



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
FLORESTA NACIONAL DA RESTINGA DE CABEDELLO**

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico  
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório de Final  
Ciclo 2021-2022**

**Monitoramento da performance da planta fotovoltaica da FLONA  
Cabedelo e análise da influência de variáveis climáticas**

**Nome do(a) Estudante: Lincon Rozendo da Silva**

**Orientador(a): Fabiano Gumier Costa**

**Coorientador(a): Raphael Abrahão**

**Instituição do coorientador: Universidade Federal da Paraíba**

**Cabedelo  
Agosto/2022**

**Monitoramento da performance da planta fotovoltaica da FLONA  
Cabedelo e análise da influência de variáveis climáticas**

Relatório final de projeto de iniciação  
científica ICMBio.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio

Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo – Flona de Cabedelo

Universidade Federal da Paraíba - UFPB

## **Resumo**

O crescimento econômico mundial, incluindo a realidade brasileira, está relacionado com o aumento da demanda por energia. Muitas vezes, o aporte de energia adicional não está em conformidade com as políticas de proteção ambiental, fruto disso são os efeitos negativos sobre as mudanças climáticas. Alternativas e meios para reestruturar a matriz energética são desafios da sociedade atualmente. A energia solar surge como uma alternativa relevante para o Brasil, dado que o país possui os requisitos necessários para gerar grande quantidade de energia na maior parte do seu território. No entanto, boa parte da população ainda tem dúvidas sobre a real eficiência dos sistemas fotovoltaicos e os custos do investimento em energia solar. Este estudo objetivou criar uma aplicação computacional, com acesso livre para qualquer usuário na internet, mostrando os dados referentes à produção do SFV, expondo toda a sua série histórica e os impactos dessa produção (emissões evitadas de CO<sub>2</sub> e economia financeira). O estudo também visou desenvolver uma aplicação para compartilhamento na internet dos parâmetros climáticos medidos pela estação meteorológica de superfície automática (EMSA), permitindo relacionar a performance do SFV e as condições climáticas. Com o SFV em operação desde 2016, são demonstrados os resultados que podem influenciar instituições, empresas e pessoas físicas a investirem nestes sistemas de energia renovável. Com o painel “dashboard”, buscamos facilitar a disponibilidade de dados climáticos e de produção de energia elétrica da planta fotovoltaica do ICMBio, criando novos materiais educativos para os visitantes da Flona Cabedelo e fomentar uma nova perspectiva sobre o uso de energia solar.

**Palavras-chave:** Sistema Solar Fotovoltaico. Energia Solar. Educação Ambiental.

## **Abstract**

The world economic growth, including the Brazilian reality, is related to the increase in energy demand. Often, the supply of additional energy does not comply with environmental protection policies, resulting in negative effects on climate change. Alternatives and means to restructure the energy matrix are challenges facing society today. Solar energy emerges as a relevant alternative for Brazil, given that the country has the necessary requirements to generate large amounts of energy in most of its territory. However, much of the population still has doubts about the real efficiency of photovoltaic systems and the costs of investing in solar energy. This study aimed to create a computer application, with free access to any user on the internet, showing the data related to the production of SFV, exposing all its historical series and the impacts of this production (avoided CO<sub>2</sub> emissions and financial savings). The study also aimed to develop an application for sharing on the internet the climatic parameters measured by the automatic surface meteorological station (EMSA), allowing to relate the performance of the SFV and the climatic conditions. With the SFV in operation since 2016, the results that can influence institutions, companies and individuals to invest in these renewable energy systems are shown. With the dashboard, we seek to facilitate the availability of climate data and electricity production from the ICMBio photovoltaic plant, creating new educational materials for visitors to Flona Cabedelo and fostering a new perspective on the use of solar energy.

**Keywords:** Photovoltaic Solar System. Solar energy. Environmental education.

## Lista de Figuras

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura 1: Base de dados extraída do Sunny Explorer para setembro de 2021.....</b>                       | <b>13</b> |
| <b>Figura 2: Tela Inicial da aplicação.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>Figura 3: Dashboard Informativo - Início.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>Figura 4: Dashboard Informativo - Geração .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Figura 5: Dashboard Informativo - SFV .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Figura 6: Dashboard Geral - gráficos de produção.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>Figura 7: Dashboard Geral - gráficos de produção.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>Figura 8: Dashboard com os gráficos por período selecionado. ....</b>                                   | <b>22</b> |
| <b>Figura 9: Dashboard com os valores instantâneos para as variáveis climáticas e meteorológicas.....</b>  | <b>23</b> |
| <b>Figura 10: Dashboard com os valores instantâneos para as variáveis climáticas e meteorológicas.....</b> | <b>25</b> |
| <b>Figura 11: Dashboard com os valores instantâneos para as variáveis climáticas e meteorológicas.....</b> | <b>26</b> |

## Lista de Siglas

|                   |  |
|-------------------|--|
| AR4               | Fourth Assessment Report                       |
| AWS               | Amazon Web Services                            |
| CO <sup>2</sup>   | Dióxido de Carbono                             |
| CSV               | Comma-separated Values                         |
| EMS               | Estação Meteorológica de Superfície            |
| EMSA              | Estação Meteorológica de Superfície Automática |
| INMET             | Instituto Nacional de Meteorologia             |
| IPCC              | Intergovernmental Panel on Climate Change      |
| KG                | Quilograma                                     |
| KJ/M <sup>2</sup> | Quilojoule por Metro Quadrado                  |
| KWH               | Quilowatt-hora                                 |
| KWP               | Quilowatt pico                                 |
| LAT               | Latitude                                       |
| LONG              | Longitude                                      |
| MMA               | Ministério do Meio Ambiente                    |
| O&M               | Operação e Manutenção                          |
| PB                | Paraíba  |
| S3                | Amazon Simple Storage Service                  |
| SFV               | Sistema Fotovoltaico                           |
| TCP               |  |
| UC                | Unidade de Conservação                         |
| UTF-8             | 8-bit Unicode Transformation Format            |
| UTF-16            | 16-bit Unicode Transformation Format           |
| W                 | Watt   |
| W/M <sup>2</sup>  | Watt por Metro Quadrado                        |

## Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2. Objetivos.....</b>  | <b>9</b>  |
| 2.1 Objetivo geral:.....  | 9         |
| 2.2 Objetivos específicos:.....   | 10        |
| <b>3. Material e Métodos.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>4. Resultados .....</b>  | <b>14</b> |
| 4.1 Dashboard Inicial.....  | 15        |
| 4.2 Detalhe sobre o Dashboard Informativo - Apresentação do Projeto do SFV .....              | 15        |
| 4.3 Dashboard Geral - monitoramento de produtividade do SFV .....                             | 18        |
| 4.4 Dashboard Estação – monitoramento da estação meteorológica de superfície automática ..... | 23        |
| 4.5 Análise da relação entre a produtividade do SFV e variáveis climáticas .....              | 26        |
| <b>5. Discussão e Conclusões.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>6. Recomendações para o manejo .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>8. Citações e referências bibliográficas.....</b>  | <b>30</b> |

## 1. Introdução

Os problemas ocasionados pelas mudanças climáticas movem-se, a cada ano que se passa, como um dos assuntos a serem tratados com maior urgência no mundo contemporâneo. Tal constatação decorre da observação dos efeitos que tal problema ocasiona e já ocasionou no mundo. O aumento da temperatura média global com o passar dos anos, entre outros efeitos que assombram o mundo, chama a atenção de grandes líderes e potências mundiais. Os processos relacionados a utilização e extração de energia por meio de fontes poluentes fazem parte das causas responsáveis pelo aquecimento global. Criar novas formas de produção energética com baixa emissão de gases do efeito estufa, ou até mesmo reestruturar as que já existem, é um dos grandes desafios da sociedade moderna.

O IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) foi criado para desenvolver trabalhos científicos sobre as mudanças climáticas que já ocorreram e os possíveis cenários que nos aguardam no futuro. Dois terços da emissão de gases de efeito estufa são provenientes do setor elétrico (IRENA, 2019). Entre as principais conclusões do 4º Relatório Científico do IPCC AR4 tem-se que, com um percentual de certeza próximo de 100%, o aquecimento global dos últimos c-inquenta anos foi causado por ações antrópicas (MARENGO, 2008).

No Brasil, assim como no resto do mundo, o crescimento econômico está atrelado ao crescimento da demanda por energia, sem adequadamente considerar os impactos gerados nas variáveis ambientais. O uso de energia segue como um dos principais fatores para a ocorrência e aumento dos efeitos das mudanças climáticas no mundo. O principal motivo para isso é o uso de fontes não renováveis para se obter os meios necessários para a utilização de energia, sendo o combustível fóssil um dos fatores mais determinantes. A combustão realizada na produção e consumo de energia, através de combustíveis fósseis, gera a maior parcela de emissão de CO<sup>2</sup>. Segundo o INPE (2017, p. 11-12),

“Dados recentes mostram que as usinas termoeletricas a combustíveis fósseis, incluindo nuclear, chegaram a responder por quase 26% da oferta interna de energia elétrica em 2015 frente a um decréscimo na geração hidráulica de 81% para 62% entre 2011 e 2015, em parte devido à grave estiagem no período.”

