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas fontes de geração de energias renováveis combinado com o monitoramento e controle utilizando Internet das Coisas (*IoT*) vem tornando a Geração Distribuída (GD) particularmente acessível e integrável com futuras Redes de Energia Inteligentes.

Para adicionar inteligência às infraestruturas existentes, novos equipamentos e dispositivos eletrônicos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de complementar os equipamentos de monitoramento de microgeração de energia elétrica baseada em fontes renováveis de energia.

Dessa forma, o presente projeto de pesquisa apresentou, como principais objetivos, a instalação de uma planta de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica e o desenvolvimento de uma plataforma de controle e monitoramento em tempo real aplicada da referida planta fotovoltaica (FV) de microgeração de energia elétrica, adquirida através de um projeto aprovado no Edital Universal/CNPq, integrada à rede elétrica do IFCE – Campus Maracanaú. Durante a pesquisa, a referida planta operou como projetada e foi regulamentada junto a Enel Ceará. Nesse sentido, o monitoramento de variáveis associadas à microgeração FV descentralizada de energia elétrica foi projetado também para integrar conceitos de Computação em Nuvem (*Cloud Computing*) e segurança em *IoT*.

Objetivo Geral

O objetivo geral da presente pesquisa é projetar, desenvolver e implementar uma plataforma de monitoramento IoT em baixo custo de geração fotovoltaica, variáveis meteorológicas e de temperatura dos módulos de uma planta FV de microgeração de energia integrada à rede elétrica do IFCE – Campus Maracanaú.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos alcançados na primeira etapa do projeto estão listados a seguir:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre sistemas de supervisão e monitoramento aplicados à microgeração de energia elétrica integrando *IoT* e *Cloud Computing*.
- Adquirir, montar e regulamentar uma planta de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica do IFCE – Campus Maracanaú.

- Pesquisar mecanismos de segurança e padrões e protocolos abertos necessários para permitir a convergência e interligação da plataforma IoT com a geração descentralizada de energia.
- Descrever e implementar um sistema de supervisão e monitoramento para plantas FV de geração de energia elétrica descentralizada no IFCE – Campus Maracanaú, integrando conceitos de *Cloud Computing* e segurança em *IoT*.
- Realizar experimentos em ambientes reais para avaliar o sistema de monitoramento proposto desenvolvido no IFCE – Campus Maracanaú.

2. JUSTIFICATIVA

O sistema proposto visa desenvolver e otimizar uma interface de monitoramento utilizando princípios de *IoT* e *Cloud Computing* para ser aplicada em uma planta de microgeração FV instalada no IFCE – Campus Maracanaú, com intuito de monitorar o funcionamento e a geração de energia elétrica em tempo real.

No Laboratório de Energias Alternativas da UFC (LEA) em parceria com o IFCE já foram desenvolvidas pesquisas relacionadas com o monitoramento de sistemas de geração baseados em energias renováveis. O *software* proposto permite acesso e a análise de dados e gráficos armazenados nos servidores através de dispositivos móveis como *notebooks*, *tablets* e *smartphones*. O sistema permite ainda a conexão de sensores digitais e analógicos e a atualização do *firmware* do microcontrolador e configuração via Internet.

3. METODOLOGIA

A sequência metodológica empregada nesta primeira etapa está listada a seguir:

1. Aquisição, montagem e regulamentação de uma planta de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica do IFCE – Campus Maracanaú.
2. Revisão bibliográfica para identificar os principais desafios para o desenvolvimento da plataforma de supervisão e monitoramento de plantas de GD aplicados que utilizam princípios de *IoT* e de *Cloud Computing*.
3. Identificação de tendências e tecnologias necessárias para o desenvolvimento do projeto de pesquisa de acordo com as restrições das instalações utilizadas.

4. Pesquisa e comparação de padrões e protocolos de comunicação para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento IoT de microgeração elétrica.
5. Pesquisa de configurações de acesso remoto às plantas de GD, permitindo monitoramento remoto do sistema.
6. Seleção de dispositivos em baixo custo para construção do hardware para monitoramento IoT.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O desenvolvimento do projeto de pesquisa aplicada iniciou com a aquisição e instalação da planta de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica.

4.1 Instalação da planta FV para geração de energia elétrica no IFCE – Campus Maracanaú.

Na Figura 1 é mostrado o início da instalação da planta FV no Bloco 3 (Eixo de Computação) do Campus. A planta de 1,35 kWp consiste de 5 módulos de 270 Wp e foi instalada sobre a passarela do bloco, como pode ser visto na Figura 2.



Figura 1. Instalação da planta FV no IFCE – Campus Maracanaú.



Figura 2. Planta FV instalada no bloco 3 do IFCE – Campus Maracanaú.

Para a conversão da tensão contínua dos módulos FV em tensão alternada com o intuito de conexão à rede elétrica de 220 Vac, é necessário um inversor FV e circuito de proteção (Figura 3) para os componentes desta instalação e os demais conectados ao quadro de proteção do bloco.



Figura 3. Inversor FV e quadro de proteção.

4.2 Montagem e programação do sistema IoT de supervisão e monitoramento

Esta etapa focou no desenvolvimento de uma plataforma em tempo real para testes e integração de dispositivos inteligentes para o monitoramento IoT de plantas de GD baseadas em energias renováveis. A programação e configuração dos sistemas embarcados IoT foi inicialmente feita em bancada no Laboratório de Eletrônica e Sistemas Embarcados (LAESE) do IFCE Maracanaú (Figura 4).



Figura 4. Programação do Sistema embarcado IoT em bancada.

O sistema IoT de monitoramento consiste de duas placas microcontroladas: ESP32 E ESP8266, respectivamente mostradas na Figura 5. ESP32 é responsável por monitorar dados de temperatura do módulo FV e de irradiância solar, enquanto o ESP8266 monitora dados de temperatura ambiente e de umidade relativa do ar através do sensor DHT11 e velocidade do vento.

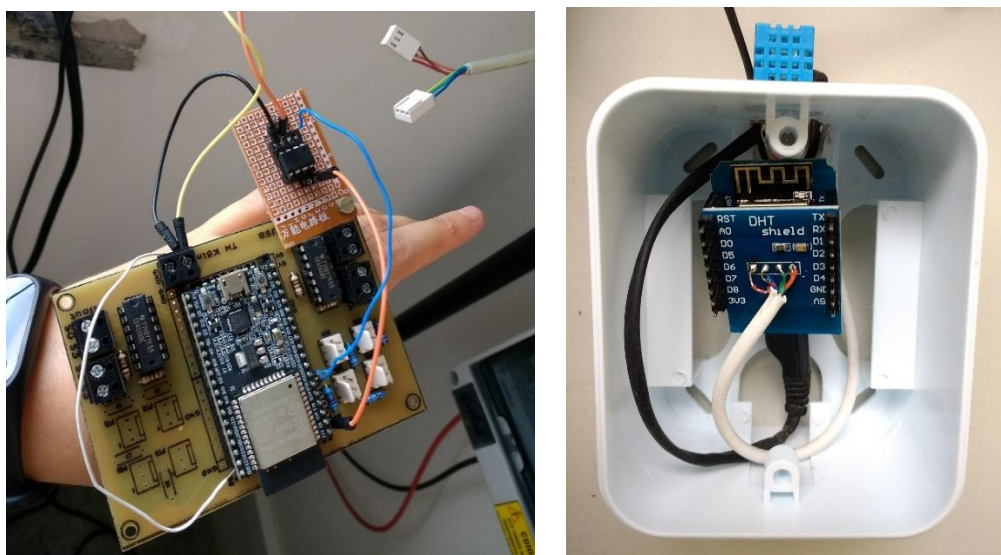


Figura 5. ESP32 e ESP8266.

Para as medições de irradiância solar foi utilizado um piranômetro LP02 da fabricante Hukseflux, mostrado na Figura 6 e para velocidade do vento, o sensor anemômetro NRG #40C, mostrado na Figura 7.



Figura 6. Piranômetro LP02 para medição da irradiância solar.



Figura 7. Anemômetro NRG #40C para medição da velocidade do vento.

Para o monitoramento de temperatura dos módulos FV foram utilizados sensores PT100, como mostrado na Figura 8. O PT100 tem 3 pinos e foi soldado em cabos manga. Em seguida, foram fixados com cola térmica à parte posterior central dos módulos FV.

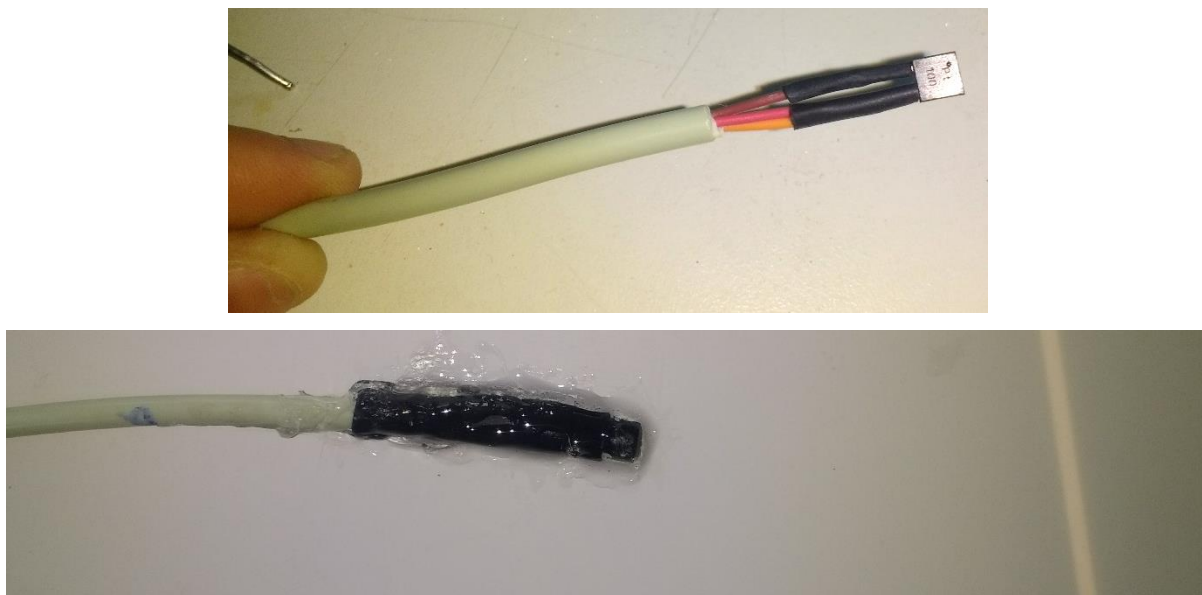


Figura 8. PT100 para medição de temperatura do módulo FV.

4.3 Gráficos iniciais obtidos

As Figuras 9, 10, 11 e 12 mostram, respectivamente, os gráficos de irradiância solar medida pelo piranômetro instalado, temperatura dos módulos FV, geração de energia elétrica no mês de maio de 2018 (kWh) e gráfico de geração FV representada em potência x tempo do dia 03 de agosto de 2018. Esses dados foram obtidos a partir do sistema de monitoramento IoT desenvolvido e pelo inversor FV instalado.

