



# Captura Automatizada de Informações Meteorológicas e Imagens de Satélite para a Predição de Geração de Energia Solar Fotovoltaica

Carlos Alejandro Urzagasti  
Universidade Federal da Integração  
Latino Americana (UNILA)  
Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil  
carlos.uzzagasti@aluno.unila.edu.br

Joylan Nunes Maciel  
Universidade Federal da Integração  
Latino Americana (UNILA)  
Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil  
joylan.maciel@unila.edu.br

Victor Hugo Wentz  
Universidade Federal da Integração  
Latino Americana (UNILA)  
Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil  
victor.wentz@aluno.unila.edu.br

Jorge Javier Gimenez Ledesma  
Universidade Federal da Integração  
Latino Americana (UNILA)  
Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil  
jorge.ledesma@unila.edu.br

Oswaldo Hideo Ando Junior  
Universidade Federal da Integração  
Latino Americana (UNILA)  
Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil  
oswaldo.junior@unila.edu.br

**Abstract**— One of the ways to supply the growing consumption of electric energy is with of photovoltaic solar energy. However, climatic conditions promote instability in this type of energy generation, clean and renewable. This study integrates a research on the prediction of photovoltaic solar energy generation. The objective is to develop a tool for automated capture of meteorological information and satellite images for a given geographical location, using meteorological services available on the Internet. The preliminary results are satisfactory and demonstrate the suitability of the method used. The solution will be made available (open-source) and will contribute to the development of projects that require automated capture of the used information.

**Resumo**— Uma das maneiras de suprir o crescente consumo de energia elétrica é por meio da energia solar fotovoltaica. No entanto, as condições climáticas promovem instabilidade neste tipo de geração de energia, limpa e renovável. Este estudo integra uma pesquisa sobre a predição de geração de energia solar fotovoltaica. O objetivo consiste em desenvolver uma ferramenta para captura automatizada de informações meteorológicas e imagens de satélite para uma determinada localização geográfica, utilizando serviços meteorológicos disponíveis na Internet. Os resultados preliminares são satisfatórios e demonstram a adequabilidade do método utilizado. A solução será disponibilizada (open-source) e contribuirá para o desenvolvimento de projetos que necessitem de captura automatizada das informações utilizadas.

**Palavras-chave**—predição de energia solar fotovoltaica; imagens de satélite; informações meteorológicas.

## I. INTRODUÇÃO

Segundo a matriz energética brasileira, entre os anos 2018 e 2019, Brasil teve um aumento na participação das fontes renováveis, de 45,5% para 46,1%. Do total da energia renováveis instalada, 11,1% correspondem para Energia Solar [1]. Nesse sentido, a diversificação da matriz energética com fontes renováveis vem aumentando e resulta evidente que a energia solar é uma opção promissora para complementar a geração hidroelétrica [2].

A geração de energia solar fotovoltaica depende da irradiância solar, da localização geográfica e outros fatores,

tais como as nuvens, ventos, entre outros [3], que causam intermitência na geração. Além disso, a falta de luz solar contribui para diminuir a eficiência e oscilações do sistema [4]. O estudo realizado em [5] apresenta uma classificação de tipos de nuvens e seus efeitos provocados na intermitência de geração, ou seja, o problema de diminuição da potência gerado é causado principalmente por nuvens dos tipos Altocumulus, Stratocumulus e Cumulus.

Diante disto, torna-se relevante realizar a Predição do Potencial de Geração de Energia Solar fotovoltaica (PPGESF) para prever as oscilações durante a geração. Diversos estudos têm sido publicados para se prever o comportamento das nuvens e parâmetros físicos como temperatura, umidade, velocidade do vento [7]. Uma das abordagens de predição consiste em antecipar a irradiação solar futura com diferentes horizontes temporais e em um espaço geográfico delimitado [8]. Distintas técnicas e tecnologias podem ser utilizadas com base no horizonte de predição. Existem técnicas como *nowcasting* [9] para predições de curto prazo (0 a 3 horas) e *forecasting* para poucas horas ou até semanas [10].

Dependendo da técnica utilizada, do horizonte de predição e da superfície que esta ocupa, utilizam-se diferentes equipamentos e modelos, por exemplo câmera de céu claro, celiômetros, radiômetros, imagens de satélites, métodos numéricos, outros. Especialistas asseguram que para conseguir uma predição mais precisa é necessária a combinação das técnicas, chamados modelos híbridos [11]

A revisão literária realizada permitiu constatar que alguns dos serviços que fornecem essas informações na Internet disponibilizam Interfaces de Programação Aplicada (API) para *download* das informações. Alguns exemplos destes são os trabalhos publicados por [12]–[14]. No entanto, não foram observados softwares que facilitem a extração dessas informações de modo mais simples e sem a necessidade de



se conhecer técnicas e linguagens de programação específicas.