A matriz elétrica brasileira, considerada limpa por muitos, por ter em sua composição o predomínio de geração hidrelétrica tende a sofrer nos próximos anos com o desequilíbrio climático. Este fator poderá aumentar a participação de termoeletricas



movidas a combustíveis fósseis para suprir a demanda de energia. Uma alternativa para combater o problema acarretado pelo uso de combustíveis fósseis é a utilização de fontes não poluentes de energia. No caso, essas fontes são caracterizadas como fontes de energia renováveis. Como o nome já diz, fontes de energia renováveis são fontes de energia inesgotáveis, como a energia solar, proveniente do sol.

O Brasil vem apresentando, ao longo dos anos, um crescimento, no uso e difusão, do que se tem caracterizado como fontes de energia renováveis. A oferta interna da matriz energética brasileira é composta por 44,7% de fontes de energia renováveis (BRASIL, 2021). O predomínio do clima tropical, a abundância de matérias-primas e alta produtividade agrícola, explicam o grande potencial brasileiro para o segmento de energias renováveis. Mesmo sendo um país com grande potencial para ser referência no uso e também pioneiro na criação de novas tecnologias, o Brasil ainda está bem atrás dos grandes centros de referências no assunto.

Na maioria dos casos, os países que possuem melhor desenvolvimento e uso de energias renováveis não possuem as condições privilegiadas que o Brasil dispõe. Em 2020, um estudo feito pela IEAPVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme) mostra que o Brasil alcançou a 9º posição no ranking de países que mais produziram energia solar no ano, ficando atrás de países como Austrália, Alemanha, Japão e China.

Segundo o INPE (2017, p. 12),

“Índices elevados de irradiação solar direta na superfície ocorrem em grande parte do Nordeste Brasileiro e são o principal requisito para a viabilidade desta tecnologia de geração. A região Nordeste apresenta o maior potencial solar, com valor médio do total diário da irradiação global horizontal de 5,49 kWh/m<sup>2</sup> e da componente direta normal de 5,05 kWh/m<sup>2</sup>.”

O estado da Paraíba, com área territorial de 56.467,242 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022) e localizado na região nordeste do país, desfruta dos fatores antes mencionados. O litoral paraibano apresenta os maiores valores de temperatura média ao longo dos anos (FRANCISCO e SANTOS, 2017), elegendo este estado como um dos maiores potenciais para geração de energia solar no Brasil.

Em Cabedelo, município localizado no litoral da Paraíba, situa-se a unidade de conservação (UC) federal do ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), denominada Flona Cabedelo. Como estratégia de incorporar a temática

de mudanças climáticas e energias renováveis no Programa de Educação Ambiental da Flona Cabedelo, além de gerar economia para o ICMBio, em 2014, analistas da UC elaboraram e aprovaram no Fundo Clima/MMA, um projeto demonstrativo de geração de energia fotovoltaica (MMA, 2022). A planta solar fotovoltaica, ou sistema fotovoltaico (SFV), conta com área total maior que 500 m<sup>2</sup>, composta por 330 painéis solares que representam uma potência de 85,8 kWp. Essa planta solar já tem impacto considerável na UC, gerando em média 12.000 kWh/mês, beneficiando todas as unidades administrativas do órgão no estado da Paraíba (A3P, 2018; ICMBio, 2018). Tal sistema é do tipo *on grid* - conectado à rede da concessionária - regulado pelo modelo de Geração Distribuída. O excesso de produção, não consumido localmente, gera créditos que são usados para o pagamento de contas de outras unidades administrativas do ICMBio na Paraíba, atendidas pela mesma distribuidora (BRASIL, 2012). Além do SFV, o projeto aprovado no Fundo Clima/MMA contava com a instalação de uma estação meteorológica de superfície automática (EMSA). A EMSA, localizada nas coordenadas aproximadas Lat 7° 9' 57'' S; Long 34° 48' 55'' W, teve sua instalação concluída em maio/2022. Ainda é dominante o senso comum na sociedade de que o investimento em energia renovável, como a energia solar, é muito alto, sem garantia de retorno financeiro e pouco eficiente. O monitoramento adequado desta planta demonstrativa e a divulgação das informações para a sociedade, em linguagem acessível para os diferentes públicos, formam a base do projeto que está articulado ao uso público e visitação na Flona Cabedelo. A ferramenta em desenvolvimento neste projeto visa facilitar a sistematização e divulgação dos dados de produção de energia fotovoltaica e sua articulação com as variáveis atmosféricas locais.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral:**

Realizar o monitoramento do SFV da Flona Cabedelo e relacionar seu desempenho a variáveis climáticas, incorporando esses resultados ao programa de educação ambiental.

## 2.2 Objetivos específicos:

1. Realizar o monitoramento do SFV da Flona Cabedelo, detectando problemas e necessidade de ajustes e manutenção;
2. Analisar a influência de parâmetros climáticos à produtividade do SFV;
3. Elaborar material de divulgação e publicações compartilhando com os visitantes da Flona e sociedade em geral os resultados do projeto.

## 3. Material e Métodos

Assim submetido, os objetivos que eram esperados alcançar no projeto foram: elaborar um sistema eletrônico com amostragem de dados resultantes do sistema solar fotovoltaico em tempo real, com acesso aos resultados disponíveis para qualquer pessoa com acesso à internet; criar materiais que demonstrem o sucesso e impacto do sistema solar da UC, e assim construir um novo entendimento sobre a energia solar, alinhada à educação ambiental e integrar os dados climáticos, da estação meteorológica de superfície automática, para melhorar o entendimento do funcionamento do sistema solar fotovoltaico e criar mais fontes de dados para o estado paraibano. Neste tópico será detalhado como foi a busca pela execução dos objetivos almejados.

Após um estudo inicial foram criadas duas aplicações, uma local para ser usada na Flona Cabedelo e outra hospedada na nuvem para ser acessada por qualquer usuário com internet. As duas aplicações só se diferem no armazenamento de dados, enquanto a aplicação local da UC armazena os dados em um banco de dados local, a aplicação *web* armazena os dados em um banco de dados na nuvem. Entretanto, neste estudo será abordado os procedimentos de construção da aplicação de modo que seria possível criar qualquer uma das aplicações.

Para construir a aplicação, utilizou o *software* Visual Studio Code, a linguagem de programação Python e sua biblioteca Dash, o *software* Sunny Explorer e os protocolos ModBus e TCP. Além das ferramentas antes citadas, foi utilizado o banco de dados PostgreSQL, a plataforma de computação em nuvem Amazon Web Services (AWS), o hospedador de código-fonte GitHub e a plataforma de hospedagem da aplicação na nuvem denominada Heroku.

O software Visual Studio Code é classificado como um editor de código leve para desenvolvimento de aplicações, com uma rica variedade de bibliotecas disponíveis, além de contar com as principais linguagens de programação e ter inúmeras extensões desenvolvidas pela comunidade que utiliza o software (MICROSOFT, 2022).

A linguagem de programação Python é uma linguagem de alto nível, criada em 1991 por Guido Van Rossum, de código aberto para toda a comunidade (*open-source*), interpretada, interativa e orientada a objetos. Python é umas das linguagens que mais cresce no mundo, entre os fatores que a levam a crescer se destacam o fato de que é uma linguagem de fácil aprendizado e também porque possui uma abundante variedade de componentes que podem ser integrados a qualquer aplicação feita com a linguagem (PYTHON, 2022).

A biblioteca Dash é utilizada para criar interfaces personalizadas e interativas, em aplicações, que utilizem dados. Dash é uma biblioteca simples, com todos os seus componentes bem documentados e de fácil manuseio. A mesma foi integrada e utilizada no Visual Studio Code para criar aplicações com os dados extraídos do SFV e da EMSA. (PLOTLY, 2022).

O banco de dados PostgreSQL, é um sistema de base de dados objeto-relacional, com código aberto para a comunidade. O PostgreSQL foi utilizado para guardar os dados, após tratamento em código-fonte da aplicação, e serem usados, posteriormente, no Heroku, principalmente, e na aplicação via Visual Studio Code (POSTGRESQL, 2022).

Para obtenção dos dados de produtividade do SFV, foi utilizado o *software* Sunny Explorer (SMA SOLAR, 2021), fornecido pela empresa fabricante dos inversores - SMA Solar Technology AG. Tais equipamentos controlam a operação e monitoram diversos parâmetros da planta. Os dados foram obtidos via arquivos “\*.csv”, exportados pelo software. Tal formato de arquivos de texto possibilita o salvamento de inúmeros valores tabelados de forma estruturada.