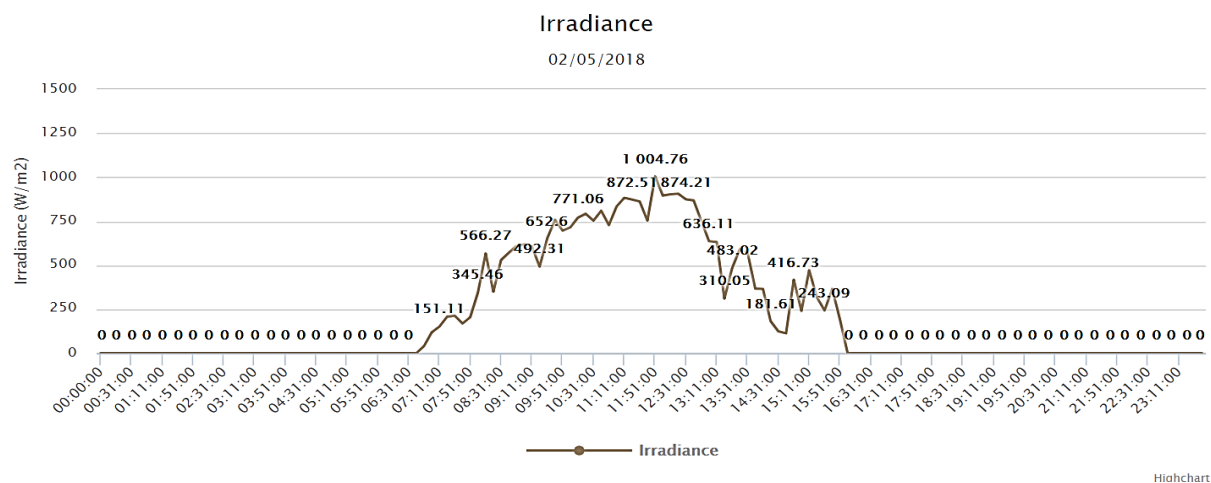


Figura 9. Irradiância solar

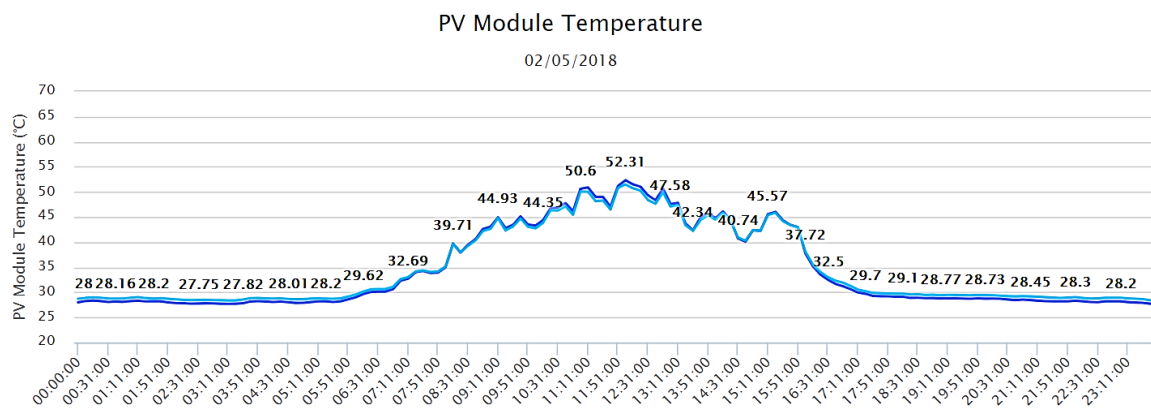


Figura 10. Temperatura dos módulos

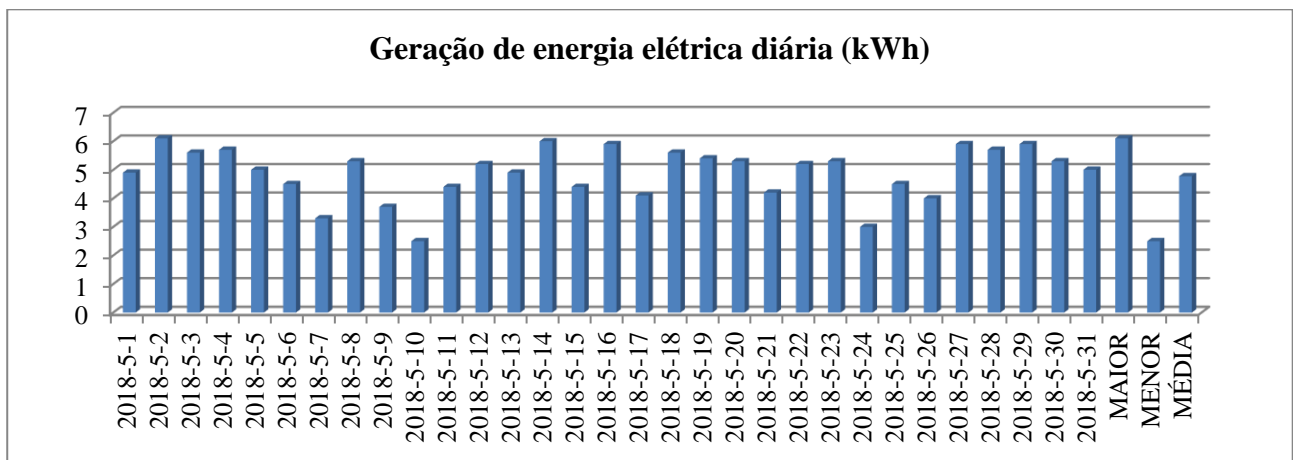


Figura 11. Geração de energia elétrica no mês de maio de 2018 (kWh)

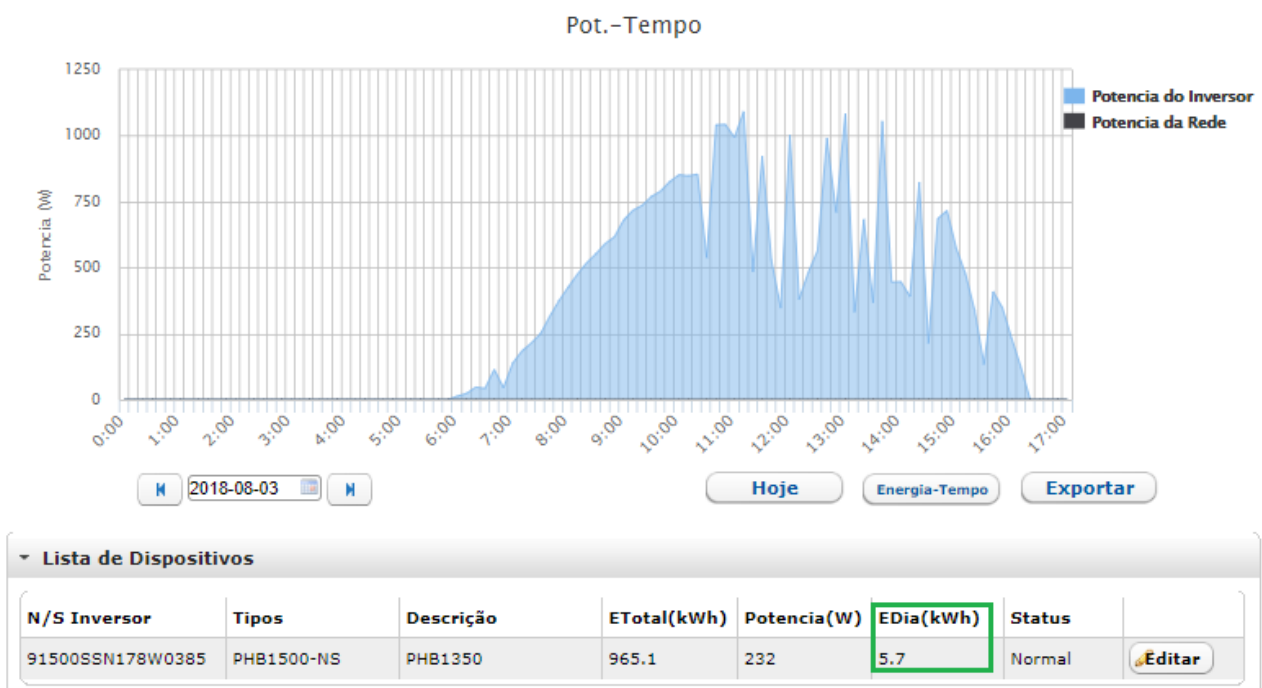


Figura 12. Gráfico de geração FV representado em potência x tempo

5. RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo são analisados os resultados finais do projeto implementado. É realizado um estudo de caso comparativo de eficiência de geração entre a planta de Maracanaú (IFCE) e outra do grupo de pesquisa instalada na UFC - Campus do Pici, em Fortaleza. Os gráficos obtidos são detalhados. É mostrado também dados da regulamentação da referida planta conectada à rede elétrica junto a ENEL-CE.

5.1 Comparativo de microgeração elétrica FV – Fortaleza e Maracanaú

A planta FV de Fortaleza tem potência instalada de 1,5 kW_p e foi instalada em agosto de 2016, enquanto a planta de Maracanaú tem 1,35 kW_p e foi instalada em fevereiro de 2018. Na Figura 13 são mostrados os valores de eletricidade gerada pelas plantas desde a instalação até julho de 2018. Observa-se que na primeira metade do ano, durante o período chuvoso, a geração apresenta os menores valores. Na segunda metade do ano, inicia-se o período seco e a geração atinge os picos máximos.

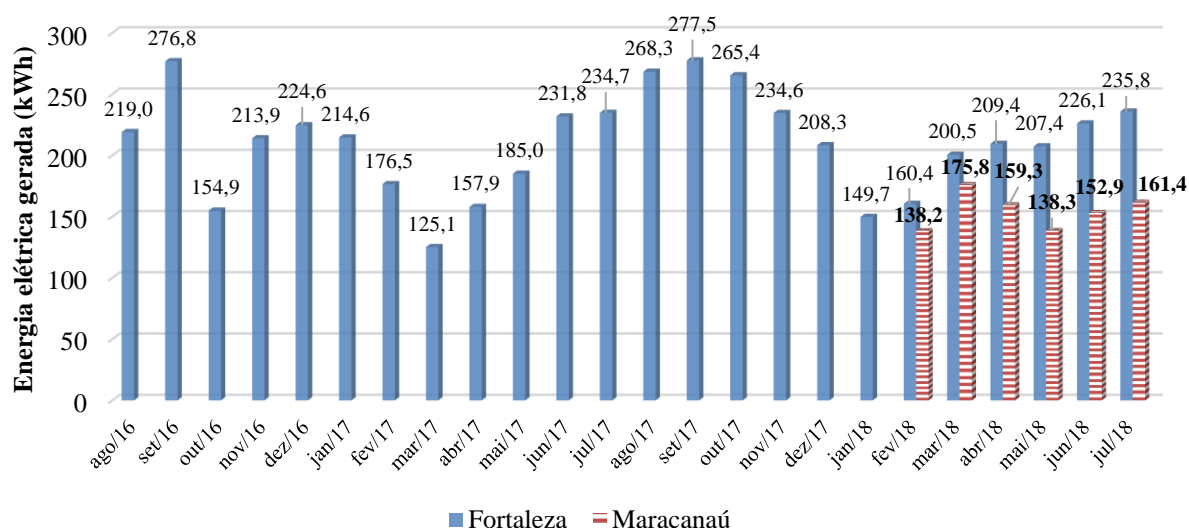


Figura 13. Energia elétrica mensal gerada pelas plantas de Fortaleza e Maracanaú

Porém, como as potências instaladas nas plantas são diferentes, é necessário compará-las por kW_p instalado. Para isto, foi calculada a produtividade, detalhada no tópico seguinte. Para efeito de comparação, foi selecionado o período a partir de fevereiro de 2018, em que as duas plantas já estavam em funcionamento.

