

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA – CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE ENERGIA**

PHELIPPE FARIAS NUNES DE FREITAS

**MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DA USINA
FOTOVOLTAICA MAURÍCIO VALTER SUSTERAS**

FLORIANÓPOLIS, 2020

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA – CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE ENERGIA**

PHELIPPE FARIAS NUNES DE FREITAS

**MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DA USINA
FOTOVOLTAICA MAURÍCIO VALTER SUSTERAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Tecnólogo em Sistemas de Energia.

Orientador:
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Padilha

FLORIANÓPOLIS, 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Freitas, Phelippe Farias Nunes de
MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DA USINA FOTOVOLTAICA
MAURICIO VALTER SUSTERAS / Phelippe Farias Nunes de
Freitas ; orientação de Juliano Bitencourt Padilha.
- Florianópolis, SC, 2020.
76 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. CST
em Sistemas de Energia. Departamento Acadêmico de
Eletrotécnica.
Inclui Referências.

1. Energia Solar Fotovoltaica. 2. Usina Fotovoltaica.
3. Geração Distribuída. 4. Monitoramento. I. Bitencourt
Padilha, Juliano. II. Instituto Federal de Santa
Catarina. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.
III. Título.


MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DA USINA FOTOVOLTAICA MAURÍCIO VALTER SUSTERAS

PHELIPPE FARIAS NUNES DE FREITAS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas de Energia e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Energia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 09 de outubro de 2020.

Banca Examinadora:



Prof. Juliano Bitencourt Padilha, Dr.



Prof^a. Lisandra Kittel Ries, Dra.



Max Barbonaglia Sathler Figueiredo, Eng.

Com todo amor e carinho dedico a
finalização deste sonho aos meus
pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Rosângela e Valmir, por tudo que fizeram e fazem por mim. Sempre com muita dedicação, amor incondicional e carinho na criação para que eu pudesse andar no caminho certo das coisas. Se hoje eu sou um homem com caráter, só tenho que bater palmas para vocês: Pai e Mãe, este troféu é para vocês.

Minha amada namorada, esposa e confidente, Keli, que de forma inesperada apareceu na minha vida quando menos esperava e hoje divide os sonhos e os boletos comigo: te amo.

Ao meu irmão engenheiro, Phoebe, por diversas dicas de cálculo A, B e Física; das discussões calorosas sobre diversos temas e também explicando para ele como é o funcionamento de um sistema solar e que eletricidade é bem mais legal que hidrossanitária.

Aos professores do IFSC e em especial meu professor orientador, Padilha, que me acompanha nessa jornada em busca do conhecimento desde o tempo do curso técnico, lá em 2012 também no IFSC e à professora Lisandra por participar da banca final.

Aos colegas de graduação de Sistemas de Energia que caminharam comigo diariamente em busca deste sonho.

À Engie Soluções por acreditar em mim e disponibilizar informações e conhecimentos para a execução deste trabalho em especial ao eng. Max.

À SUN MOBI e ao sr. Guilherme Susteras.

Aos amigos de longa data: Kito, Ricardo, Ana Juttel, Thiagão e Dani, Jeff, meu muito obrigado por anos de amizade e companheirismo.

Aos antigos amigos do IFSC: Fábio, Pauli, Tevão, Winki e Renatão. Muito obrigado pelos conhecimentos compartilhados.

Ao pessoal do Pedra 90, que me acolheram muito bem como amigo e colega de profissão e em especial ao Gui Costa, Marcio Santos, Chico, AnderShow, Locate e Binho. Muito obrigado pela transmissão do conhecimento profissional e pela amizade.

À Família Farias.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta, pouquinho ou montão, me ajudaram a conquistar este diploma, minha eterna gratidão.

“E lembre-se: você é seu próprio general. Então, tome agora a iniciativa, planeje e marche decidido para a vitória.” (Sun Tzu)

RESUMO

No atual momento mundial, em que se discutem diversas formas de preservar e explorar de maneira sustentável o meio ambiente, a utilização da luz solar como fonte para a geração de energia elétrica é de suma importância, pois esta é renovável e limpa em comparação a utilização de combustíveis não renováveis. Dado o aumento da utilização destas energias renováveis como motivação, o presente trabalho tem como finalidade analisar o monitoramento e desempenho da usina fotovoltaica Maurício Valter Susteras entre os meses de setembro de 2019 e julho de 2020. Cabe destacar que tal usina foi concebida com um novo conceito de distribuição de energia elétrica, onde os consumidores não precisam instalar a infraestrutura física nos locais das unidades consumidoras, facilitando a compensação financeira dos créditos nas faturas de energia elétrica. A usina fica localizada na cidade de Araçoiaba da Serra/SP e possui uma potência instalada de 400 kWp e uma geração anual prevista de 513.950 kWh. No decorrer do trabalho serão apresentados os conceitos básicos de um sistema fotovoltaico, os parâmetros que são utilizados para verificar o funcionamento da usina, e também os resultados obtidos no monitoramento e análise de desempenho da usina foco do estudo.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica. Usina Fotovoltaica. Energia Alternativa. Monitoramento. Geração Distribuída.

ABSTRACT

Currently in the world, where ways to preserve and explore the environment in a sustainable way are discussed, using sunlight as a source for the generation of electric energy is of paramount importance, because it is renewable and clean in comparison with non-renewable fuels. Given the increased use of these renewable energies as motivation, the present work aims to analyze the monitoring and performance of the photovoltaic plant Maurício Valter Susteras between the months of September 2019 and July 2020. It should be noted that this plant was designed with a new concept of distribution of electricity, where consumers do not need to install physical infrastructure in the locations of consumer units, facilitating the financial compensation of credits on electricity bills. The plant is located in the city of Araçoiaba da Serra / SP and has an installed capacity of 400 kWp and an estimated annual generation of 513,950 kWh. During the work, the basic concepts of a photovoltaic system will be presented, the parameters that are used to verify the operation of the plant, as well as the results obtained in the monitoring and performance analysis of the plant studied.

Keywords: Solar Photovoltaic Energy. Photovoltaic Plant. Alternative Energy. Monitoring. Distributed Generation.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | Justificativa | 15 |
| 1.2 | Definição do problema | 16 |
| 1.3 | Objetivo geral | 16 |
| 1.4 | Objetivos específicos | 16 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 17 |
| 2.1 | Geração distribuída | 17 |
| 2.1.1 | Microgeração | 17 |
| 2.1.2 | Minigeração | 18 |
| 2.1.3 | Geração compartilhada | 18 |
| 2.1.4 | Sistema de compensação de energia | 18 |
| 2.2 | Sistemas fotovoltaicos | 19 |
| 2.2.1 | Sistemas <i>Off Grid</i> | 20 |
| 2.2.2 | Sistemas <i>On Grid</i> | 23 |
| 2.3 | Operação e manutenção | 25 |
| 2.3.1 | Monitoramento | 26 |
| 2.3.2 | Estações solarimétricas | 26 |
| 3 | USINA MAURÍCIO VALTER SUSTERAS | 28 |
| 3.1 | Localização | 28 |
| 3.2 | Características da usina | 29 |
| 3.2.1 | Inversores | 30 |
| 3.2.2 | Módulos fotovoltaicos | 32 |
| 4 | PARÂMETROS ANALISADOS | 34 |
| 4.1 | Fator de capacidade | 34 |
| 4.2 | Rendimento energético | 34 |
| 4.3 | Taxa de desempenho | 35 |
| 4.4 | Performance total | 36 |
| 5 | ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS | 37 |
| 5.1 | Setembro/2019 | 38 |
| 5.1.1 | Dados de geração | 38 |
| 5.1.2 | Análise dos resultados | 41 |
| 5.2 | Outubro/2019 | 42 |
| 5.3 | Novembro/2019 | 43 |
| 5.4 | Dezembro/2019 | 44 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.5 | Janeiro/2020 | 45 |
| 5.6 | Fevereiro/2020 | 47 |
| 5.7 | Março/2020 | 48 |
| 5.8 | Abril/2020 | 49 |
| 5.9 | Maiio/2020 | 49 |
| 5.10 | Junho/2020 | 50 |
| 5.11 | Julho/2020 | 50 |
| 5.12 | Dados compilados ao final do período | 51 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 53 |
| | REFERÊNCIAS | 54 |
| | APÊNDICES | 57 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Sistemas <i>Off Grid</i> e <i>On Grid</i> | 20 |
| Figura 2 – Diagrama de um sistema <i>Off Grid</i> | 21 |
| Figura 3 – Controlador de carga para sistema <i>Off Grid</i> | 21 |
| Figura 4 – Banco de bateria para um sistema <i>Off Grid</i> | 22 |
| Figura 6 – Inversor CC/CA para sistema <i>Off Grid</i> | 22 |
| Figura 7 – Diagrama de um sistema <i>On Grid</i> | 23 |
| Figura 8 – Inversor solar fotovoltaico da fabricante Sungrow. | 24 |
| Figura 9 – Medidor bidirecional da fabricante Schneider Electric. | 24 |
| Figura 10 – Estação solarimétrica VS N800 da fabricante ABB. | 26 |
| Figura 11 – Vista aérea da usina MVS. | 28 |
| Figura 12 – Panorama geral da usina MVS. | 29 |
| Figura 13 - Valores obtidos por meio de simulação via <i>software</i> | 30 |
| Figura 14 – Previsão de geração de energia anual. | 30 |
| Figura 15 – Inversor modelo UNO – DM – 5.0 – TL – PLUS. | 31 |
| Figura 16 – Inversor modelo PVI 10.0 – OUT. | 31 |
| Figura 17 – Inversor modelo TRIO 50.0 SN. | 32 |
| Figura 18 – Vista parcial dos módulos da usina. | 33 |
| Figura 19 – Distância entre a usina MVS e a estação pluviométrica. | 38 |
| Figura 20 – Geração de energia em setembro/2019. | 40 |
| Figura 21 – Geração, previsão e desempenho diário em setembro/2019. | 41 |
| Figura 22 – Mensagem de erro do inversor UNO - DM - 5.0. | 46 |
| Figura 23 – Energia elétrica do inversor em janeiro/2020. | 46 |
| Figura 24 – Geração, previsão e performance do período analisado. | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Especificações técnicas dos inversores. | 32 |
| Tabela 2 – Especificações técnicas do módulo JAP6-72-325/4BB. | 33 |
| Tabela 3 – Dados de geração de setembro/2019. | 39 |
| Tabela 4 – Resultados obtidos em setembro/2019. | 42 |
| Tabela 5 – Resultados obtidos em outubro/2019. | 43 |
| Tabela 6 – Resultados obtidos em novembro/2019. | 44 |
| Tabela 7 – Resultados obtidos em dezembro/2019. | 45 |
| Tabela 8 – Resultados obtidos em janeiro/2020. | 47 |
| Tabela 9 – Resultados obtidos em fevereiro/2020. | 48 |
| Tabela 10 – Resultados obtidos em março/2020. | 48 |
| Tabela 11 – Resultados obtidos em abril/2020. | 49 |
| Tabela 12 – Resultados obtidos em maio/2020. | 50 |
| Tabela 13 – Resultados obtidos em junho/2020. | 50 |
| Tabela 14 – Resultados obtidos em julho/2020. | 51 |

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira é composta por diversos tipos de fontes para geração de energia elétrica e, de acordo com a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a quantidade total de empreendimentos no Brasil é de 8.946 unidades conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN), totalizando uma potência instalada de 178.716 GW. Dentre esses empreendimentos, pode-se destacar o grande número de usinas hidrelétricas (UHE), que corresponde a 60,39% de todas as usinas, e também as usinas termelétricas (UTE), que possuem o valor de 24,22% do montante total (ANEEL, 2018).

Com o aumento do número de conexões de geração distribuída no Brasil, há necessidade de criar novas ferramentas para atrair o público a utilizar energia elétrica oriundas de fontes renováveis. Energia eólica, energia solar e também PCH's (pequenas centrais elétricas) são exemplos de produção de energia elétrica não tradicionais.

Desde 2012, baseada na resolução normativa ANEEL 482/2012, "o consumidor poderá gerar a energia elétrica a partir de fontes renováveis ou de cogeração". Este novo tipo de geração de energia elétrica é denominado como geração distribuída e pode ser tratada como microgeração, quando a potência instalada for inferior ou igual a 75 kW e minigeração, quando superior a 75 kW e menor que 5MW (ANEEL, 2018).

Foi nesse ritmo de inovação que a empresa SUN MOBI fundou, em 2016, a usina fotovoltaica Maurício Walter Susteras (MWS) com potência máxima instalada de 400 kWp no município de Araçoiaba da Serra/SP. Essa usina tem como finalidade a geração compartilhada de energia elétrica, onde os clientes que possuem contrato com a empresa não precisam instalar os módulos fotovoltaicos nem os inversores no local de consumo. De acordo com a SUN MOBI (2016), a maior facilidade deste sistema é que não existe a necessidade de instalar painéis na residência do cliente, pois a empresa possui uma usina física, e a energia chegará ao beneficiário pela mesma instalação elétrica por ele já utilizada.

A técnica utilizada pela SUN MOBI para disponibilizar a energia ao beneficiário é por meio dos sistemas *On Grid*. Conforme afirma Villalva (2015),

um sistema *On Grid*, diferente do *Off Grid* que é totalmente isolado, opera em paralelo com a rede da distribuidora de energia elétrica. Ao gerar por meio dos módulos solares, há o consumo instantâneo da energia, e também o consumo proveniente da concessionária de energia elétrica. O excedente de energia é creditado na unidade consumidora do beneficiário.

Diante dessa complexidade que envolve o sistema a ser analisado, é imprescindível que a operação e manutenção (O&M) esteja sempre atualizada e alinhada com o funcionamento do sistema fotovoltaico. De acordo com *Electric Power Research Institute* (EPRI, 2015), um profissional de O&M deve garantir que o sistema fotovoltaico manterá os desempenhos esperados durante a vida útil do sistema, que poderá ser de até 30 anos.

1.1 Justificativa

Ao realizar o dimensionamento de um sistema fotovoltaico é importante a consideração de diversos fatores, como sombreamento, localização geográfica, comportamentos climáticos e principalmente as características de cada componente físico que compõe o sistema. Muitas vezes o dimensionamento não é realizado de forma precisa ou desconsidera alguns aspectos, o que dificulta realizar o paralelo entre o esperado e o gerado efetivamente. O monitoramento visa, entre outras questões, à verificação dos níveis de geração, observando se os mesmos estão dentro de limites esperados.

Além disso, com o monitoramento é possível verificar se o dimensionamento do sistema foi correto ou errôneo, se a instalação foi mal executada, se há problemas de natureza física nos componentes da instalação (o que requer manutenção corretiva) ou, ainda, se as condições atmosféricas e climáticas não são as melhores para uma produção satisfatória.

Cabe ressaltar que todo o embasamento teórico, tanto das partes que compõem o sistema quanto da análise de dados numéricos, é de suma importância para avaliação e verificação do comportamento dos sistemas, o que justifica e destaca a importância deste trabalho.

1.2 Definição do problema

O monitoramento de plantas de geração elétrica é uma das inúmeras tarefas que compõem todo o processo de geração. É uma etapa que visa avaliar variáveis referentes à geração e reportar ao setor competente possíveis anomalias que estejam afetando o perfeito funcionamento do processo de geração.

Nesse contexto, este trabalho visa elencar e elucidar as inúmeras particularidades envolvidas no monitoramento da usina fotovoltaica MWS. Também serão apresentados os principais componentes presentes em um sistema fotovoltaico *On Grid* ou sistema fotovoltaico conectado a rede (SFCR), como os módulos fotovoltaicos e o inversor fotovoltaico, além de gráficos, cálculos e métodos utilizados no monitoramento e análise de desempenho da usina citada.

De forma específica, será atribuído um maior enfoque em relação à forma como o monitoramento é realizado por meio de plataformas comerciais específicas de cada inversor, pois os fabricantes apresentam formas diferentes de apresentar os resultados, mas que apresentam praticamente os mesmos dados de saída. Ainda, serão abordadas as falhas que ocorrem e propostas de melhorias nestes sistemas.

1.3 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é analisar os parâmetros fornecidos pela plataforma de monitoramento da usina MWS e verificar se a usina opera de acordo com o contrato e o projeto apresentado pela empresa ENGIE.

1.4 Objetivos específicos

Os objetivos específicos a serem alcançados ao final do trabalho são:

a) identificar os possíveis erros da plataforma de monitoramento, erros de geração e previsão de geração da usina MWS;

b) apresentar as soluções adotadas para restabelecer a usina quando essa apresentar alguma falha ou erro no funcionamento;

c) propor melhorias que podem ser adotadas pela usina a fim de minimizar os erros e falhas;

d) apresentar os pontos positivos e negativos da instalação e do comissionamento da usina MWS.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Geração distribuída

A geração distribuída (GD) é um método de geração de energia elétrica onde o consumidor pode produzir a própria energia para o consumo. De acordo com a ANEEL (2012), “o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade”, Esta geração poderá ser realizada por meio de diversas fontes de energia como eólica, proveniente da força dos ventos; solar, utilizando o calor e a radiação do sol; biomassa, utilizando, por exemplo, restos de bagaço de cana, de mamona, de madeira, etc; entre outras fontes.

A resolução normativa (NR) que estabelece os parâmetros e as condições gerais da GD no Brasil é a NR 482/2012. Esta NR foi elaborada em 2012 e no decorrer dos anos houve alterações em alguns tópicos. Em 2015 foi publicada a NR 687/2015 que alterou os conceitos de microgeração, minigeração e sistema de compensação de energia elétrica. Já em 2017, a NR 786/2017 alterou apenas o conceito de minigeração.

2.1.1 Microgeração

A microgeração é a forma mais utilizada para a geração distribuída residencial e comercial de pequeno porte, visto que a condição para a unidade consumidora ser considerada uma geração desse tipo, é a potência instalada. De acordo com a ANEEL (2017), uma potência instalada de até 75 kW pode ser considerada microgeração.

Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2017, p. 1).

2.1.2 Minigeração

Em comparação à microgeração, a minigeração é mais voltada para empreendimentos comerciais de grande porte e industrial. A potência do sistema deverá ser entre 75 kW e 5 MW (ANEEL, 2017).

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2017, p. 1).

2.1.3 Geração compartilhada

No conceito de geração distribuída há também a geração distribuída compartilhada. Esse tipo de geração tem como principal característica o compartilhamento de uma mesma usina dentro de uma região de concessão ou permissão (ANEEL, 2015).

Caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2015, p. 2).

2.1.4 Sistema de compensação de energia

No sistema de geração distribuída, se a unidade consumidora produzir uma quantidade de energia elétrica superior ao consumido naquele mês, a unidade consumidora fica com créditos que podem ser utilizados para abater o valor financeiro das faturas nos meses seguintes. Esses créditos estarão disponíveis para serem utilizados em até 60 meses. Além disso, a ANEEL informa que esses créditos podem ser utilizados em outras unidades consumidoras do mesmo titular, seja pessoa física ou jurídica, desde que as unidades consumidoras estejam na mesma área de atuação da distribuidora.

Este método de compensação é denominado autoconsumo remoto (ANEEL, 2012).

