

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

JOSÉ HENRIQUE DA SILVA BRAZ

**Uma análise dos dados de queimada do  
INPE no Brasil (preliminar)**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência  
da Computação

Orientador: Prof. Dr. Lucas M. Schnorr

Porto Alegre  
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos André Bulhões

Vice-Reitora: Prof<sup>ª</sup>. Patricia Pranke

Pró-Reitora de Graduação: Prof<sup>ª</sup>. Cíntia Inês Boll

Diretora do Instituto de Informática: Prof<sup>ª</sup>. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenador do Curso de Ciência de Computação: Prof. Marcelo Walter

Bibliotecário-chefe do Instituto de Informática: Alexsander Borges Ribeiro

*“If I have seen farther than others,  
it is because I stood on the shoulders of giants.”*

— SIR ISAAC NEWTON

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X por não ter vírus de macro...

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 VISÃO GERAL DOS DADOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 O programa DBQueimadas .....	12
2.2 Garimpando os dados.....	12
2.3 Significado dos dados.....	13
2.4 Carregando os dados para análise.....	14
2.5 Os Satélites.....	15
2.6 O que os dados gritam .....	17
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4 APROFUNDANDO A ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 Densidade e Centrografia .....	20
4.2 Validade dos dados.....	20
4.3 Padronizando os dados por satélite .....	20
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

API	Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação)
CSV	Comma Separated Values (valores separados por vírgulas).
GMT	Greenwich Mean Time
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
URL	Uniform Resource Locator (Localizador Uniforme de Recursos)
NOAA	National Oceanic and Atmosphere Administration
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Relação do montante dos dados por satélite .....	17
Figura 2.2	Amostragem por tempo de cada satélite .....	18
Figura 2.3	Órbita dos satélites no dia 10 de agosto de 2022.....	18

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.1	Significado de cada coluna dos dados de queimada do INPE .....	14
Tabela 2.2	Características dos satélites usados pelo INPE .....	15



## RESUMO

Este documento é um exemplo de como formatar documentos para o Instituto de Informática da UFRGS usando as classes L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X disponibilizadas pelo UTUG. Ao mesmo tempo, pode servir de consulta para comandos mais genéricos. *O texto do resumo não deve conter mais do que 500 palavras.*

**Palavras-chave:** Formatação eletrônica de documentos. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. ABNT. UFRGS.

## Using L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X to Prepare Documents at II/UFRGS

### ABSTRACT

This document is an example on how to prepare documents at II/UFRGS using the L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X classes provided by the UTUG. At the same time, it may serve as a guide for general-purpose commands. *The text in the abstract should not contain more than 500 words.*

**Keywords:** Electronic document preparation. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. ABNT. UFRGS.

## **1 INTRODUÇÃO**

P1. Importancia do trabalho

P2. Ferramentas opensource e códigos gerados também

P2. Introducao aos dados

## **2 VISÃO GERAL DOS DADOS**

Neste capítulo constam algumas informações importantes sobre os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que serão cruciais para compreensão dos próximos capítulos.

### **2.1 O programa DBQueimadas**

O DBQueimadas, Banco de Dados de Queimadas <[www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas](http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas)>, é um sistema desenvolvido pelo INPE e acessível de forma aberta por meio da web. Conta com mais de 300 milhões de pontos coletados desde o ano de 1998, proveniente de vários satélites. Dentro do site é possível gerar mapas, tabelas, gráficos e exportar os dados sobre as queimadas no Brasil aplicando diferentes filtros. Todo o programa foi desenvolvido com ferramentas abertas, muitas delas criadas pelo próprio time de tecnologia da informação do INPE (SETZER; MORELLI; SOUZA, 2019). [P1. Falamos sobre o programa]

O Banco de Dados de Queimadas é um excelente caso de como os dados abertos podem ajusar a sociedade. O portal vem evoluindo muito na medida que os anos passam, sempre focado em ser simples se usar. .... [P2. Ressaltamos a importancia dos dados abertos para a sociedade]