5.1.1 Produtividade de microgeração elétrica FV – Fortaleza e Maracanaú

A produtividade (Y, do inglês *Yield*) é a razão entre a energia elétrica gerada (kWh) e a potência instalada (kW_p) da planta FV (Equação 1). Assim, é possível comparar a produtividade de uma planta com outra de potência instalada diferente.

$$\text{Produtividade (Y)} = \frac{\text{Energia gerada} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \right)}{\text{Potência instalada} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \right)} \quad (1)$$

Na Figura 14 é mostrada a produtividade das plantas de Fortaleza e Maracanaú. Observa-se que em fevereiro e março de 2018, a produtividade nos dois locais foi semelhante. Porém, de abril a julho, enquanto em Fortaleza houve aumento de produtividade, Maracanaú manteve valores relativamente estáveis. Isto pode ser devido ao elevado volume de chuvas e céu nublado durante o primeiro semestre do ano, nesta região de microclima diferenciado, localizada a 24 km da capital do estado. A maior produtividade da planta de Fortaleza foi de 157,2 kWh/kW_p em julho e a menor, foi de 107 kWh/kW_p em fevereiro. Em Maracanaú, a produtividade máxima foi de 130 kWh/kW_p em março e a menor, 102,4 kWh/kW_p em fevereiro e em maio.

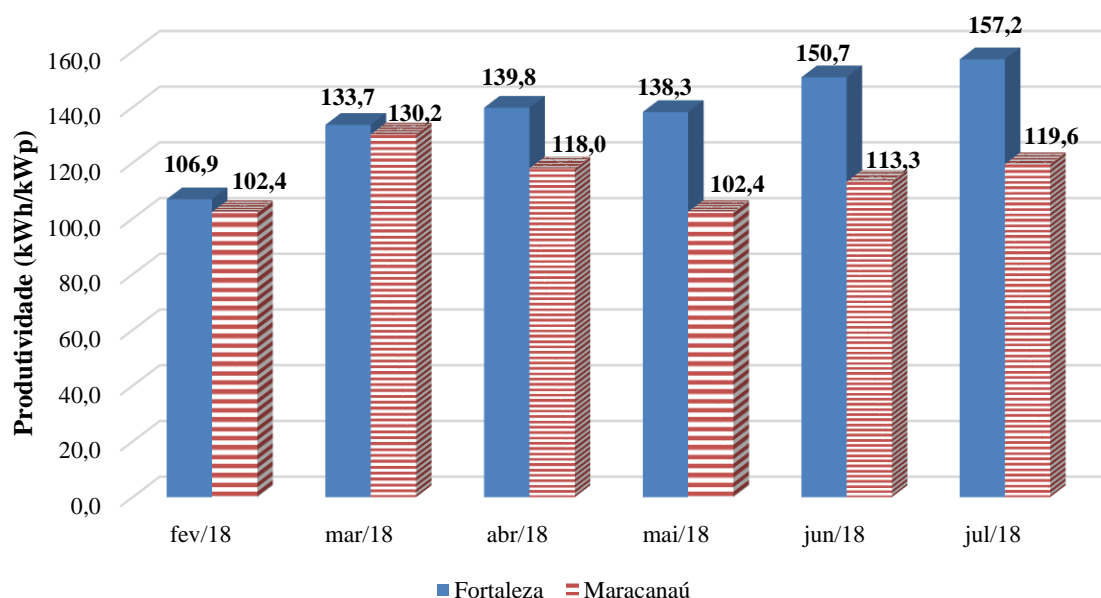


Figura 14. Produtividade mensal das plantas de Fortaleza e Maracanaú

5.1.2 Fator de capacidade de microgeração elétrica FV – Fortaleza e Maracanaú

Fator de capacidade (FC) é o índice em porcentagem que representa a razão entre a eletricidade gerada em um período e a capacidade de geração nominal neste mesmo período. Este índice permite comparar a geração de energia elétrica de fontes diferentes. FC é determinado pela Equação 2.

$$FC = \frac{\text{Energia gerada}}{\text{Potência instalada} \times 24 \times n^{\circ} \text{ dias}} (\%) \quad (2)$$

Na Figura 15 é mostrado o FC mensal das duas plantas. FC segue o mesmo padrão da Figura 16, sendo maior para os meses com maior produtividade, que é o caso da planta de Fortaleza. Em junho e julho, FC atingiu valores em torno de 21% em Fortaleza, com mínimo de 16% em fevereiro, período chuvoso. Em Maracanaú, o máximo FC foi 17,5% em março e o mínimo, 13,8% em maio.

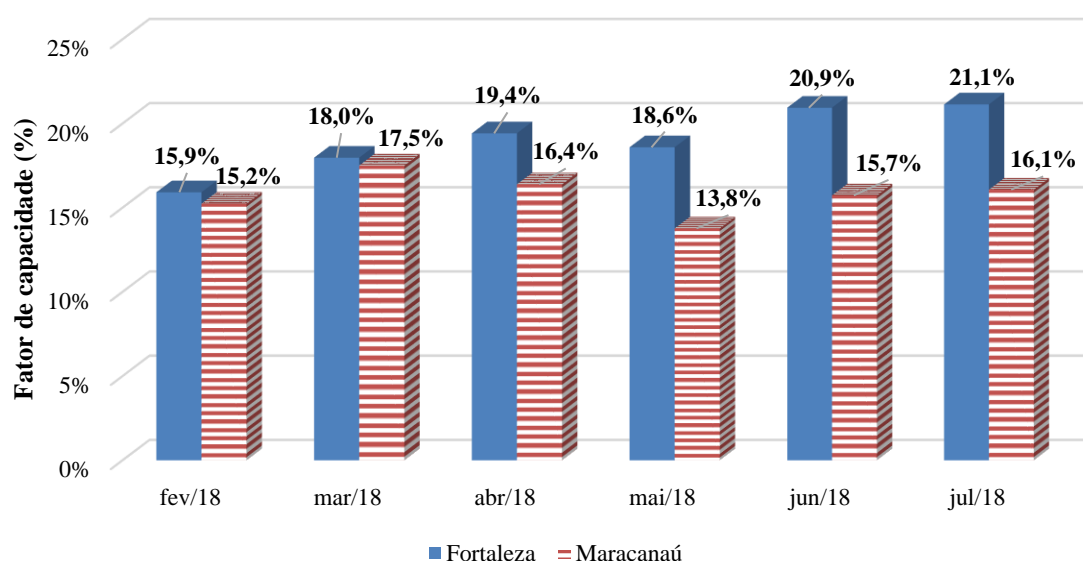


Figura 15. FC mensal das plantas de Fortaleza e Maracanaú

5.1.3 Taxa de Desempenho de microgeração elétrica FV – Fortaleza e Maracanaú

A taxa de desempenho, TD ou PR, do inglês *Performance Ratio*, é a razão entre a produtividade e a irradiação disponível, ou seja, entre Y e a quantidade de horas de Sol a 1.000 W/m² no período analisado (Equação 3). TD considera todas as perdas de eficiência considerando o aumento da

temperatura do módulo, variação da irradiância, sujeidade, perdas nas conexões e no inversor. As plantas FV (módulos, inversor, cabos, acessórios) podem atingir TD média de 80% até 90% ao longo do ano (IEA, 2014), sendo possível analisar a eficiência global do sistema FV. Obtendo-se baixo valor, é possível atuar sobre um fator de perda específico, como sujeidade, limpando os módulos em período adequados, elevando o desempenho do sistema e a eficiência (Rabelo *et al.*, 2017).

$$TD = \frac{\text{Produtividade}}{\text{Irradiação}} (\%) \quad (3)$$

TD é normalmente estimada em projeto com dados climatológicos da região de instalação e inserção de perdas. Porém, como o monitoramento proposto dispõe de dados de irradiância medidos pelo piranômetro a partir de março de 2018, a irradiância foi calculada a partir da soma das médias horárias de irradiância em cada dia e em seguida somadas para gerar o valor de irradiância disponível no mês, como mostrado no gráfico da Figura 16.

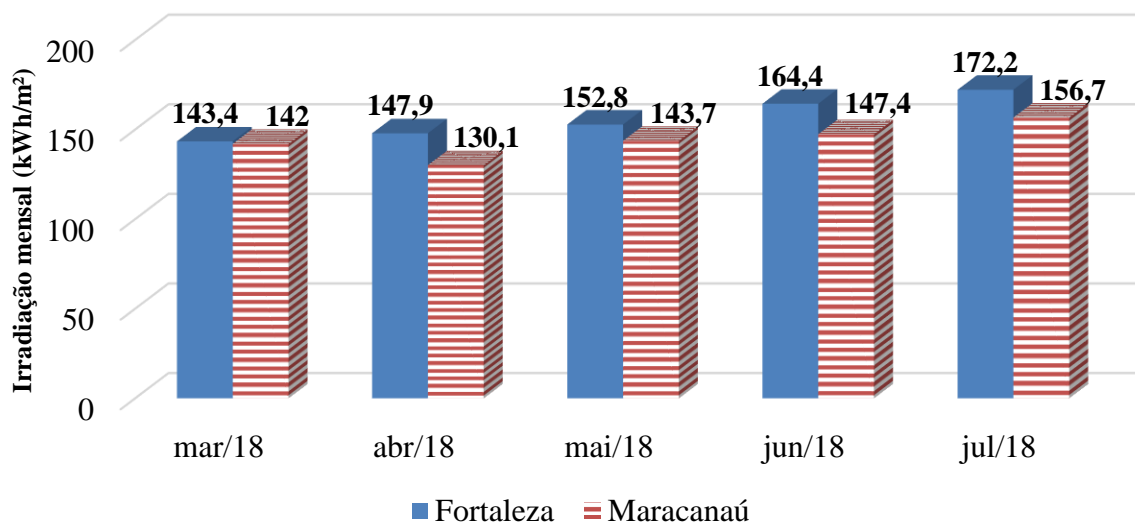


Figura 16. Irradiação mensal em Fortaleza e Maracanaú

Na Figura 17, é possível visualizar a média diária para as duas localidades. Observa-se que a irradiância é maior em Fortaleza, com médias variando de 4,9 a 5,5 kWh/m² de março a julho de 2018. Em Maracanaú, a irradiância é menor, com valores de 4,1 a 5,1 kWh/m² no mesmo período. Verifica-se também, que à medida que o período chuvoso vai passando, a irradiância aumenta para as duas localidades. TD obtida a partir da produtividade mensal e da irradiância mensal das duas plantas, de março a julho de 2018, pode ser vista na Figura 18.