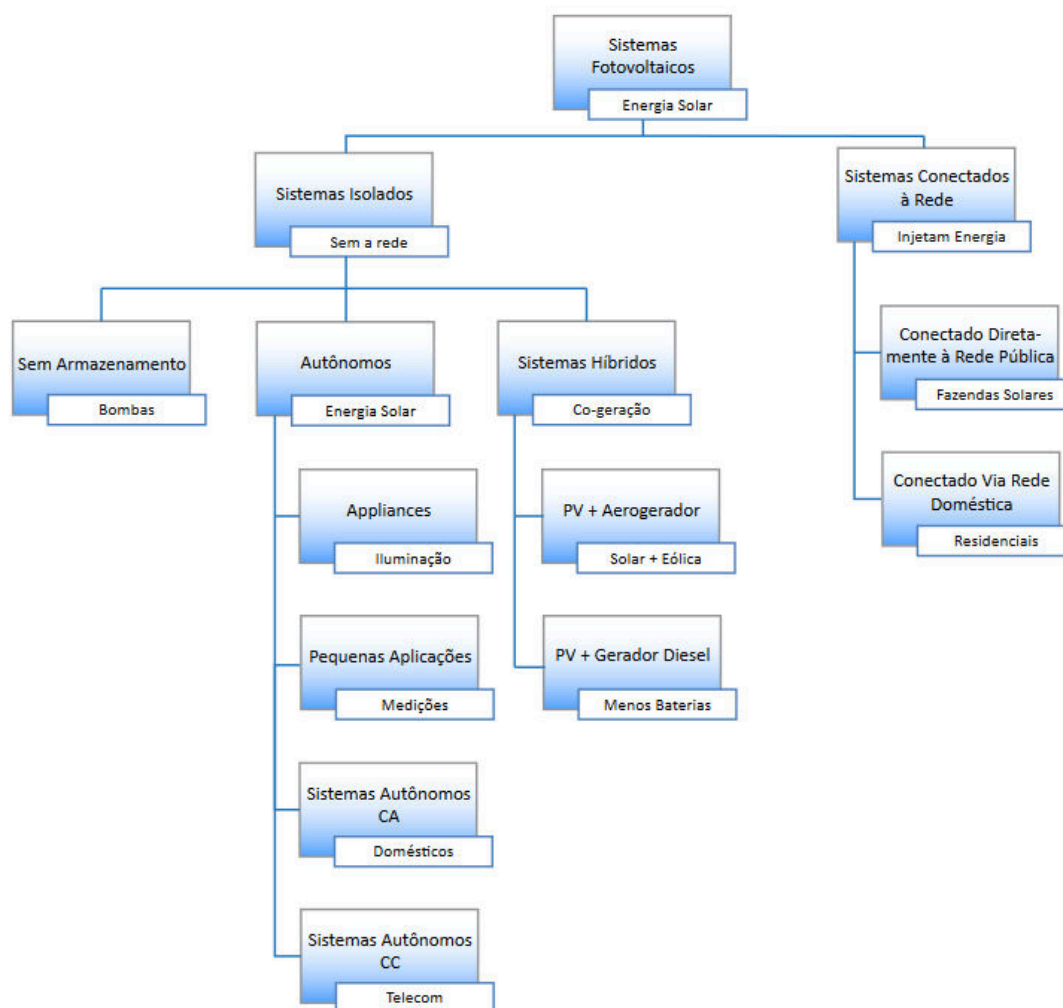
2.2 Sistemas fotovoltaicos

Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito:

Os Sistemas Fotovoltaicos (SFV) podem ser classificados em duas categorias principais: isolados e conectados à rede. Em ambos os casos, podem operar a partir apenas da fonte fotovoltaica ou combinados com uma ou mais fontes de energia, quando são chamados de híbridos. A utilização de cada uma dessas opções depende da aplicação e/ou da disponibilidade dos recursos energéticos. Cada um deles pode ser de complexidade variável, dependendo da aplicação em questão e das restrições específicas de cada projeto. Isto pode ser facilmente visualizado, por exemplo, quando se considera a utilização de um sistema híbrido diesel-fotovoltaico. Neste caso, a contribuição de cada fonte poderá variar de 0 a 100 %, dependendo de fatores como: investimento inicial, custo de manutenção, dificuldade de obtenção do combustível, poluição do ar e sonora do grupo gerador a diesel, área ocupada pelo sistema fotovoltaico, curva de carga, etc. (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, 2014, p. 255).

Na Figura 1 tem-se uma divisão entre sistema *Off Grid* (ou isolado) e *On Grid* (ou sistemas fotovoltaico conectado à rede).

Figura 1 – Sistemas *Off Grid* e *On Grid*.



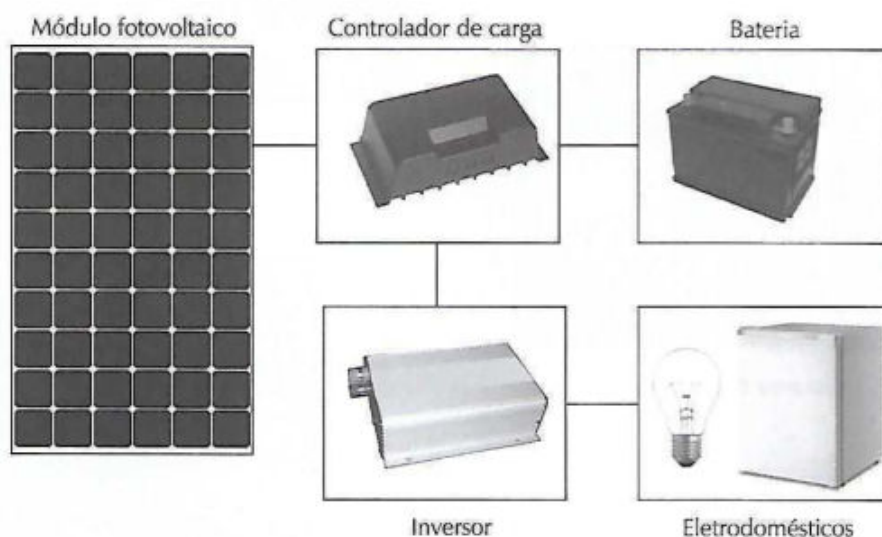
Fonte: DI SOUZA (2016).

2.2.1 Sistemas *Off Grid*

De acordo com Villalva (2015), os sistemas isolados são utilizados em locais onde não há presença de energia elétrica proveniente da rede elétrica de distribuição. "Muitos lugares do Brasil não são atendidos por rede elétrica. Nesses locais um sistema fotovoltaico autônomo pode ser empregado para substituir geradores movidos a diesel, com a vantagem da redução de ruídos e poluição." (VILLALVA, 2015, p. 97).

Na Figura 2 é possível verificar o diagrama de um sistema *Off Grid*.

Figura 2 – Diagrama de um sistema *Off Grid*.



Fonte: VILLALVA (2015).

O módulo fotovoltaico é responsável pela geração de corrente e tensão elétrica do sistema fotovoltaico através do efeito fotoelétrico (VILLALVA, 2017). De acordo com Neto (2017), é por meio do efeito fotovoltaico que existe a possibilidade de gerar energia elétrica através da conversão da energia que há na radiação luminosa. Neto (2017) afirma que “esse efeito causa o aparecimento de uma diferença de potencial nas extremidades do material semicondutor produzida pela absorção da luz”.

O controlador de carga é responsável por realizar o controle da tensão e corrente que são enviadas ao inversor e à bateria do sistema. De acordo com Villalva (2017, p. 108), “o controlador de carga é o dispositivo que faz a correta conexão entre o painel fotovoltaico e a bateria”. Na Figura 3 tem-se um exemplo de controlador de carga.

Figura 3 – Controlador de carga para sistema *Off Grid*.



Fonte: INTELBRAS (2019).

A bateria tem como função principal armazenar a energia excedente produzida pelos módulos fotovoltaicos e enviar energia para o consumo das cargas. As baterias sempre são dispostas em banco de baterias, para aumentar a autonomia do sistema. Na Figura 4, pode-se verificar um banco de baterias em utilização.

Figura 4 – Banco de bateria para um sistema *Off Grid*.



Fonte: Autor (2019).

Já o inversor é responsável pela conversão da corrente contínua em corrente alternada, visando a alimentação da carga. A tensão de saída dos inversores são geralmente 127 Vac e 220 Vac com frequência nominal de 60 Hz. A Figura 5 ilustra um inversor CC/CA utilizado em sistemas *Off Grid*.

Figura 5 – Inversor CC/CA para sistema *Off Grid*.



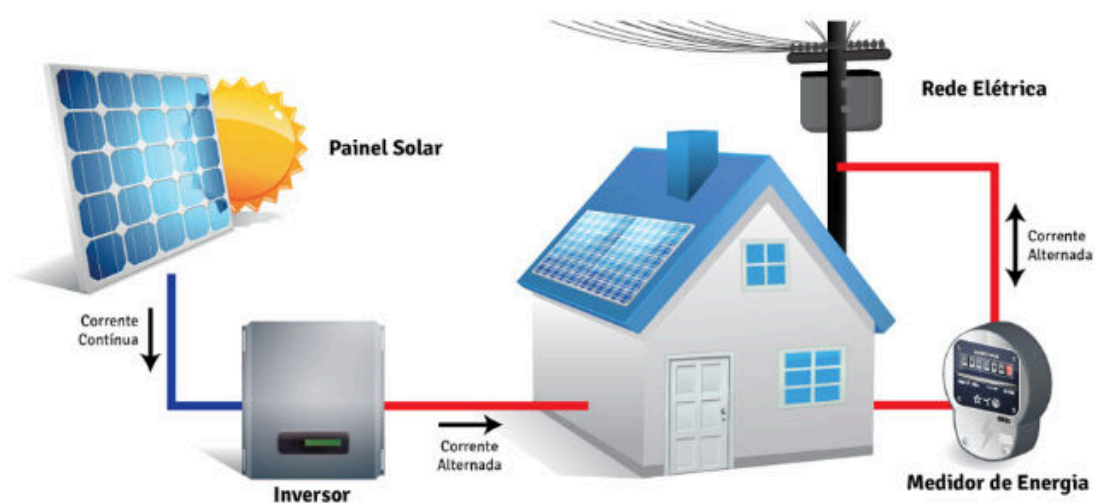
Fonte: Hayonik (2020).

2.2.2 Sistemas *On Grid*

Conforme afirma Villalva (2015) um sistema *On Grid* opera em paralelo com a rede da distribuidora de energia elétrica, pois o sistema *On Grid* diferentemente do *Off Grid*, é utilizado onde ocorre o abastecimento de energia elétrica.

O SFCR precisa obrigatoriamente da rede elétrica para ter o pleno funcionamento. Isto se dá pelo fato que o principal motivo de utilizar um sistema não isolado é a economia de valores na fatura da unidade consumidora onde está instalado o sistema. Outro fator importante é que esse tipo de sistema também não utiliza armazenadores de energia, como banco de baterias (DI SOUZA, 2016). Na Figura 6 é possível verificar o diagrama de um SFCR.

Figura 6 – Diagrama de um sistema *On Grid*.



Fonte: DI SOUZA (2016).

O SFCR não precisa do controlador de carga, pois não tem a presença das baterias, e o próprio inversor fotovoltaico realiza o controle da tensão e da corrente. A Figura 7 ilustra um inversor para um SFRC.

Figura 7 – Inversor solar fotovoltaico da fabricante Sungrow.



Fonte: Sungrow (2020).

Como existe a necessidade de saber os valores de energia injetada na rede pelo sistema fotovoltaico e o valor da energia consumida proveniente da concessionária de energia, é obrigatória a utilização de um medidor bidirecional no local da instalação do sistema (ANEEL, 2012). A Figura 8, ilustra um medidor bidirecional comercial do fabricante Schneider Electric.

Figura 8 – Medidor bidirecional da fabricante Schneider Electric.



Fonte: Schneider Electric (2014).

2.3 Operação e manutenção

A operação e manutenção (O&M) de um sistema fotovoltaico são de suma importância para o pleno funcionamento do sistema. A maioria dos sistemas fotovoltaicos possui garantia de até 30 anos contra defeitos de fabricação e nesse prazo é necessário estar atento às condições de utilização dos sistemas.

De acordo com a EPRI (2015), a procura contínua de métodos que melhoram as práticas de operação e manutenção faz com que os valores dessas atividades sejam otimizados. Em 2015, a própria EPRI informou que entre os anos de 2008 e 2014 os custos totais de O&M tiveram uma baixa em até 80%. "Normalmente o setor de O&M é considerado um centro de custo no projeto, e este centro de custo tende a receber um financiamento mais modesto que outros centros de custos." (EPRI, 2015).

Referente à limpeza dos módulos fotovoltaicos, que também está incluída na O&M, é indicada que seja realizada entre duas e três vezes em um período de 12 meses. Deixar os módulos sujos diminui a vida útil dos mesmos e acarreta na perda de produção de energia elétrica.

For example, regular module cleaning is an important part of solar maintenance and the problems associated with soiled modules is often underestimated. Prolonged periods of time between cleans can result in bird droppings etching modules and lichen growth, both of which can be extremely difficult to remove. Module cleaning methods vary from manual, robotic and mechanical. Each have their own advantages and disadvantages. Cleaning frequencies vary greatly on ground, rooftop and floating solar arrays. the frequency of cleaning should be decided on a site-by-site basis and it may be that certain parts of a site will need cleaning more often than other parts of the same site (Solar Power Europe, 2018, p. 39).

Ainda de acordo com a *Solar Power Europe* (2018), a sujeira nos módulos aumenta o valor das manutenções e diminui a geração de energia em até 80% em casos mais graves. "*in general, the presence of dirt or any other particles on the module surface has an impact on the anti-soiling properties*" (*Solar Power Europe*, 2018, p. 39)

Dentro da O&M estão inclusos também os custos de monitoramento remoto dos sistemas fotovoltaicos.

2.3.1 Monitoramento

O monitoramento é uma parte fundamental na O&M dos sistemas fotovoltaicos e por isso está incluso nos custos de O&M desses sistemas. O monitoramento da geração é realizado diariamente levando-se em consideração os resultados de geração que são coletados diretamente por meio do portal de monitoramento do fabricante do inversor, e caso o sistema fotovoltaico não tenha acesso à internet, os dados poderão ser obtidos diretamente do inversor ou do banco de dados local.

2.3.2 Estações solarimétricas

Algumas plantas fotovoltaicas possuem estação meteorológica própria, possibilitando a comparação entre a geração obtida no sistema com a irradiação presente no local. Na Figura 9 pode-se observar um exemplo de estação solarimétrica, o modelo referenciado é a VSN 800 da fabricante ABB.

Figura 9 – Estação solarimétrica VSN 800 da fabricante ABB.



Fonte: ABB (2019).

Nos sistemas onde não há estação meteorológica própria, são considerados os valores apresentados pelo Centro de Referência para as

Energias Solar e Eólica Sérgio Salvo de Brito (CRESESB) ou por meio do Atlas Solar Brasileiro, que servem de referências para o estudo fotovoltaico no Brasil.

Os dados provenientes de estações solarimétricas locais ou das referências auxiliam na compreensão do resultado da geração de energia no período analisado. Eles são comparados com a expectativa de geração nas condições ideais de precipitação, temperatura e nebulosidade.

3 USINA MAURÍCIO VALTER SUSTERAS

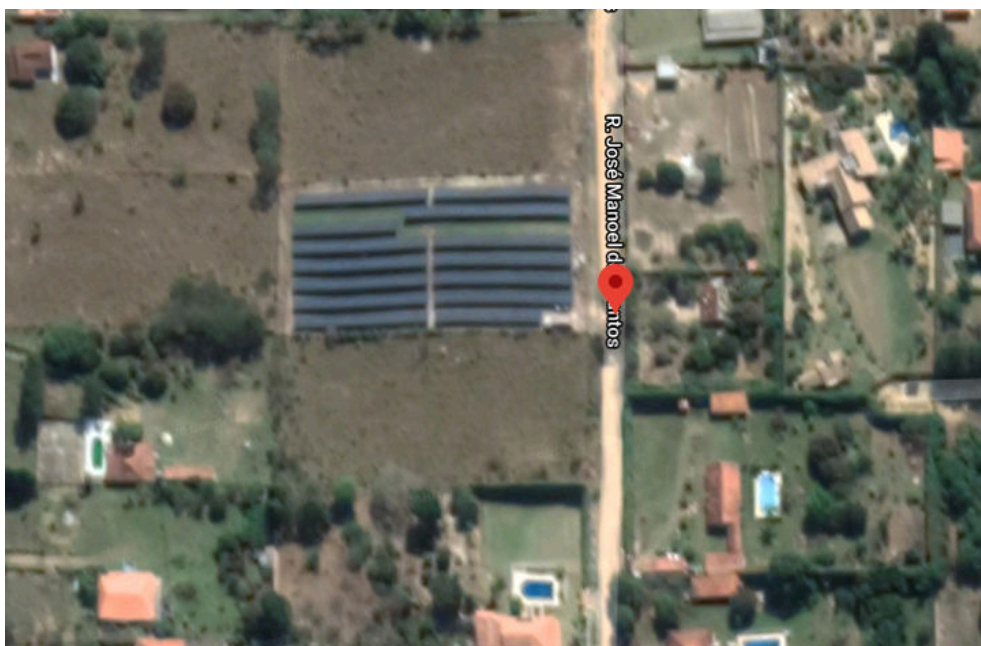
A usina solar Maurício Valter Susteras (MVS) é um empreendimento inovador da empresa Sun Mobi Energia Renováveis, que foi fundada em 2016 por Guilherme Susteras e Alexandre Bueno no estado de São Paulo, na cidade de Araçoiaba da Serra.

3.1 Localização

A usina MVS está instalada no município de Araçoiaba da Serra, que faz parte da microrregião de Sorocaba. A usina fica distante à 25 km de Sorocaba e à 120 km da capital São Paulo. Com uma extensão territorial de 255,327 km² e uma população estimada em 34.146 pessoas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), Araçoiaba da Serra está localizada na micro região de Sorocaba e possui um clima predominante quente e temperado (CLIMATE-DATA, 2019).

A localização exata da usina pode ser verificada por meio das coordenadas geográficas 23°34'33.6"S, 47°43'26.1"W. Na Figura 10 tem-se a imagem de satélite da usina.

Figura 10 – Vista aérea da usina MVS.



Fonte: Google Maps (2020).

Na Figura 11 é possível observar um panorama geral da usina.

Figura 11 – Panorama geral da usina MVS.



Fonte: ENGIE (2017).

3.2 Características da Usina

A usina está ligada diretamente no sistema de baixa tensão 127/220 Vac da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). A usina foi concebida em duas fases: a primeira fase, em outubro de 2017, tinha uma potência nominal de aproximadamente 75 kWp e uma geração anual estimada em 98.629 kWh; na segunda fase, datada de novembro de 2018, a usina expandiu a potência nominal para 400 kWp e uma geração anual prevista de 513.950 kWh.

O valor da previsão é obtido por meio de simulação via *software* PVSYST, levando em consideração os dados de localização da usina, de históricos meteorológicos, média da irradiação dos últimos 10 anos do local e também o histórico de consumo de energia elétrica da unidade consumidora. A Figura 12 ilustra os valores obtidos da simulação.

Figura 12 – Valores obtidos por meio de simulação via software.

