

GaiaSenses: Acesso à base de dados de satélite e tratamento de seus produtos

Isabella Ribeiro Rigue¹, Artemis Moroni²

isabella.rigue@cti.gov.br, artemis.moroni@cti.gov.br

**Divisão de Sistemas Ciberfísicos – DISCF
CTI/MCTI Renato Archer – Campinas/SP**

Abstract. *Climate change is becoming an increasingly alarming issue and action is needed to try to get around it. In this bias, the GaiaSenses project aims to access data from planetary platforms, according to the GPS location of the user, in order to produce a visual composition linked to climatic effects, functioning as an alert for the population. In this article we will describe the access and treatment applied to the GOES-16 satellite products, one of the essential steps for the creation of the GaiaSenses app.*

Resumo. *As mudanças climáticas estão se tornando um problema cada vez mais alarmante e são necessárias atitudes para tentar contorná-lo. Nesse viés, o projeto GaiaSenses tem como objetivo acessar dados de plataformas planetárias, de acordo com a localização GPS do indivíduo, a fim de produzir uma composição visual ligada a efeitos climáticos, funcionando como um alerta para a população. Neste artigo descreveremos o acesso e tratamento aplicado aos produtos do satélite GOES-16, uma das etapas essenciais para a criação do aplicativo GaiaSenses.*

1. Introdução

Encontrar maneiras criativas de colocar as mudanças climáticas no centro das atenções é fundamental para motivar a participação, que proporciona a ação [1]. O projeto GaiaSenses propõe o desenvolvimento de um aplicativo móvel, através do qual as pessoas vão diariamente receber obras audiovisuais criadas com dados de sua região local. O aplicativo irá gerar uma composição audiovisual a partir da localização GPS do usuário, acessando dados de satélites e plataformas planetárias. A composição servirá como alerta para as condições climáticas locais, eventualmente desencadeando ações de proteção à biodiversidade. [2]

Um aspecto crucial no desenvolvimento do projeto GaiaSenses é o acesso e tratamento dos dados meteorológicos, que são muitos, para aplicação nas composições audiovisuais. Descreveremos neste artigo o tratamento aplicado e os procedimentos

desenvolvidos. Inicialmente foram selecionados os seguintes produtos, recomendados pela equipe do Centro Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI): 1. quantidade de chuva, 2. ventos, 3. incêndios e 4. raios. Os produtos estão armazenados em formatos variados e diferentes rotinas foram usadas para o seu tratamento.

A seguir, explicamos o acesso aos dados e algumas características dos produtos. Na seção 3 expomos a metodologia adotada. Na seção 4 apresentamos quadros de uma animação desenvolvida sobre os dados e na seção 5 temos os próximos passos.

2. O Acesso aos Dados no satélite GOES-16

Para a geração de composições audiovisuais a partir de dados locais é necessário, primeiramente, realizar o acesso à base de dados do satélite, juntamente com o download e tratamento de seus produtos, deixando-os em um formato viável para se produzir as composições. Um vídeo demonstrativo do que poderiam ser essas composições audiovisuais pode ser visualizado em [3]. A figura 1 apresenta o fluxo de dados no aplicativo GaiaSenses:

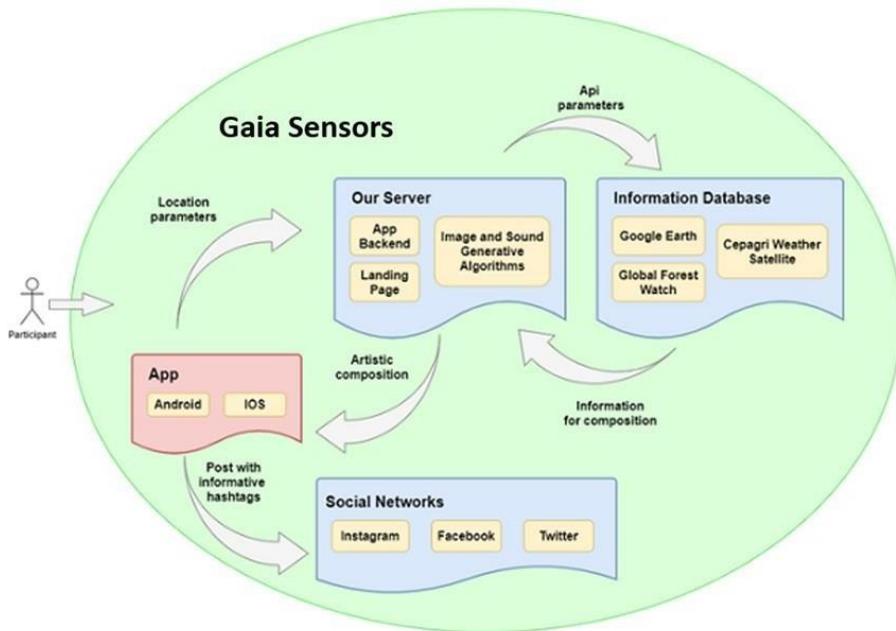


Figura 1 . Diagrama do fluxo de dados do aplicativo GaiaSenses

Por facilidade de acesso, optamos por trabalhar com o satélite meteorológico GOES-16 disponibilizado pelo CEPAGRI. Visando entender melhor o funcionamento do satélite e o que poderia ser extraído dele, foi feita uma pesquisa com base nas referências [4], [5] e [6].

2.1. Sobre o satélite

O satélite GOES-16 (NOAA Satellites, 2016) é resultado de uma missão conjunta entre a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) e a NASA (National Aeronautics and Space Administration). É um satélite de última geração e reúne dados e imagens sobre o clima no hemisfério ocidental (engloba toda América e parte da África), propiciando a observação precisa de fenômenos tais como tempestades severas, fogo, fumaça, aerossóis e cinzas vulcânicas. [2]

A bordo do satélite GOES há vários instrumentos ou sensores: *GLM* (*Geostationary Lightning Mapper*), para mapeamento dos raios; *ABI* (*Advanced Baseline Imager*), para captação das imagens; *SUVI* (*Solar Ultraviolet Imager*); *EXIS* (*Extreme Ultraviolet and X-ray Irradiance Sensors*); *SEISS* (*Space Environment In-Situ Suite*) e *MAG*: *Magnetometer*. [2]

2.2. Produtos

A seguir descrevemos os produtos escolhidos, recomendados pela equipe do CEPAGRI: quantidade de chuva, ventos, incêndios e raios. O satélite captura uma imagem com as informações desses e o formato do arquivo é NetCDF (NC), com exceção dos incêndios, que possuem formato CSV. Note que entre parênteses está o nome oficial do produto e o instrumento ou sensor utilizado.

- **Quantidade de chuva.** (*ABI L2 Rainfall Rate; Quantitative Precipitation Estimate*) - Possui resolução espacial de 2 km e o produto é gerado a cada 10 minutos. Fornece a informação de taxa de chuva/estimativa de precipitação em cada pixel (correspondente a uma localização geográfica) em um dado instante de tempo. A unidade de medida é mm h⁻¹.
- **Ventos.** (*ABI L2 Derived Motion Winds*) - Possui resolução espacial de 10 km e são gerados 6 produtos por hora. Fornece a latitude, longitude, velocidade (m/s), direção (graus), temperatura (Kelvin) e pressão (hPa) dos vetores de vento.
- **Incêndios.** (Dados Abertos do Programa de Queimadas) - Detectado por energia infravermelha e o produto é gerado a cada 10 minutos. Fornece a coordenada geográfica (latitude e longitude) em que está tendo um foco de incêndio. Informações apenas da América do Sul.
- **Raios.** (*GLM L2 Lightning Detection*) - Trata-se de um mapeador de relâmpagos em órbita geoestacionária; possui resolução espacial de 8 km e o produto é gerado a cada 20 segundos. Fornece a latitude e longitude em que ocorreu um evento, grupo ou flash de luz em um determinado instante de tempo.