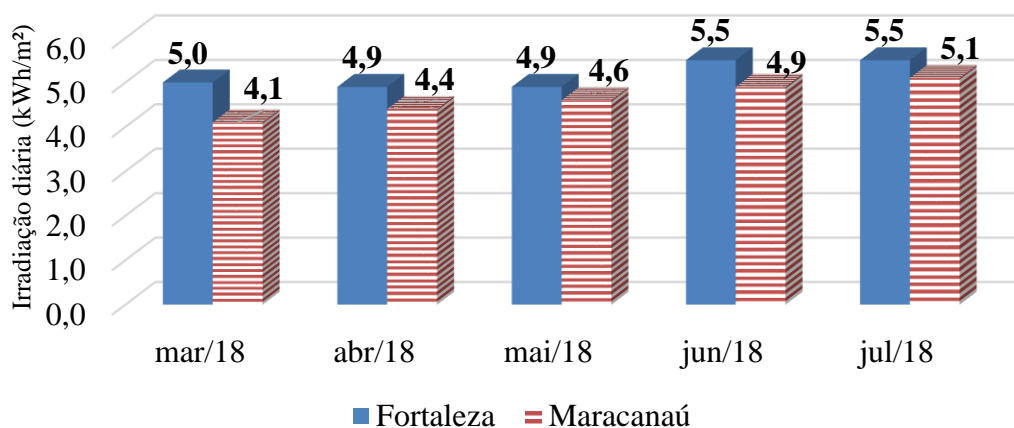


Figura 17. Irradiação diária em Fortaleza e Maracanaú

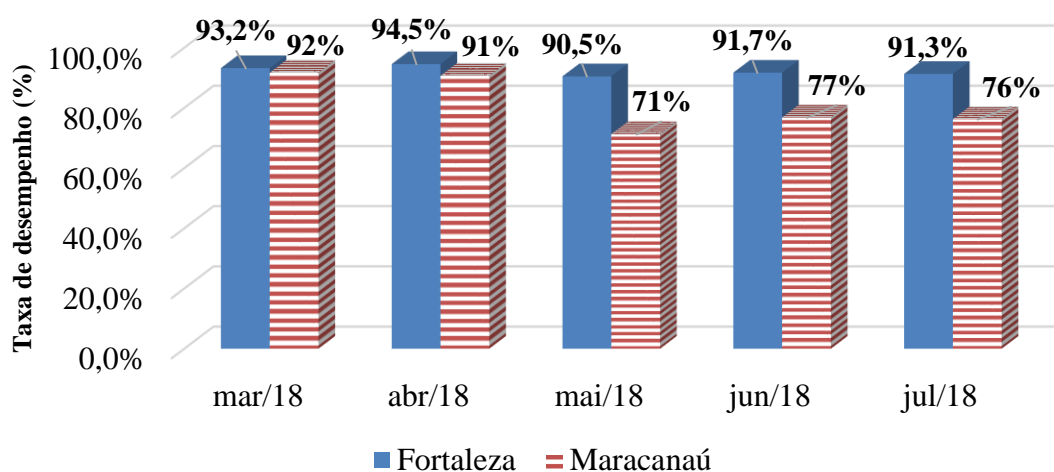


Figura 18. TD para as plantas de Fortaleza e Maracanaú

Observa-se que as menores TD foram apresentadas em Maracanaú, com valores de 71% a 92% de março a julho de 2018. Em maio, Maracanaú teve a menor produtividade, 102,4 kWh/kW_p e FC de 13,8%, portanto, justifica-se a menor TD de 71%. Fortaleza apresentou melhores TD, de 91% a 94,5% no mesmo período. Observa-se que nos meses de maior irradiação (junho e julho) tem-se as menores TD tanto em Fortaleza quanto em Maracanaú. Isso pode ser devido aos elevados valores de temperatura a que os módulos FV estão submetidos, o que reduz a eficiência de geração de energia elétrica. O MPPT do inversor PHB também é refletido nos valores de TD. O algoritmo é programado para buscar o ponto de máxima potência melhorando a relação corrente/tensão do conjunto FV em situações de oscilação de irradiância, variação de temperatura, ângulo de inclinação do Sol ao longo o dia, fatores que podem impactar na energia elétrica gerada.

Com base na Tabela 1, pode-se concluir que Fortaleza, comparando com Maracanaú, foi a localidade que apresentou maior produtividade em julho de 2018.

Tabela 1 – Resumo de geração do mês de julho de 2018

Planta	Maracanaú (kWh/1,35 kWp)	Fortaleza (kWh/1,5 kWp)
Maior geração elétrica diária	4,5	5,87
Média geração elétrica diária	3,78	4,93
Menor geração elétrica diária	1,63	2,4
Total mensal julho 2018	119,6	157,2

Com o intuito de analisar os resultados obtidos, a Tabela 2 resume os dados de geração elétrica (kWh), produtividade (kWh/kWp), fator de capacidade (%), irradiação (kWh/m²) e máxima temperatura (°C) para as plantas de Fortaleza e Maracanaú nos dias de menor, média e maior geração de eletricidade de abril a julho de 2018.

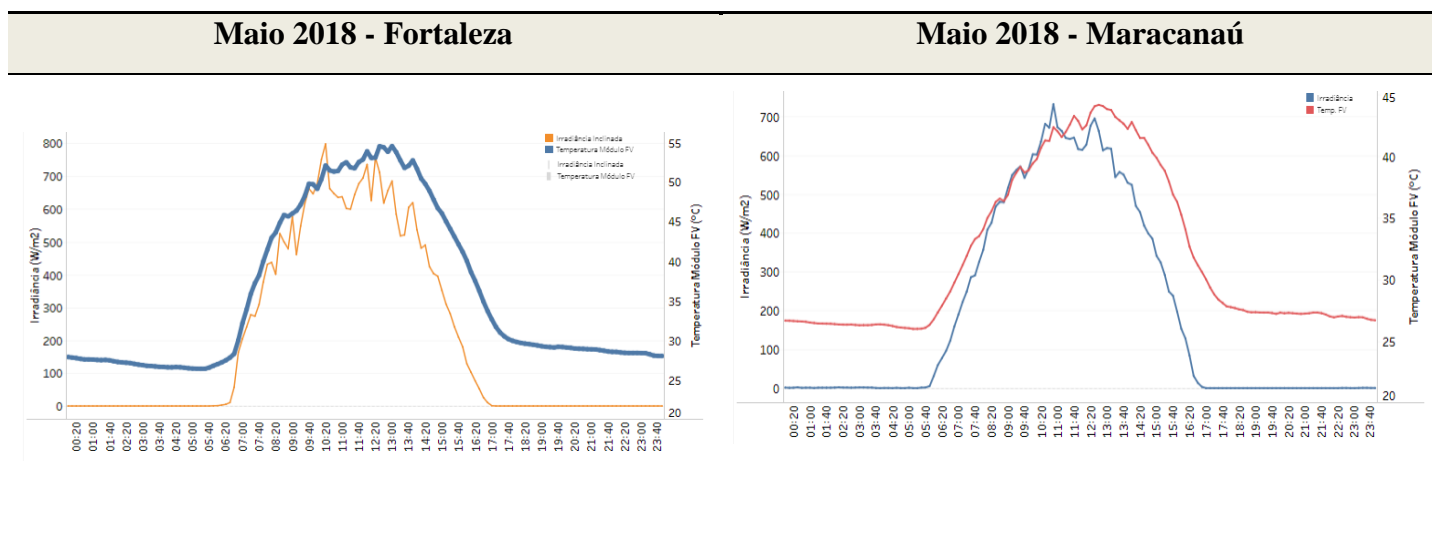
Tabela 2 – Resumo de junho e julho de 2018 em Fortaleza e Maracanaú

Fortaleza – junho de 2018						
Data	Irradiação	Geração elétrica	Produtividade	FC	Máxima temp. módulo FV	
Mínimo	18/06/2018	2,9	4,6	3,1	13%	50°C
Médio	22/06/2018	4,9	7,2	4,8	20%	59°C
Máximo	11/06/2018	6,3	8,6	5,7	24%	60°C
Maracanaú – junho de 2018						
Data	Irradiação	Geração elétrica	Produtividade	FC	Máxima temp. módulo FV	
Mínimo	18/06/2018	3	3,3	2,4	9%	46°C
Médio	04/06/2018	4,3	5	3,7	14%	46°C
Máximo	05/06/2018	5,5	5,9	4,4	16%	45°C
Fortaleza – julho de 2018						
Data	Irradiação	Geração elétrica	Produtividade	FC	Máxima temp. módulo FV	
Mínimo	10/07/2018	1,7	3,6	2,4	10%	40°C
Médio	03/07/2018	5,5	7,3	4,9	20%	64°C
Máximo	20/07/2018	6,5	8,8	5,9	24%	61°C
Maracanaú – julho de 2018						
Data	Irradiação	Geração elétrica	Produtividade	FC	Máxima temp. módulo FV	
Mínimo	10/07/2018	1,8	2,2	1,6	7%	36°C
Médio	03/07/2018	5,1	5,1	3,8	16%	52°C
Máximo	20/07/2018	6	6,1	4,5	19%	51°C

5.2 Análise da temperatura dos módulos FV em Fortaleza e Maracanaú

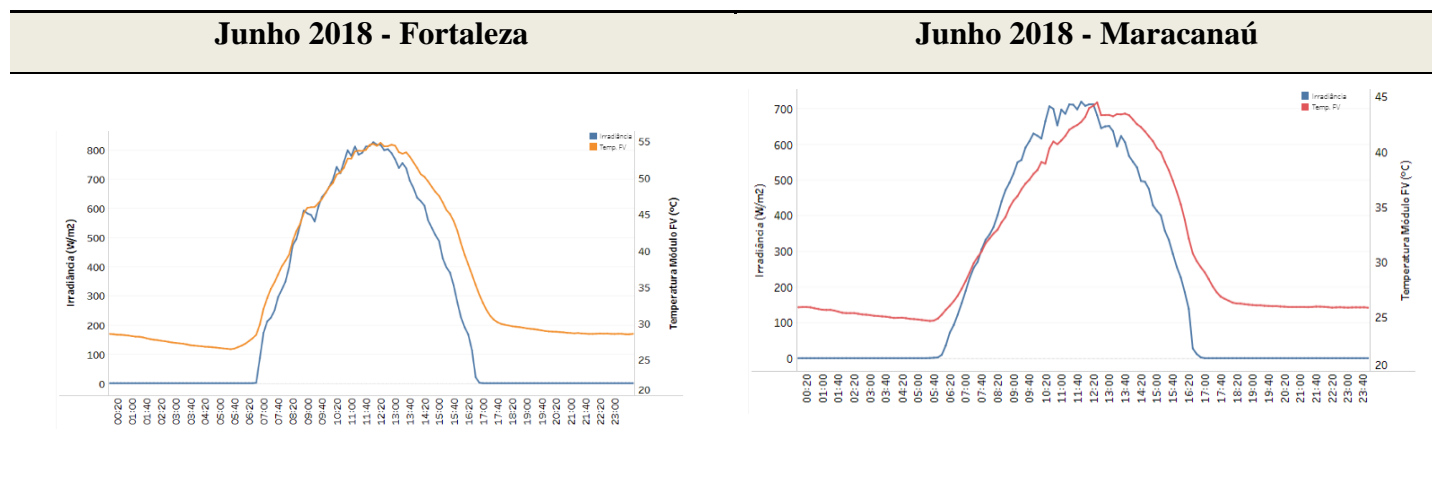
Em maio, nos gráficos da Tabela 3 é mostrado que a irradiância em Fortaleza apresenta valores um pouco maiores que Maracanaú. O máximo foi de 800 W/m² em Fortaleza e 720 W/m² em Maracanaú.

Tabela 3 – Temperatura dos módulos FV – Fortaleza x Maracanaú – maio 2018



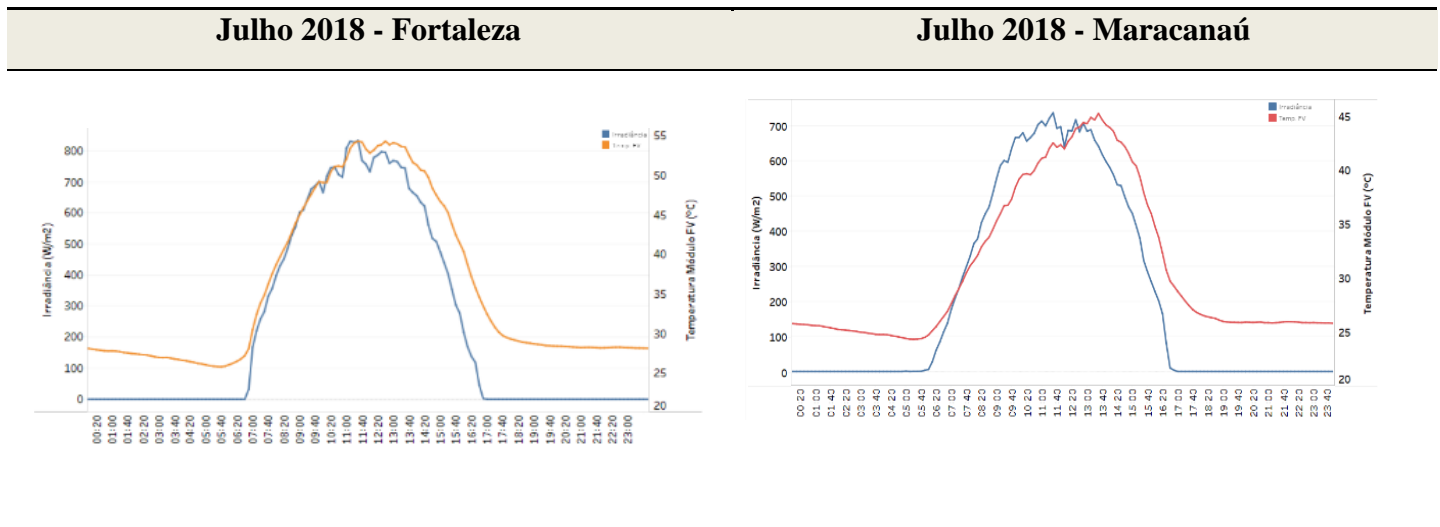
Em Fortaleza e em Maracanaú, a irradiância em junho (conforme gráficos da Tabela 4) continua apresentando curvas semelhantes ao mês de maio, porém com menos oscilações devido ao início do período seco, com menor incidência de chuvas e nuvens. Em relação a horas de Sol, como Fortaleza e Maracanaú localizam-se próximas à linha do Equador, tem-se a média de 12 horas de Sol diárias ao longo do ano. Na primeira metade do ano, o Sol nasce em torno de 05:40h e se põe às 17:50h; e na segunda metade, em novembro, nasce normalmente às 05:10h e se põe às 17:25h.