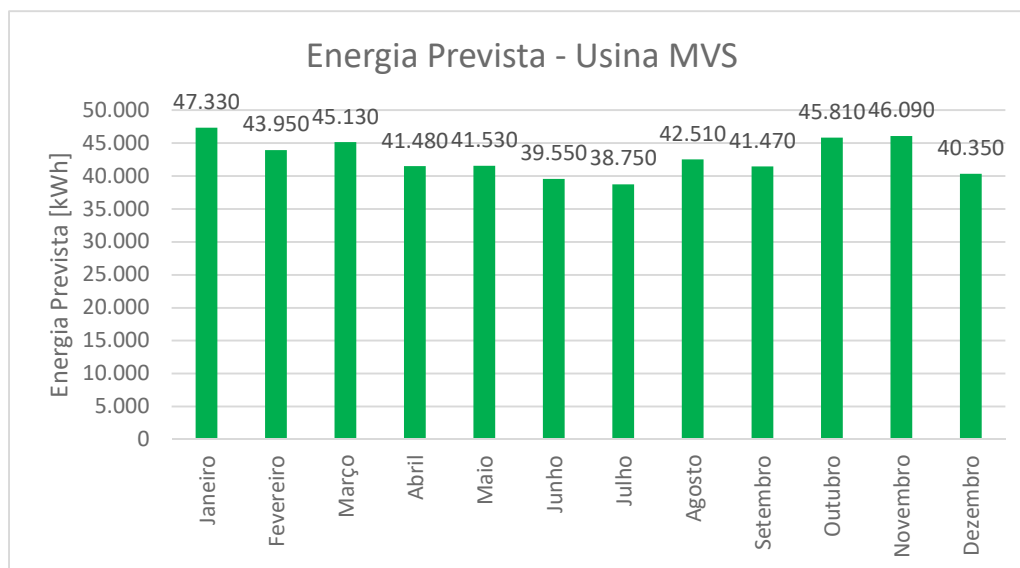
| | GlobHor kWh/m ² | DiffHor kWh/m ² | T Amb °C | GlobInc kWh/m ² | GlobEff kWh/m ² | EArray MWh | E_Grid MWh | PR |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|-------|
| January | 159.9 | 79.58 | 22.92 | 155.0 | 143.2 | 48.10 | 47.33 | 0.764 |
| February | 141.6 | 79.76 | 23.34 | 142.1 | 131.3 | 44.65 | 43.59 | 0.766 |
| March | 139.5 | 69.69 | 23.21 | 145.4 | 134.8 | 49.22 | 45.13 | 0.694 |
| April | 120.6 | 59.15 | 21.60 | 131.6 | 121.9 | 42.12 | 41.48 | 0.776 |
| May | 110.3 | 52.59 | 18.66 | 128.4 | 118.6 | 42.14 | 41.53 | 0.793 |
| June | 100.3 | 42.11 | 17.83 | 122.1 | 112.6 | 41.92 | 39.55 | 0.743 |
| July | 106.9 | 46.28 | 17.20 | 128.2 | 118.4 | 39.37 | 38.75 | 0.793 |
| August | 117.7 | 58.28 | 18.90 | 133.0 | 123.2 | 43.16 | 42.51 | 0.789 |
| September | 123.7 | 60.37 | 19.45 | 130.7 | 121.0 | 42.68 | 41.47 | 0.767 |
| October | 145.3 | 75.75 | 21.68 | 147.6 | 136.4 | 46.54 | 45.81 | 0.772 |
| November | 150.7 | 89.60 | 21.56 | 147.0 | 135.1 | 46.70 | 46.09 | 0.776 |
| December | 164.7 | 87.51 | 22.64 | 158.0 | 145.7 | 42.89 | 40.35 | 0.732 |
| Year | 1581.2 | 800.67 | 20.73 | 1669.2 | 1542.0 | 529.49 | 513.95 | 0.763 |

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation
 T Amb Ambient Temperature
 GlobInc Global incident in coll. plane
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 EArray Effective energy at the output of the array
 E_Grid Energy injected into grid
 PR Performance Ratio

Fonte: *software* PVSYST (2019).

A Figura 13 ilustra o gráfico estimado de geração de energia anual já considerando a expansão da usina (segunda fase).

Figura 13 – Previsão de geração de energia anual.



Fonte: Autor (2020).

3.2.1 Inversores

Na usina MVS são utilizados 10 inversores da fabricante ABB. Os modelos utilizados e as respectivas quantidades, em parênteses, são:

- UNO – DM – 5.0 – TL – PLUS (3)
- PVI 10.0 – OUT (1)
- TRIO 50.0 SN (6)

As Figura 14, Figura 15 e Figura 16 ilustram os respectivos modelos citados.

Figura 14 – Inversor modelo UNO – DM – 5.0 – TL – PLUS.



Fonte: ABB (2020).

Figura 15 – Inversor modelo PVI 10.0 – OUT.



Fonte: ABB (2020).

Figura 16 – Inversor modelo TRIO 50.0 SN.



Fonte: ABB (2020).

As principais especificações técnicas dos inversores empregados na usina podem ser vistas na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificações técnicas dos inversores.

| ESPECIFICAÇÕES | UNO DM 5.0 | PVI 10.0 | TRIO 50 |
|--------------------------------|------------|----------|---------|
| Tensão Máxima de Entrada [V] | 600 | 900 | 1000 |
| Potência de Entrada [kW] | 5,15 | 10,3 | 52 |
| Máxima Corrente de entrada [A] | 38 | 34 | 110 |
| Tensão de Saída Nominal [VAC] | 230 | 400 | 400 |
| Tensão Máxima de Saída [VAC] | 264 | 480 | 480 |
| Corrente Máxima de Saída [A] | 20 | 16,6 | 77 |
| Potência Máxima de Saída [kW] | 5 | 10 | 50 |
| Frequência de Saída [Hz] | 50/60 | 50/60 | 50/60 |
| Fator de Potência | 1 | 1 | 1 |
| Eficiência Máxima [%] | 96,7 | 97,8 | 98,3 |

Fonte: Adaptado de ABB (2020).

3.2.2 Módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos, no total de 1231 unidades, que foram instalados na usina são do fabricante JA SOLAR. O modelo utilizado é o JAP6-

72-325/4BB de potência máxima de 325 Wp. A Figura 17 ilustra o módulo em questão.

Figura 17 – Vista parcial dos módulos da usina.



Fonte: ENGIE (2019).

As principais especificações técnicas dos módulos utilizados na usina podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações técnicas do módulo JAP6-72-325/4BB.

| ESPECIFICAÇÕES | JAP6-72-325/4BB |
|---------------------------------|------------------------|
| Tipo de Célula | Policristalino |
| Quantidade de Células | 72 |
| Potência Máxima [Wp] | 325 |
| Tensão Máxima de Operação [V] | 37,17 |
| Corrente Máxima de Operação [A] | 8,74 |
| Tensão de Circuito Aberto [V] | 46,48 |
| Corrente de Curto Circuito [A] | 9,05 |
| Eficiência [%] | 16,73 |

Fonte: Adaptado de JA SOLAR (2020).

4 PARÂMETROS ANALISADOS

Após a coleta dos dados realizada por meio da plataforma de monitoramento ou de forma presencial, é necessário realizar a análise dos dados para obter o resultado de geração do mês correspondente.

Os parâmetros que são coletados de forma direta são os índices pluviométricos (mm), irradiação local (kWh/m²), energia gerada no período (kWh) e quantidade de dias que a energia foi efetivamente produzida no mês. Já os outros parâmetros são calculados através dos parâmetros coletados e também das características físicas da usina, como potência nominal do sistema fotovoltaico (kWp).

4.1 Fator de capacidade

Para Dolla *et al.* (2018), o fator de capacidade (FC) é a relação entre a energia gerada no período analisado e a potência máxima no mesmo tempo, caso o sistema estivesse em máxima operação. A equação (1) define o FC.

$$FC_{\%} = \frac{E_t}{P_o \cdot 24 \cdot t} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

$FC_{\%}$ = fator de capacidade em termos percentuais,

E_t = energia gerada no período (kWh),

P_o = potência nominal do sistema fotovoltaico (kWp),

t = período em dias.

4.2 Rendimento energético

O rendimento energético, ou *Yield* (Yd), é a relação entre a energia gerada (kWh) durante o período analisado e a potência instalada do sistema fotovoltaico (kWp). De acordo com Narimatu *et al.* (2018), esse parâmetro é fundamental para determinar o desempenho do sistema fotovoltaico. Com esta informação pode-se permitir “a comparação da energia produzida de diversos sistemas fotovoltaicos com potências diferentes” (NARIMATU *et al.*, 2018, p. 2).

De acordo com Bicalho *et al.* (2018, p. 97-98), o *yield* é “um indicativo de quantas horas o sistema necessitaria para gerar a mesma energia se operasse o tempo todo na potência máxima”.

A equação (2) define o cálculo do *yield*.

$$Yd = \frac{E_t}{P_o} \quad (2)$$

Onde:

Yd = rendimento energético (kWh/kWp).

4.3 Taxa de desempenho

Outro fator que verifica o desempenho do sistema fotovoltaico é a taxa de desempenho, ou *performance ratio* (PR). “A definição de PR é a relação entre o desempenho real do sistema, e o desempenho teórico máximo” (VERISSÍMO, 2017, p. 38).

Quanto mais próximo dos 100 % estiver o valor da PR estipulado para um sistema fotovoltaico, mais eficaz é este sistema fotovoltaico. Um valor de 100 % não é, contudo, atingível na realidade, pois durante a operação do sistema fotovoltaico também ocorrem sempre perdas inevitáveis (por exemplo, perdas térmicas devido a aquecimento do módulo fotovoltaico). Sistemas fotovoltaicos eficientes atingem, contudo, uma *performance ratio* de até 80 % (SMA, 2011, p. 2).

A PR também pode ser calculada por meio da relação entre a produtividade ou rendimento energético e a irradiação nos planos dos módulos em kWh/m² (JUNIOR, 2012, p. 8), conforme a equação (3).

$$PR_{\%} = \frac{Yd}{Irrad} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

$PR_{\%}$ = *performance ratio*,

$Irrad$ = irradiação solar sobre os módulos (kWh/m²).

4.4 Performance total

A performance total, ou a *performance to budget (PRtb)*, é a relação entre a produção real de energia e a expectativa de geração para o período analisado. A equação (4) define o cálculo deste parâmetro.

$$PR_{tb} = \frac{E_t}{E_o} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

PR_{tb} = performance total,

E_o = expectativa da geração de energia para o período analisado (kWh).

5 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS

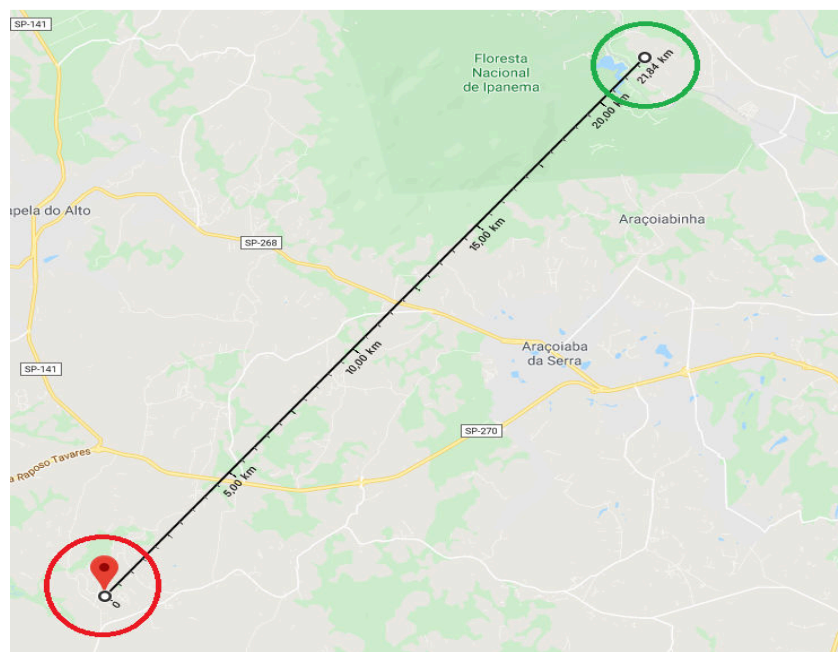
O estudo realizado na usina MVS compreende os meses de setembro de 2019 até julho de 2020, totalizando 11 meses de análise. Neste período foram verificados os parâmetros que serviram de base para o presente estudo.

O sistema fotovoltaico possui estação solarimétrica própria, o que possibilita verificar a irradiação que incide nos módulos fotovoltaicos da usina, no entanto, no decorrer do estudo, pôde-se verificar que alguns dados não foram inclusos no estudo, visto que a estação solarimétrica apresentou erro e não registrou os dados para análise.

Os índices pluviométricos também foram analisados próximo a Araçoiaba da Serra. A estação pluviométrica que foi utilizada como base para o estudo fica localizada na cidade de Iperó/SP, cuja distância entre a usina MVS é de aproximadamente 22 km em linha reta. As informações, quando disponíveis, são encontradas no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Na Figura 18, é possível identificar a localização e a distância da estação pluviométrica, circulada de verde, em relação à usina fotovoltaica, circulada em vermelho.

Figura 18 – Distância entre a usina MVS e a estação pluviométrica.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2020).

No próximo tópico será abordado o mês de setembro de 2019 de forma completa, com todas as informações e gráficos produzidos. Os demais meses serão apresentados de forma resumida e ao final do documento, nos apêndices, serão apresentadas as tabelas, figuras e informações completas referentes a cada mês.

5.1 Setembro/2019

5.1.1 Dados de geração

De acordo com a simulação realizada na proposta da usina fotovoltaica, o valor da geração de energia elétrica prevista para o mês de setembro de 2019 é de 41.470 kWh. Já o valor médio de geração de energia prevista diariamente para o mês de setembro de 2019 é de 1.382,33 kWh.

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento durante o mês de setembro de 2019 indicou que a produção foi de 39.565,11 kWh. Logo, ocorreu uma diferença negativa de 2.174,89 kWh em relação ao esperado, o que representa -4,59%.

Na Tabela 3, tem-se os valores de geração diária, previsão diária, irradiação diária e também o rendimento diário da usina para setembro/2019.

Tabela 3 – Dados de geração de setembro/2019.

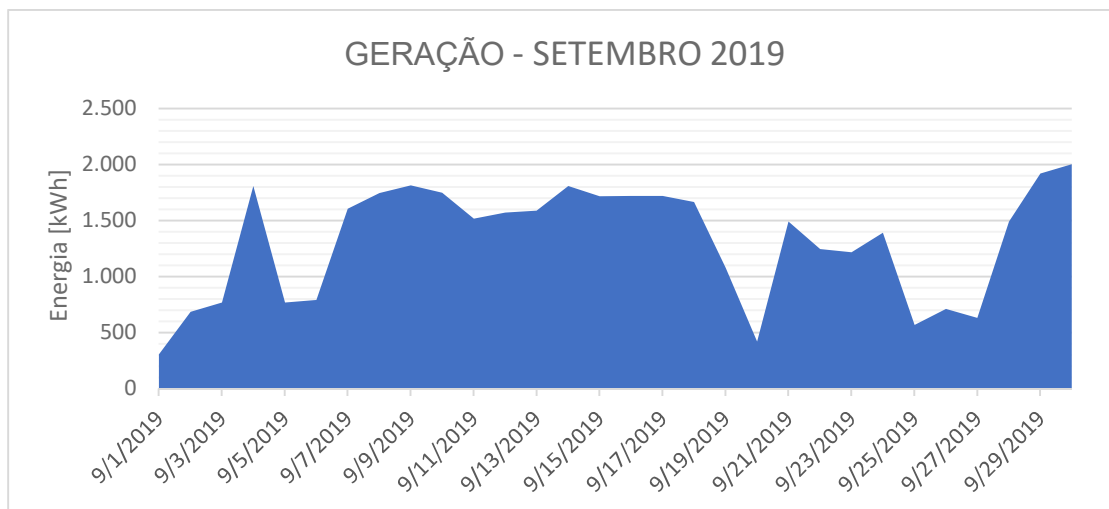
| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | RENDIMENTO DIÁRIO |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| 01/09/2019 | 306,25 | 1382,333 | 1,16 | 22,15% |
| 02/09/2019 | 687,54 | 1382,333 | 1,97 | 49,74% |
| 03/09/2019 | 770,72 | 1382,333 | 2,20 | 55,76% |
| 04/09/2019 | 1.811,22 | 1382,333 | 4,95 | 131,03% |
| 05/09/2019 | 770,15 | 1382,333 | 2,15 | 55,71% |
| 06/09/2019 | 791,94 | 1382,333 | 4,58 | 57,29% |
| 07/09/2019 | 1.606,44 | 1382,333 | 4,58 | 116,21% |
| 08/09/2019 | 1.747,41 | 1382,333 | 4,58 | 126,41% |
| 09/09/2019 | 1.817,22 | 1382,333 | 4,58 | 131,46% |
| 10/09/2019 | 1.749,28 | 1382,333 | 4,58 | 126,55% |
| 11/09/2019 | 1.517,97 | 1382,333 | 4,58 | 109,81% |
| 12/09/2019 | 1.573,75 | 1382,333 | 4,58 | 113,85% |
| 13/09/2019 | 1.589,04 | 1382,333 | 4,58 | 114,95% |
| 14/09/2019 | 1.809,47 | 1382,333 | 4,58 | 130,90% |
| 15/09/2019 | 1.719,15 | 1382,333 | 4,58 | 124,37% |
| 16/09/2019 | 1.721,56 | 1382,333 | 4,58 | 124,54% |
| 17/09/2019 | 1.721,41 | 1382,333 | 4,58 | 124,53% |
| 18/09/2019 | 1.667,41 | 1382,333 | 4,58 | 120,62% |
| 19/09/2019 | 1.078,72 | 1382,333 | 4,58 | 78,04% |
| 20/09/2019 | 420,96 | 1382,333 | 4,58 | 30,45% |
| 21/09/2019 | 1.493,33 | 1382,333 | 4,58 | 108,03% |
| 22/09/2019 | 1.246,95 | 1382,333 | 4,58 | 90,21% |
| 23/09/2019 | 1.219,51 | 1382,333 | 4,58 | 88,22% |
| 24/09/2019 | 1.392,62 | 1382,333 | 4,58 | 100,74% |
| 25/09/2019 | 570,28 | 1382,333 | 4,58 | 41,25% |
| 26/09/2019 | 713,48 | 1382,333 | 4,58 | 51,61% |
| 27/09/2019 | 631,46 | 1382,333 | 4,58 | 45,68% |
| 28/09/2019 | 1.494,09 | 1382,333 | 4,58 | 108,08% |
| 29/09/2019 | 1.921,94 | 1382,333 | 4,58 | 139,04% |
| 30/09/2019 | 2.003,84 | 1382,333 | 4,58 | 144,96% |
| TOTAL | 39.565,110 | 41.470,000 | 126,93 | 95,41% |

Fonte: Autor (2020).

Entre os dias 01 e 05, foi possível importar os dados de irradiação da plataforma, e nos demais dias, houve falha de comunicação da estação com o servidor, o que impossibilitou importar os resultados. Devido essa falha, foi utilizado os valores teóricos da irradiação, que é baseado na localização da usina, por meio do *site* do CRESESB.