3. A sequência de processos aplicados aos dados

Foi feito um processamento dos dados do satélite que será descrito adiante. Nota-se que o formato NetCDF é projetado para armazenar dados científicos multidimensionais, dessa forma é preciso manipular os dados para deixá-los em um formato que seja possível fazer uma composição audiovisual.

Inicia-se então um ciclo, de acordo com o produto, começa-se realizando o download do mesmo, para então fazer um tratamento de seus dados e a partir disso realizar uma composição/animação, que irá para o aplicativo, conforme apresentado na figura 2. A ideia é que cada usuário tenha uma experiência única a cada acesso, logo é essencial utilizar as informações do satélite para gerar uma composição.



Figura 2 . Diagrama da sequência do processamento dos dados

Para cada produto trabalhado do satélite, temos duas partes de códigos: uma para baixá-lo e outra para deixá-lo em um formato mais adequado para as animações, geralmente um CSV ou uma imagem JPG.

Assim, vejamos com mais detalhes cada etapa deste processo.

3.1. Download dos dados

Os códigos de download foram escritos em Python e são bem semelhantes entre si. Faz-se uma conexão, através da biblioteca *boto3* [13], com o servidor da Amazon Web Services [7] ou com o site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [9] (exceção para o produto dos incêndios). Então, baixa-se o arquivo buscando-o pelo nome, satélite e data escolhida.

Portanto, a decisão final foi de utilizar os produtos das chuvas, raios e ventos no formato NC, disponibilizados no servidor da Amazon [7], e o produto dos incêndios no formato CSV, no site do INPE [8]. Ademais, note que os arquivos estão disponíveis via *web* e é necessária uma conexão com a internet para fazer o procedimento descrito.

3.2. Tratamento dos dados

A parte de tratamento foi específica para cada produto, pensando em como seria feita uma composição audiovisual a partir disso, logo foi um trabalho em comunicação com essa outra área do projeto e suas necessidades. Os códigos também foram escritos em Python. A principal referência foram os tutoriais da GNC-A [8].

- **Chuvas**

Para o produto das chuvas, foi feito um *plot* da quantidade de precipitação, seguido da normalização dos valores, resultando em uma imagem em preto e branco (Figura 3), em que quanto mais preto maior a quantidade de precipitação naquela região.

Chuva normalmente não se trata de um problema, porém em quantidades demais, em uma certa região, pode significar algo alarmante e causar estragos. Nesses casos, cabe fazer uma animação de alerta. Uma maneira é concatenar as imagens normalizadas e criar uma composição sequencial dos focos de chuva a cada 10 minutos, realizando uma animação a partir disso - há múltiplas formas, a critério da criatividade.

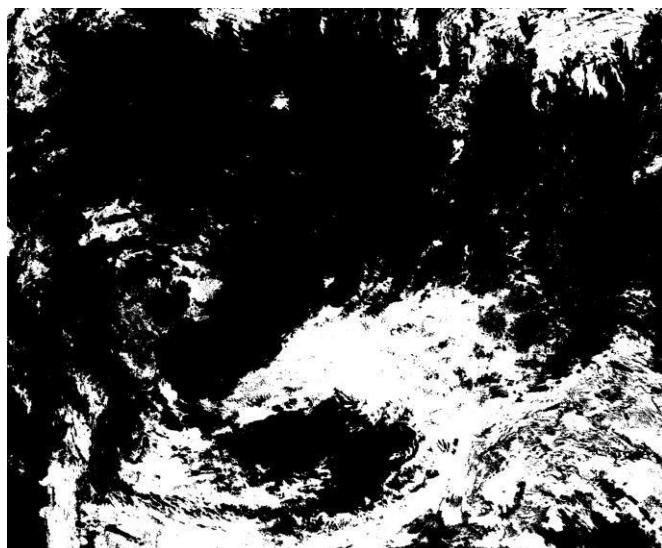


Figura 3 . Imagem normalizada da quantidade de precipitação

- **Ventos**

Já para o produto dos ventos, temos os dados de direção e velocidade para cada vetor (correspondente a uma coordenada geográfica), representando primeiro esses vetores com coordenadas polares, em seguida convertendo para retangulares, para enfim fazer uma imagem EXR, a qual é rasterizada e de alto alcance dinâmico. Colocou-se o valor do pixel x como o valor de x da coordenada retangular e o valor do pixel y como o valor de y da coordenada retangular, o pixel z é zerado.