Dada a necessidade de extração manual de dados climáticos da EMSA, foi elaborado um mecanismo de programação na linguagem Python para automatizar a extração de dados da estação. Após a obtenção dos dados climáticos, os mesmos eram armazenados no Amazon Simple Storage Service (S3). O S3 é um serviço de armazenamento na nuvem da plataforma AWS. A AWS se caracteriza por ser uma plataforma de computação na nuvem com inúmeras funcionalidades relacionadas a

datacenter. A utilização do S3 permitiu tanto o armazenamento de dados da EMSA, quanto a exibição dos dados em tempo real na aplicação.

No GitHub, foi criado um repositório chamado “ICMBio-Dados” para armazenar as bases de dados extraídas, sem nenhum tratamento, do Sunny Explorer. Além de armazenar os dados do SFV, os dados da estação, também, foram armazenados visando a finalidade de backup em caso de perda de dados no armazenamento AWS. O GitHub é um hospedador de código-fonte que conta com milhares de usuários por todo o mundo (GITHUB, 2022).

Entre os protocolos de comunicação utilizados estão o ModBus e o TCP. O protocolo de comunicação ModBus tem a finalidade de facilitar a comunicação entre hardware e software, sendo assim, levando os dados, através de registros, de um determinado sistema para um local de armazenamento. No caso da aplicação, o protocolo ModBus incorporou o projeto possibilitando a obtenção dos dados de sistema e produção do SFV em tempo real. Outro protocolo utilizado foi o protocolo de comunicação de rede TCP. O TCP é comumente utilizado em aplicações que precisam requisitar alguma comunicação via rede com outro computador/servidor. Para obter dados da EMSA era necessário extrair os dados da mesma, o protocolo TCP foi utilizado para atender essa demanda. A EMSA agia como o servidor, enviando os dados climáticos, e a aplicação procedia como um cliente, recebendo os dados.

Por fim, das ferramentas, temos o Heroku que foi utilizado para hospedar a aplicação na internet. O Heroku é uma plataforma na nuvem utilizada para hospedar aplicações em diversas linguagens de programação com suporte ao banco de dados PostgreSQL (HEROKU, 2022).

Em resumo, a realização e criação da aplicação começam pela extração de dados, em formato “\*.csv”, do *software* Sunny Explorer e, posteriormente, da EMSA. Os arquivos extraídos do Sunny Explorer contêm os valores referentes aos dados diários, mensais e acumulados de produção de energia, em kWh, para cada inversor, conforme exemplo abaixo (Figura 1):

**Figura 1:** Base de dados extraída do Sunny Explorer para setembro de 2021.

|    | A  | B                  | C                  | D                  | E                  | F                  | G                  |
|----|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1  | Version CSV1 Tool SE Linebreaks CR/LF Delimiter semicolon Decimalpoint comma Precision 3 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| 2  |  | STP 25000TL-30 168 | STP 25000TL-30 168 | STP 25000TL-30 276 | STP 25000TL-30 276 | STP 25000TL-30 164 | STP 25000TL-30 164 |
| 3  |  | STP 25000TL-30     | STP 25000TL-30     | STP 25000TL-30     | STP 25000TL-30     | STP 25000TL-30     | STP 25000TL-30     |
| 4  |  | 1900744168         | 1900744168         | 1900755276         | 1900755276         | 1901250164         | 1901250164         |
| 5  |  | Rendimento total   | Rendimento diário  | Rendimento total   | Rendimento diário  | Rendimento total   | Rendimento diário  |
| 6  |  | Counter            | Analog             | Counter            | Analog             | Counter            | Analog             |
| 7  | dd/MM/yyyy   | kWh                | kWh                | kWh                | kWh                | kWh                | kWh                |
| 9  | 01/09/2021   | 237837,593         | 134,317            | 238986,847         | 132,461            | 98279,283          | 134,709            |
| 10 | 02/09/2021   | 237996,215         | 158,622            | 239145,69          | 158,843            | 98440,458          | 161,175            |
| 11 | 03/09/2021   | 238133,031         | 136,816            | 239280,724         | 135,034            | 98578,506          | 138,048            |
| 12 | 04/09/2021   | 238287,208         | 154,177            | 239433,369         | 152,645            | 98734,076          | 155,57             |
| 13 | 05/09/2021   | 238429,875         | 142,667            | 239575,71          | 142,341            | 98876,987          | 142,911            |
| 14 | 06/09/2021   | 238573,317         | 143,442            | 239720,284         | 144,574            | 99023,455          | 146,468            |
| 15 | 07/09/2021   | 238722,694         | 149,377            | 239869,943         | 149,659            | 99176,108          | 152,653            |
| 16 | 08/09/2021   | 238878,147         | 155,453            | 240026,78          | 156,837            | 99335,049          | 158,941            |
| 17 | 09/09/2021   | 239032,214         | 154,067            | 240182,574         | 155,794            | 99492,758          | 157,709            |
| 18 | 10/09/2021   | 239185,202         | 152,988            | 240336,882         | 154,308            | 99649,206          | 156,448            |
| 19 | 11/09/2021   | 239340,082         | 154,88             | 240493,63          | 156,748            | 99808,832          | 159,626            |
| 20 | 12/09/2021   | 239467,464         | 127,382            | 240621,626         | 127,996            | 99936,745          | 127,913            |
| 21 | 13/09/2021   | 239598,642         | 131,178            | 240753,626         | 132                | 100069,245         | 132,5              |
| 22 | 14/09/2021   | 239728,045         | 129,403            | 240884,617         | 130,991            | 100199,054         | 129,809            |
| 23 | 15/09/2021   | 239857,295         | 129,25             | 241014,379         | 129,762            | 100329,652         | 130,598            |
| 24 | 16/09/2021   | 239970,362         | 113,067            | 241127,855         | 113,476            | 100441,544         | 111,892            |
| 25 | 17/09/2021   | 240105,373         | 135,011            | 241264,915         | 137,06             | 100578,445         | 136,901            |
| 26 | 18/09/2021   | 240258,4           | 153,027            | 241421,064         | 156,149            | 100736,192         | 157,747            |
| 27 | 19/09/2021   | 240416,151         | 157,751            | 241581,473         | 160,409            | 100897,642         | 161,45             |
| 28 | 20/09/2021   | 240576,175         | 160,024            | 241743,29          | 161,817            | 101059,843         | 162,201            |
| 29 | 21/09/2021   | 240736,187         | 160,012            | 241905,098         | 161,808            | 101121,685         | 161,842            |
| 30 | 22/09/2021   | 240878,099         | 141,912            | 242048,521         | 143,423            | 101161,881         | 140,196            |
| 31 | 23/09/2021   | 241038,794         | 160,695            | 242210,949         | 162,428            | 1011523,277        | 161,396            |
| 32 | 24/09/2021   | 241135,624         | 96,83              | 242309,917         | 98,968             | 101624,051         | 100,774            |
| 33 | 25/09/2021   | 241269,843         | 134,219            | 242445,074         | 135,157            | 101758,036         | 133,985            |
| 34 | 26/09/2021   | 241387,258         | 117,415            | 242563,956         | 118,882            | 101877,491         | 119,455            |
| 35 | 27/09/2021   | 241508,118         | 120,86             | 242685,469         | 121,513            | 101998,706         | 121,215            |
| 36 | 28/09/2021   | 241614,399         | 106,281            | 242792,26          | 106,791            | 102106,943         | 108,237            |
| 37 | 29/09/2021   | 241756,725         | 142,326            | 242936,61          | 144,35             | 102249,442         | 142,499            |
| 38 | 30/09/2021   | 241902,569         | 145,844            | 243083,933         | 147,323            | 102396,892         | 147,45             |

Fonte: Dos autores.

Os dados de produção do SFV foram extraídos desde o início da operação do sistema, de agosto/2016, até o começo de abril/2022. Entretanto, a extração e armazenamento dos dados da EMSA ainda sofrem com problemas técnicos de hardware, ocasionando base de dados incompletas.

A exibição dos dados é realizada utilizando *Dashboards*, criados com a biblioteca Dash, exibindo gráficos interativos referentes aos dados mensais/diários do sistema solar fotovoltaico e da estação meteorológica de superfície automática.

Em termos característicos sobre o *Dashboard* do SFV, os gráficos criados foram: gráfico de barra para valores acumulados para cada ano; gráfico de linha para valores mensais com detalhes diários; comparações entre os gráficos citados anteriormente; gráfico de barra demonstrando a taxa de emissão de CO<sup>2</sup>; gráfico de barra demonstrando quanto foi economizado, em reais, com a produção do sistema solar fotovoltaico por ano; gráficos de rosca para demonstrar quanto cada inversor produziu, sendo um para o total acumulado e outro para um período selecionado pelo usuário; gráfico de linha com informações da produção mensal para um período selecionado pelo usuário; gráficos de linha para dados em tempo real do SFV sobre as variáveis de produção e potência, sendo a produção em kWh e potência em W, para cada inversor.