Tabela 4 – Temperatura dos módulos FV – Fortaleza x Maracanaú – junho 2018



Em Fortaleza e em Maracanaú, as curvas de julho são semelhantes a junho (Tabela 5). Apesar de julho fazer parte do início do período seco, ainda houve incidência de chuva em alguns dias do mês neste ano nas duas cidades. Em Maracanaú, a temperatura nos módulos FV apresenta máxima com diferença de 10°C a menos em relação a Fortaleza. Isso se deve à localização da cidade próxima à uma região serrana, com mais umidade e incidência de vento. Além disso, a instalação da planta em Maracanaú favorece uma maior circulação de vento nos módulos, enquanto em Fortaleza, a planta está instalada sobre a laje de concreto no teto do LEA-UFC.

Tabela 5 – Temperatura dos módulos FV – Fortaleza x Maracanaú – julho 2018



Nos gráficos da Tabela 6, pode-se comprovar que a umidade relativa em Maracanaú é um pouco maior que em Fortaleza. Pela manhã e pela noite, a umidade chega a 90% em maio, enquanto durante o dia apresenta variações de 60% a 70% de 9h às 15h, período com maior irradiância solar e maior temperatura ambiente.

Em Fortaleza, a umidade pela manhã e pela noite fica em torno de 80% em maio, enquanto durante o dia, de 9h às 17h, varia de 67% a 75%. A temperatura ambiente em Fortaleza chega a 30°C durante o dia e em Maracanaú, 33°C. Pela manhã, a temperatura em Maracanaú é mais amena, chegando à mínima de 25°C enquanto em Fortaleza, a mínima característica em maio de 2018 é de 27°C. Durante os demais meses do primeiro semestre do ano, a temperatura ambiente e a umidade relativa não apresentam variações consideráveis.

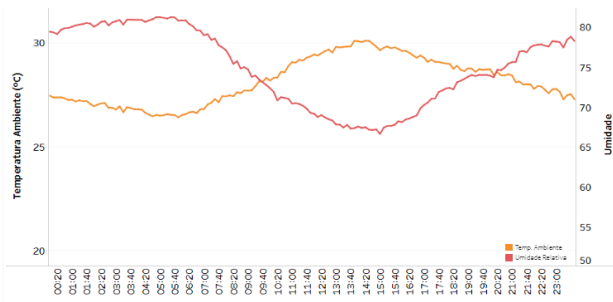
Com relação à velocidade do vento, verifica-se também nos gráficos da Tabela 6 que em Maracanaú, o anemômetro registrou maiores valores em comparação com os dados de Fortaleza. Considera-se também que os módulos FV da planta de Maracanaú estão montados sobre uma estrutura livre em espaço aberto, permitindo a circulação passiva de ar sob os módulos e favorecendo o resfriamento destes. Em Fortaleza, devido à localização em região urbana e com árvores e prédios

ao redor, a velocidade do vento medida é mais baixa, com máximas de 0,37 m/s em maio e 0,55 m/s em julho. Em maio, o anemômetro da planta de Maracanaú mediu máximas de 3 m/s e em julho, 3,4 m/s.

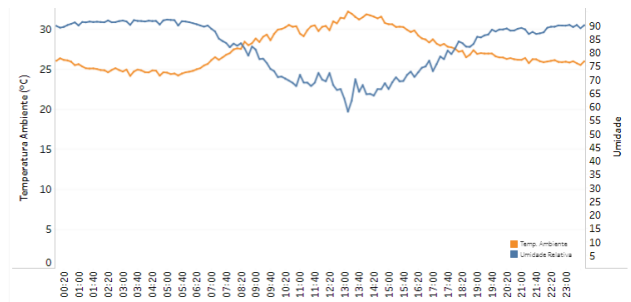
Tabela 6 – Temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento – Fortaleza x Maracanaú – maio e julho 2018

Temperatura ambiente x Umidade relativa do ar (%)

Maio 2018 - Fortaleza

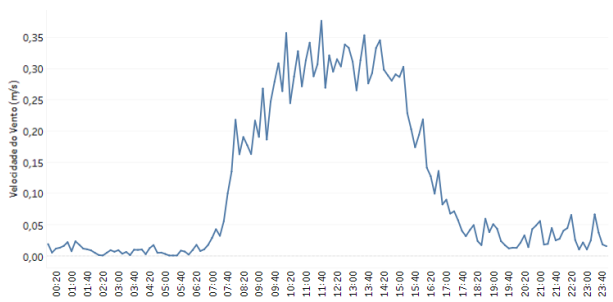


Maio 2018 - Maracanaú

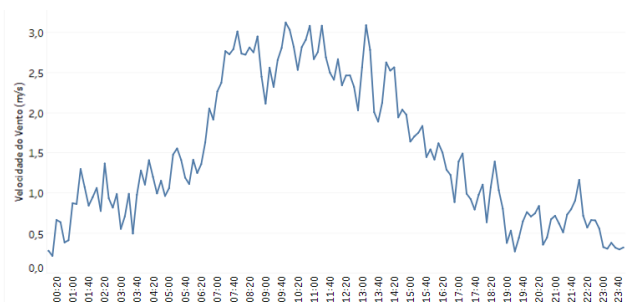


Velocidade do Vento (m/s)

Maio 2018 - Fortaleza

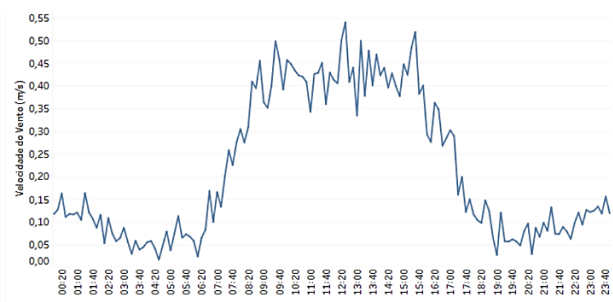


Maio 2018 - Maracanaú

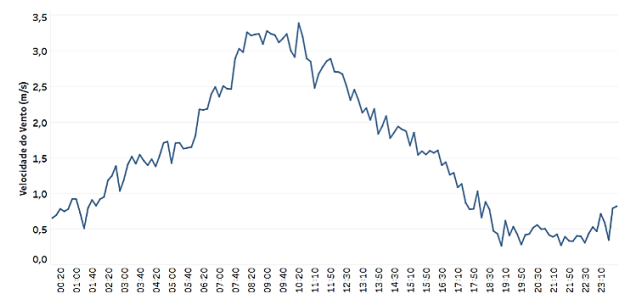


Velocidade do Vento (m/s)

Julho 2018 - Fortaleza



Julho 2018 - Maracanaú



5.3 Geração de energia elétrica em Maracanaú em julho de 2018

Segundo dados de geração de energia elétrica do inversor PHB instalado no Laboratório LAESE do IFCE Maracanaú (Figura 19), no mês de julho, que se caracteriza por fazer parte da transição entre o período chuvoso e o período seco, a geração total do mês foi de 161,4 kWh. O dia 10/07/2018 apresentou o menor valor, de 2,2 kWh e o dia 20/07/2018 apresentou o valor maior, de 6,1 kWh. Como dia característico médio do mês, selecionou-se o dia 03/07/2018, com o total de 5,1 kWh.

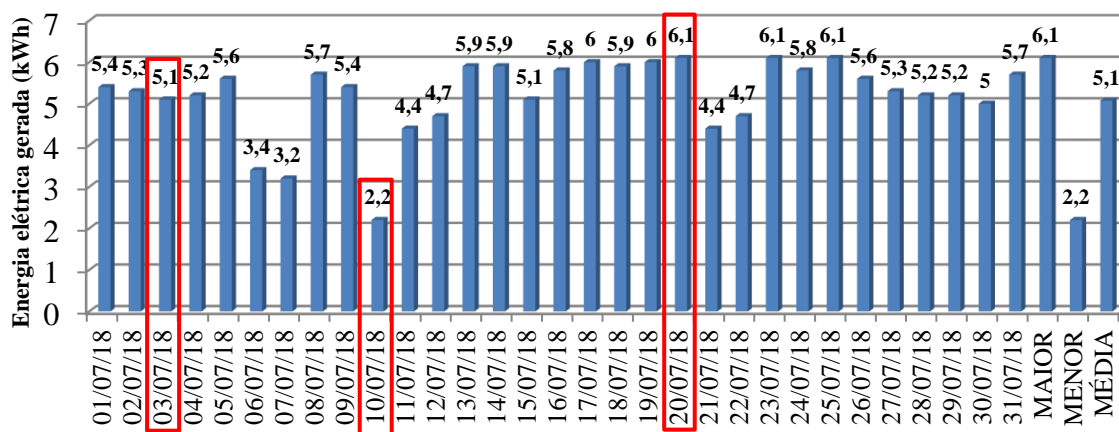


Figura 20. Geração de energia elétrica diária – julho 2018 – Maracanaú

Na Figura 20 é mostrada a potência gerada pelos módulos fotovoltaicos no dia de menor geração. Observa-se que até 13h, a potência manteve-se abaixo de 500 W e às 13:50h registrou um pico de 665 W. A geração no dia 10/07/2018 foi de apenas 2,2 kWh.

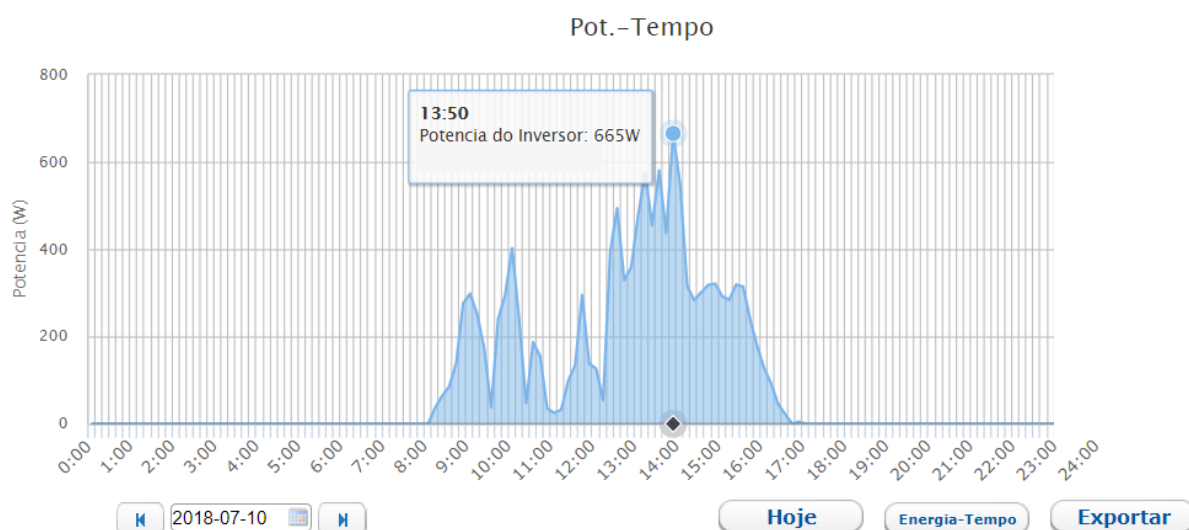


Figura 21. Menor potência elétrica em julho de 2018 – 10/07/2018 – Maracanaú

Observa-se na Figura 21 gerado pelo Monitor Web, que a irradiância foi baixa e oscilante, apresentando valores abaixo de 500 W/m² ao longo do dia e apenas um pico de 558 W/m² às 13:50h, momento em que houve pico de potência.