### **2.2 Garimpando os dados**

Uma parte importante do processo foi coletar os dados do DBQueimadas. Para exportar os dados pela web, é necessário preencher os campos de data inicial, data final e um endereço de e-mail, o intervalo de tempo não pode exceder 366 dias. Também é possível aplicar filtros ainda mais detalhados como: continente, país, estado, município, satélite, bioma e unidades de conservação/terras indígenas. Após clicar em "Exportar", uma mensagem é enviada para o e-mail informado com o link de download dos dados requisitados. O arquivo disponibilizado é um CSV compactado como um zip. [P1. Contextualizar como é a exportação de dados]

Apesar de ser um site com boas métrica e usabilidades, seria praticamente inviável baixar todos os dados do Brasil de forma manual. Nesse sentido, foi necessário entender

quais eventos são disparados quando solicitamos os dados pelo site a fim de automatizar o processo de download. [P2. Motivar a abordagem automatizada]

Foi identificado que na verdade o site faz uma requisição GET para a API do DBQueimadas, localizada em <<https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/exportacaobdq/exportar>>, passando nos parâmetros da URL os filtros aplicados, codificados em JSON. Além dos filtros, também é necessário informar o e-mail e o formato de arquivo desejado. Um exemplo de uso dessa API, por meio de uma invocação CURL, pode ser encontrado no ?? [P3. Explicar como a api funciona]

A fim de automatizar o processo, foi desenvolvido um script em Python que solicita os dados referentes a 30 dias, totalizando 300 requisições de 1998 até 2022. Com o intuito de não sobrecarregar o servidor do INPE, foi adicionada uma espera de um minuto a cada requisição. [P4. Falar sobre os scripts de coleta dos dados]

Para o processo ser concluído, ainda seria necessário fazer o download do arquivo por meio do link enviado por e-mail. Lançou-se mão do Google Scripts, uma ferramenta que possibilita escrever programas simples, em uma linguagem parecida com JavaScript, e tem uma ótima integração com os serviços do Google (como o Gmail). A partir dessa ferramenta foi possível extrair o link de cada mensagem e finalmente salvar o dado de forma automatizada. [P5. Processo de baixar os dados para o computador]

Todos esse processo de investigação e recuperação dos dados levou cerca de uma semana. Todos os arquivos baixados ocupam pouco mais de 4 Gigabytes de armazenamento em disco e somados tem exatamente 43.782.758 linhas. Ao final, todos os arquivos foram recompatados em um único zip (450 Megabytes) e disponibilizados em <<https://bit.ly/3IgHIXH>> para download de forma independente aos servidores do INPE. [P6. Conclusão do processo]

## 2.3 Significado dos dados

[P0. Definir o que é uma observação, a partir de dados de imagens, gera uma linha]

[P1. Como os dados de cada satélite geram uma observação]

De acordo com o (INPE, 2023), as colunas estão definidas na Tabela 2.1. [P1. Significado geral de cada coluna]

P2. Falar sobre a flag risco de fogo e uma ideia de como é calculada

Tabela 2.1 – Significado de cada coluna dos dados de queimada do INPE

Atributo	Tipo	Descrição
Id	string	Identificador único registrado no banco
Latitude	double	Graus decimais da latitude do centro do pixel de fogo ativo (valores de 90.0000 até -90.0000)
Longitude	double	Graus decimais da longitude do centro do pixel de fogo ativo (valores de 180.0000 até -180.0000)
DataHora	string	Data a hora da passagem do satélite no fuso horário de Greenwich (GMT)
Município	string	Nome do município, de acordo com os dados do IBGE 2000
Estado	string	Nome do estado
País	string	Nome do país
Bioma	string	Nome do bioma brasileiro, de acordo com dados do IBGE 2004 (para outros países o campo fica vazio)
Precipitação	double	Valor a precipitação do dia até o horário da medida (-999 para valores inválidos)
DiasSCh	integer	Dias sem chuva até a data da medida (-999 para valores inválidos)
RiscoFog	double	Valor do risco de fogo previsto naquele dia (-999 para valores inválidos)
FRP	double	Fire Radiative Power, MW (megawatts)

Fonte: O Autor com base em INPE (2023)