Também foram criados outros dois *Dashboards*: o primeiro contém informações, de forma resumida, sobre o projeto fotovoltaico e a UC; o segundo contém os dados, em tempo real e históricos, referentes a EMSA.

Com a conclusão da extração das bases de dados e a criação da interface - *Dashboards* - foi criado um novo código-fonte dentro do projeto dedicado ao estudo, para tratamento dos dados e informações e armazenamento no GitHub e AWS. O processo de tratamento foi considerado apenas para eliminar dados incorretos e a troca das codificações da base, que eram do tipo UTF-16 e passaram a ser UTF-8, no caso dos dados do SFV. No caso da EMSA, os dados apresentavam coerência sem necessitar de ajustes visando alguma correção.

Em seguida, foi criado outro código fonte, no projeto, para armazenar, de forma automatizada, as bases de dados tratadas do GitHub e AWS para o PostgreSQL. Esta ação foi aplicada por não ser possível armazenar os dados dentro do próprio projeto de forma saudável para a aplicação. Com o auxílio do GitHub e AWS, foi possível armazenar as bases de dados na internet e puxá-las quando a aplicação necessitasse.

Por fim, foi criado um repositório para a aplicação na plataforma Heroku, na nuvem, e integralizado a base de dados do projeto no PostgreSQL para o PostgreSQL do próprio Heroku, já com todos os valores tratados, através do plugin disponibilizado pela plataforma Heroku. Após todos os procedimentos, citados anteriormente, a aplicação foi locada na internet através da plataforma Heroku. Em suma, após a aplicação está concluída, o Heroku criará um site para a aplicação que quando acessado pelo usuário mostrará a aplicação rodando com todas as suas funções programadas.

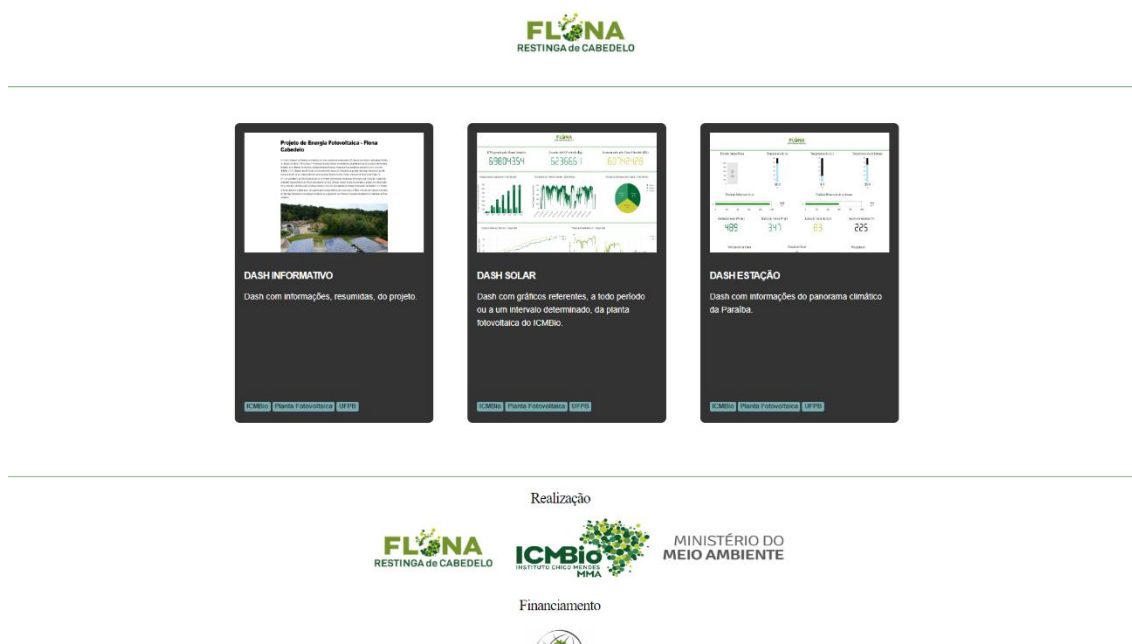
#### **4. Resultados**

Os resultados do estudo, obtidos até o momento, são sintetizados nos tópicos a seguir. As aplicações resultantes do estudo feito até o momento se encontram no endereço: <http://icmbiosolar.herokuapp.com/>. A seguir os *Dashboards* serão expostos junto com as suas funções e/ou finalidades.

## 4.1 Dashboard Inicial

O *Dashboard* Inicial, exposto na figura 2, é a interface que nos recebe ao entrar no *link* referido anteriormente. Nele encontramos três *cards*, com imagem, palavras-chave e breve descrição, que nos levam aos outros *Dashboards*. O primeiro *card*, com o título *DASH INFORMATIVO*, é designado para um *Dashboard* com uma apresentação resumida do projeto e do sistema solar fotovoltaico. O segundo *card*, *DASH SOLAR*, é o *Dashboard* com os gráficos informativos referentes ao SFV da UC. O terceiro *card*, *DASH ESTAÇÃO*, é a interface responsável por apresentar os dados momentâneos da EMSA da UC, além de redirecionar o usuário para outra interface que exhibe os dados históricos da estação local.

**Figura 2:** Tela Inicial da aplicação.



**Fonte:** Dos autores.

## 4.2 Detalhe sobre o Dashboard Informativo - Apresentação do Projeto do SFV

Nas figuras 3, 4 e 5 temos o *Dashboard* contendo: breve resumo do plano de trabalho do projeto; informações históricas da Flona Cabedelo, motivações para criação,



localização e divisas da UC, datas importantes e evolução da UC ao longo dos anos; alguns conceitos presentes nas cartilhas educativas já produzidas; explicações sobre o sistema fotovoltaico, como o de geração On-Grid, e detalhes técnicos e orçamentos sobre o projeto.

**Figura 3:** Dashboard Informativo - Início



### **Projeto de Energia Fotovoltaica - Flona Cabedelo**

A Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo é a única unidade de conservação (UC) federal localizada no estuário do Paraíba (ou Paraíba do Norte - PB) e possui 114 hectares de área formada por ambientes característicos da zona costeira do Nordeste brasileiro, como floresta de restinga, restinga herbácea/arbustiva, manguezal e ecossistemas associados como o apicum (ICMBio, 2017). Desde o ano 2016 está em funcionamento nessa UC uma planta de geração de energia fotovoltaica que foi instalada a partir de um projeto elaborado pelos analistas Fabiano Gumier Costa e Joseilson de Assis Costa (Figura 1).

A Flona Cabedelo foi pioneira na instalação de um Projeto Demonstrativo de geração de energia solar na região, destacando-se também nacionalmente por liderar essa agenda nas UCs Federais. Apesar de não ser novidade a geração de energia solar em si, esse foi o primeiro projeto articulado desde o início com uma agenda de visitação e educação ambiental em UC Federal.

O escopo inicial do projeto visou, não apenas gerar energia elétrica sem custo para o ICMBio, mas também agregar a temática de "Energias Renováveis e Mudanças Climáticas" ao programa de Uso Público e Educação Ambiental em andamento na Flona Cabedelo.

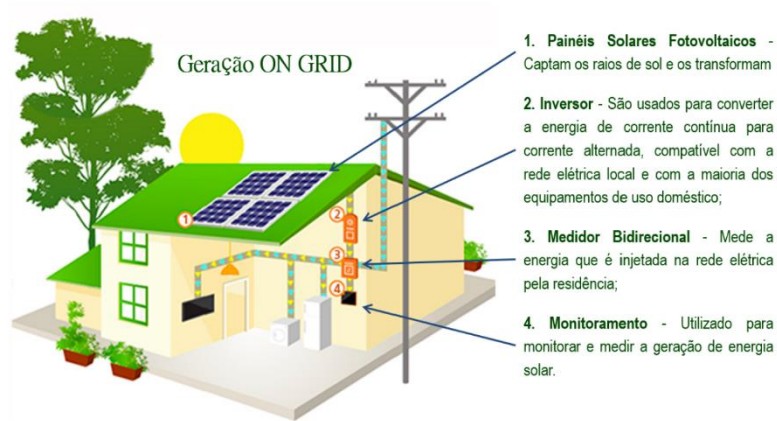


**Fonte:** Dos autores.

## Figura 1: Dashboard Informativo - Geração

### Geração On Grid

O sistema solar fotovoltaico instalado na UC, do ICMBio - PB, se caracteriza por ser do tipo On Grid. Em suma, a geração On Grid se caracteriza por estar diretamente ligado a rede da concessionária local.



Funcionamento de uma unidade com geração On Grid. Fonte: Próprio autor.

Fonte: Dos autores.