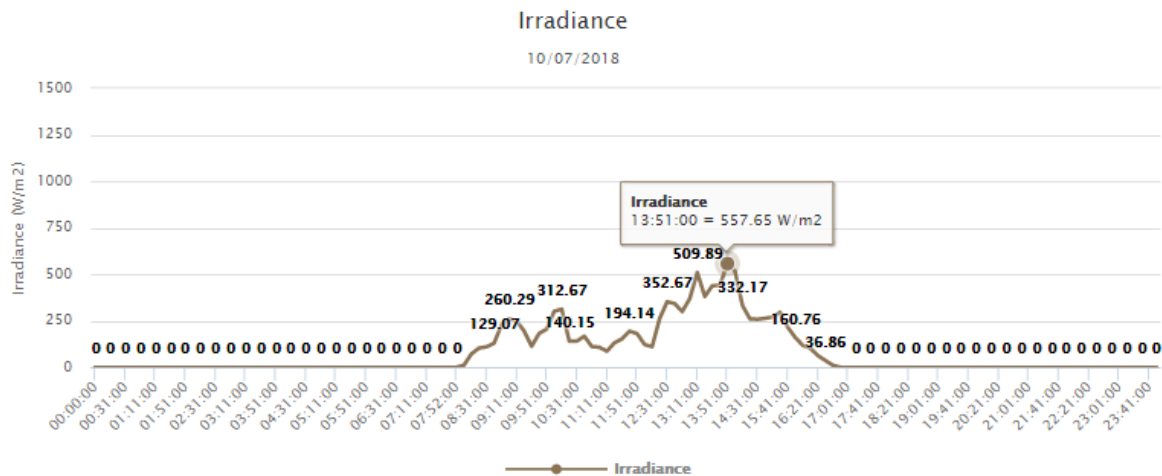


Figura 21. Irradiância – 10/07/18 – Maracanaú

A temperatura nos módulos manteve-se baixa ao longo do dia e não ultrapassou os 35°C. Às 14h, devido ao pico de irradiância, a temperatura elevou-se para 34°C (Figura 22).

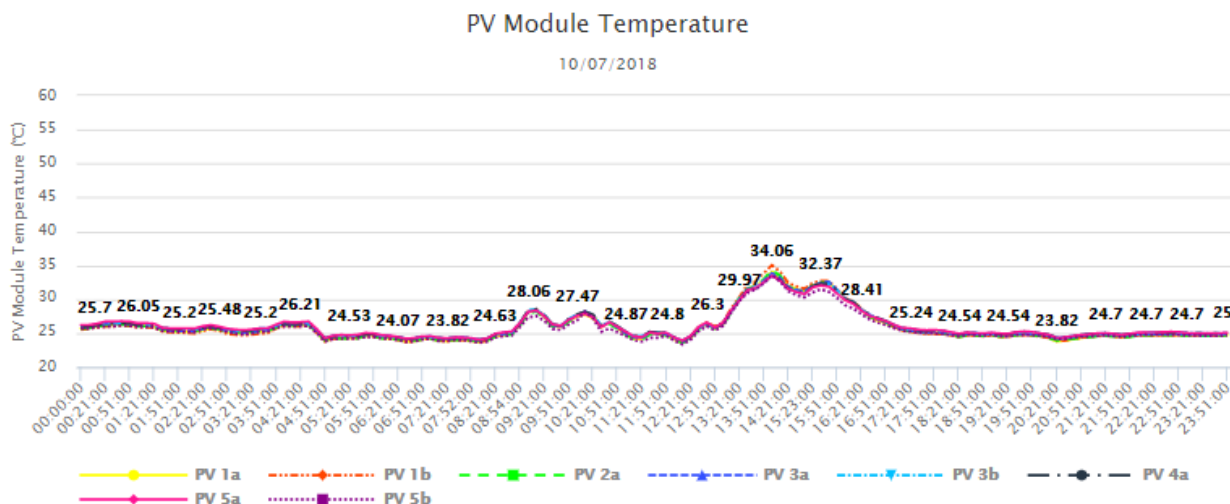


Figura 22. Temperatura do módulo FV – 10/07/18 – Maracanaú

Na Figura 23 é mostrado um dia característico de potência média no mês de julho para Maracanaú. Neste dia a geração de energia elétrica foi de 5,1 kWh. É válido notar o formato da curva de potência de acordo com a irradiância, exibida na Figura 24. Na Figura 25 é mostrada a curva de temperatura do módulo FV. A temperatura nos módulos chega a 45°C, mantendo-se com média de 40°C ao longo do dia 04/07/2018.

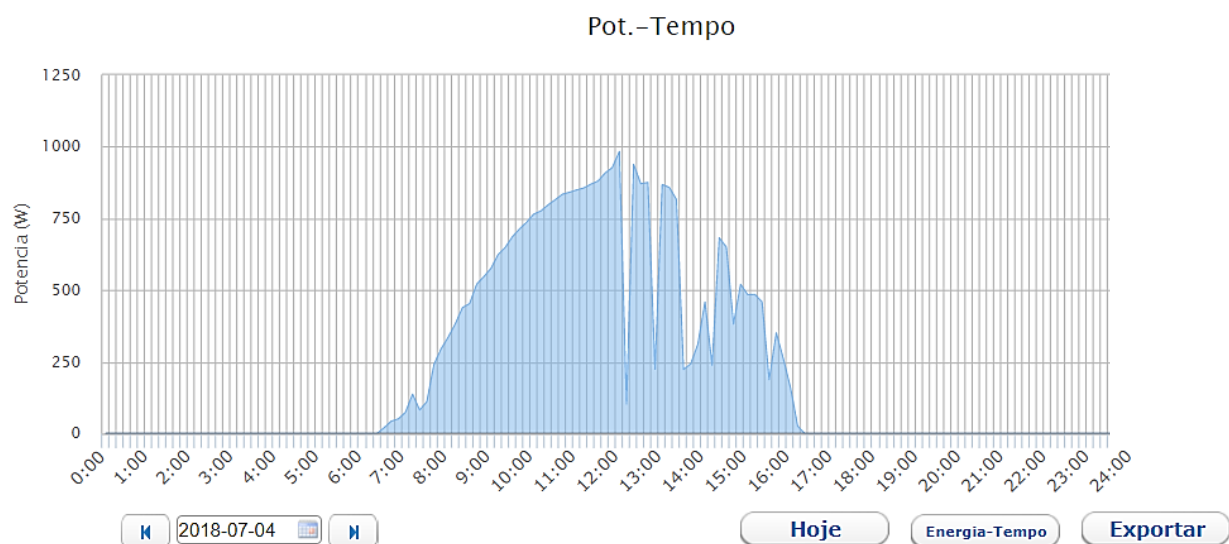


Figura 23. Média potência elétrica em julho de 2018 – 04/07/2018 – Maracanaú

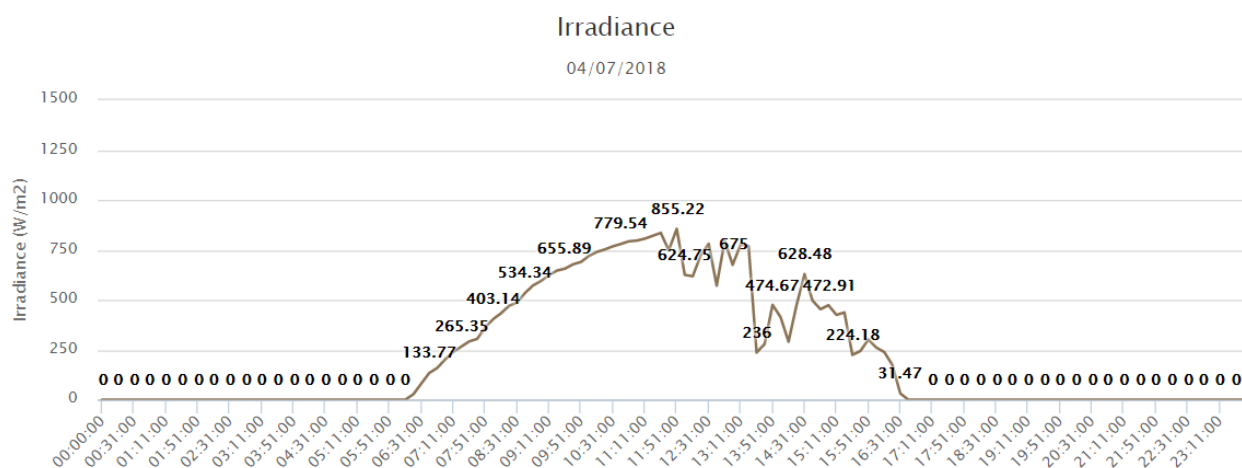


Figura 24. Irradiância – 04/07/2018 – Maracanaú

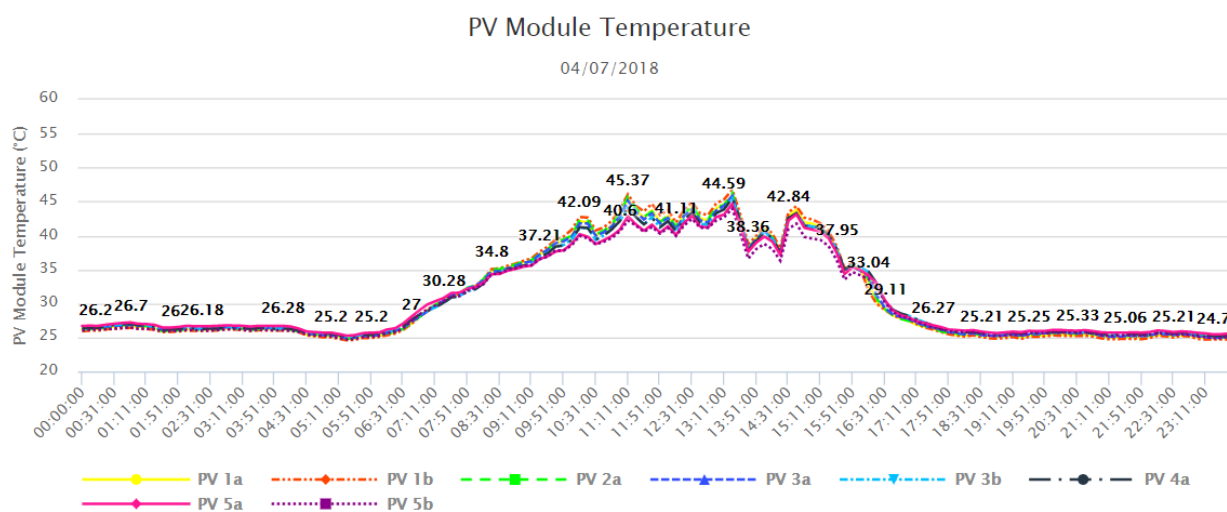


Figura 25. Temperatura do módulo FV – 04/07/2018 – Maracanaú

Na Figura 26 é mostrado um dos dias de maior geração elétrica no mês de julho em Maracanaú (20/07/2018), com o total de 6,1 kWh. Os picos de potência foram de 997 W registrados às 11:30h e 12:10h.