## 2.4 Carregando os dados para análise

Para toda a análise dos dados foi utilizado algumas das ferramentas que integram o ecossistema Python para Data Science: NumPy, Pandas, Matplotlib. Além disso, algumas bibliotecas específicas para análise de dados geográficos: GeoPandas, Pysal, Xarray. Para a construção das visualizações e organização do código se optou pelo uso do Jupyter Notebook devido a reprodutibilidade das execuções. Todos os artefatos gerados podem ser obtidos em <<https://github.com/josebraz/INPE-Queimadas>> sobre a licença MIT. [P0. Visão das ferramentas utilizadas]

Foi carregado 300 arquivos das queimadas em formato CSV e depois concatenados em uma única estrutura de DataFrame. Houve a necessidade de converter o timezone das datas (que eram em UTC) para o timezone de Brasília, a fim de gerar gráficos de mais fácil entendimento para brasileiros. As colunas de texto foram convertidas para categorias, espécies de enumerações no Pandas, reduzindo o espaço ocupado de memória, uma vez que muitos valores acabavam se repetindo na mesma coluna. [P1. pré processamentos dos dados]

[P2. Uso dos dados de shapes do território nacional do IBGE]

## 2.5 Os Satélites

O INPE atualmente processa dados de vários satélites com características distintas entre si. Estão presentes nos dados desde satélites geoestacionários, como o GOES-12, que está a 29.400 km de distância da superfície (SETZER; YOSHIDA, 2004), até satélites com órbitas polares, entre 700 a 900 km de altura. [P0. Visao geral dos satelites]

Abaixo segue um resumo dos satélites usados pelos INPE desde o início da série histórica até final de 2022 (Embrapa Territorial, 2023). Os que estão em funcionamento pleno atualmente são: NOAA-20, NOAA-19, NOAA-18, GOES-16, Suomi NPP, AQUA\_M, TERRA\_M, MSG-03, METOP-B e METOP-C. [P1. Falar sobre os principais]

Tabela 2.2 – Características dos satélites usados pelo INPE

Nome	Sensor	Resolução esp.	Órbita	Lançamento	Passagem
METOP-C	AVHRR-3	1100m	Polar	2018	
NOAA-20	VIIRS	375m	Polar	2017	5h / 17h
METOP-B	AVHRR-3	1100m	Polar	2012	
Suomi NPP	VIIRS	375m	Polar	2011	5h / 17h
NOAA-19	AVHRR-3	1100m	Polar	2009	5h / 17h
NOAA-18	AVHRR-3	1100m	Polar	2005	
AQUA	MODIS	250 a 1000m	Polar	2002	5h / 17h
NOAA-17	AVHRR-3	1100m	Polar	2002	
NOAA-16	AVHRR-3	1100m	Polar	2000	
TERRA	MODIS	250 a 1000m	Polar	1999	2h / 14h
NOAA-15	AVHRR-3	1100m	Polar	1998	8h / 20h
TRMM	VIRS	2000m	Polar	1997	
NOAA-14	AVHRR	1100m	Polar	1994	
NOAA-12	AVHRR	1100m	Polar	1991	5h / 17h
GOES-16	ABI	2000m	Geoest.	2016	a cada 3 horas
MSG-03	SEVIRI	3000m	Geoest.	2012	
GOES-13	GOES I-M	4000m	Geoest.	2006	a cada 3 horas
MSG-02	SEVIRI	3000m	Geoest.	2005	
GOES-12	GOES I-M	4000m	Geoest.	2001	a cada 3 horas
GOES-10	GOES I-M	4000m	Geoest.	1997	a cada 3 horas
GOES-08	GOES I-M	4000m	Geoest.	1994	a cada 3 horas

Fonte: O Autor com base em Embrapa Territorial (2023)

Cada satélite pode ter um sensor imageador, que gera imagens, com características distintas. Neles são captados imagens não só no comprimento de onda da luz visível

(de 400nm a 700nm), mas também no infravermelho (de 780nm a 1mm). Suas medições são divididas em canais, que variam em resolução espacial e espectral (intervalo de comprimento de onda). Geralmente o primeiro canal é dedicado à luz visível, entre o laranja e o vermelho, e com a maior resolução espacial possível para o sensor. Os outros canais utilizam diferentes intervalos do infravermelho e luz visível. [P2. visão geral dos sensores e porque geram dados diferentes]