Na Figura 19 pode-se verificar o gráfico mensal da geração de energia elétrica para o mês analisado.

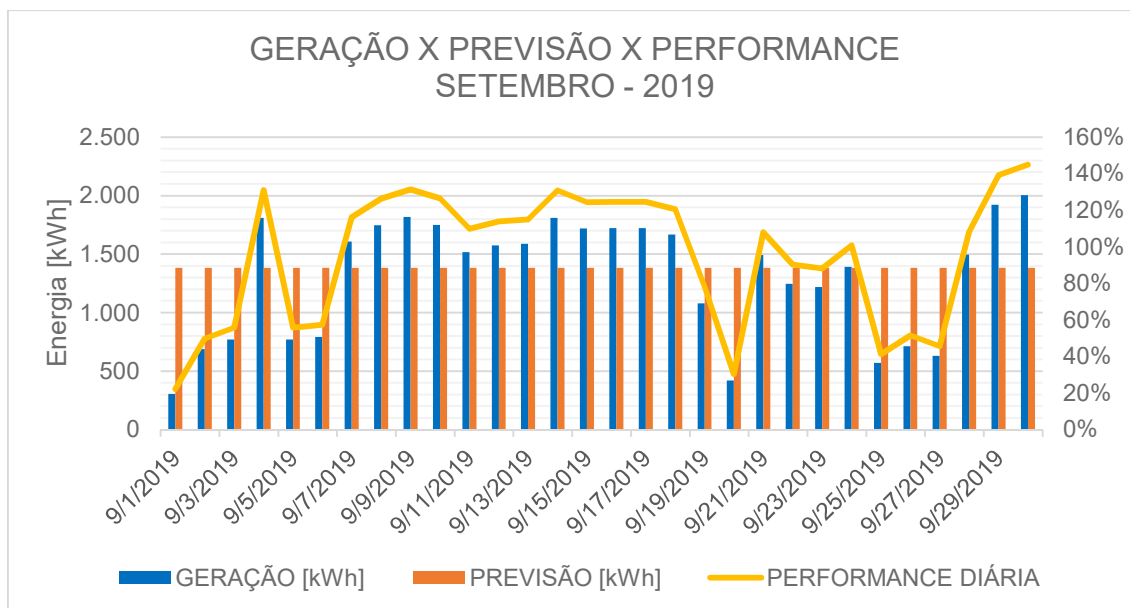
Figura 19 – Geração de energia em setembro/2019.



Fonte: Autor (2020).

Além do gráfico da geração de energia do mês em análise, também foi incluído no estudo o gráfico de geração diária, previsão diária e o desempenho diário. Na Figura 20 é possível verificar estes valores.

Figura 20 – Geração, previsão e desempenho diário em setembro/2019.



Fonte: Autor (2020).

5.1.2 Análise dos resultados

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema apresentou uma performance total em torno de 5% abaixo do previsto.

Durante o mês não houve falha de comunicação entre os inversores e o servidor do fabricante do inversor, e dessa forma, não ocorreu perda de dados da geração de energia. Por outro lado, a comunicação da estação solarimétrica ficou comprometida durante a maior parte do mês, de modo que foi necessário fazer o uso de valores teóricos de irradiação do local.

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos com as medições e valores importados da plataforma de monitoramento, e utilizando as equações apresentadas no Capítulo 4.

Tabela 4 – Resultados obtidos em setembro/2019.

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 39.565,11 | 41.470,00 |
| FC (%) | 13,74 | 14,40 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 98,91 | 103,68 |
| PR (%) | 77,93 | 81,68 |
| PRtb (%) | 95,41 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

No decorrer do mês foi acessado o *site* do INMET a fim de importar os dados pluviométricos, porém não havia informações referentes ao período solicitado no *site*. Dessa forma, não foram utilizados os dados de chuvas para a análise.

Como o sistema de comunicação da estação solarimétrica apresentou falhas durante o mês de setembro, não é possível determinar se a irradiação foi suficiente ou não para alterar o valor da produção de energia elétrica, pois foram utilizados valores médios (teóricos) para análise.

Também não foi possível determinar se na região da usina houve presença de nebulosidade ou precipitação, visto que a estação pluviométrica também não apresentou valores para esses parâmetros.

5.2 Outubro/2019

Ao analisar os dados apresentados na plataforma *on-line*, percebeu-se que uma VSN 800, que é responsável por transmitir os dados do inversor para a plataforma, estava com o funcionamento comprometido. Esta VSN não estava comunicando de forma correta e não registrava a geração de dois inversores, um modelo PVI 10.0 – OUT e outro TRIO 50.0/60.0 SN, ambos conectados à VSN. E assim, para o cálculo de previsão de geração de energia, foram desconsiderados esses dois inversores.

Com a exclusão desses inversores, adotou-se o equacionamento a seguir descrito para encontrar o valor da expectativa de geração para o mês de outubro. O inversor PVI 10.0 representa 3,077% da produção de energia; o inversor TRIO 50.0/60.0 SN representa 15,384% da produção. Inicialmente a

produção estimada para o mês de outubro era 45.810 kWh. Com a redução de 18,461%, a expectativa da produção diminuiu para 37.353 kWh. Logo, foi considerado o valor previsto de 37.353 kWh.

Como o problema foi diagnosticado apenas na comunicação, a forma correta de realizar a intervenção na usina era deslocando uma equipe para importar os dados de geração diretamente de cada inversor, para assim, ter os valores fidedignos à geração de energia elétrica no mês analisado.

Por meio dos parâmetros, PRtb, FC e *Yield*, é possível verificar a regularidade da geração dos inversores instalados. Os valores ficaram em 134,91 %, 16,933 % e 125,98 %, respectivamente

A Tabela 5 resume os resultados obtidos para o mês de outubro de 2019, levando em consideração o rearranjo da expectativa de geração de energia elétrica na usina fotovoltaica.

Tabela 5 – Resultados obtidos em outubro/2019.

| | Real | Previsto |
|----------------------------|-----------|----------|
| Energia Gerada (kWh) | 50.393,46 | 37.353 |
| FC (%) | 16,93 | 12,55 |
| <i>Yield</i> (kWh/kWp/mês) | 125,98 | 93,38 |
| PR (%) | 79,07 | 58,61 |
| PRtb (%) | 134,91 | 100 |

Fonte: Autor (2020).

5.3 Novembro/2019

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema apresentou uma performance total acima do esperado, com um valor de 110,372 %.

No mês em análise houve a falha de comunicação entre os inversores e o servidor do fabricante do inversor em apenas um dia e de forma momentânea. Dessa forma, não foi registrado a produção dessas horas. Mesmo não registrando no servidor, o sistema produziu normalmente e, caso o sistema tivesse registrado, a geração alcançaria a meta pré-estabelecida.

Os índices, PRtb, FC e *Yield*, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 110,372 %, 17,663 % e 127,18 kWh/kWp, que ficaram acima dos valores previstos.

A Tabela 6 resume os resultados obtidos para o mês de novembro de 2019.

Tabela 6 – Resultados obtidos em novembro/2019.

| | Real | Previsto |
|----------------------------|-----------|----------|
| Energia Gerada (kWh) | 50.870,37 | 46.090 |
| FC (%) | 17,66 | 16,00 |
| <i>Yield</i> (kWh/kWp/mês) | 127,18 | 115,23 |
| PR (%) | 89,77 | 81,33 |
| PRtb (%) | 110,37 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

5.4 Dezembro/2019

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema está apresentando uma performance total acima do esperado, com um valor de 140,696 %.

No mês em análise não houve falha de comunicação entre os inversores e o servidor do fabricante do inversor. Dessa forma, não foi registrado nenhuma perda de dados.

Os parâmetros PRtb, FC e *Yield*, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 140,696 %, 19,076 % e 141,93 kWh/kWp, indicando que ficaram acima dos valores previstos.

A Tabela 7 resume os resultados obtidos para o mês de dezembro de 2019.

Tabela 7 – Resultados obtidos em dezembro/2019.

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 56.770,88 | 40.350,00 |
| FC (%) | 19,08 | 13,56 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 141,93 | 100,88 |
| PR (%) | 93,09 | 66,16 |
| PRtb (%) | 140,70 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

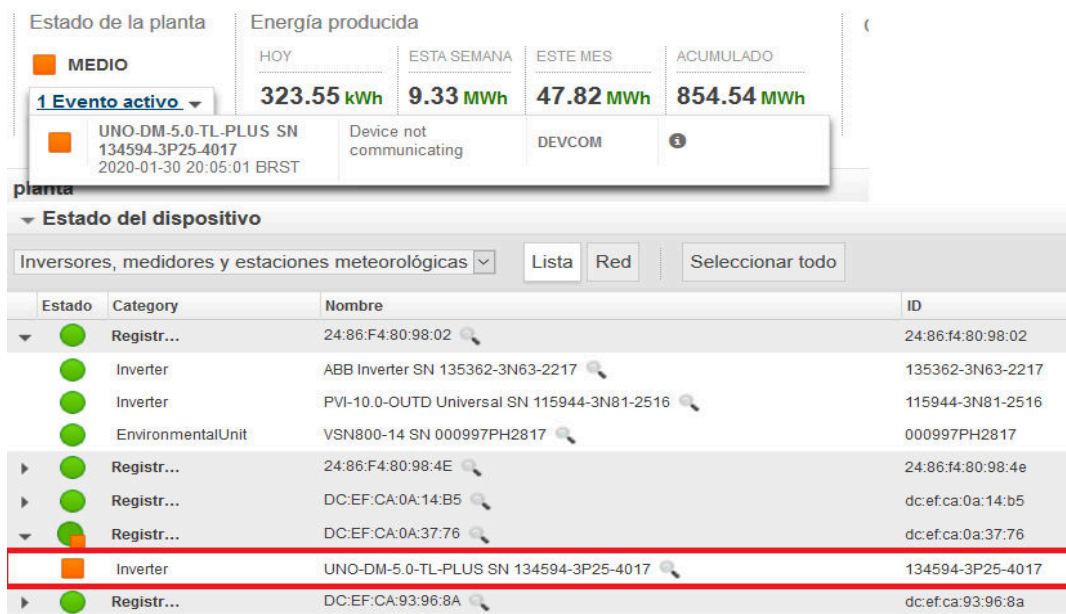
5.5 Janeiro/2020

No mês em análise houve ocorrência em dois inversores do sistema. O primeiro inversor é um ABB - DM 5.0, onde não foi registrada a produção desse entre os dias 30 e 31 de janeiro.

Em contato com a fabricante do inversor, a fim de verificar o ocorrido, a instrução foi realizar a atualização do *firmware* do aparelho remotamente, para que a conexão com a internet fosse restabelecida, visto que outros inversores ligados ao mesmo *datalogger* estavam funcionando corretamente.

No mesmo dia foi realizada a atualização e o inversor voltou a funcionar corretamente. Na Figura 21 é possível visualizar o inversor com erro e a data quando começou o erro.

Figura 21 – Mensagem de erro do inversor UNO - DM - 5.0.



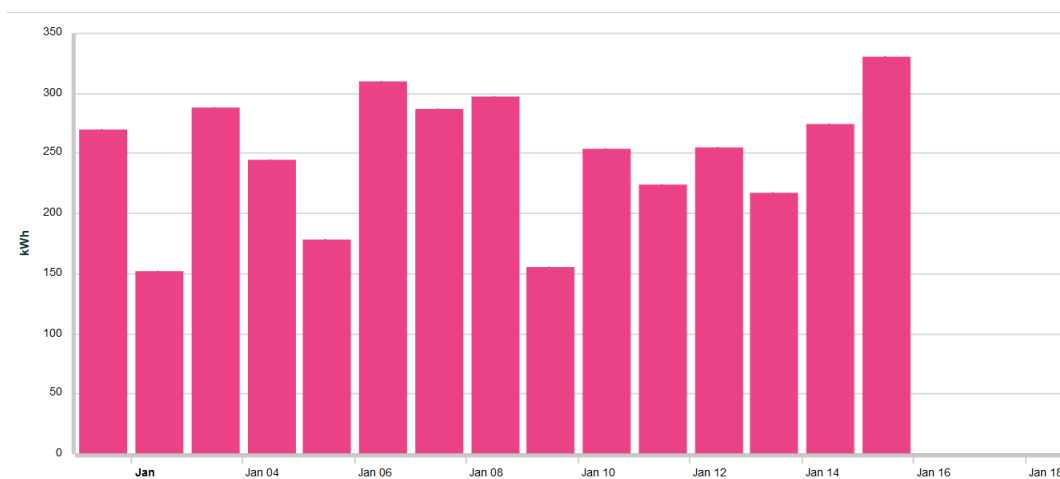
Fonte: Adaptado de ABB (2020).

O segundo inversor que ocorreu situação de erro foi um inversor modelo TRIO 50/60.

Em relação a este caso, em contato com a ABB, a instrução foi realizar a troca da bateria interna do inversor modelo CR2032 e também ajustar o *set clock* do aparelho. Após realizar as intervenções solicitadas, o inversor retornou a funcionar de forma correta.

Na Figura 22, é possível verificar pelo gráfico o dia em que parou de ser registrada a energia elétrica de saída do inversor em questão.

Figura 22 – Energia elétrica do inversor em janeiro/2020.



Fonte: Adaptado de ABB (2020).

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema apresentou uma performance acima do esperado em cerca de 3%.

Referente aos parâmetros PRtb, FC e *Yield*, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 102,792 %, 16,348 % e 121,63 kWh/kWp, que ficaram acima dos valores previstos, demonstrando que o sistema operou de forma satisfatória.

A Tabela 8 resume os resultados obtidos para o mês de dezembro de 2019.

Tabela 8 – Resultados obtidos em janeiro/2020.

| | Real | Previsto |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 48.651,63 | 47.330,00 |
| FC (%) | 16,35 | 15,90 |
| <i>Yield</i> (kWh/kWp/mês) | 121,63 | 118,33 |
| PR (%) | 82,97 | 80,72 |
| PRtb (%) | 102,79 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

5.6 Fevereiro/2020

No mês de fevereiro houve diversas intervenções na usina fotovoltaica a fim de realizar manutenções corretivas no local. Diante destas situações, entre os dias 21 e 29 de fevereiro, alguns inversores ficaram desligados, acarretando na diminuição da geração de energia elétrica.

Com os inversores desligados, houve também a necessidade de diminuir a projeção de energia elétrica para o mês analisado. Com isto, o valor de geração de energia elétrica prevista para fevereiro foi de 33.027,9 kWh, e produção real atingiu 31.606,69 kWh, totalizando uma performance total de 95,7%.

A Tabela 9 resume os valores obtidos para fevereiro de 2020.

Tabela 9 – Resultados obtidos em fevereiro/2020.

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 31.606,69 | 33.027,90 |
| FC (%) | 11,35 | 11,86 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 79,02 | 82,57 |
| PR (%) | 64,73 | 67,64 |
| PRtb (%) | 95,70 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

5.7 Março/2020

No decorrer do mês de março houve diversas ocorrências com os inversores e com a placa de comunicação VSN, de modo que os inversores não se comunicaram com o sistema da ABB. Diante disso, entre os dias 01 e 29 de março foi feita a estimativa de geração de energia de forma proporcional. Após esse período, todos os inversores da usina voltaram a se comunicar com o sistema remoto da ABB.

A geração mensal prevista obtida por meio da plataforma de monitoramento foi de 14.692,036 kWh. Já o valor real da produção de energia, que foi verificada *in loco* através das informações dos inversores, sendo essa atividade realizada por uma equipe técnica da ENGIE, totalizou 15.594,34 kWh, resultando para o mês em análise uma performance de 6% acima do esperado.

Referente aos parâmetros PRtb, FC e *Yield*, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 106,41 %, 5,24 % e 38,99 kWh/kWp. Esses índices ficaram acima dos valores previstos, demonstrando que o sistema funcionou corretamente, mesmo com o problema de comunicação.

A Tabela 10 resume os resultados obtidos para o mês de março de 2020.

Tabela 10 – Resultados obtidos em março/2020

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 15.594,34 | 14.692,04 |
| FC (%) | 5,24 | 4,94 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 38,99 | 36,73 |
| PR (%) | 23,43 | 22,07 |
| PRtb (%) | 106,14% | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

5.8 Abril/2020

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema apresentou uma performance em torno de 10 % acima do esperado.

Referente aos parâmetros PRtb, FC e Yield, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 110,25 %, 15,879 % e 114,33 kWh/kWp, que ficaram acima dos valores previstos, demonstrando que o sistema funcionou perfeitamente.

A Tabela 11 resume os resultados obtidos para o mês de abril de 2020.

Tabela 11 – Resultados obtidos em abril/2020.

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 45.731,86 | 41.480,00 |
| FC (%) | 15,88 | 14,40 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 114,33 | 103,7 |
| PR (%) | 82,83 | 75,13 |
| PRtb (%) | 110,25 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

5.9 Maio/2020

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema está apresentou uma performance em torno de 3 % abaixo do esperado.

Verificando os índices pluviométricos e os índices de irradiação, concluiu-se que no mês de maio houve poucos dias com chuvas e também que a irradiação estava baixa em alguns dias, o que interferiu na produção de energia.

Referente aos parâmetros, PRtb, FC e Yield, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 97,123 %, 13,554 % e 100,84 kWh/kWp.

A Tabela 12 resume os resultados obtidos para o mês de maio de 2020.

Tabela 12 – Resultados obtidos em maio/2020.

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 40.335,25 | 41.530,00 |
| FC (%) | 13,55 | 13,96 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 100,84 | 103,83 |
| PR (%) | 90,86 | 93,55 |
| PRtb (%) | 97,12 | 100,00 |

Fonte: Autor (2020).

5.10 Junho/2020

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema apresentou uma performance total ligeiramente acima do esperado, aproximadamente 0,5%.

Referente aos parâmetros, PRtb, FC e *Yield*, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 100,48%, 13,8 % e 92,73 kWh/kWp, que ficaram acima dos valores previstos, demonstrando que o sistema funcionou perfeitamente.

A Tabela 13 resume os resultados obtidos para o mês de junho de 2020.

Tabela 13 – Resultados obtidos em junho/2020.

| | Real | Previsto |
|----------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 37.093,16 | 36.913,33 |
| FC (%) | 109,51 | 108,98 |
| Yield (kWh/kWp/mês) | 13,80 | 13,73 |
| PR (%) | 100,49 | 100,00 |
| PRtb (%) | 92,73 | 92,28 |

Fonte: Autor (2020).

5.11 Julho/2020

Os dados obtidos por meio da plataforma de monitoramento para o período analisado indicam que o sistema apresentou uma performance total em

torno de 28 % acima do esperado, indicando que a usina apresentou um ótimo funcionamento.

Referente aos parâmetros PRtb, FC e *Yield*, tiveram os seguintes valores mensais, respectivamente: 128,069 %, 16,676 % e 124,07 kWh/kWp, que ficaram acima dos valores previstos, demonstrando que o sistema funcionou perfeitamente.

A Tabela 14 resume os resultados obtidos para o mês de julho de 2020.