O presente estudo faz parte de um projeto que visa construir uma ferramenta de PPGESF. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa consiste em desenvolver uma ferramenta computacional, de uso simplificado, que realize a captura automatizada de imagens e informações meteorológicas de satélite, para uma determinada localização georreferenciada (latitude e longitude), a partir de serviços gratuitos disponíveis na Internet. Além do seu uso na solução de PPGESF, pretende-se disponibilizar a ferramenta de modo *open-source* para a comunidade e, assim, fomentar, otimizar e facilitar o desenvolvimento de projetos necessitem a captura de informações meteorológicas e imagens de satélite de modo automatizado.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da ferramenta de captura automatizada de imagens e informações meteorológicas, cuja proposta preliminar é descrita neste estudo, contempla o uso das seguintes tecnologias e ferramentas (Tabela 1):

TABELA I  
FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS UTILIZADAS.

#	Descrição	Referência
1	Linguagem Python com as APIs <i>requests</i> , <i>json</i> , <i>datetime</i> , <i>pandas</i>	[15]
2	Dispositivo para o processamento computacional com Sistema Operacional Linux Ubuntu e acesso à Internet	-
3	Sistema de informação Geográfica Open Source (QGIS)	[16]
4	Serviço de imagens e informações meteorológicas de satélite da CPTEC	[12]

A metodologia de desenvolvimento desta pesquisa consistiu na definição e execução das fases de: (i) análise de requisitos da ferramenta, (ii) revisão bibliográfica e de serviços disponíveis na Internet, (iii) projeto, desenvolvimento e testes da ferramenta computacional, versão preliminar, para a captura automatizada das informações e imagens de satélite.

## III. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento da ferramenta automatizada de coleta de imagens e informações meteorológicas de satélite, em uma determinada localização georreferenciada, foi dividido em duas partes cuja as descrições são relatadas a seguir.

### A. Identificação e classificação de nuvens

As nuvens podem ter diferentes classificações, tais como: Cirrus, Cirrocumulus, Cirrostratus, Altocumulus, Stratus, Stratocumulus, Nimbostratus, Cumulus, Cumulimbus [6]. O serviço público de acesso via Internet utilizado para captura das imagens é de responsabilidade do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e usa o satélite GOES-16, projetado para prover informações meteorológicas, dentre outras [12].

As imagens coletadas empregam um modelo de mapa de *bits* unidimensional [17] que fornece informações relativas aos tipos de nuvens com base na cor do pixel, classificando os diferentes tipos de nuvens conforme a Fig. 1.

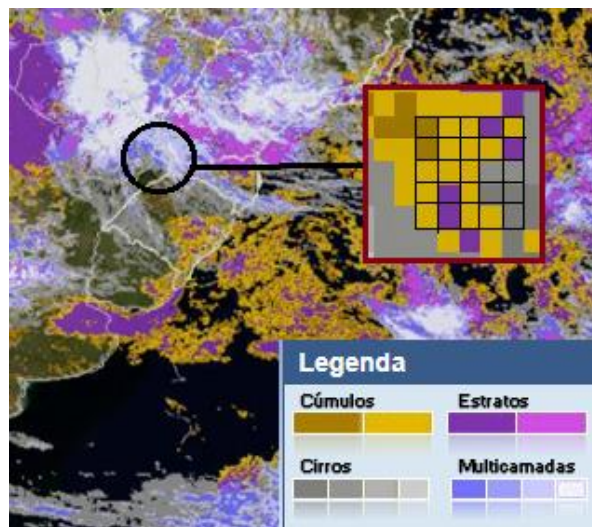


Fig. 1. Exemplo de imagem capturada e identificação das nuvens.

No exemplo acima a imagens obtida corresponde a região de América do Sul, e tem dimensões de 1800x1800 *pixels* e 8 bits de profundidade. Foi implementado um conjunto de código (*script*) em Python que consulta a base de dados do CPTEC e realiza o *download* de um pacote de imagens dentro de uma faixa horária previamente informada (por exemplo, das 8 às 19 horas). Um exemplo de código desenvolvido é exibido no Quadro 1. Os resultados obtidos são as imagens transmitidas por meio do formato *JavaScript Object Notation (json)*, as quais são armazenadas no formato *Portable Network Graphic (png)*.

```
import datetime
import requests
import json
aaaa=input("Ano: ")
mm=input("Mes: ")
dd=input("Dia ")
today=datetime.date.today()

with open ('datas.json', 'r') as file:
    datas=json.load(file)
    for key, value in datas.items():
        url_imagen = "http://satellite.cptec.inpe.br/
repositoriogoies/goes16/class_nuvens/class_nuvens_web/"+aa
aa+"/"+mm+"/S11632408_"+ aaaa + mm + dd + value + ".gif"
        nome_local_image = "image-" + key + "-" + aaaa +
mm + dd + "-" + value + ".png"
        imagen = requests.get(url_imagen).content
with open(nome_local_image, 'wb') as handler:
    handler.write(imagen)
```

Quadro 1. Trecho de código-fonte para captura de imagens de satélite.