Análogo ao produto das chuvas, é possível fazer uma concatenação de imagens sequenciais e utilizar os dados de cada pixel para criar uma animação de alerta.

● Raios e incêndios

Por fim, para os produtos dos raios e dos incêndios, foi feito um CSV com todos os incidentes desses fenômenos, com colunas para latitude, longitude e horário. Possuindo tais informações de maneira organizada, é possível criar *plots* (conforme Figura 4), gráficos e animações, um exemplo está na próxima seção.

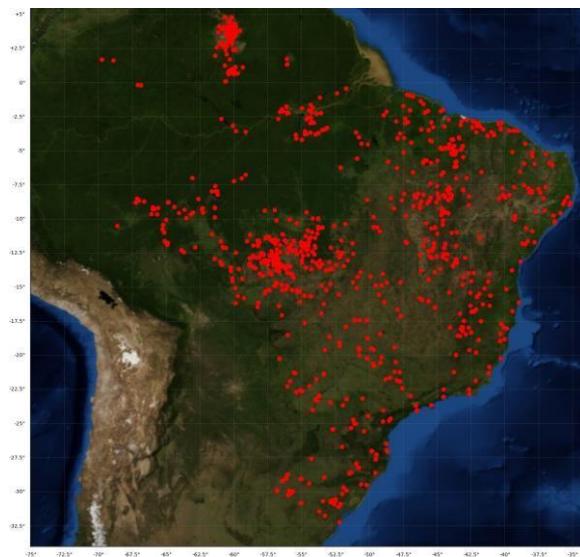


Figura 4 . Plot do CSV com dados de incêndios para a região do Brasil

Lembrando que tudo isso baseado no recorte da região da pessoa, com suas coordenadas geográficas.

A partir dos dados coletados, são criadas animações personalizadas para cada acesso. O principal critério para a criação da composição é o nível de seriedade dos fenômenos climáticos na região da pessoa, o que é avaliado a partir das informações provenientes do satélite, conforme fluxograma apresentado na Figura 5.

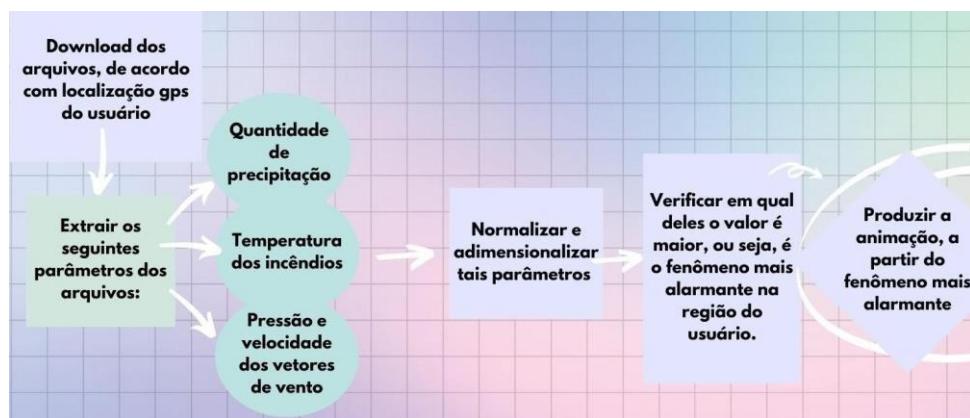


Figura 5 . Fluxograma da escolha do tipo de composição a ser gerada

Com as informações coletadas e tratadas, as composições são produzidas dando um efeito visual a dados numéricos.