Tabela 14 – Resultados obtidos em julho/2020.

| | Real | Previsto |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Energia Gerada (kWh) | 49.626,89 | 38.750,00 |
| FC (%) | 16,68 | 13,02 |
| <i>Yield</i> (kWh/kWp/mês) | 124,07 | 96,88 |
| PR (%) | 79,31 | 61,93 |
| PRtb (%) | 128,07 | 100,00 |

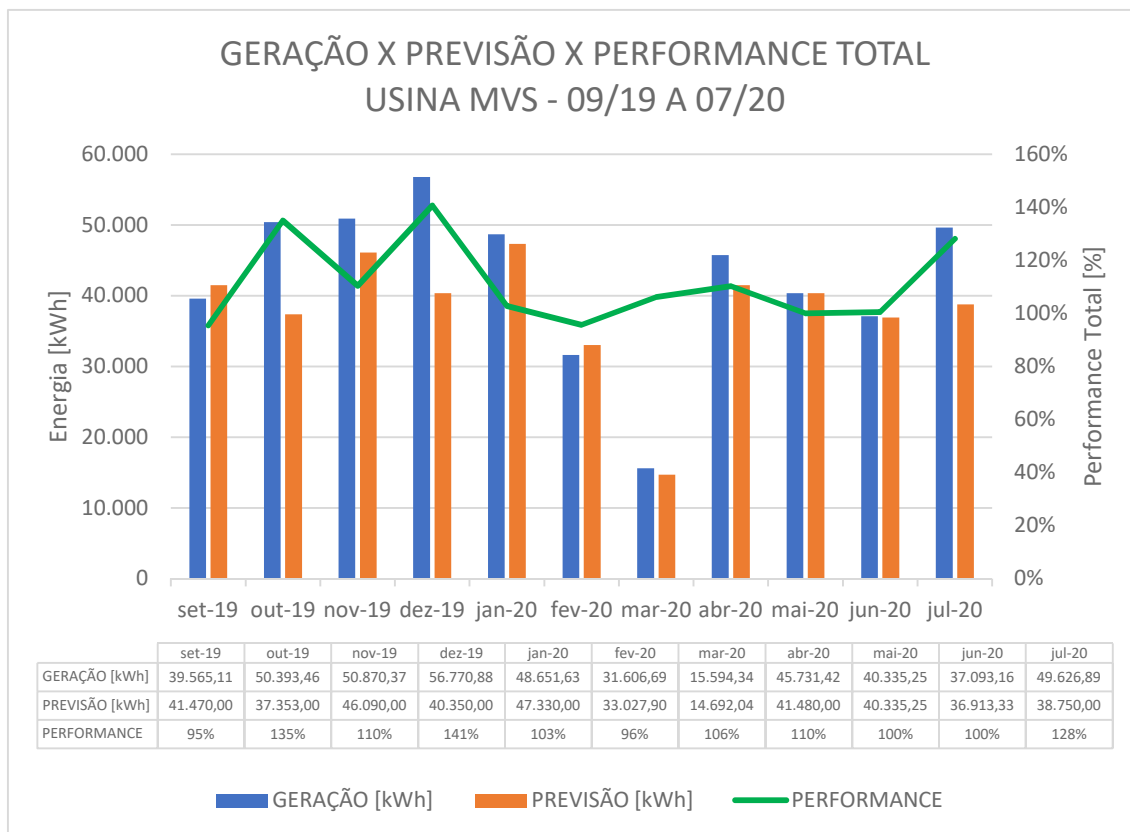
Fonte: Autor (2020).

5.12 Dados compilados ao final do período

Ao final do período total de análise fez-se um compilado dos valores de energia gerada e também energia prevista. Dessa forma, pôde-se verificar a performance total da usina de forma global.

Na Figura 23, tem-se o gráfico da geração e previsão para o período total analisado.

Figura 23 – Geração, previsão e performance do período analisado.



Fonte: Autor (2020).

Considerando todos os meses analisados, o valor total da geração foi de 466.239,20 kWh, para uma geração de estimada de 417.791,52 kWh, o que indica uma performance total de 112 % para os 11 meses de análise e estudo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realizar o estudo durante o período entre setembro de 2019 e julho de 2020 foi possível verificar que os índices e parâmetros referentes ao funcionamento da usina foram satisfatórios. Apesar de que em alguns meses os índices ficaram abaixo do esperado, o valor da performance total, que alcançou 112 %, superou de forma positiva as expectativas tanto da ENGIE quanto do cliente.

Outro ponto que deve ser levado em consideração na análise é a limpeza dos módulos. O recomendado é que os módulos sejam limpos entre 2 a 3 vezes no período de 12 meses. No entanto, a planta fotovoltaica estudada não teve intervenção de limpeza durante os meses analisados. A limpeza desta usina foi realizada em agosto de 2019 e a próxima limpeza estava programada para agosto de 2020.

Também é importante destacar que em um sistema fotovoltaico onde há necessidade de monitoramento constante, é necessário ter um sistema de internet confiável e estável, para que não ocorra perda de dados e comunicação. Na Usina VMS há apenas um *modem* fazendo a comunicação da operadora de internet com o *datalogger* e caso este *modem* esteja inoperante ou tenha perda do sinal da internet não haverá comunicação remota de dados via plataforma de monitoramento.

Para os futuros trabalhos e análise de outras usinas de grande porte, sugere-se que haja uma equipe específica de O&M próxima ao local se houver a necessidade de uma rápida intervenção na planta fotovoltaica.

Em relação à importação de dados também é sugere-se a implantação de um sistema automatizado para ganhar tempo e velocidade na aquisição de dados, como por exemplo, utilizar uma macro desenvolvida no Excel, um programa desenvolvido em linguagem C ou em Matlab. Dentre as possibilidades que foram discutidas junto ao fabricante do inversor, a utilização de uma API foi uma das opções, contudo, a demora da resposta da ABB impossibilitou a utilização dessa inovação para o presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ABB. **3N81990FS00A**. 2020. Disponível em: <https://new.abb.com/products/6AGC003523/pvi-10-0-tl-outd-fs-inverter>. Acesso em: 10 ago 2020.

ABB. **3P259901000A**. 2020. Disponível em: <https://new.abb.com/products/6AGC063456/uno-dm-5-0-tl-plus-sb-inverter>. Acesso em: 10 ago 2020.

ABB. **ABB monitoring and communications. VSN800 Weather Station**. 2017. Disponível em: https://library.e.abb.com/public/62ef065e9c9b450c8ab1a2a109216b0c/VSN800%20WEATHER%20STATION_BCD.00392_EN_RevG.pdf. Acesso em: 17 fev 2020.

ABB. **TRIO-TM-50.0/60.0**. 2020. Disponível em: <https://new.abb.com/power-converters-inverters/solar-old/string/three-phase/trio-tm-50-0kw-60-0kw>. Acesso em: 10 ago 2020.

BICALHO, M.S.; ARAUJO, T.P.; CARDOSO, R.D. ANÁLISE DE DESEMPENHO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – *CAMPUS ITABIRA*. **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, 2018. v. 7, n. 1, p. 95-105. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/wp/>. Acesso em: 12 set. 2020.

BRASIL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº. 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais de acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Biblioteca Virtual. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 15 jun 2020.

BRASIL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº. 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Biblioteca Virtual. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 15 jun 2020.

BRASIL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº. 786, de 17 de outubro de 2017**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Biblioteca Virtual. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017786.pdf>. Acesso em: 15 jun 2020.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESEB, 2014.

CLIMATE-DATE.ORG. **Araçoiaba da Serra Clima (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/aracoiaba-da-serra-34788/> Acesso em: 26 mai 2020.

DI SOUZA.; Ronilson. **OS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. Livro digital de introdução aos sistemas solares. Ribeirão Preto: BlueSol Energia Solar, 2016.

DOLLA, R.; CHAVES, A. C.; PINTO, G. X. A; NASPOLINI, H. F.; RUTHER, R. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA E DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO AO ANTEPROJETO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE FLORIANÓPOLIS. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018, Gramado. **Anais** [...] Gramado: CBENS, 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens>. Acesso em: 15 set 2020.

Electric Power Research Institute. **BUDGETING FOR SOLAR PV PLANT OPERATIONS & MAINTENANCE: PRACTICES AND PRICING**, Palo Alto, Califórnia, USA: Electric Power Research Institute, 2015.

INTELBRAS. **CONTROLADOR DE CARGA PWM OFF GRID** [2019]. 1 fotografia, color. Disponível em: https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2019-10/FlyerDigital_ECP-1024_03_CAPA_0.jpg Acesso em: 09 jul 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acesso em: 12 ago 2020.

NARIMATU, B.R.S.; CRIBARI, F.S.; GUIMARÃES, W.T. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO COMERCIAL DE 14,56 kWp NO MUNICÍPIO DE SERRA. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018, Gramado. **Anais** [...] Gramado: CBENS, 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens>. Acesso em: 15 set 2020.

NETO, Francisco A. **Análise do efeito das variáveis radiação solar e temperatura ambiente no dimensionamento de um sistema fotovoltaico off-grid**. 2017. 131 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica – Telemática) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

SMA. **Informações técnica. Performance ratio – fator de qualidade para sistema fotovoltaico**. 2011. Disponível em: <https://files.sma.de/downloads/Perfratio-TI-pt-11.pdf> Acesso em: 22 set 2020.

SOLAR POWER. **Solar Power Europe's Operation and Maintenance (O&M) Best Practices Guidelines**. Bruxelas, Bélgica: SOLAR POWER EUROPE, 2018.

URBANETZ JR, J.; JUNIOR C. F. E.; Sistema Fotovoltaico Conectado à rede elétrica do Escritório Verde da UTFPR. 10 f. In: VIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - Energia para o século XXI: Sociedade e Desenvolvimento, 2012, Curitiba. **Anais** [...] Curitiba, 2012.

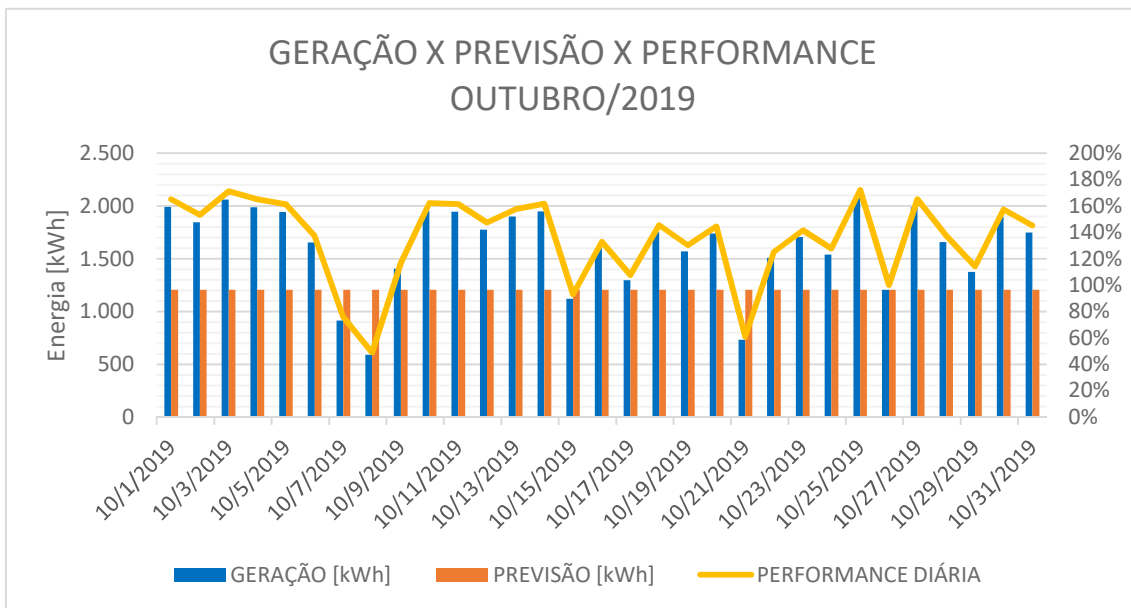
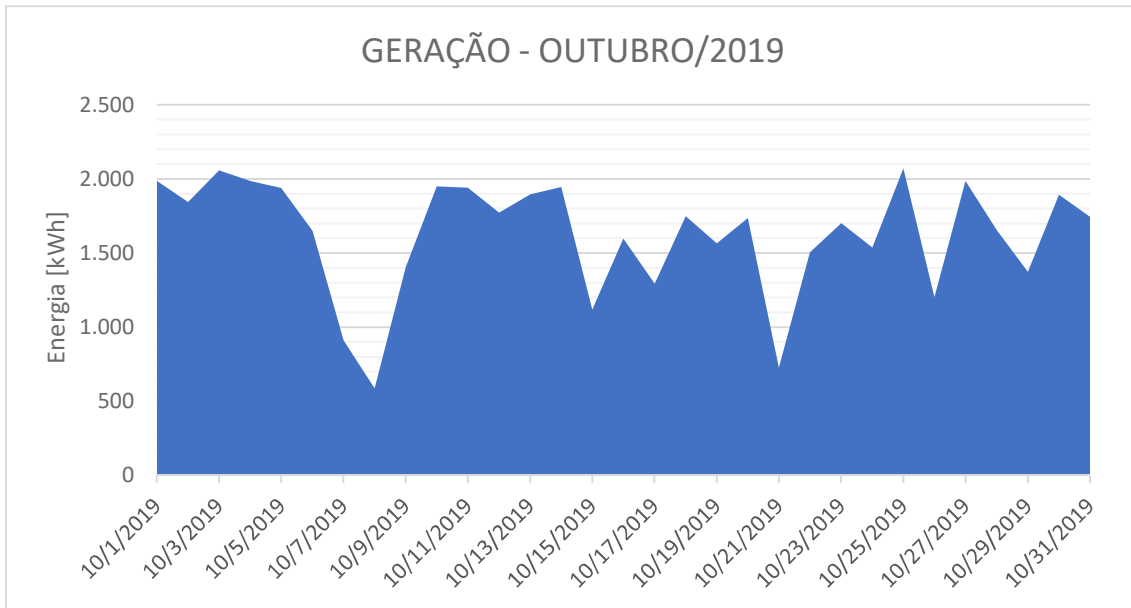
VERISSÍMO, P. H. **AVALIAÇÃO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA COMPARANDO DIFERENTES TOPOLOGIAS DE SISTEMAS DE FIXAÇÃO UTILIZANDO DUAS DIFERENTES TECNOLOGIAS FV**. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

APÊNDICES

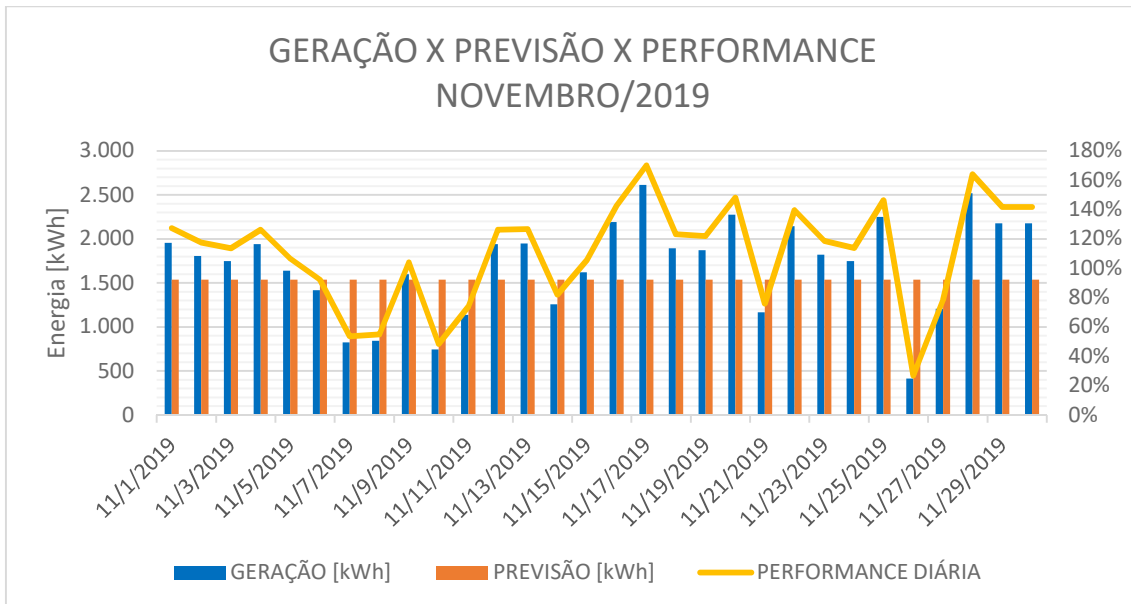
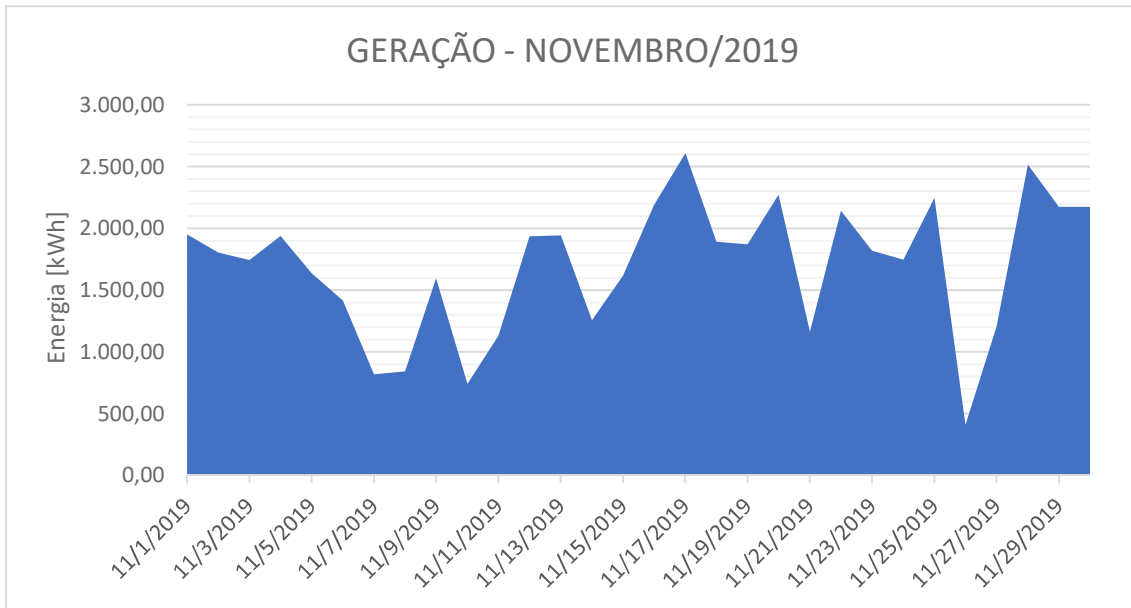
APÊNDICE A – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE OUTUBRO/2019.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 01/10/2019 | 1.988,10 | 1204,935 | 5,14 | 165,00% |
| 02/10/2019 | 1.845,20 | 1204,935 | 5,14 | 153,14% |
| 03/10/2019 | 2.060,12 | 1204,935 | 5,14 | 170,97% |
| 04/10/2019 | 1.987,75 | 1204,935 | 5,14 | 164,97% |
| 05/10/2019 | 1.940,34 | 1204,935 | 5,14 | 161,03% |
| 06/10/2019 | 1.652,00 | 1204,935 | 5,14 | 137,10% |
| 07/10/2019 | 912,85 | 1204,935 | 5,14 | 75,76% |
| 08/10/2019 | 589,93 | 1204,935 | 5,14 | 48,96% |
| 09/10/2019 | 1.406,28 | 1204,935 | 5,14 | 116,71% |
| 10/10/2019 | 1.951,86 | 1204,935 | 5,14 | 161,99% |
| 11/10/2019 | 1.943,99 | 1204,935 | 5,14 | 161,34% |
| 12/10/2019 | 1.773,74 | 1204,935 | 5,14 | 147,21% |
| 13/10/2019 | 1.898,44 | 1204,935 | 5,14 | 157,56% |
| 14/10/2019 | 1.947,95 | 1204,935 | 5,14 | 161,66% |
| 15/10/2019 | 1.121,20 | 1204,935 | 5,14 | 93,05% |
| 16/10/2019 | 1.600,09 | 1204,935 | 5,14 | 132,79% |
| 17/10/2019 | 1.295,27 | 1204,935 | 5,14 | 107,50% |
| 18/10/2019 | 1.750,97 | 1204,935 | 5,14 | 145,32% |
| 19/10/2019 | 1.567,52 | 1204,935 | 5,14 | 130,09% |
| 20/10/2019 | 1.738,64 | 1204,935 | 5,14 | 144,29% |
| 21/10/2019 | 731,07 | 1204,935 | 5,14 | 60,67% |
| 22/10/2019 | 1.508,05 | 1204,935 | 5,14 | 125,16% |
| 23/10/2019 | 1.703,56 | 1204,935 | 5,14 | 141,38% |
| 24/10/2019 | 1.539,44 | 1204,935 | 5,14 | 127,76% |
| 25/10/2019 | 2.071,94 | 1204,935 | 5,14 | 171,95% |
| 26/10/2019 | 1.204,94 | 1204,935 | 5,14 | 100,00% |
| 27/10/2019 | 1.987,84 | 1204,935 | 5,14 | 164,97% |
| 28/10/2019 | 1.655,77 | 1204,935 | 5,14 | 137,42% |
| 29/10/2019 | 1.375,66 | 1204,935 | 5,14 | 114,17% |
| 30/10/2019 | 1.895,81 | 1204,935 | 5,14 | 157,34% |
| 31/10/2019 | 1.747,14 | 1204,935 | 5,14 | 145,00% |
| TOTAL | 50.393,455 | 37.353,000 | 159,34 | 134,91% |