Identificou-se no pós-processamento da imagem capturada a necessidade de identificar uma determinada coordenada geográfica (latitude e longitude) na imagem. Para isto, utilizou-se o método *raster* do software Qgis [16],

onde a imagem é georreferenciada no padrão UTM (*Universal Transversal de Mercator*) por meio de transformação polinomial com o *Global Positioning System* (GPS) EPSG:4674-SIRGAS 2000 [16]. A imagem foi processada usando método de 4 pontos de referência, cujas as coordenadas de georreferenciamento podem ser observadas na Fig. 2.

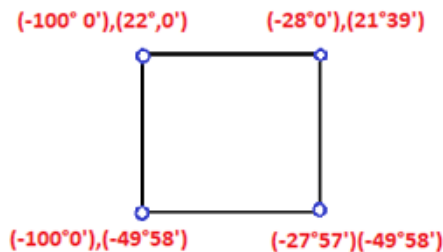


Fig. 2. Coordenadas de georreferenciamento das imagens.

A imagem processada contém as informações das coordenadas geográficas, que podem ser aplicadas em todas as imagens obtidas da CPTEC, utilizando módulo em conjunto com a linguagem Python. O código de georreferenciamento das imagens ainda continua em desenvolvimento, no entanto, os resultados preliminares sugerem a adequabilidade do método.

#### B. Coleta de informações meteorológicas

As informações meteorológicas utilizadas na PPGESF geralmente são utilizadas por métodos de predição estatísticos e de Aprendizagem de Máquina [10], [18]. Para realizar a captura dessas informações foi implementado um *script* foi desenvolvido para coletar os dados meteorológicos, cujo protocolo de transferência das informações utiliza a API *json*, conforme exibido no trecho de código do Quadro 2. Essas informações são posteriormente armazenadas em arquivos no formato de arquivo *Comma-Separated Values* (*csv*), permitindo seu uso por outras aplicações.

```
import requests
import json
import datetime
import pandas as pd

data = (datetime.date.today())
lat = input('latitude:')
lon = input('longitude:')
dados_tempo =
requests.get('https://api.hgbrasil.com/weather?key=f85f7ffa&
lat='+lat+'&lon='+lon+'&user_ip=remote').json()
df=pd.DataFrame(dados_tempo['results'])
```

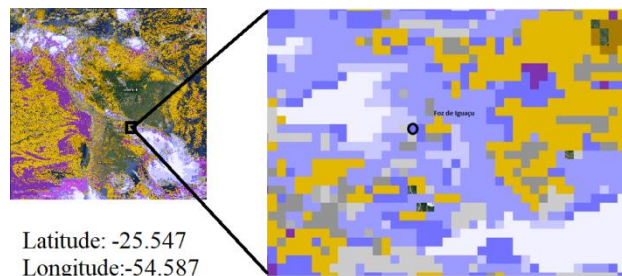
Quadro 2. Trecho de código-fonte para captura de dados meteorológicos.

#### IV. RESULTADOS PRELIMINARES

O presente estudo se encontra em desenvolvimento. Com base no objetivo pôde-se constatar, em testes preliminares, que o método utilizado se mostrou adequado e permitiu automatizar a captura de informações meteorológicas e imagens de satélite para uma determinada localização georreferenciada por meio da latitude e longitude.

A Fig. 3 ilustra um resultado obtido para o ponto geográfico compreendendo as seguintes informações de entrada: Latitude = -25.547, Longitude = -54.587, data = 17/11/2020 e período = 11h30 à 12h30. Pode-se observar a imagem de satélite com a representação das nuvens e cores relativas à sua classificação.

Além disso, as informações meteorológicas relativas à localização e período informado são exibidas. Ressalta-se que as informações exibidas se referem somente a uma das amostras coletadas no período especificado e corresponde a localização da cidade de Foz do Iguaçu, no Paraná.



<b>Data</b>	17/11/2020
<b>Horário</b>	12:20
<b>Cidade</b>	Foz do Iguaçu
<b>Condição</b>	Chuva
<b>Umidade</b>	93%
<b>Temperatura</b>	18
<b>Velocidade do vento</b>	2.1 km/h
<b>Pressão atmosférica</b>	1019 hPA

Fig. 3. Resultados obtidos para uma localização georreferenciada.