## Figura 5: Dashboard Informativo - SFV

### Sobre o Sistema Solar

O SFV Flona Cabedelo é composto por três conjuntos de coberturas em forma de estacionamento sobre estruturas metálicas totalizando 330 painéis e três inversores de 25 kWp cada. Trata-se de um sistema conectado à rede da distribuidora de energia elétrica (on grid ou grid-tie) e, portanto, submetido aos procedimentos de compensação de créditos definidos na Resolução Normativa da ANEEL n° 482/2012 (Brasil, 2012). Na concepção original do projeto, elaborado em 2014, o objetivo foi produzir 10.000 kWh/mês. Esse alvo foi definido a partir da análise da demanda do ano de 2013 que foi de 5.630 kWh/mês para o edifício sede da Flona Cabedelo, unidade consumidora conectada diretamente ao SFV. Desse modo seria possível utilizar os créditos excedentes de energia elétrica (em kWh) em favor de outras unidades administrativas e unidades de conservação do ICMBio no estado da Paraíba. Abaixo são mostradas, por tabelas, maiores informações sobre o sistema solar implantado na Flona Cabedelo.

| Painéis Fotovoltaicos               |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| Fabricante                          | Canadian Solar      |
| Quantidade                          | 330                 |
| Potência de Cada Painel             | 260 Wp              |
| Potência Total Nominal              | 85,8 kWp            |
| Área de Cada Painel                 | 1,61 m <sup>2</sup> |
| Área Total de Painéis               | 531 m <sup>2</sup>  |
| Área de Cobertura de Estacionamento | 555 m <sup>2</sup>  |

| Inversores                |        |
|---------------------------|--------|
| Fabricante                | SMA    |
| Quantidade                | 3      |
| Potência de Cada Inversor | 25 kWp |
| Potência Total            | 75 kWp |

Fonte: Dos autores.

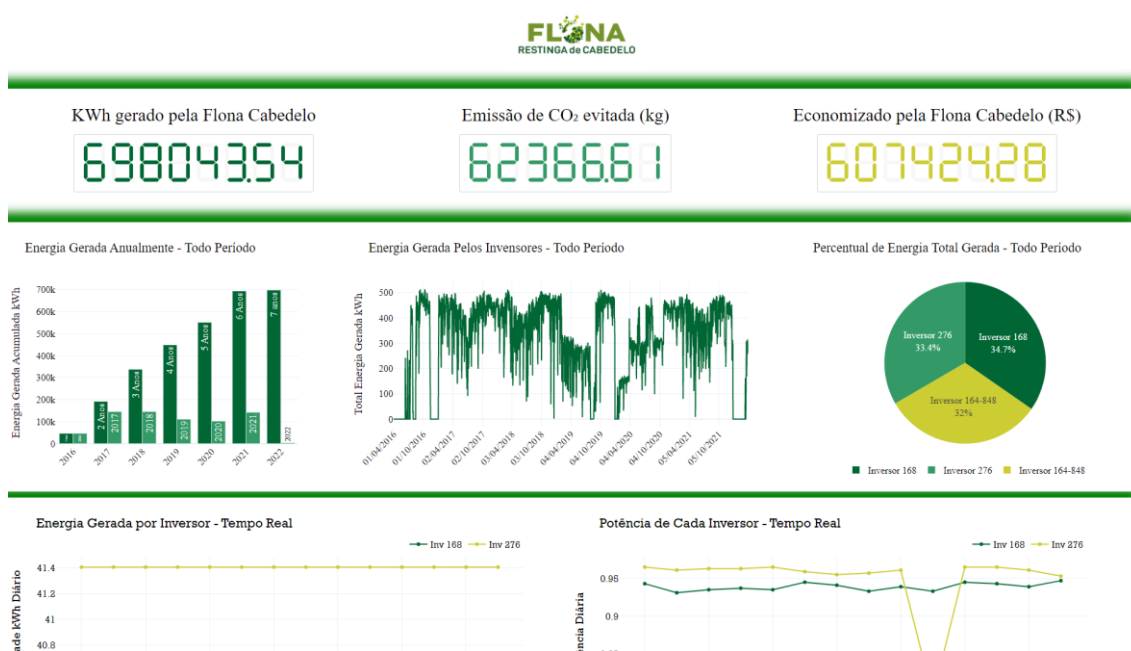
### 4.3 Dashboard Geral - monitoramento de produtividade do SFV

O *Dashboard* Geral possui as informações mais importantes relacionadas ao SFV da UC e está exposto nas figuras 6, 7 e 8. A interface caracteriza-se por ter na sua tela principal seis gráficos interativos e três displays, além da possibilidade de escolher um determinado intervalo de datas gerando mais dois gráficos para o intervalo selecionado.

A aplicação possui três displays que demonstram a quantidade de kWh gerado pelo SFV instalado na UC, a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> evitadas em kg e a economia financeira obtida. Os valores dos displays têm como base de cálculo todo o período de funcionamento do SFV, caracterizando-se por ser o acumulado.

Entre os gráficos, começamos com o primeiro gráfico, localizado no canto esquerdo da faixa central exposto na figura 6. O mesmo é um gráfico de barras verticais contendo a produção para cada ano e o acumulado ao passar dos anos. O intervalo de anos está entre 2016 a 2022. É possível ver algumas lacunas, especificamente nos anos de 2016 e 2019. Tal lacuna decorre do fato de ter havido troca de um dos inversores do sistema em 2019, que apresentou defeito técnico, substituído pelo fabricante no prazo de garantia de 5 anos. Assim, as planilhas de produção do equipamento anterior haviam sido salvas pelos gestores e permitem o *upload* manual no *Dashboard* para memória total da produção do SFV. Também é perceptível que o ano de 2021 foi o ano com melhor produção, segundo os dados extraídos. O ano de maior produção até o momento foi 2018 (145.796,46 kWh), este valor não é alcançado pelas bases utilizadas na aplicação, mas é alcançado pelas bases extraídas anteriormente a troca de inversores pelos gestores, com algumas perdas em 2019 decorrentes da longa espera para substituição do equipamento defeituoso. No ano de 2020, tivemos o período da pandemia que acarretou em problemas na produção do sistema nos meses iniciais do ano. Por fim, temos que a pouca produção encontrada na variável do ano de 2022 tem como um dos principais motivos um defeito ocorrido em um dos inversores, implicando no fim do seu funcionamento. O inversor que apresentou defeito, ainda, no fim de dezembro de 2021 foi encaminhado para troca pela equipe responsável da UC. O inversor que apresentou defeito, identificado como inversor 164, era o responsável pela interligação da rede entre os outros inversores, sendo assim, com a sua ausência ficou impossibilitado o acesso ao *software* Sunny Explorer, resultando na impossibilidade de extração de dados do SFV. O impacto desta ausência segue entre todos os componentes gráficos do *Dashboard*.

**Figura 6: Dashboard Geral - gráficos de produção**



**Fonte:** Dos autores.

O segundo gráfico, localizado ao lado do gráfico referido anteriormente, é um gráfico de linha, demonstrado na figura 6. O intuito do gráfico é mostrar a produção diária de todos os três inversores somados, ao longo da instalação do sistema solar fotovoltaico. Com a ajuda desse gráfico é possível entender que as lacunas, anteriormente notadas, se dão porque o ano de 2016 foi o ano de implementação do sistema na UC. Assim, durante este período houve uma série de testes, ajustes nas instalações elétricas do edifício sede, que abriga o sistema, culminando em um período de produção oscilante. Deste modo, o ano de 2016 não pode ser tido como um objeto de comparação de produção em relação aos outros do sistema. Mas a produção de 2016 é considerada no cômputo geral do projeto, para fins de economia de energia, dinheiro e emissões evitadas de CO<sup>2</sup>.

O terceiro gráfico que segue, no canto central direito, é um gráfico de pizza composto pelos valores acumulados ao longo dos anos para cada um dos três inversores. Vemos que os inversores estão produzindo normalmente, com o inversor 164 produzindo um pouco menos que outros. Como citado anteriormente, este inversor 164 substituiu o equipamento anterior (inversor 848), que apresentou defeito e foi trocado na garantia do

fabricante. Os dados de produção do outro equipamento foram salvos pela equipe da Flona e foram inseridos manualmente no painel *Dashboard*.

**Figura 7:** Dashboard Geral - gráficos de produção



**Fonte:** Dos autores.

A figura 7 exibe quatro gráficos. Os dois gráficos localizados na faixa superior da figura representam gráficos com valores recebidos em tempo real para o dia acessado na aplicação. Este feito só foi possível após um estudo detalhado da documentação do SFV e do protocolo de comunicação ModBus. O sistema solar instalado na UC permite a obtenção de dados de produção e das variáveis do seu sistema, como níveis de tensão, carga elétrica, temperatura interior, entre outras, através do protocolo ModBus. Após a criação do mecanismo que faz a requisição e recebe os dados de produção para o dia atual, foi incorporado os dois gráficos ao *Dashboard*. O gráfico a esquerda demonstra a quantidade de energia produzida, em kWh, por cada inversor do sistema. O gráfico da direita representa a potência, em W, de cada inversor do SFV.