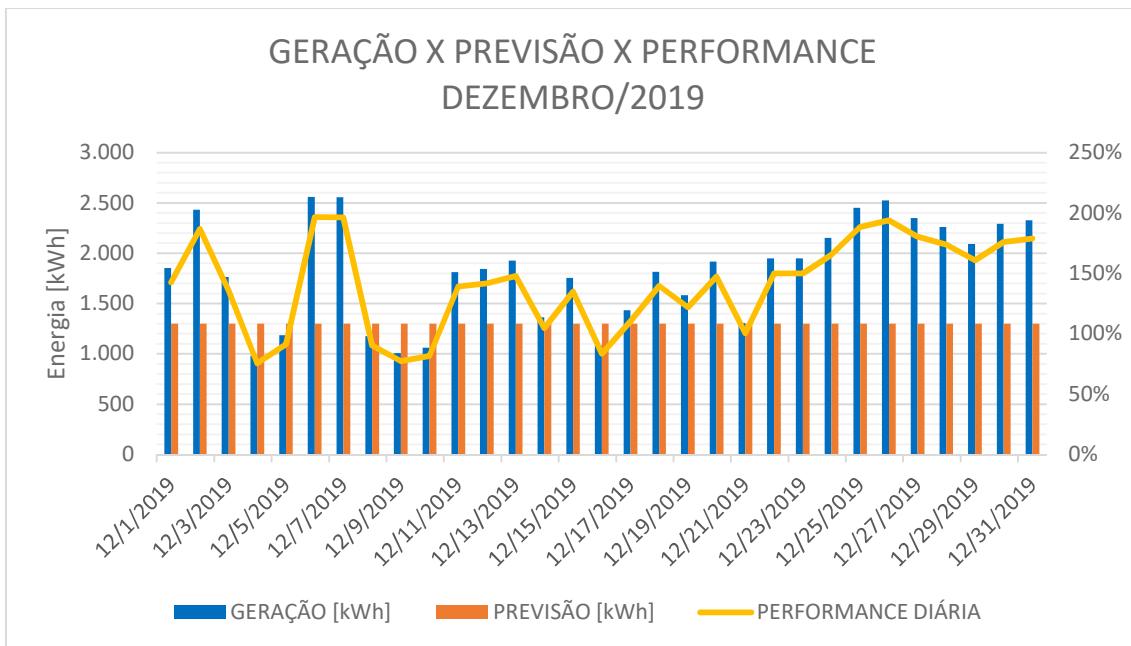
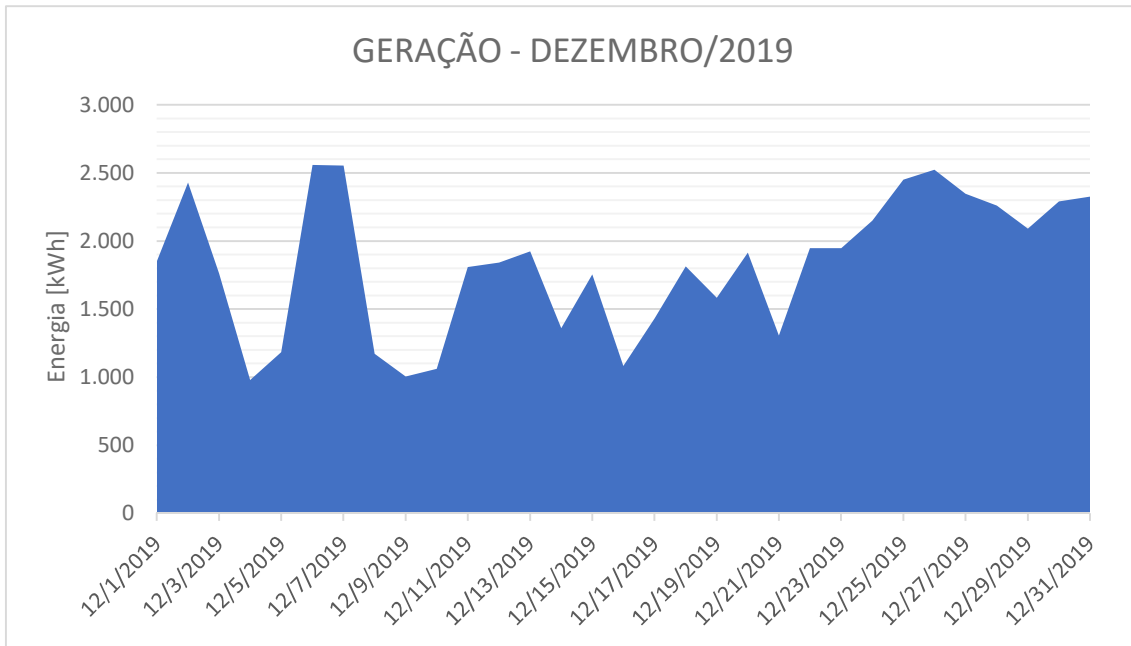
APÊNDICE B – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE NOVEMBRO/2019.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANC E DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|
| 01/11/2019 | 1.954,70 | 1536,333 | 4,58 | 127,23% |
| 02/11/2019 | 1.806,03 | 1536,333 | 4,58 | 117,55% |
| 03/11/2019 | 1.746,28 | 1536,333 | 4,58 | 113,67% |
| 04/11/2019 | 1.940,74 | 1536,333 | 4,58 | 126,32% |
| 05/11/2019 | 1.639,10 | 1536,333 | 4,58 | 106,69% |
| 06/11/2019 | 1.416,13 | 1536,333 | 4,58 | 92,18% |
| 07/11/2019 | 822,59 | 1536,333 | 2,51 | 53,54% |
| 08/11/2019 | 843,83 | 1536,333 | 1,57 | 54,92% |
| 09/11/2019 | 1.597,73 | 1536,333 | 4,49 | 104,00% |
| 10/11/2019 | 744,01 | 1536,333 | 1,89 | 48,43% |
| 11/11/2019 | 1.135,13 | 1536,333 | 2,88 | 73,89% |
| 12/11/2019 | 1.938,78 | 1536,333 | 5,53 | 126,20% |
| 13/11/2019 | 1.946,80 | 1536,333 | 5,60 | 126,72% |
| 14/11/2019 | 1.258,23 | 1536,333 | 3,18 | 81,90% |
| 15/11/2019 | 1.619,64 | 1536,333 | 4,38 | 105,42% |
| 16/11/2019 | 2.190,66 | 1536,333 | 6,46 | 142,59% |
| 17/11/2019 | 2.611,44 | 1536,333 | 7,54 | 169,98% |
| 18/11/2019 | 1.892,94 | 1536,333 | 5,22 | 123,21% |
| 19/11/2019 | 1.872,89 | 1536,333 | 5,28 | 121,91% |
| 20/11/2019 | 2.274,53 | 1536,333 | 6,63 | 148,05% |
| 21/11/2019 | 1.166,12 | 1536,333 | 3,74 | 75,90% |
| 22/11/2019 | 2.144,20 | 1536,333 | 6,35 | 139,57% |
| 23/11/2019 | 1.821,44 | 1536,333 | 5,51 | 118,56% |
| 24/11/2019 | 1.748,97 | 1536,333 | 4,41 | 113,84% |
| 25/11/2019 | 2.249,25 | 1536,333 | 6,22 | 146,40% |
| 26/11/2019 | 412,44 | 1536,333 | 6,63 | 26,85% |
| 27/11/2019 | 1.206,36 | 1536,333 | 1,03 | 78,52% |
| 28/11/2019 | 2.517,73 | 1536,333 | 3,03 | 163,88% |
| 29/11/2019 | 2.175,84 | 1536,333 | 7,55 | 141,63% |
| 30/11/2019 | 2.175,84 | 1536,333 | 6,56 | 141,63% |
| TOTAL | 50.870,370 | 46.090,000 | 141,67 | 110,37% |



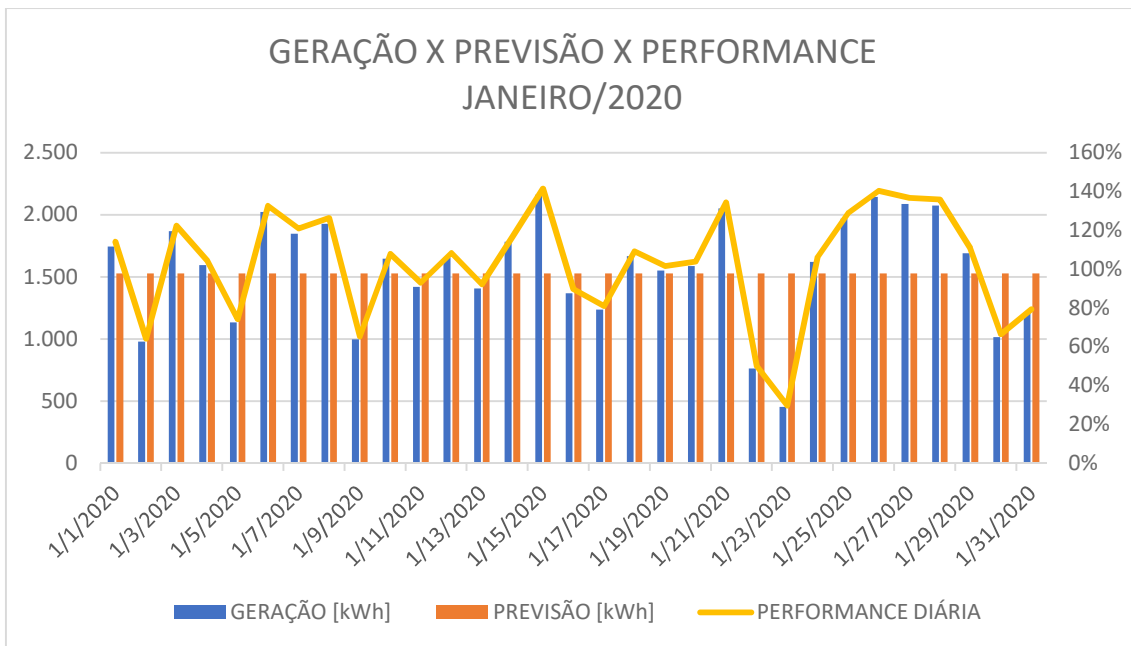
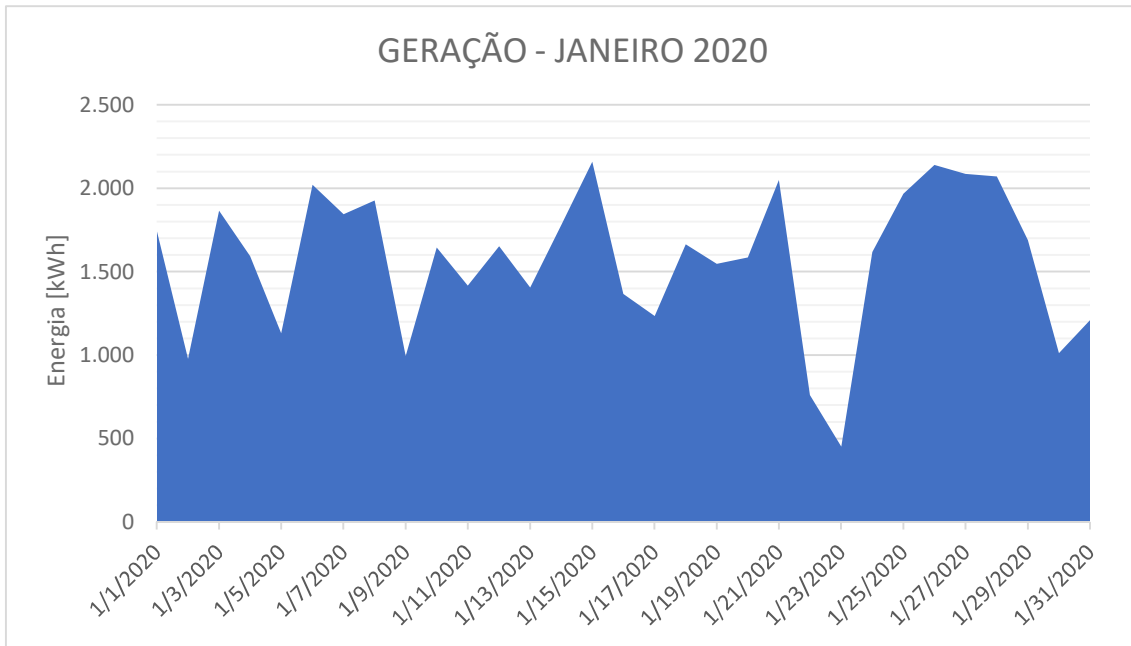
APÊNDICE C – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE DEZEMBRO/2019.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/12/2019 | 1.854,66 | 1301,613 | 4,31 | 142,49% |
| 02/12/2019 | 2.431,27 | 1301,613 | 4,20 | 186,79% |
| 03/12/2019 | 1.764,18 | 1301,613 | 5,90 | 135,54% |
| 04/12/2019 | 981,13 | 1301,613 | 4,26 | 75,38% |
| 05/12/2019 | 1.184,43 | 1301,613 | 2,25 | 91,00% |
| 06/12/2019 | 2.559,66 | 1301,613 | 2,89 | 196,65% |
| 07/12/2019 | 2.554,86 | 1301,613 | 7,25 | 196,28% |
| 08/12/2019 | 1.174,67 | 1301,613 | 7,26 | 90,25% |
| 09/12/2019 | 1.007,61 | 1301,613 | 2,95 | 77,41% |
| 10/12/2019 | 1.062,90 | 1301,613 | 2,47 | 81,66% |
| 11/12/2019 | 1.810,68 | 1301,613 | 2,71 | 139,11% |
| 12/12/2019 | 1.844,63 | 1301,613 | 4,97 | 141,72% |
| 13/12/2019 | 1.925,82 | 1301,613 | 5,07 | 147,96% |
| 14/12/2019 | 1.362,56 | 1301,613 | 5,30 | 104,68% |
| 15/12/2019 | 1.756,06 | 1301,613 | 3,45 | 134,91% |
| 16/12/2019 | 1.084,96 | 1301,613 | 4,62 | 83,36% |
| 17/12/2019 | 1.435,16 | 1301,613 | 2,73 | 110,26% |
| 18/12/2019 | 1.816,42 | 1301,613 | 3,51 | 139,55% |
| 19/12/2019 | 1.584,60 | 1301,613 | 4,72 | 121,74% |
| 20/12/2019 | 1.916,08 | 1301,613 | 4,33 | 147,21% |
| 21/12/2019 | 1.307,21 | 1301,613 | 5,07 | 100,43% |
| 22/12/2019 | 1.950,32 | 1301,613 | 3,29 | 149,84% |
| 23/12/2019 | 1.950,32 | 1301,613 | 5,42 | 149,84% |
| 24/12/2019 | 2.151,50 | 1301,613 | 6,18 | 165,29% |
| 25/12/2019 | 2.451,66 | 1301,613 | 7,29 | 188,36% |
| 26/12/2019 | 2.524,95 | 1301,613 | 7,33 | 193,99% |
| 27/12/2019 | 2.349,24 | 1301,613 | 6,57 | 180,49% |
| 28/12/2019 | 2.261,60 | 1301,613 | 6,69 | 173,75% |
| 29/12/2019 | 2.092,91 | 1301,613 | 6,08 | 160,79% |
| 30/12/2019 | 2.291,33 | 1301,613 | 6,72 | 176,04% |
| 31/12/2019 | 2.327,50 | 1301,613 | 6,68 | 178,82% |
| TOTAL | 56.770,880 | 40.350,000 | 152,47 | 140,70% |