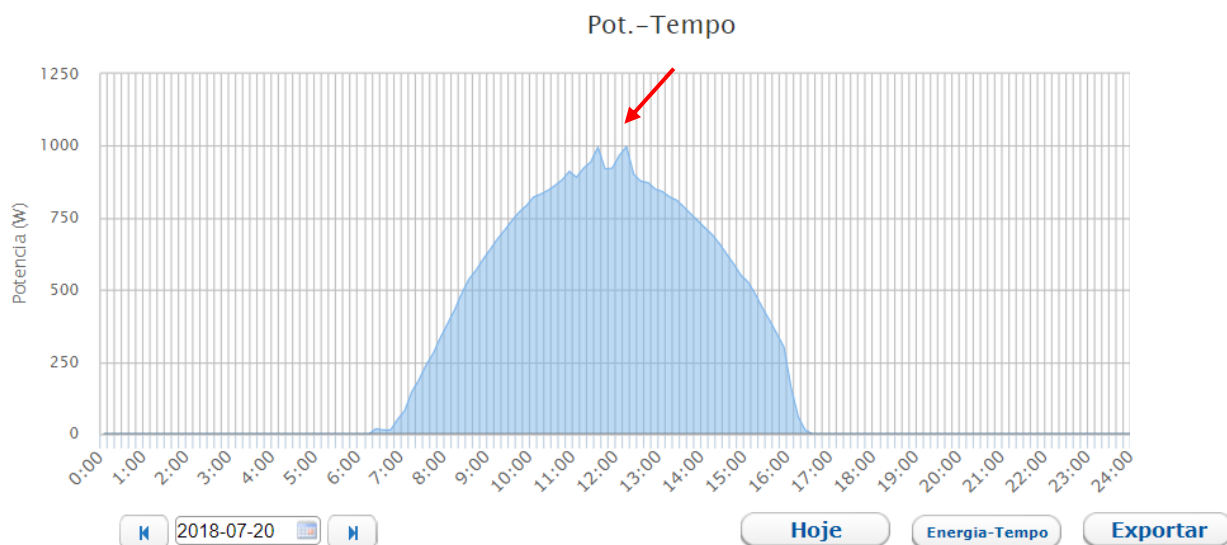


Figura 26. Maior potência elétrica em julho de 2018 – 20/07/2018 – Maracanaú

Na Figura 27 é mostrado o gráfico de irradiância deste dia. Observa-se que a irradiância apresenta-se bastante estável, característica de um dia de Sol pleno. Os picos são de aproximadamente 850 W/m².

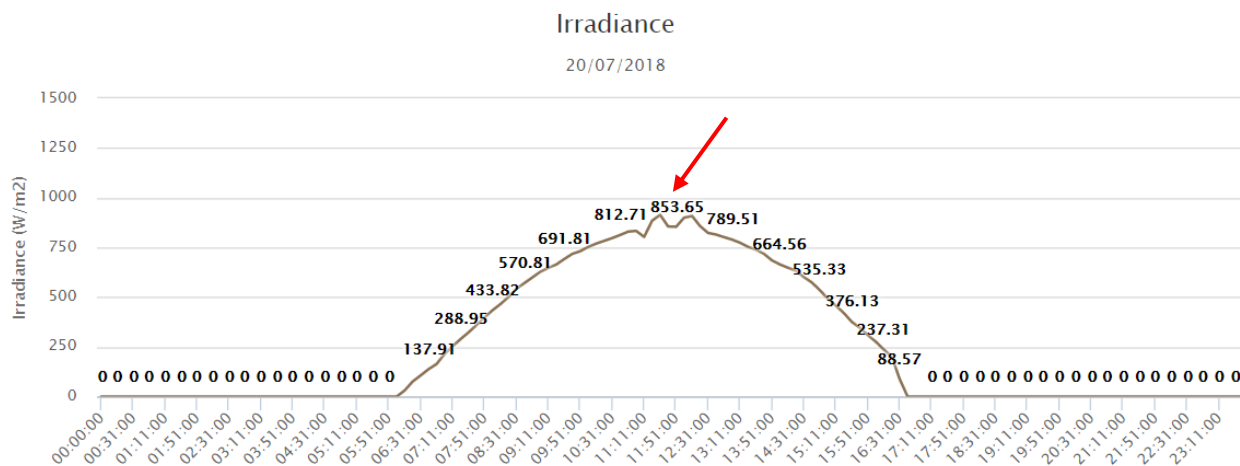


Figura 27. Irradiância – 20/07/2018 – Maracanaú

A temperatura dos módulos FV neste dia de maior geração fotovoltaica atingiu 48°C às 12:30h (Figura 28). Devido à inércia térmica, a temperatura apresenta tempo de resposta lento em relação à variação de irradiância.

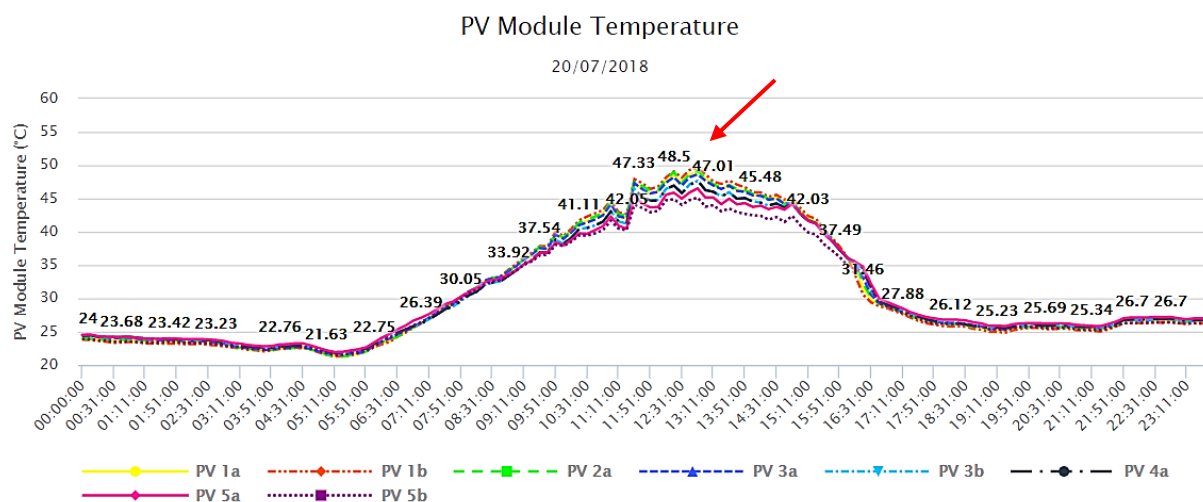


Figura 28. Temperatura dos módulos FV – 20/07/2018 – Maracanaú

5.4 Geração de energia elétrica e dados obtidos em Maracanaú em dezembro de 2018

Neste subtópico serão analisados os dados de geração de energia elétrica obtidos no mês de dezembro de 2018. A Figura 29 mostra o gráfico de energia diária gerada pela planta FV. Observa-se que o dia 23/12/2018 foi o de menor geração, com apenas 1 kWh, equivalente a 0,7 kWh/kWp. E o dia de maior geração neste mês foi o dia 18/12/2018, com 8 kWh, equivalente a 5,9 kWh/kWp.

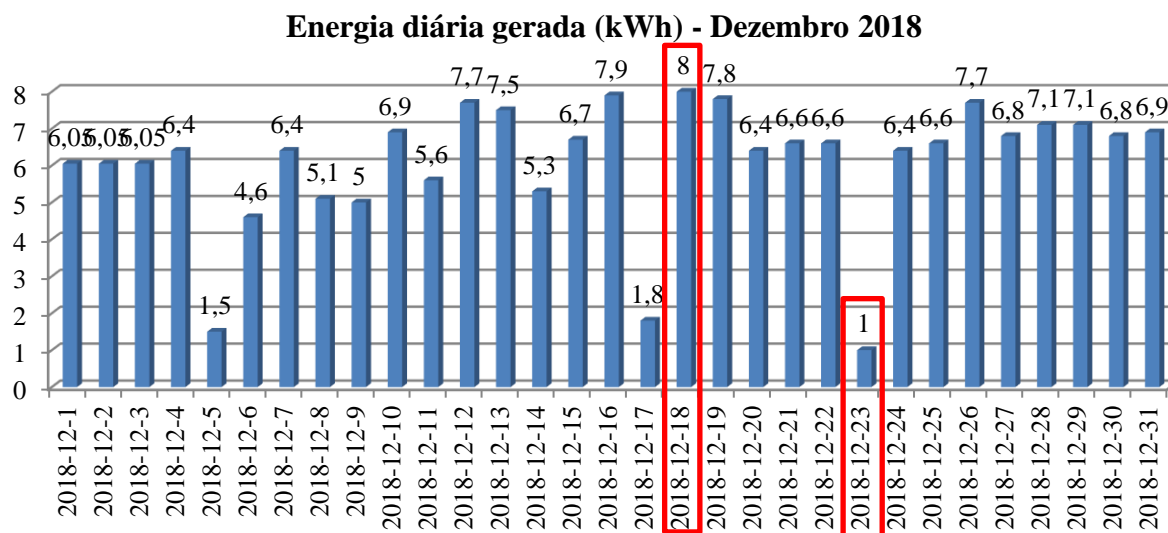
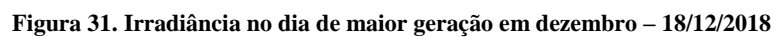
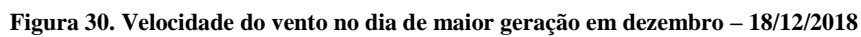


Figura 29. Menor potência

As Figuras 30, 31 e 32 mostram os gráficos de velocidade do vento, irradiância e temperatura dos módulos FV no dia de maior geração (18/12/2018). Observa-se que a velocidade do vento se manteve entre 1 e 3 m/s durante o dia (período de geração) e a irradiância atinge o máximo de 800 W/m². A temperatura dos módulos FV chegou ao máximo de 50°C.



24

apresentando um pequeno pico de 20 W/m² às 13:30h, quando a temperatura nos módulos FV atingiu apenas 27°C. Este foi um dia típico chuvoso, porém um dia raro para regiões equatoriais como Maracanaú.