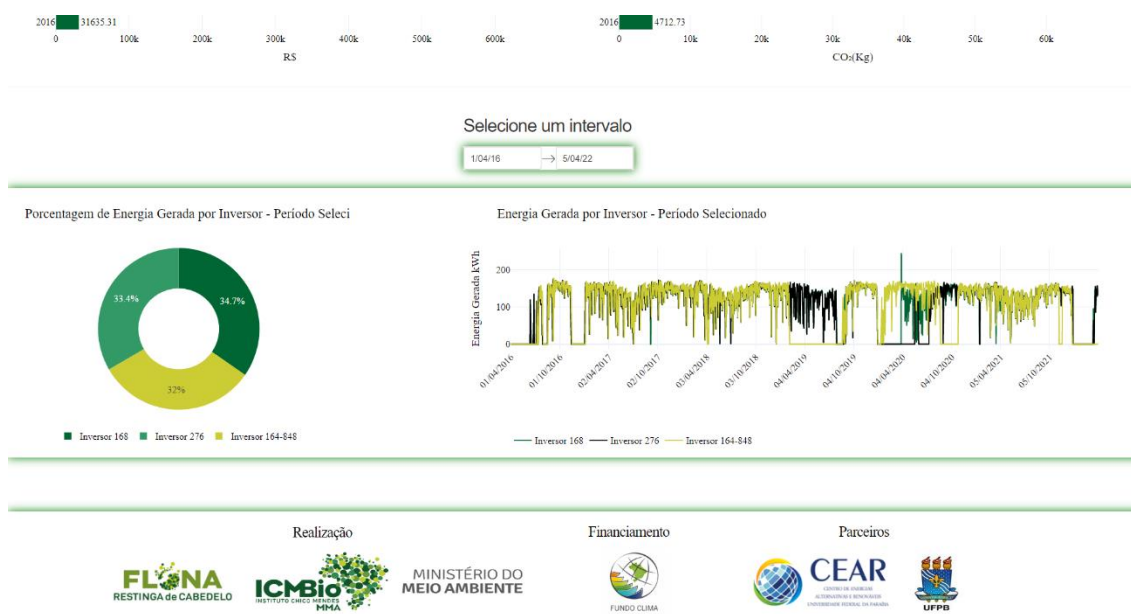
Logo abaixo dos gráficos de tempo real, temos na segunda linha do painel dois gráficos de barras horizontais que sintetizam os parâmetros de economia financeira (R\$) e emissões evitadas de CO<sup>2</sup> (Kg), relacionados à produção e consumo de energia elétrica

de fonte solar pelo ICMBio. Ambos representam a vida de operação do projeto, entre os anos 2016 a 2022, além do valor acumulado para todo esse intervalo.

O valor do kWh utilizado como base para o cálculo de economia para ano, sendo referenciado por dados da ENERGISA, foi o do ano base mais reajustes para cada ano individualmente. A tendência resultante no gráfico segue a mesma dos gráficos anteriores, com o ano de 2016, 2017 com baixa produção e os outros anos com produção considerável. O ano de 2021 foi o ano que mais rendeu economia aos cofres do ICMBio-PB.

Por fim, temos o gráfico referente às emissões evitadas de CO<sup>2</sup>. Para obtenção deste gráfico, relacionamos o parâmetro “fator de emissão de CO<sup>2</sup>” do Sistema Integrado Nacional de produção e distribuição de eletricidade no Brasil. Tal parâmetro é obtido no Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional, para cada ano base (EPE, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022). Em termos de resultado, como já era esperado após o estudo dos gráficos anteriores, os anos de 2016, 2019 e 2020 seguem com baixa quantidade produtiva e os restos dos anos com uma produção considerável. Entretanto, nos anos de 2019 e 2020 a diferença pode ser considerada baixa caso comparada aos outros anos que tiveram produção maior. Algo que chama a atenção é o fato que o ano de 2017 ficou muito próximo do ano de 2021, mesmo com o ano de 2021 produzindo muito mais kWh. O fator por trás disso é uma diminuição drástica na taxa de emissão entre os anos.

**Figura 8:** Dashboard com os gráficos por período selecionado.



**Fonte:** Dos autores.

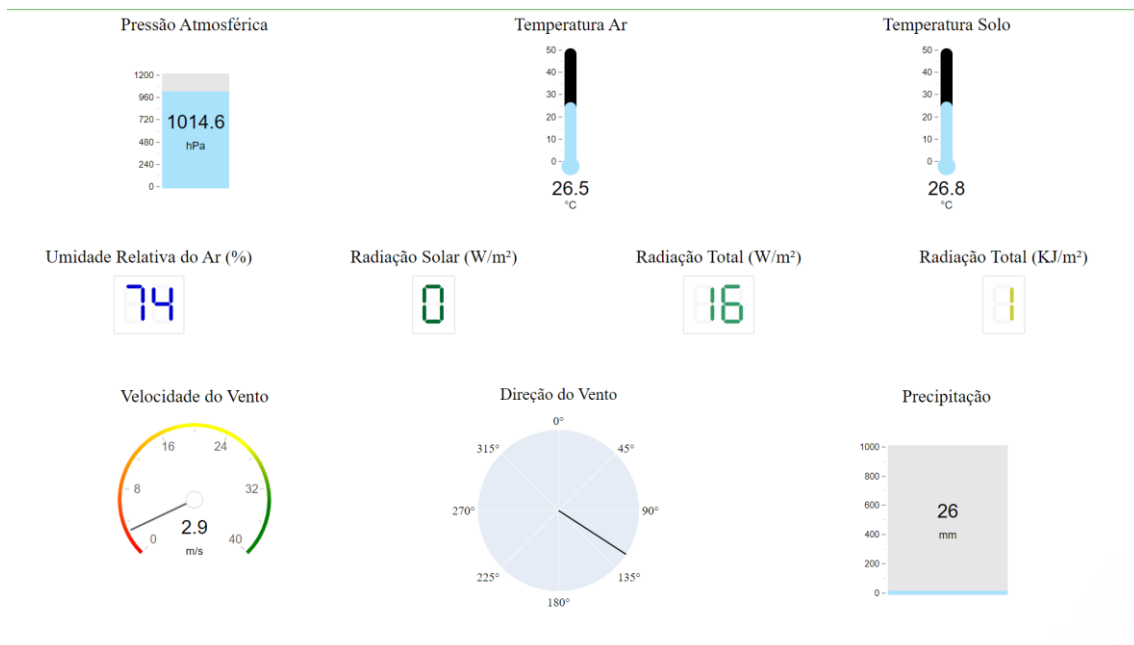
Ainda no *Dashboard*, abaixo dos dois gráficos de barra, encontram-se dois campos para seleção de datas, referenciados como “Data Inicial” (campo esquerdo) e “Data Final” (campo direito) ao acessar a aplicação. Esses dois campos servem para escolher o intervalo de tempo que será usado como parâmetro na criação dos gráficos. No exemplo da figura 8 temos a data inicial e final selecionadas, iniciando em 01/04/2016 até 05/04/2022.

O gráfico de rosca exposto na figura 8, localizada no canto esquerdo do *Dashboard* após a seleção do intervalo, demonstra a produção total de cada inversor para aquele intervalo de tempo. Caso seja escolhido um intervalo com o ano final anterior a 2020, serão obtidos alguns valores nulos para o inversor 164. Alguns valores nulos podem ser exibidos para o inversor 276 no ano de 2020. Como já foi dito antes, o inversor 164 foi substituído e as planilhas de produção do equipamento anterior foram salvas pelos gestores do ICMBio, sendo necessário sua inserção manualmente no *Dashboard*. Encerramos os gráficos do *Dashboard* com um gráfico de linha para o período selecionado (Figura 8). No gráfico é exposto a produção diária de cada inversor, para o período selecionado nos campos de datas. Caso seja escolhido um intervalo de início válido no campo inicial e para o campo final, veremos com mais clareza o que já foi constatado antes com o inversor 164. Também vemos que os inversores 168 e 276 sempre produziram uma quantidade muito boa de energia elétrica e de forma constante.

#### 4.4 Dashboard Estação – monitoramento da estação meteorológica de superfície automática

Finalizando as descrições dos *Dashboards*, temos o *Dashboard* Estação. Na figura 9 é exibido a interface para esta aplicação. A mesma apresenta os valores mais próximos da hora acessada pelo usuário para cada variável meteorológica ou climática. As variáveis são: Direção do Vento, Precipitação, Pressão Atmosférica, Radiação Solar em  $W/m^2$ , Radiação Solar Total em  $KJ/m^2$ , Temperatura do Ar, Temperatura do Solo, Umidade Relativa do Ar e Velocidade do Vento. Como já foi dito, os valores exibidos são os últimos lidos no dia pela aplicação. Entretanto, o campo para a variável precipitação segue a regra de exibir o acumulado para o dia.