APÊNDICE D – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE JANEIRO/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/01/2020 | 1742,63 | 1526,774 | 5,11 | 114,14% |
| 02/01/2020 | 977,87 | 1526,774 | 2,50 | 64,05% |
| 03/01/2020 | 1867,28 | 1526,774 | 4,80 | 122,30% |
| 04/01/2020 | 1594,17 | 1526,774 | 4,27 | 104,41% |
| 05/01/2020 | 1132,36 | 1526,774 | 2,85 | 74,17% |
| 06/01/2020 | 2022,84 | 1526,774 | 5,74 | 132,49% |
| 07/01/2020 | 1845,70 | 1526,774 | 5,25 | 120,89% |
| 08/01/2020 | 1927,49 | 1526,774 | 5,15 | 126,25% |
| 09/01/2020 | 996,18 | 1526,774 | 2,61 | 65,25% |
| 10/01/2020 | 1645,91 | 1526,774 | 4,32 | 107,80% |
| 11/01/2020 | 1418,13 | 1526,774 | 3,77 | 92,88% |
| 12/01/2020 | 1654,45 | 1526,774 | 4,43 | 108,36% |
| 13/01/2020 | 1405,85 | 1526,774 | 3,61 | 92,08% |
| 14/01/2020 | 1781,52 | 1526,774 | 4,79 | 116,69% |
| 15/01/2020 | 2160,53 | 1526,774 | 6,35 | 141,51% |
| 16/01/2020 | 1367,92 | 1526,774 | 4,54 | 89,60% |
| 17/01/2020 | 1235,79 | 1526,774 | 3,66 | 80,94% |
| 18/01/2020 | 1666,33 | 1526,774 | 5,11 | 109,14% |
| 19/01/2020 | 1549,31 | 1526,774 | 4,95 | 101,48% |
| 20/01/2020 | 1586,03 | 1526,774 | 5,25 | 103,88% |
| 21/01/2020 | 2051,32 | 1526,774 | 6,95 | 134,36% |
| 22/01/2020 | 762,83 | 1526,774 | 2,27 | 49,96% |
| 23/01/2020 | 453,71 | 1526,774 | 1,33 | 29,72% |
| 24/01/2020 | 1620,12 | 1526,774 | 5,25 | 106,11% |
| 25/01/2020 | 1968,53 | 1526,774 | 7,02 | 128,93% |
| 26/01/2020 | 2142,02 | 1526,774 | 7,38 | 140,30% |
| 27/01/2020 | 2087,00 | 1526,774 | 7,18 | 136,69% |
| 28/01/2020 | 2072,85 | 1526,774 | 7,09 | 135,77% |
| 29/01/2020 | 1690,61 | 1526,774 | 5,76 | 110,73% |
| 30/01/2020 | 1013,90 | 1526,774 | 3,55 | 66,41% |
| 31/01/2020 | 1.210,45 | 1526,774 | 3,75 | 79,28% |
| TOTAL | 48.651,630 | 47.330,000 | 146,59 | 102,79% |

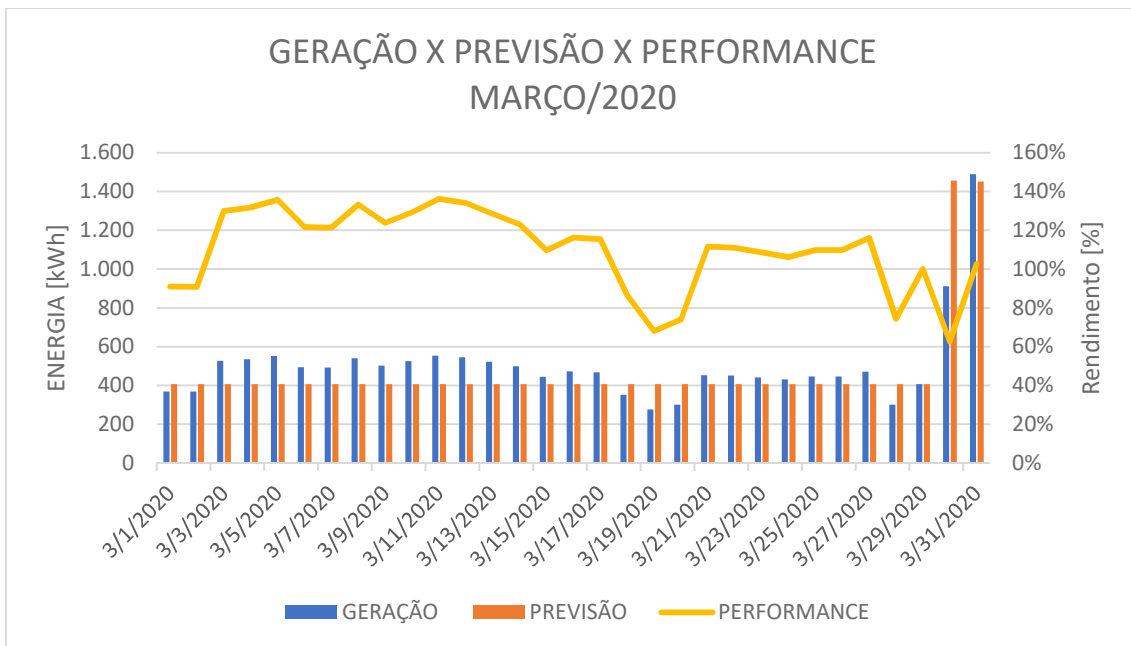
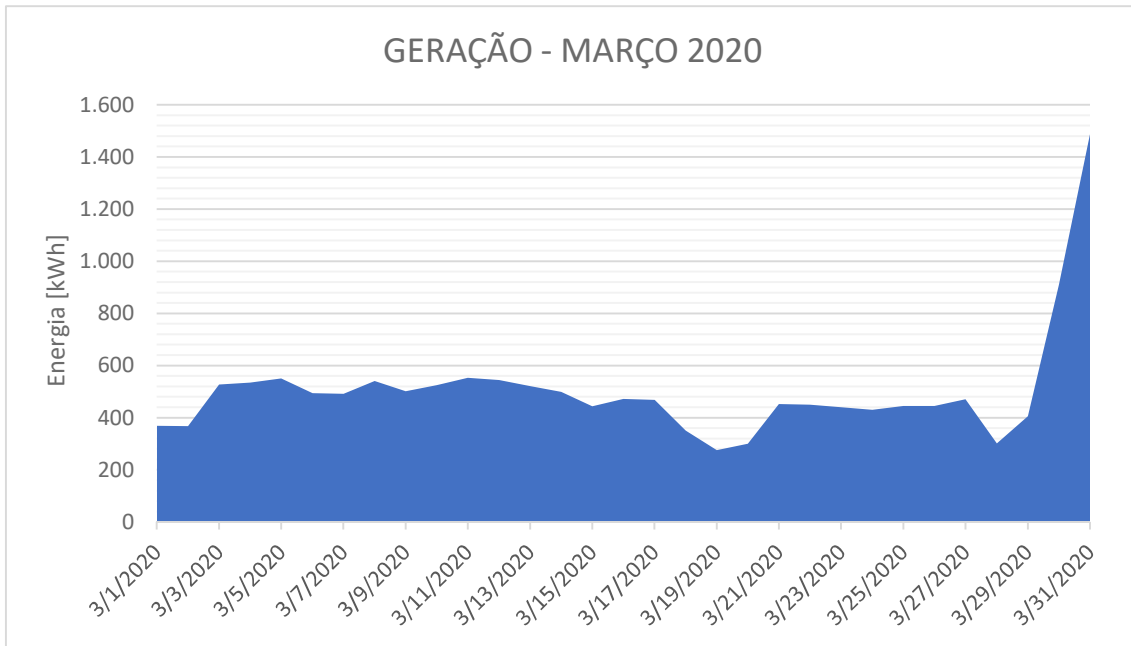


APÊNDICE E – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE FEVEREIRO/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/02/2020 | 910,57 | 1515,000 | 2,90 | 60,10% |
| 02/02/2020 | 778,48 | 1515,000 | 2,39 | 51,38% |
| 03/02/2020 | 1010,67 | 1515,000 | 3,09 | 66,71% |
| 04/02/2020 | 1260,51 | 1515,000 | 3,80 | 83,20% |
| 05/02/2020 | 1304,96 | 1515,000 | 4,06 | 86,14% |
| 06/02/2020 | 1397,15 | 1515,000 | 4,59 | 92,22% |
| 07/02/2020 | 1057,81 | 1515,000 | 3,21 | 69,82% |
| 08/02/2020 | 1713,92 | 1515,000 | 5,80 | 113,13% |
| 09/02/2020 | 1442,52 | 1515,000 | 4,80 | 95,22% |
| 10/02/2020 | 737,63 | 1515,000 | 2,11 | 48,69% |
| 11/02/2020 | 1188,33 | 1515,000 | 3,59 | 78,44% |
| 12/02/2020 | 1155,26 | 1515,000 | 3,44 | 76,25% |
| 13/02/2020 | 1790,10 | 1515,000 | 6,00 | 118,16% |
| 14/02/2020 | 1712,38 | 1515,000 | 5,80 | 113,03% |
| 15/02/2020 | 1847,63 | 1515,000 | 5,96 | 121,96% |
| 16/02/2020 | 2418,07 | 1515,000 | 6,75 | 159,61% |
| 17/02/2020 | 2259,13 | 1515,000 | 6,23 | 149,12% |
| 18/02/2020 | 2054,53 | 1515,000 | 5,91 | 135,61% |
| 19/02/2020 | 1288,09 | 1515,000 | 3,37 | 85,02% |
| 20/02/2020 | 1794,37 | 1515,000 | 4,74 | 118,44% |
| 21/02/2020 | 374,24 | 348,560 | 4,45 | 107,37% |
| 22/02/2020 | 269,01 | 348,560 | 2,97 | 77,18% |
| 23/02/2020 | 377,73 | 348,560 | 5,45 | 108,37% |
| 24/02/2020 | 293,42 | 280,370 | 4,23 | 104,65% |
| 25/02/2020 | 211,04 | 280,370 | 3,05 | 75,27% |
| 26/02/2020 | 205,71 | 280,370 | 2,96 | 73,37% |
| 27/02/2020 | 249,41 | 280,370 | 3,38 | 88,96% |
| 28/02/2020 | 210,65 | 280,370 | 2,92 | 75,13% |
| 29/02/2020 | 293,37 | 280,370 | 4,12 | 104,64% |
| TOTAL | 31.606,690 | 33.027,900 | 122,07 | 95,70% |

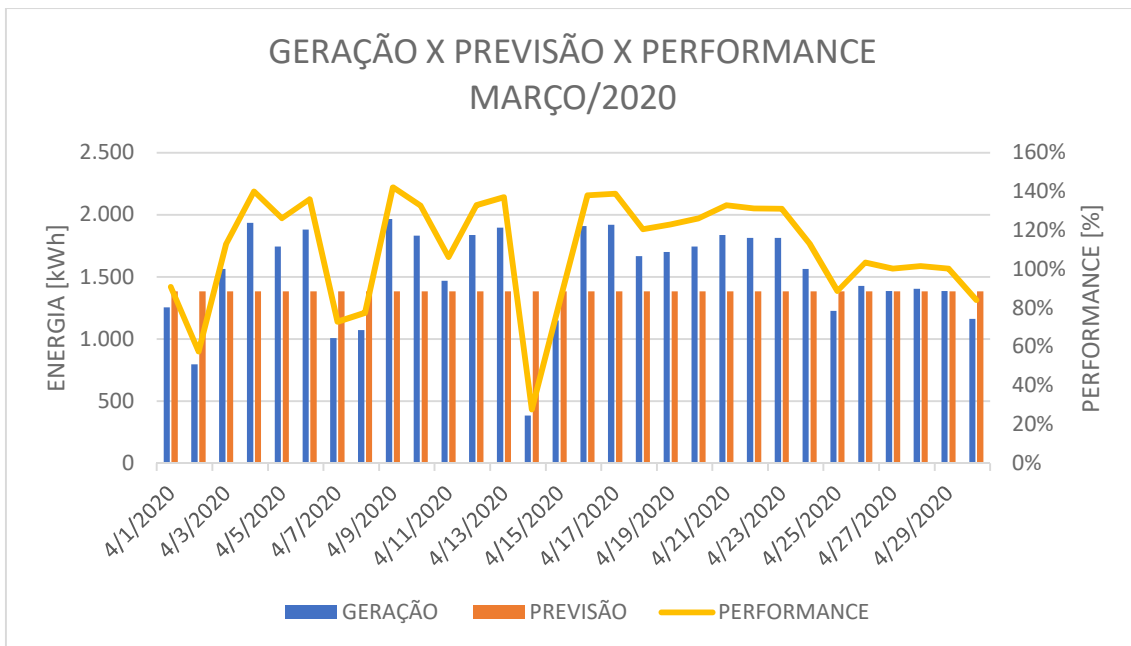
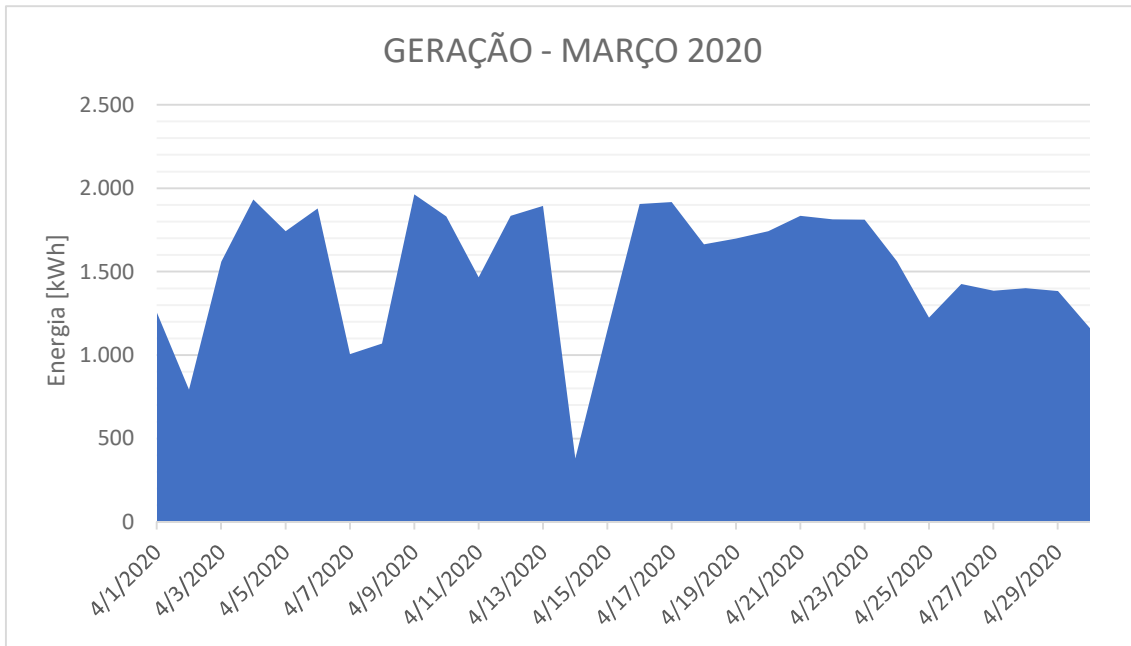
APÊNDICE F – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE MARÇO/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/03/2020 | 369,71 | 406,387 | 3,67 | 90,97% |
| 02/03/2020 | 369,18 | 406,387 | 4,16 | 90,84% |
| 03/03/2020 | 527,95 | 406,387 | 4,14 | 129,91% |
| 04/03/2020 | 535,1 | 406,387 | 6,35 | 131,67% |
| 05/03/2020 | 551,64 | 406,387 | 6,40 | 135,74% |
| 06/03/2020 | 494,65 | 406,387 | 6,52 | 121,72% |
| 07/03/2020 | 493 | 406,387 | 6,16 | 121,31% |
| 08/03/2020 | 541,13 | 406,387 | 5,80 | 133,16% |
| 09/03/2020 | 502,85 | 406,387 | 6,43 | 123,74% |
| 10/03/2020 | 525,21 | 406,387 | 5,90 | 129,24% |
| 11/03/2020 | 553,5 | 406,387 | 6,22 | 136,20% |
| 12/03/2020 | 544,9 | 406,387 | 6,37 | 134,08% |
| 13/03/2020 | 521,91 | 406,387 | 6,23 | 128,43% |
| 14/03/2020 | 499,56 | 406,387 | 6,15 | 122,93% |
| 15/03/2020 | 445,15 | 406,387 | 5,91 | 109,54% |
| 16/03/2020 | 472,40 | 406,387 | 5,14 | 116,24% |
| 17/03/2020 | 468,66 | 406,387 | 5,59 | 115,32% |
| 18/03/2020 | 351,93 | 406,387 | 5,36 | 86,60% |
| 19/03/2020 | 276,39 | 406,387 | 4,08 | 68,01% |
| 20/03/2020 | 300,72 | 406,387 | 3,33 | 74,00% |
| 21/03/2020 | 453,21 | 406,387 | 4,07 | 111,52% |
| 22/03/2020 | 450,82 | 406,387 | 6,13 | 110,93% |
| 23/03/2020 | 441,23 | 406,387 | 6,09 | 108,57% |
| 24/03/2020 | 431,52 | 406,387 | 5,85 | 106,18% |
| 25/03/2020 | 446,01 | 406,387 | 5,89 | 109,75% |
| 26/03/2020 | 446,48 | 406,387 | 5,95 | 109,87% |
| 27/03/2020 | 471,46 | 406,387 | 5,79 | 116,01% |
| 28/03/2020 | 301,78 | 406,387 | 5,52 | 74,26% |
| 29/03/2020 | 406,63 | 406,387 | 3,55 | 100,06% |
| 30/03/2020 | 911,15 | 1455,810 | 4,58 | 62,59% |
| 31/03/2020 | 1.488,51 | 1451,000 | 3,09 | 102,59% |
| TOTAL | 15.594,340 | 14.692,036 | 166,42 | 106,14% |