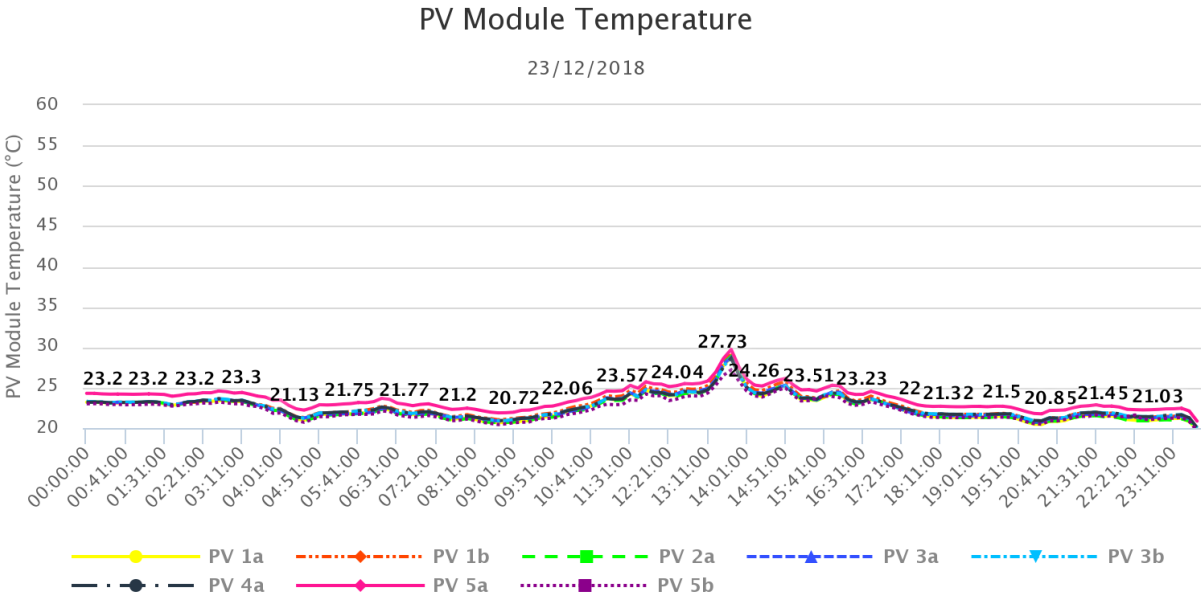


Figura 33. Temperatura dos módulos FV no dia de menor geração em dezembro – 23/12/2018

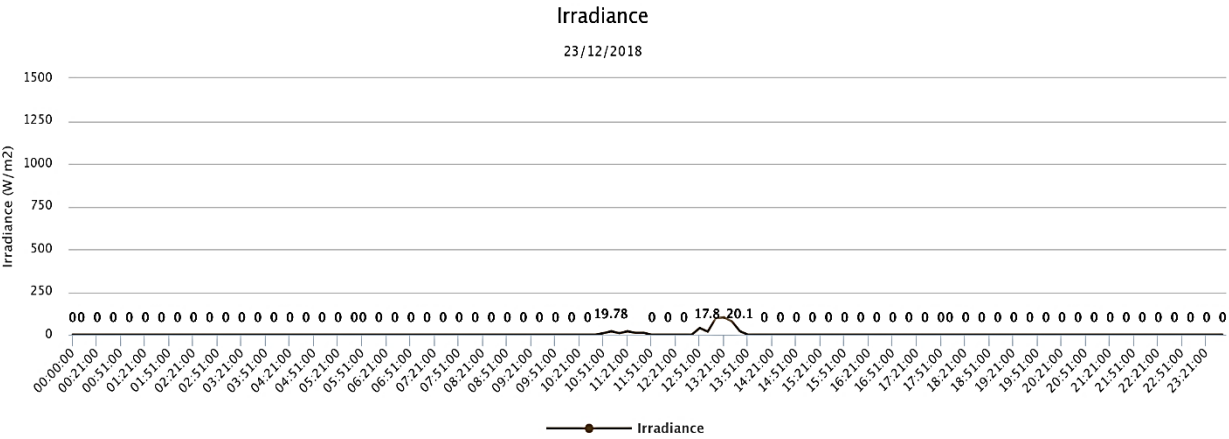


Figura 34. Irradiância no dia de menor geração em dezembro – 23/12/2018

5.5. Regulamentação junto à ENEL

Como previsto no projeto, foi constituída uma comissão, através da Portaria N. 190/SDG ilustrada na Figura 35, que contribuiu significativamente para o levantamento de todos os requisitos e para a regulamentação da referida planta conectada à rede elétrica junto a ENEL, indicado na ordem de serviço N. 0034013378 de 12.11.2018, como ilustrado na Figura 36, constituindo, através de pesquisas sobre plantas regulamentadas, a primeira planta regulamentada no IFCE junto à ENEL.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

PORTARIA Nº 190/GDG, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2017

O DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ – CAMPUS MARACANAÚ, no uso de suas atribuições,

Considerando o que dispõe na portaria 252/GR, de 20 de março de 2017, da Reitoria do IFCE;

R E S O L V E

Art. 1º - Criar a Comissão responsável pela regulamentação e instalação, junto a ENEL Distribuição Ceará, de sistemas de microgeração conectada à rede elétrica do IFCE Campus Maracanaú.

Art. 2º - Para constituir essa Comissão, designar os membros abaixo discriminados:

Nome	Função	Matricula SIAPE / CPF
Júlio César da Costa Silva	Presidente	269523
Otávio Alcântara de Lima Júnior	Membro	1612866
Marcelo Veríssimo Ramos dos Santos	Membro	1586384
Sandro César Silveira Jucá	Membro	1473370
Luiz Daniel Santos Bezerra	Membro	1842966
José Evandro dos Santos	Membro	2255839
Geovane Sousa Pereira	Membro	2955023
Jean Pais Pires	Membro	1891809
Júlio Mário Pinheiro Cordelro	Membro	2229734
Rosângela Campos dos Anjos	Membro	2809160
Renata Imaculada Soares Pereira	Membro	600.491.883-05
Paulo César Marques de Carvalho	Membro	248.177.083-87
Francisco José Firmino Canafistula	Membro	370.190.583-53

PUBLIQUE-SE

ANOTE-SE

CUMPRE-SE

GABINETE DO DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ – CAMPUS DE MARACANAÚ, em 18 de dezembro de 2017.

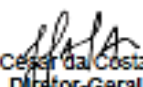

Júlio César da Costa Silva
Diretor-Geral

Figura 35. Portaria N. 190/CDG de 18 de dezembro de 2017

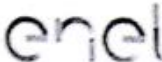
		CONTROLE DE ORDEM DE SERVIÇO CENTRO DE SERVIÇO: 2500 - MARACANAÚ EMPREITEIRA: COELCE - CIA ENERGETICA DO CEARA		Nº Ordem: 0034013378 Data Abertura: 24/10/2018 15:10 Data Última Visita: 12/11/2018 08:06 Data Impressão: 12/11/2018 08:06																														
TIPO DE ORDEM: OUTROS SERVIÇOS TIPO DE SERVIÇO: VISTORIA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA		PEX: _____ ESTADO: ORDEM EM EXECUÇÃO ETAPA: EXECUÇÃO																																
IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE UC Nº: 3004273 LOTE: 3 LOCAL: 25000 LISTA: 99 SEQ: 1200 NOME: INST FEDERAL EDUC CIENCIA TECNOLOGIA ENDEREÇO: AV CONTORNO NORTE AV PARQUE CENTRAL BAIRRO: CENTRO MUNICÍPIO: MARACANAÚ ATIVIDADE: EDUCACAO SUPERIOR - GRADUACAO CONTATO: VIRGILIO TARIFA: PPU FEDERAL - VERDE - A4 TELEFONE: 32333742 CLASSE: POD PUBLICOS																																		
OBSERVAÇÃO DO ATENDENTE CLIENTE APRESENTA PROJETO APROVADO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SOLICITA PARECER DE ACESSO E RELACIONAMENTO OPERACIONAL EMAIL: GABMARACANAUI@FCE.EDU.BR POTENCIA: 225 DEMANDA: 0 DEMANDA FP: 225 DEMANDA RESERVADA: 0 CARGA: 225																																		
(ANÁLISE DE RISCO) Foi realizada a CONVERSA AO PÉ DO POSTE (Avaliação de Risco)? SIM (✓) NÃO () Alguma situação de risco considerada impeditiva para a realização do serviço? Explique SIM () NÃO (✓)																																		
Nenhum trabalho pode ser feito sem segurança. Nem urgência, nem qualquer outra razão, poderá ser invocada para justificar a realização de um trabalho sem segurança RESPONSÁVEL TÉCNICO: NOME: _____ ASS: _____																																		
DADOS DE MEDIÇÃO Nº MEDIDOR: 5812153 MARCA: LANDIS & GYR GATEWAY: 139915 COMUNICAÇÃO: GSM CLARO TIPO DE MEDIÇÃO: NAO IDENTIFICADA POTÊNCIA INSTALADA (KVA): 225 Nº DO CONJUNTO DE MEDIÇÃO: 9064273 MEDIÇÃO EM: 00 ELEMENTOS NÚMERO TP: 3690164 NÚMERO TC: 3690164 SENSOR DE PRESEÇA NO CONJUNTO: SIM (X) NÃO () MEDIDOR ACOPLADO: SIM (X) NÃO ()																																		
OBSERVAÇÃO (DES) DO(S) <i>Garantia Liberada.</i>																																		
<table border="1"> <tr> <td rowspan="7">OBSERVAÇÕES DA VISITA</td> <td colspan="2">ULTIMA VISITA</td> </tr> <tr> <td>DATA: 26/10/2018</td> <td>HORA: 10:09</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EMPREITEIRA: BEQ ENERGIA LTDA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EXECUTANTE: LUIZ MOISES ALVES DE OLIVEIRA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">RETORNO: FC - DEFEITO TECNICO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DEFEITOS TECNICOS APONTADOS:</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">RESPONSÁVEL CLIENTE</td> </tr> <tr> <td colspan="2">NOME:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EXECUTANTES DO SERVIÇO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">GILMARIO ABREU NORONHA</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						OBSERVAÇÕES DA VISITA	ULTIMA VISITA		DATA: 26/10/2018	HORA: 10:09	EMPREITEIRA: BEQ ENERGIA LTDA		EXECUTANTE: LUIZ MOISES ALVES DE OLIVEIRA		RETORNO: FC - DEFEITO TECNICO		DEFEITOS TECNICOS APONTADOS:				RESPONSÁVEL CLIENTE		NOME:		EXECUTANTES DO SERVIÇO		GILMARIO ABREU NORONHA							
OBSERVAÇÕES DA VISITA	ULTIMA VISITA																																	
	DATA: 26/10/2018	HORA: 10:09																																
	EMPREITEIRA: BEQ ENERGIA LTDA																																	
	EXECUTANTE: LUIZ MOISES ALVES DE OLIVEIRA																																	
	RETORNO: FC - DEFEITO TECNICO																																	
	DEFEITOS TECNICOS APONTADOS:																																	
RESPONSÁVEL CLIENTE																																		
NOME:																																		
EXECUTANTES DO SERVIÇO																																		
GILMARIO ABREU NORONHA																																		
DATA: 12/11/18 HORA: 13:00 13:20 YASO/NORONHA																																		

Figura 36. Controle de ordem de serviço da ENEL

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A planta de geração solar fotovoltaica conectada à rede e instalada no bloco 3 foi adquirida para do IFCE – Campus Maracanaú em uma parceria de pesquisa com o LEA (Laboratório de Energias Alternativas) da UFC na Chamada Universal 01/2016 - Faixa B, com o título monitoramento IoT aplicado a sistemas fotovoltaicos de microgeração elétrica conectada à rede, com vigência entre 01/06/2017 e 31/05/2020, em que o proponente desse trabalho é membro colaborador desse projeto aprovado.

Através dos gráficos obtidos, pode-se concluir que o monitoramento IoT funcionou como projetado e estável ao longo da pesquisa. A referida planta FV, já regulamentada, está operando normalmente e gerando energia elétrica na rede elétrica do IFCE - Campus Maracanaú.

REFERÊNCIAS

IEA. **Technology Roadmap, Solar Photovoltaic Energy**. Paris: [s.n.]. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf>.

IFCE. **Mais energia solar em Maracanaú**. Maracanaú. [s.n.]. Disponível em: <<http://ifce.edu.br/maracanau/noticias/mais-energia-solar-em-maracanau>>.

IFCE. **Investindo em Pesquisas sobre Energias Renováveis - Por Dentro do IFCE**. [s.n.]. Disponível em: <<https://pt.calameo.com/read/005132292c6adcacc9aaa>>.

RABELO, A. D. S. *et al.* **Estudo Sobre Sujidade Em Planta Fotovoltaica Localizada Em Zona Urbana**. Congresso Brasileiro de Geração Distribuída. **Anais...**Fortaleza-CE: 2017.

SanUSB. **Sistema solar fotovoltaico regulamentado no IFCE**. [s.n.]. Disponível em: <<http://sanusb.blogspot.com/2018/01/novo-kit-de-instalacao-fv-conectado-rede.html>>