#### V. CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

A ferramenta computacional apresentada neste estudo, e que ainda está sendo aprimorada e será disponibilizada de modo *open-source*. Nesse sentido, umas das contribuições consiste em prover à comunidade uma solução gratuita e útil àquelas pesquisas em que haja a necessidade de se automatizar a coleta de informações meteorológicas e imagens de satélite a partir de uma determinada localização georreferenciada.

Por outro lado, no contexto desta pesquisa, a disponibilidade da ferramenta desenvolvida proporciona o acesso automatizado à informações capturadas que possibilitarão o desenvolvimento de um dispositivo que realiza a Predição do Potencial de Geração de Energia Solar, contribuindo assim para o desenvolvimento de uma ferramenta nesta área de pesquisa, principalmente no cenário atual e tecnológico da América Latina onde existem poucas iniciativas similares [18].

Por fim, outra contribuição científica consiste no desenvolvimento e aplicação do método para a captura automatizada de informações meteorológicas e imagens de satélite de uma determinada localização georreferenciada, sem a necessidade de conhecimento em técnicas e linguagens de programação. Até o momento não foram observadas na literatura aplicações com características similares de usabilidade e utilizando os dados de serviços públicos empregados nesta pesquisa, tais como [12]–[14]. Os trabalhos futuros consistem no aprimoramento do método utilizado, uso de outros serviços na Internet e a execução de testes adicionais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Integração Latino-Americana (UNILA), Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade (PPGIES), ao Programa Agenda Tríplice da UNILA e ao Grupo de Pesquisa em Energia e Sustentabilidade Energética (GPEnSE) por disponibilizar a infraestrutura e fomento para esta pesquisa. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação Araucária (FAPPR).

## REFERÊNCIAS

- [1] R. B. Santos. Resenha Energética Brasileira Ano Base 2019. 32. 2020.
- [2] R. C. Torres, “Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.,” *Diss. apresentada à Esc. Eng. São Carlos, da Univ. São Paulo-SP*, p. 164, 2012.
- [3] C. C. Martins, M. Sperandio, and D. Welfer, “Cloud Variance Impact on the Voltage and Power Flow of Distribution Networks with Photovoltaic Generators,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. Vol. 100 N, 2020.
- [4] M. G. Villalva, *Energia Solar Fotovoltaica*, 1 ed. São Paulo, 2012.
- [5] D. dos S. F. Soares, “Impactos da Dinâmica Atmosférica na Flutuação de Potência em Usinas Fotovoltaicas,” 2014.
- [6] INPE, “Princípios de Meteorologia e Meio Ambiente,” *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*, 2020. <https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml> (accessed Oct. 06, 2020).
- [7] D. Yang, J. Kleissl, C. A. Gueymard, H. T. C. Pedro, and C. F. M. Coimbra, “History and trends in solar irradiance and PV power forecasting: A preliminary assessment and review using text mining,” *Sol. Energy*, vol. 168, pp. 60–101, 2018, doi: 10.1016/j.solener.2017.11.023.
- [8] U. K. Das *et al.*, “Forecasting of photovoltaic power generation and model optimization: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, no. August 2017, pp. 912–928, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.017.
- [9] J. A. Torres, “Estimation and forecasting methods for design and operation of photovoltaic plants.”
- [10] R. Blaga, A. Sabadus, N. Stefu, C. Dughir, M. Paulescu, and V. Badescu, “A current perspective on the accuracy of incoming solar energy forecasting,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 70, pp. 119–144, 2019, doi: 10.1016/j.pecs.2018.10.003.
- [11] E. Wolfram *et al.*, “Atmosférico De La Patagonia Austral Cloud Optical Depth Intercomparison Measured With Different Instruments At Southern Patagonia,” vol. 25, no. September 2011, pp. 24–30, 2012.
- [12] INPE, “CPTec: Pindara - Classificação Diurna,” *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*, 2020. <http://pindara.cptec.inpe.br/nuvens> (accessed Oct. 15, 2020).
- [13] INMET, “INMET: Monitoramento de Satélite GOES,” *Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)*, 2020. .
- [14] OpenWeather, “Open Weather API,” *OpenWeather Company*, 2020. .
- [15] G. van Rossum, “Python 3.9.0 documentation,” *Python Software Foundation*, 2020. <https://docs.python.org/3/>.
- [16] QGIS, “Documentación del QGis 2.14: Complemento Georreferenciador,” 2020. [https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/user\\_manual/plugins/plugins\\_georeferencer.html](https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/user_manual/plugins/plugins_georeferencer.html) (accessed Sep. 28, 2020).
- [17] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, 2011.
- [18] J. N. Maciel, J. J. G. Ledesma, and O. H. Ando Junior, “Forecasting Solar Power Output Generation: A Systematic Review with the Proknow-C,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 100, no. No. 1e (2020): Early Access, 2020.