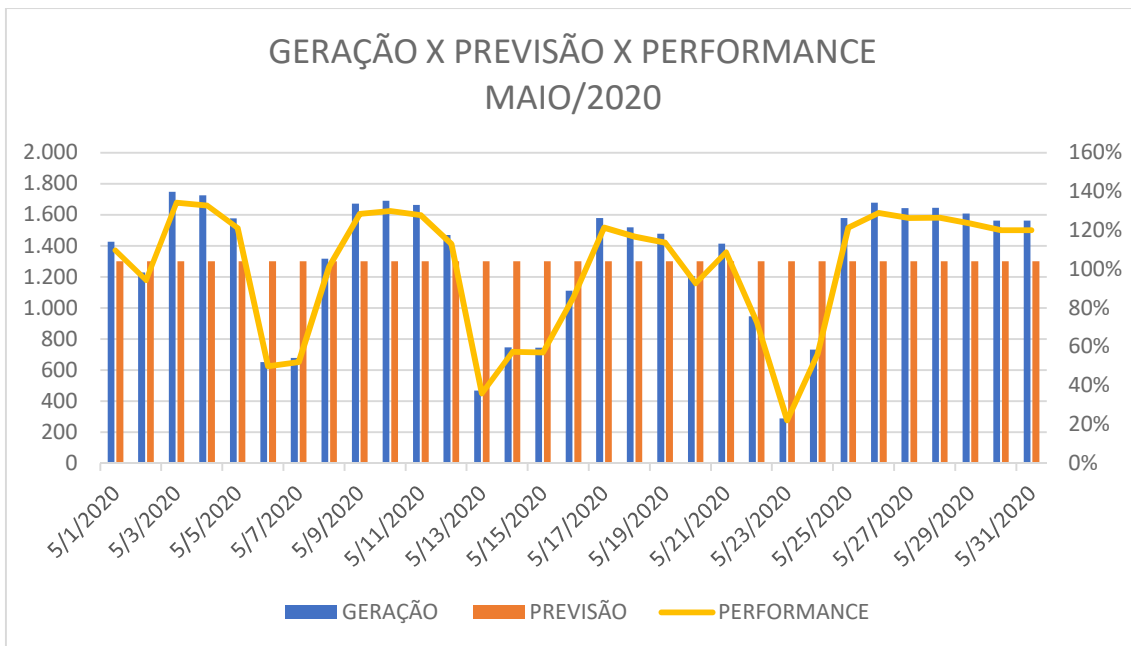
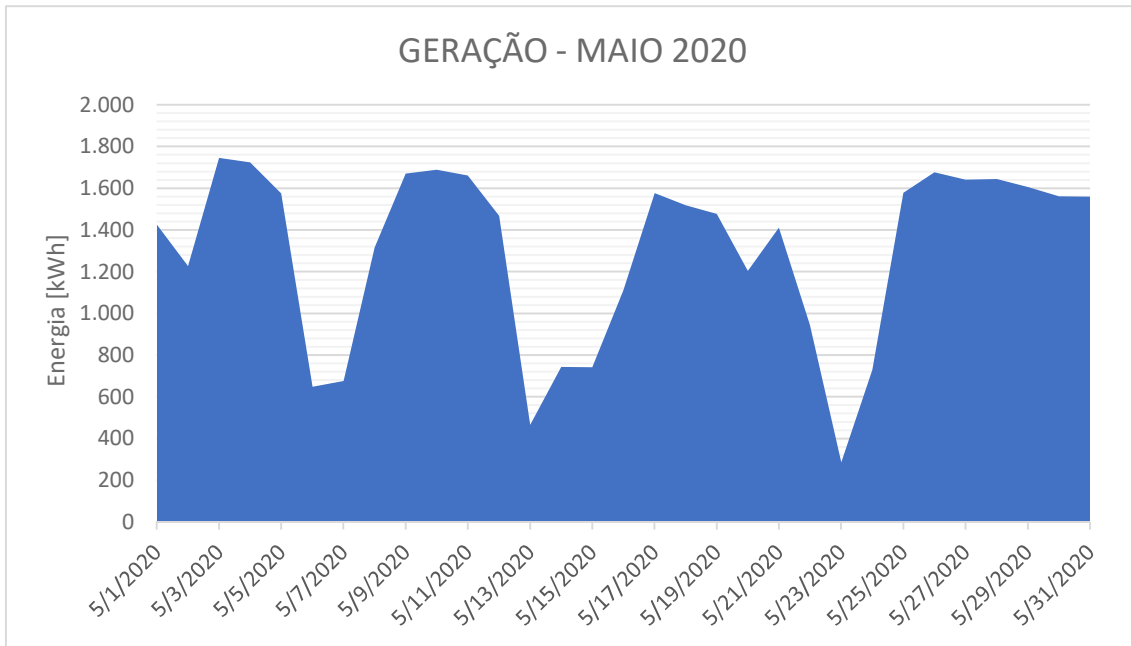
APÊNDICE G – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE ABRIL/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/04/2020 | 1.255,160 | 1.382,667 | 4,45 | 90,78% |
| 02/04/2020 | 794,980 | 1.382,667 | 4,45 | 57,50% |
| 03/04/2020 | 1.562,300 | 1.382,667 | 4,45 | 112,99% |
| 04/04/2020 | 1.934,600 | 1.382,667 | 4,45 | 139,92% |
| 05/04/2020 | 1.743,200 | 1.382,667 | 4,45 | 126,08% |
| 06/04/2020 | 1.880,062 | 1.382,667 | 4,45 | 135,97% |
| 07/04/2020 | 1.007,050 | 1.382,667 | 4,45 | 72,83% |
| 08/04/2020 | 1.070,050 | 1.382,667 | 4,45 | 77,39% |
| 09/04/2020 | 1.964,090 | 1.382,667 | 4,45 | 142,05% |
| 10/04/2020 | 1.832,490 | 1.382,667 | 4,45 | 132,53% |
| 11/04/2020 | 1.468,810 | 1.382,667 | 4,45 | 106,23% |
| 12/04/2020 | 1.837,090 | 1.382,667 | 4,45 | 132,87% |
| 13/04/2020 | 1.894,820 | 1.382,667 | 4,45 | 137,04% |
| 14/04/2020 | 382,140 | 1.382,667 | 4,45 | 27,64% |
| 15/04/2020 | 1.149,220 | 1.382,667 | 3,88 | 83,12% |
| 16/04/2020 | 1.907,650 | 1.382,667 | 5,36 | 137,97% |
| 17/04/2020 | 1.918,650 | 1.382,667 | 5,27 | 138,76% |
| 18/04/2020 | 1.666,030 | 1.382,667 | 4,56 | 120,49% |
| 19/04/2020 | 1.699,830 | 1.382,667 | 4,76 | 122,94% |
| 20/04/2020 | 1.744,060 | 1.382,667 | 4,91 | 126,14% |
| 21/04/2020 | 1.836,150 | 1.382,667 | 5,12 | 132,80% |
| 22/04/2020 | 1.814,430 | 1.382,667 | 5,01 | 131,23% |
| 23/04/2020 | 1.812,540 | 1.382,667 | 5,07 | 131,09% |
| 24/04/2020 | 1.564,470 | 1.382,667 | 4,50 | 113,15% |
| 25/04/2020 | 1.226,570 | 1.382,667 | 4,27 | 88,71% |
| 26/04/2020 | 1.427,970 | 1.382,667 | 4,90 | 103,28% |
| 27/04/2020 | 1.386,380 | 1.382,667 | 4,74 | 100,27% |
| 28/04/2020 | 1.403,540 | 1.382,667 | 4,78 | 101,51% |
| 29/04/2020 | 1.385,500 | 1.382,667 | 4,65 | 100,20% |
| 30/04/2020 | 1.162,030 | 1.382,667 | 3,95 | 84,04% |
| TOTAL | 45.731,862 | 41.480,000 | 138,03 | 110,25% |



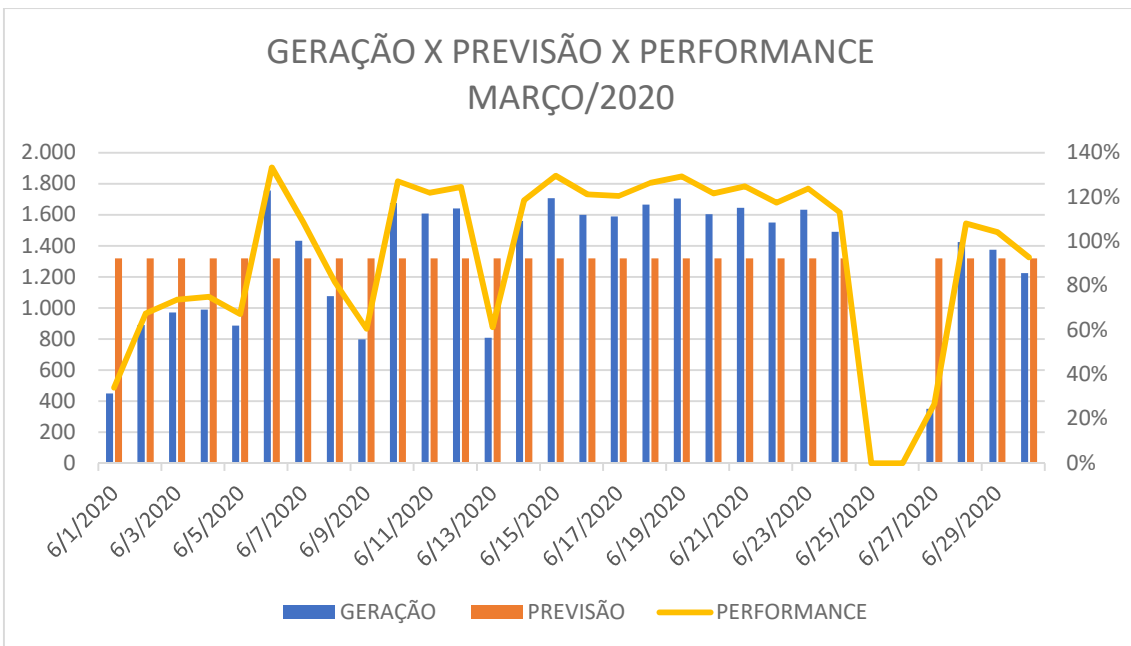
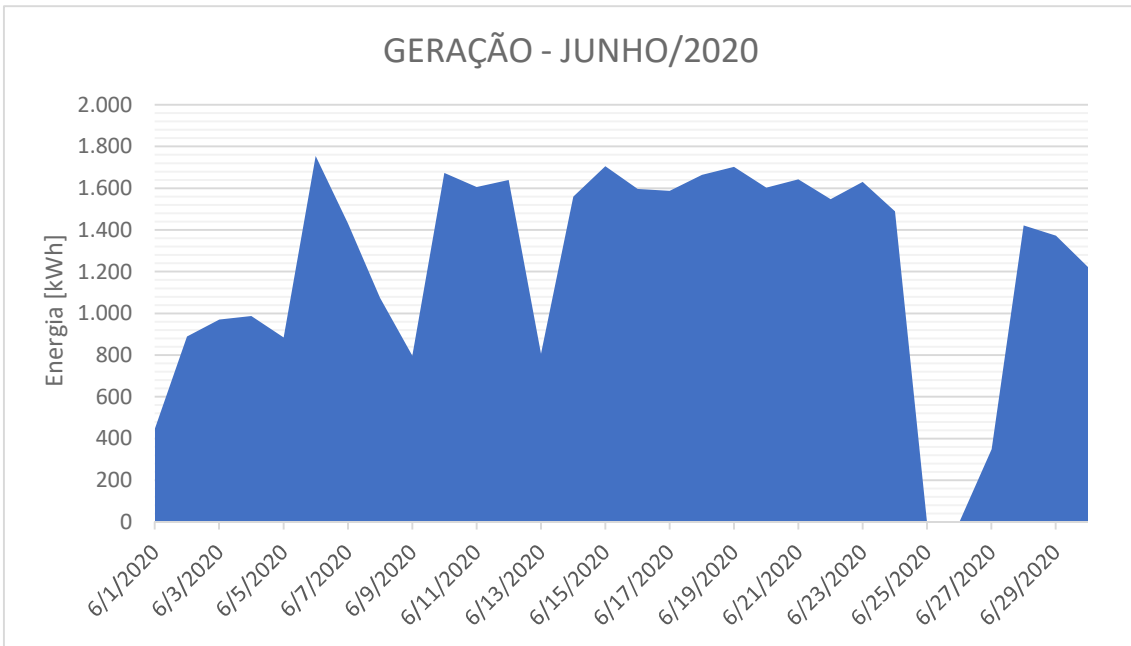
APÊNDICE H – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE MAIO/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/05/2020 | 1.425,510 | 1.301,137 | 4,31 | 109,56% |
| 02/05/2020 | 1.227,290 | 1.301,137 | 3,44 | 94,32% |
| 03/05/2020 | 1.746,580 | 1.301,137 | 4,78 | 134,23% |
| 04/05/2020 | 1.725,630 | 1.301,137 | 4,75 | 132,62% |
| 05/05/2020 | 1.575,980 | 1.301,137 | 4,37 | 121,12% |
| 06/05/2020 | 650,220 | 1.301,137 | 1,92 | 49,97% |
| 07/05/2020 | 677,540 | 1.301,137 | 1,97 | 52,07% |
| 08/05/2020 | 1.317,330 | 1.301,137 | 3,71 | 101,24% |
| 09/05/2020 | 1.670,930 | 1.301,137 | 4,45 | 128,42% |
| 10/05/2020 | 1.689,550 | 1.301,137 | 4,54 | 129,85% |
| 11/05/2020 | 1.662,300 | 1.301,137 | 4,45 | 127,76% |
| 12/05/2020 | 1.468,790 | 1.301,137 | 4,05 | 112,89% |
| 13/05/2020 | 466,490 | 1.301,137 | 1,38 | 35,85% |
| 14/05/2020 | 745,220 | 1.301,137 | 2,11 | 57,27% |
| 15/05/2020 | 742,660 | 1.301,137 | 2,23 | 57,08% |
| 16/05/2020 | 1.111,490 | 1.301,137 | 3,25 | 85,42% |
| 17/05/2020 | 1.578,180 | 1.301,137 | 4,49 | 121,29% |
| 18/05/2020 | 1.518,860 | 1.301,137 | 4,29 | 116,73% |
| 19/05/2020 | 1.478,430 | 1.301,137 | 4,19 | 113,63% |
| 20/05/2020 | 1.205,300 | 1.301,137 | 3,46 | 92,63% |
| 21/05/2020 | 1.412,780 | 1.301,137 | 3,96 | 108,58% |
| 22/05/2020 | 945,370 | 1.301,137 | 2,85 | 72,66% |
| 23/05/2020 | 287,130 | 1.301,137 | 0,86 | 22,07% |
| 24/05/2020 | 731,520 | 1.301,137 | 2,05 | 56,22% |
| 25/05/2020 | 1.579,350 | 1.301,137 | 4,08 | 121,38% |
| 26/05/2020 | 1.677,010 | 1.301,137 | 4,29 | 128,89% |
| 27/05/2020 | 1.641,980 | 1.301,137 | 4,25 | 126,20% |
| 28/05/2020 | 1.645,200 | 1.301,137 | 4,20 | 126,44% |
| 29/05/2020 | 1.607,040 | 1.301,137 | 4,18 | 123,51% |
| 30/05/2020 | 1.561,840 | 1.301,137 | 4,06 | 120,04% |
| 31/05/2020 | 1.561,750 | 1.301,137 | 4,06 | 120,03% |
| TOTAL | 40.335,250 | 40.335,250 | 110,98 | 100,00% |



APÊNDICE I – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE JUNHO/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/06/2020 | 449,22 | 1.318,333 | 3,80 | 34,07% |
| 02/06/2020 | 890,68 | 1.318,333 | 0,64 | 67,56% |
| 03/06/2020 | 971,32 | 1.318,333 | 2,33 | 73,68% |
| 04/06/2020 | 989,36 | 1.318,333 | 2,39 | 75,05% |
| 05/06/2020 | 885,04 | 1.318,333 | 2,34 | 67,13% |
| 06/06/2020 | 1756,68 | 1.318,333 | 2,09 | 133,25% |
| 07/06/2020 | 1432,37 | 1.318,333 | 3,90 | 108,65% |
| 08/06/2020 | 1075,89 | 1.318,333 | 3,18 | 81,61% |
| 09/06/2020 | 797,81 | 1.318,333 | 2,44 | 60,52% |
| 10/06/2020 | 1674,97 | 1.318,333 | 1,96 | 127,05% |
| 11/06/2020 | 1606,89 | 1.318,333 | 3,69 | 121,89% |
| 12/06/2020 | 1641,31 | 1.318,333 | 3,62 | 124,50% |
| 13/06/2020 | 807,95 | 1.318,333 | 3,65 | 61,29% |
| 14/06/2020 | 1560,43 | 1.318,333 | 1,95 | 118,36% |
| 15/06/2020 | 1707,21 | 1.318,333 | 3,59 | 129,50% |
| 16/06/2020 | 1598,18 | 1.318,333 | 3,82 | 121,23% |
| 17/06/2020 | 1588,41 | 1.318,333 | 3,78 | 120,49% |
| 18/06/2020 | 1665,86 | 1.318,333 | 3,58 | 126,36% |
| 19/06/2020 | 1703,53 | 1.318,333 | 3,70 | 129,22% |
| 20/06/2020 | 1603,49 | 1.318,333 | 3,81 | 121,63% |
| 21/06/2020 | 1644,27 | 1.318,333 | 3,49 | 124,72% |
| 22/06/2020 | 1548,65 | 1.318,333 | 3,77 | 117,47% |
| 23/06/2020 | 1632,10 | 1.318,333 | 3,50 | 123,80% |
| 24/06/2020 | 1490,15 | 1.318,333 | 3,69 | 113,03% |
| 25/06/2020 | 0,00 | 0 | | |
| 26/06/2020 | 0,00 | 0 | | |
| 27/06/2020 | 350,55 | 1.318,333 | 0,89 | 26,59% |
| 28/06/2020 | 1423,56 | 1.318,333 | 3,29 | 107,98% |
| 29/06/2020 | 1373,88 | 1.318,333 | 3,16 | 104,21% |
| 30/06/2020 | 1223,40 | 1.318,333 | 2,63 | 92,80% |
| TOTAL | 37.093,160 | 36.913,333 | 84,68 | 100,49% |



APÊNDICE J – DADOS COMPLETOS DA GERAÇÃO DE JULHO/2020.

| DATA | GERAÇÃO [kWh] | PREVISÃO [kWh] | IRRADIAÇÃO [kWh/m ²] | PERFORMANCE DIÁRIA |
|--------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 01/07/2020 | 1.243,190 | 1.250,000 | 5,05 | 99,46% |
| 02/07/2020 | 1.522,870 | 1.250,000 | 5,05 | 121,83% |
| 03/07/2020 | 1.494,440 | 1.250,000 | 5,05 | 119,56% |
| 04/07/2020 | 1.821,090 | 1.250,000 | 5,05 | 145,69% |
| 05/07/2020 | 1.329,950 | 1.250,000 | 5,05 | 106,40% |
| 06/07/2020 | 1.273,520 | 1.250,000 | 5,05 | 101,88% |
| 07/07/2020 | 1.623,970 | 1.250,000 | 5,05 | 129,92% |
| 08/07/2020 | 1.691,630 | 1.250,000 | 5,05 | 135,33% |
| 09/07/2020 | 1.813,910 | 1.250,000 | 5,05 | 145,11% |
| 10/07/2020 | 1.792,400 | 1.250,000 | 5,05 | 143,39% |
| 11/07/2020 | 1.682,150 | 1.250,000 | 5,05 | 134,57% |
| 12/07/2020 | 1.730,430 | 1.250,000 | 5,05 | 138,43% |
| 13/07/2020 | 1.544,900 | 1.250,000 | 5,05 | 123,59% |
| 14/07/2020 | 1.194,090 | 1.250,000 | 5,05 | 95,53% |
| 15/07/2020 | 1.814,350 | 1.250,000 | 5,05 | 145,15% |
| 16/07/2020 | 1.582,280 | 1.250,000 | 5,05 | 126,58% |
| 17/07/2020 | 1.240,510 | 1.250,000 | 5,05 | 99,24% |
| 18/07/2020 | 1.631,880 | 1.250,000 | 5,05 | 130,55% |
| 19/07/2020 | 1.779,160 | 1.250,000 | 5,05 | 142,33% |
| 20/07/2020 | 1.832,980 | 1.250,000 | 5,05 | 146,64% |
| 21/07/2020 | 1.751,100 | 1.250,000 | 5,05 | 140,09% |
| 22/07/2020 | 1.707,040 | 1.250,000 | 5,05 | 136,56% |
| 23/07/2020 | 1.746,500 | 1.250,000 | 5,05 | 139,72% |
| 24/07/2020 | 1.786,900 | 1.250,000 | 5,05 | 142,95% |
| 25/07/2020 | 1.779,090 | 1.250,000 | 5,05 | 142,33% |
| 26/07/2020 | 1.650,010 | 1.250,000 | 5,05 | 132,00% |
| 27/07/2020 | 1.753,010 | 1.250,000 | 5,05 | 140,24% |
| 28/07/2020 | 1.741,090 | 1.250,000 | 5,05 | 139,29% |
| 29/07/2020 | 752,430 | 1.250,000 | 5,05 | 60,19% |
| 30/07/2020 | 1.523,940 | 1.250,000 | 5,05 | 121,92% |
| 31/07/2020 | 1.796,080 | 1.250,000 | 5,05 | 143,69% |
| TOTAL | 49.626,890 | 38.750,000 | 156,43 | 128,07% |