**Figura 9:** *Dashboard* com os valores instantâneos para as variáveis climáticas e meteorológicas.



**Fonte:** Dos autores.



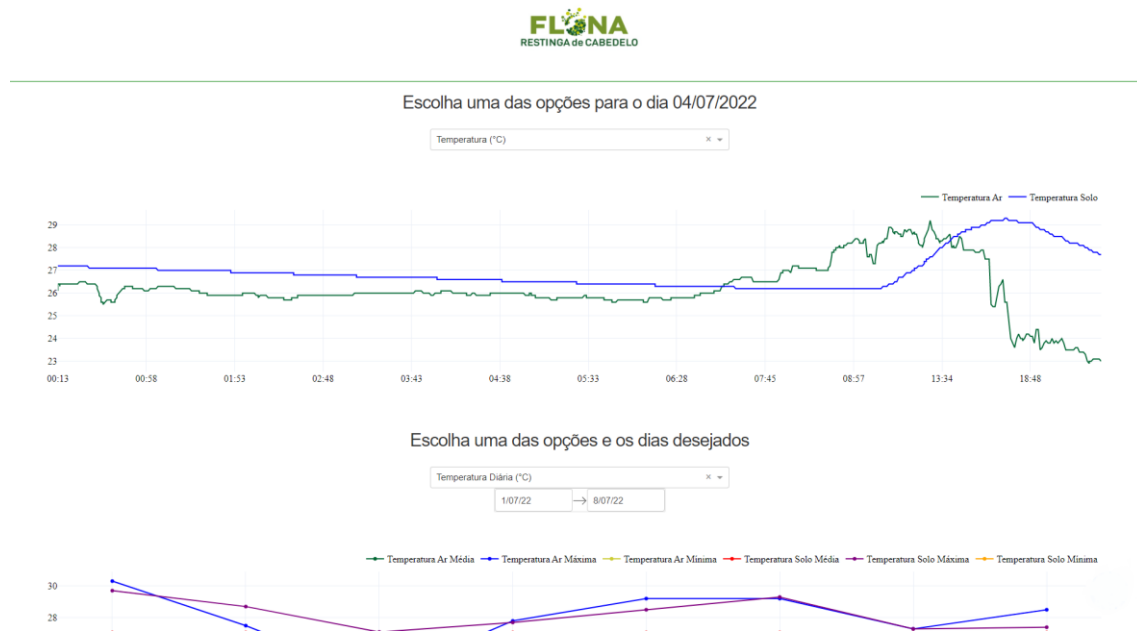
Na interface demonstrada na figura 9 é possível encontrar um botão com o texto “Mais informações sobre as variáveis.”. O botão em questão redireciona o usuário para outra interface, a interface resultante é exposta nas figuras 10 e 11. A interface é destinada para o usuário consultar, ao seu desejo, os dados para um intervalo de datas e os dados para o dia acessado. As variáveis disponíveis para consulta são as mesmas da interface anterior.

A primeira opção de consulta é referente a exibição dos valores para o dia acessado, logo após a escolha de variável pelo usuário, a aplicação demonstrará os dados referentes a variável selecionada para o dia acessado. Os dados exibidos são os dados recebidos pela estação e que, posteriormente, foram armazenadas no servidor AWS. Comumente os valores expostos nesta opção seguem o intervalo de amostragem entre 10 minutos ou mais. As opções de escolha de variável englobam todas as disponíveis que tenham algum grau de relação entre elas, um exemplo disso é a opção “Temperatura (°C)” que caso seja selecionada, exibirá tanto a temperatura do ar quanto a temperatura do solo. Caso ocorra algum erro no armazenamento de dados da aplicação e não seja possível a exibição de dados para o dia acessado, a interface exibirá uma mensagem informando que ocorreu um erro.

Logo abaixo da opção de consulta descrita anteriormente, temos a opção de consulta de dados para um intervalo de dias. Além de contar com a possibilidade de consulta das variáveis da opção anterior, este campo permite a consulta para valores diários únicos para o intervalo de tempo selecionado. No campo anterior, a exibição de dados seguia um parâmetro de amostragem no intervalo de 10 minutos ou mais. Neste campo a amostragem de dados, no gráfico, para as variáveis que não foram selecionadas com o texto “Diária” segue o intervalo de tempo entre horas, logo é exibido apenas um valor por hora. Para as variáveis que foram selecionadas com a opção “Diária” ao lado, é feito uma média para cada dia do intervalo de tempo selecionado e exibida no gráfico, além de demonstrar o menor e maior valor obtido no dia para cada variável. Esta opção de consulta além de contar com um gráfico de linha para a variável selecionada, conta também com a exibição de uma tabela com os dados horários de todas as variáveis para o intervalo de tempo selecionado. A tabela exibida oferece a opção de *download* caso o usuário necessite obter os dados da aplicação. Caso seja feito o *download*, o usuário receberá os dados horários para o intervalo selecionado com o arquivo no formato “.csv”.

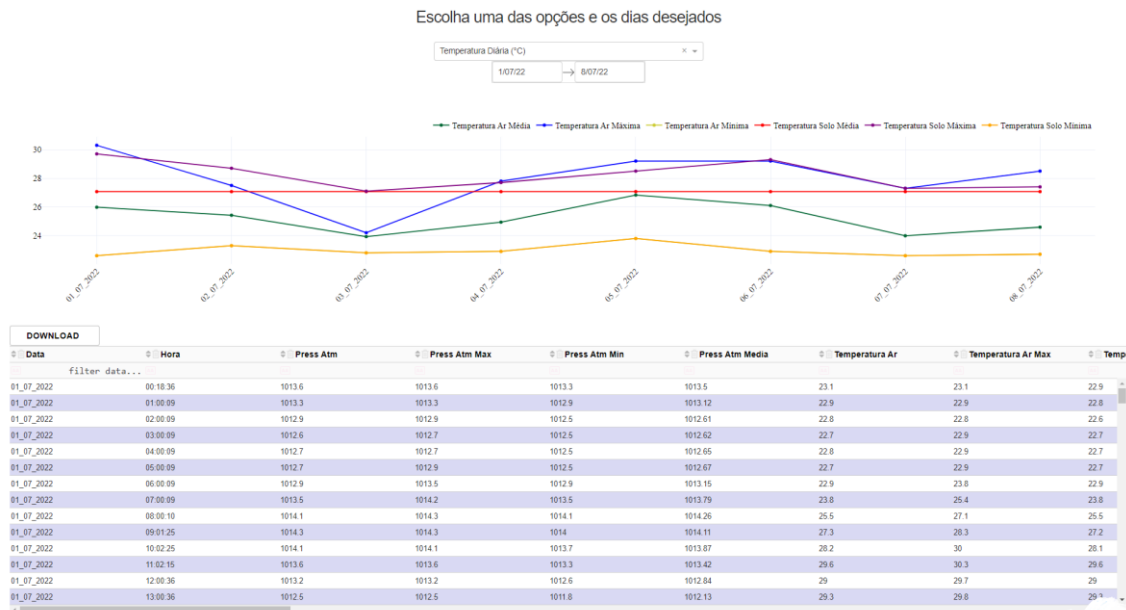
Em uma eventual ausência de dados para alguma hora, a aplicação demonstrará o valor zero para o campo destinado. Em caso de ausência de dados para o dia, a interface exibirá um aviso informado que ocorreu um erro.

**Figura 10:** *Dashboard* com os valores instantâneos para as variáveis climáticas e meteorológicas.



**Fonte:** Dos autores.

**Figura 11:** *Dashboard* com os valores instantâneos para as variáveis climáticas e meteorológicas.



Fonte: Dos autores.

#### 4.5 Análise da relação entre a produtividade do SFV e variáveis climáticas

Um dos objetivos traçados para este estudo foi a análise do impacto das variáveis climáticas e a produção do sistema solar fotovoltaica da UC. Dado o atraso na conclusão da instalação da EMSA na UC, concluindo em maio/2022, houve pouco tempo para desenvolver o que seria necessário para gerar os dados que seriam relacionados com os dados de produtividade do SFV. Outro fator que está relacionado com a conclusão tardia da EMSA é a pouca amostragem de dados gerada, ocasionando um período muito curto com dados e assim impossibilitando uma análise mais conclusiva. Como exemplificação do que foi idealizado, foi traçada uma abordagem que segue o conceito do objetivo almejado. Buscamos dados referentes ao ano de 2021 de uma Estação Meteorológica de Superfície (EMS), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a estação é a mais próxima da UC, localizada na região do Aeroporto de João Pessoa (cerca de 25 km da UC). Quando analisado a produtividade do SFV com os dados de temperatura, constata-se que para os dias com a maior produção diária de energia, (135 kWh), a temperatura média foi equivalente a 26 °C.