Descrevemos, a seguir, os resultados obtidos.

4. Resultados

O principal resultado deste trabalho foram os códigos/rotinas para acesso aos dados dos produtos, são eles:

- ***abi_download_loop***: realiza o download de arquivos NetCDF (NC) do tipo *ABI* (voltado para o produto das chuvas) de um determinado dia e região geográfica. Também é feito um leve tratamento dos dados, no caso das chuvas é feito um *plot* da quantidade de precipitação, seguido da normalização dos valores.
- ***derived_wind***: voltado para o tratamento do produto dos ventos (*ABI Derived Motion Wind*), que possui o formato NetCDF (NC). É feita uma filtragem dos dados de acordo com a extensão geográfica desejada, resultando em duas imagens: uma png com o *plot* das informações, utilizando flechas em escala que representam a direção e velocidade dos ventos; e uma imagem *float* (formato EXR) em que cada pixel contém as informações de velocidade e direção do vento.
- ***download_dmw***: faz o download do produto dos ventos (*ABI Derived Motion Wind*), de acordo com a data selecionada.
- ***fire_csv***: realiza o download de arquivos CSV com dados sobre focos de incêndio, disponibilizados no site do INPE. A partir disso, é feita uma filtragem para a região geográfica desejada e feito um *plot* com esses focos de incêndio.
- ***glm_csv***: baixa e trata dados do satélite do tipo GLM (geostationary lightning mapper), ou seja, mapeador de relâmpagos em órbita geoestacionária. Os arquivos possuem o formato NetCDF e é feita uma transformação dos dados, colocando-os em um CSV, com as informações de latitude, longitude e data/horário do acontecimento, juntando todos os dados de um intervalo de dias selecionados.

Há outros códigos secundários escritos para auxiliar no desenvolvimento do projeto, mas que não foram utilizados na versão final do trabalho. Todos os códigos e suas documentações detalhadas podem ser encontrados no GitHub (<https://github.com/isabellarigue/GaiaSenses>). Apesar de terem sido desenvolvidos especificamente para o GaiaSenses, podem ser adaptados e as ideias e metodologias presentes neles podem ser reutilizadas em outros projetos. Outrossim, foi desenvolvido um estudo e uma forma de acessar os dados do satélite via internet, o que pode ser útil em outras pesquisas que envolvam sistemas planetários.

Além disso, com o tratamento dos produtos, pôde-se trabalhar nas animações.

Uma rotina do site OpenProcessing [10], que apresenta muitas possibilidades para a representação de fenômenos climáticos, foi usada para uma composição associada aos raios (*Lightning Detection*). O código foi adaptado de forma a englobar os dados do satélite, que para esse produto é uma tabela no formato CSV. Em resumo, fez-se uma proporção de escala entre o tamanho da tela da animação e o tamanho do recorte da extensão do satélite. Dessa forma, cada coordenada, que possui algum dado sobre os raios, tem uma posição equivalente para ela na tela de animação. A ideia do código é que quanto mais alarmante é o dado do raio (ou também se há muitos dados menos alarmantes, mas que se mantém todos próximos), mais aglutinadas vão ser as partículas naquela região. Na animação, é possível ver esse movimento das partículas se aglutinando. Veja na Figura 6 uma série de imagens em sequência do vídeo [15] para mostrar o resultado:

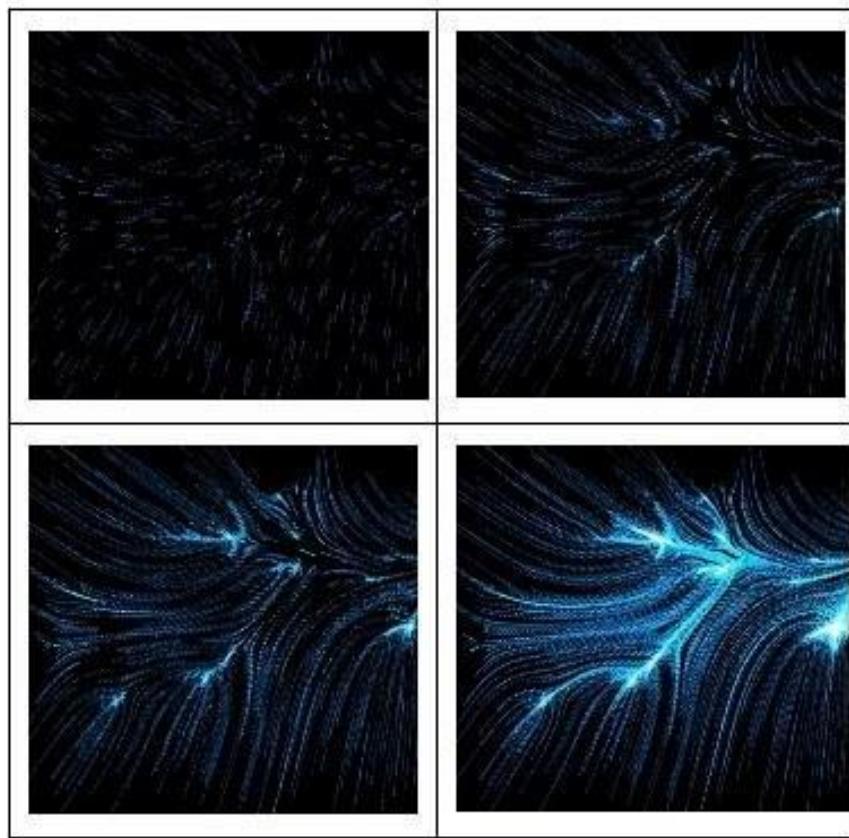


Figura 6 . Sequência de animação com o produto dos raios

O aplicativo GaiaSenses [16] propõe a utilização de dados técnicos para a representação de fenômenos climáticos de maneira lúdica. Sendo de fácil acesso, há a possibilidade de atingir grande parte da população, com qualquer grau de instrução, pois não há restrições ao uso, sendo capaz de promover uma conscientização em grande escala.

Ao abrir o aplicativo, o usuário tem acesso a seu histórico de composições salvas e a sua nova composição diária, a qual tem o objetivo de promover uma reação. Assim, o usuário se torna mais alerta com relação a suas atitudes e a região ao seu redor. Quanto mais usuários inscritos no aplicativo, maior é a atenção à biodiversidade, haja vista que mais pessoas ficarão incomodadas com as tragédias ambientais mostradas nas animações, eventualmente compartilhando as composições nas redes sociais. De forma artística são criadas as composições que são difundidas através da tecnologia, unindo ambas as áreas, arte e tecnologia, para a proteção ambiental.

5. Próximos passos

A próxima etapa será o projeto de desenvolvimento de um banco de dados para armazenar os dados do satélite, tanto os dados baixados como os dados depois de tratados. É uma grande quantidade de informações que deve ser gerenciada de forma otimizada, facilitando a criação das composições, com o conteúdo organizado.

6. Conclusão

A união da arte com a tecnologia é uma maneira de promover mudanças e atingir a atenção da população [1], e esse é o principal escopo do aplicativo GaiaSenses. Realizar o acesso à base de dados do satélite é uma das etapas essenciais desse projeto. Assim, esta foi feita a partir de códigos escritos em Python, com o uso de bibliotecas externas e muita pesquisa. Definiu-se o download dos arquivos estabelecendo uma conexão via internet e o tratamento dos dados com metodologias específicas para cada produto.

Logo, utilizar Python foi a solução encontrada para o processamento do satélite, fornecendo resultados satisfatórios e funcionais. Com isso, pode-se dar continuidade para a criação de composições audiovisuais.

7. Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao CNPq, pela oportunidade de uma bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica. Além disso, agradeço imensamente minha orientadora Artemis Moroni, a equipe de pesquisadores do CEPAGRI , em particular a Dra. Priscila Coltri, a Dra. Renata Gonçalves e o Dr. Jurandir Zullo, e os meus colegas de trabalho Ru Shen, Elton Nascimento e Thiago Lacerda por todo apoio e auxílio ao decorrer deste projeto.

8. Referências

- [1] Carolina Aragón, Mahmood Jasim, and Narges Mahyar. (2021). RisingEMOTIONS: Bridging Art and Technology to Visualize Public's Emotions about Climate Change. In Creativity and Cognition (C&C '21), June 22–23, 2021, Virtual Event, Italy. ACM, New York, NY, USA, 10 pages. <https://doi.org/10.1145/3450741.3465259>

- [2] Moroni, A. Sensores de Gaia: A Geração Automática de Composições Audiovisuaisa partir de Plataformas Planetárias. Proposta FAPESP 2022/05945-2 submetida à chamada LinCAR - Abordagens inovadoras na pesquisa em Linguagem,Comunicações e/ou Artes, 2022.
- [3] Gaia demo (2021). <https://www.youtube.com/watch?v=O7CCYjlwZRE> (acessado em 12/12/2021).
- [4] GOES-R, GEOSTATIONARY OPERATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITES-R SERIES. Disponível em: <https://www.goes-r.gov/> (acessado em 10/01/2022)
- [5] GOES-R SERIES DATA PRODUCTS. Disponível em: <https://www.goes-r.gov/products/overview.html> (acessado em 12/01/2022)
- [6] NOAA Satellites (2016). What is GOES-R? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6Q7Leqvzfg4> (acessado em 28/06/2021)
- [7] GOES-16/17 on Amazon Download Page (2020). Disponível em: https://home.chpc.utah.edu/~u0553130/Brian_Blaylock/cgi-bin/goes16_download.cgi (acessado em 14/01/2022)
- [8] GNC-A Product Manipulation Tutorials. Disponível em: <https://geonetcast.wordpress.com/gnc-a-product-manipulation-tutorials/>. (acessado em 04/02/2022)
- [9] Dados Abertos INPE - Programa de Queimadas. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/dados-abertos/> (acessado em 07/03/2022)
- [10] OpenProcessing - Creative Coding for the Curious Mind (2021). Disponível em: <https://openprocessing.org> (acessado em 22/04/2022)
- [11] Daniel Fernández Galeote and Juho Hamari. (2021). Game-based Climate ChangeEngagement: Analyzing the Potential of Entertainment and Serious Games. Proc. ACM Hum.-Comput. Interact. 5, CHI PLAY, Article 226 (September 2021), 21 pages. <https://doi.org/10.1145/3474653>
- [12] William K. Jones, Redouane Lguensat, Anastase Charantonis, and Duncan Watson-Parris. (2020). The 2020 Climate Informatics Hackathon: Generating Nighttime Satellite Imagery from Infrared Observations. In 10th International Conference on Climate Informatics (CI2020), September 22–25, 2020, virtual, United Kingdom. ACM, New York, NY, USA, 5 pages. <https://doi.org/10.1145/3429309.3429329>

- [13] Boto3 documentation (2022). Disponível em: <https://boto3.amazonaws.com/v1/documentation/api/latest/index.html> (acessado em 03/02/2022)
- [14] requests PyPI (2022). Disponível em: <https://pypi.org/project/requests/> (acessado em 07/02/2022).
- [15] Animação Raios (2022). <https://youtu.be/8p9e2beWqM8> (acessado em 13/12/2022)
- [16] Tauane Leme Monteiro Cardoso; MORONI, A. GaiaSenses: desenvolvimento de protótipo para aplicativo móvel para geração de composições audiovisuais a partir de dados de plataformas planetárias. Anais da XXIII Jornada de Iniciação Científica do CTI Renato Archer – JICC 2021. Campinas: CTI Renato Archer, 2021.