Este fato é interessante na virtude de poder explicar os limites de eficiência dos painéis fotovoltaicos quando atingem valores muito elevados.

## **5. Discussão e Conclusões**

O SFV da UC continua, de forma considerável, dando grandes frutos para o ICMBio-PB. A produção do sistema beneficia todas as unidades do ICMBio na Paraíba e contribuí para o planeta, considerando a quantidade de CO<sup>2</sup> evitada no decorrer dos anos, pelo não consumo de energia do Sistema Integrado Nacional. Uma grande parcela da população deseja saber, realmente, se um sistema solar fotovoltaico consegue render bons resultados, pois, além das altas tarifas de energia, agravadas pela escassez hídrica, com tendência de aumento gradativo nos próximos anos. Há um desejo geral da sociedade, não necessariamente refletido em ações concretas, de mudança na relação produção de energia e de impacto ambiental. Na região da Flona Cabedelo, o fato de haver um sistema dessa magnitude, funcionando e gerando resultados reais, é de grande relevância em um órgão público, especialmente da área ambiental e com agenda de visitação e educação. Esses fatores deixam uma porta aberta para novos caminhos no que diz respeito à geração de energia na Paraíba e até mesmo no Brasil.

Os objetivos iniciais deste projeto PIBIC, foram parcialmente atingidos. Mas contamos com uma aplicação na internet com acesso livre para todos, que precisa ser aperfeiçoada em suas funções e também no visual, harmonizada com a identidade do ICMBio e superando os problemas de conectividade que encontramos na rede de internet do órgão. Esse problema deve ser resolvido nos próximos meses, dado que a equipe responsável pelo projeto e os agentes da UC já trabalham para resolver os problemas de conexão entre os inversores e os computadores da UC, para que tenhamos atualizações em tempo real, acessíveis para qualquer pessoa. Este é um dos pilares do projeto, deixando todo o processo de exibição, na agenda de visitação, principalmente, mais efetivo. Também abre grandes possibilidades para a realização de materiais informativos e educativos sobre os temas abordados nesse estudo.

Outros objetivos, como criação de materiais e integração dos dados meteorológicos ainda seguem com suas dificuldades, devido ao atraso na instalação da EMSA da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo. Os materiais informativos criados antes deste plano de trabalho já são bem abrangentes e interessantes, restando apenas a

atualização de informações a partir de 2018, inserção de novos aprendizados - especialmente sobre falhas e dificuldades técnicas no SFV - além da discussão sobre a influência das variáveis atmosféricas na produtividade do sistema. Novos materiais informativos serão criados quando concluirmos os objetivos ainda pendentes e aperfeiçoarmos o aspecto visual dos painéis do sistema *web (Dashboards)*.

Após a obtenção das variáveis climáticas por um período de tempo maior, será feito um estudo comparativo com a produção do SFV, o que nos permitirá gerar dados valiosos para o planejamento de projetos fotovoltaicos na região, além de aperfeiçoar as estratégias de comunicação e educação ambiental sobre o tema, incorporando-os nos programas de gestão da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo. Por isso, nossa expectativa é solicitar uma nova bolsa PIBIC para o próximo ano, de modo que possamos rodar o sistema desenvolvido, integrar os dados da EMSA e monitorar a influência das variáveis atmosféricas por, pelo menos, um ano futuro.

O almejado no projeto inicial, fruto do plano de trabalho submetido ao PIBIC, foi parcialmente concluído. Ainda faltam algumas pendências, abordadas anteriormente, mas com fácil resolução. O maior problema enfrentado até agora no projeto, e que está causando o maior atraso na finalização dos objetivos referente ao sistema solar, é a dificuldade encontrada na conexão entre o SFV, internet e computadores da UC. Após a resolução do problema de conexão e aperfeiçoamento da aplicação, todos os objetivos devem ser alcançados, possivelmente solicitando extensão da vigência do cronograma para ajustes e monitoramento das ferramentas desenvolvidas.

## **6. Recomendações para o manejo**

Recomenda-se que a equipe gestora do ICMBio estabeleça diálogo com a gestão de redes da instituição para sanar os problemas de conectividade com a internet e restrições de *firewall*, que tanto prejudicaram o trabalho da equipe e que também atrasaram este projeto. Recomenda-se ainda, diante do sucesso do SFV da UC, que o ICMBio busque replicar estes sistemas em outras Unidades de Conservação e que explore com mais afinco a temática energética em suas ações de conservação, podendo ser um líder neste tipo de iniciativa dentro do serviço público. Os erros, acertos, vantagens e dificuldades acumulados no curso deste projeto, demonstram a viabilidade da iniciativa e

o retorno financeiro para a instituição, mas com um custo gerencial que exige dedicação e compromisso da alta gestão do órgão.

Após quase seis anos de operação do sistema, ainda não foi possível que o ICMBio contrate um serviço de Operação e Manutenção (O&M) do SFV. Este fato sobrecarrega a equipe da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo que criou e mantém o projeto com muito apreço ao bem público e à imagem institucional. Este tipo de contrato tem baixo custo, previne e corrige problemas mantendo a produtividade do SFV e garantindo economia real, de cerca de R\$ 100.000,00/ano, para o ICMBio. Pelos dados até agora consolidados podemos afirmar que o custo do sistema em si - inversores, painéis solares e outros componentes elétricos (aprox. R\$ 500.000,00) - já foi pago com a economia de energia. Mantê-lo funcionando, além de fazer bem para a saúde financeira do ICMBio, traz um impacto positivo incomensurável para a imagem da instituição, além de ser referência para a sociedade local e regional como projeto de energia renovável bem-sucedido.

Por fim, é importante que a equipe da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo sistematize os dados do projeto para publicação em eventos e periódicos científicos, dada a relevância desta experiência para a discussão sobre sustentabilidade energética no contexto nacional.

## 8. Citações e referências bibliográficas

A3P. Boas práticas A3P. Agenda Ambiental na Administração Pública. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2018. Disponível: <http://a3p.eco.br/produto/projeto-demonstrativo-geracao-energia-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 30 AGO 2022.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa n° 482 de 17 de abril de 2012: Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 76, p.53, 19/04/2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2016>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2017. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2019>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2020>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2021>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2021>. Acesso em: 30 AGO 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2022. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2022>>. Acesso em: 30 AGO 2022.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SANTOS, Djail. Climatologia do Estado da Paraíba. 1. ed. Campina Grande: EDUFCG, 2017. 76 p.

GITHUB. About. 2021. Disponível em: <https://docs.github.com/pt>. Acesso em: 24 ago. 2022.

HEROKU. About Heroku | Heroku. 2021. Disponível em: <https://www.heroku.com/about>. Acesso em: 30 ago. 2022.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Boas práticas na gestão de Unidades de Conservação. ICMBio/Ipê, Brasília, 2018. Disponível: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/boas\\_praticas\\_na\\_gestao\\_de\\_ucs\\_edicao\\_3\\_2018.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/boas_praticas_na_gestao_de_ucs_edicao_3_2018.pdf) . Acesso: 30 AGO 2022.

IEA. Snapshot of Global PV Markets. Photovoltaic Power Systems Programme, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. São José dos Campos - Brasil, 2017. Atlas.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Cidades e Estados. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb.html>. Acesso em: 30 ago. 2022.

IRENA. National policies and the role of communities, cities and regions (Report to the G20 Climate Sustainability Working Group (CSWG)). IRENA Climate Change and Renewable Energy, Abu Dhabi, 2019.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. Estudos Avançados [online]. 2008, v. 22, n. 63 [Acessado 30 Agosto 2022], pp. 83-96. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>>. Epub 27 Jan 2010. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>.



MICROSOFT. Documentation for Visual Studio Code. 2021. Disponível em: <https://code.visualstudio.com/docs>. Acesso em: 30 ago. 2022.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Fundo Nacional Sobre Mudança no Clima. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/apoio-a-projetos/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima>. Acesso em: 30 AGO 2022.

PLOTLY. Introduction | Dash for Python Documentation | Plotly. 2022. Disponível em: <https://dash.plotly.com/introduction>. Acesso em: 30 ago. 2022.

POSTGRESQL. PostgreSQL wiki. 2021. Disponível em: <https://wiki.postgresql.org/wiki/FAQ>. Acesso em: 30 ago. 2022.

PYTHON. General Python FAQ - Python documentation. 2022. Disponível em: <https://docs.python.org/3/faq/general.html>. Acesso em: 30 ago. 2022.

SMA Solar. Sunny Explorer: a free PC Software solution. Disponível em: <https://www.sma.de/en/products/monitoring-control/sunny-explorer.html>. Acesso em: 30 AGO 2022.