Com todas essas diferenças entre os satélites foi necessário estabelecer um satélite base, que ficou conhecido como Satélite de Referência. Ele é usado para estabelecer uma série temporal e permitir análise de tendência durante vários anos dos focos detectados para diferentes regiões. Este balizador precisa cobrir a área do país de forma satisfatória, ou seja, sua órbita não deve distorcer os dados no geral. Além disso, resoluções dos sensores muito baixas, maiores de 1 km, tornam a análise dos focos pouco precisa. [P3. Satellite de referencia]

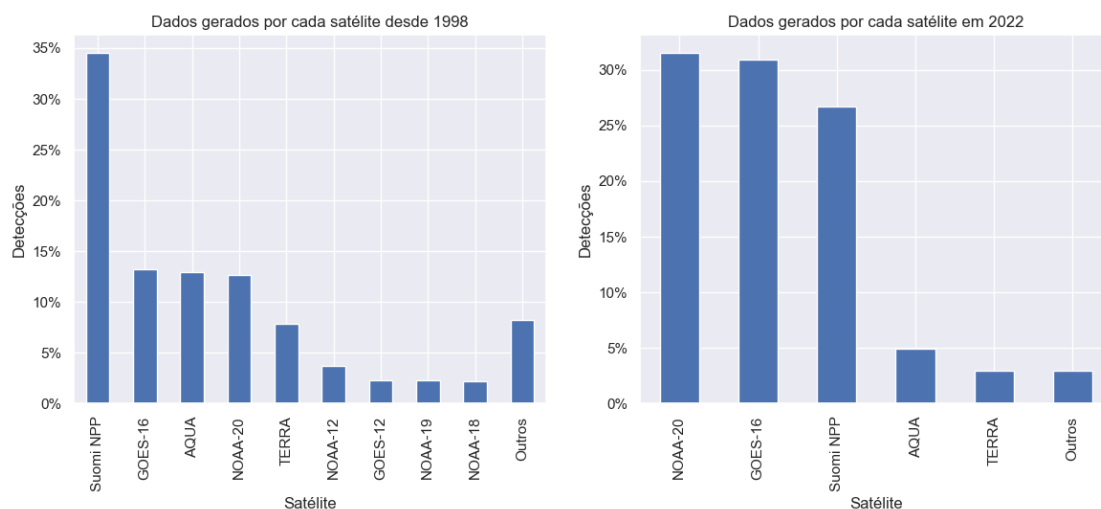
De 01/junho/1998 a 03/julho/2002 o satélite de referência utilizado foi o NOAA-12 com passagem no final da tarde. Depois desse período passou-se a utilizar o AQUA com passagem à tarde (chamado nos dados de AQUA\_M-T). O satélite AQUA já ultrapassou a data prevista de encerrar o funcionamento em muitos anos e será descontinuado em breve, quando isso acontecer o satélite Suomi NPP será o novo balizador (INPE, 2023). [P3. Satellite de referencia]

Nos dados disponibilizados pelo INPE são usadas nomenclaturas especiais para alguns satélites. Para os satélites AQUA (AQUA\_M-T e AQUA\_M-M) e TERRA (TERRA\_M-T e TERRA\_M-M), a primeira letra M representa o sensor MODIS e a última letra indica em que período do dia foi a passagem do satélite, sendo M para Manhã e T para Tarde. Outros satélites como Suomi NPP, NOAA-19, NOAA-18, NOAA-16, NOAA-15 e NOAA-12 também podem apresentar a última letra do nome sendo D para Diurno. A partir do entendimento dessa regra de nomenclatura é possível simplificar os dados relacionados aos satélites de forma a facilitar a análise, caindo de 32 para 22 valores possíveis de satélites. [P4. Explicar equivalencias entre os satelites]

Voltando para os dados, é possível perceber a partir da Figura 2.1 cinco satélites que mais identificaram focos de queimada, são eles: Suomi NPP, GOES-16, AQUA, NOAA-16 e TERRA. Todos eles estão ativos atualmente e com quantidades de coleta significativas em 2022. AQUA e TERRA são os mais antigos e possuem um sensor obsoleto. O GOES-16 é um satélite geoestacionário, conhecido por gerar dados de forma mais frequente, geralmente detecta apenas queimadas maiores devido a sua posição distante da



Figura 2.1 – Relação do montante dos dados por satélite



Fonte: O Autor

Terra. Suomi NPP e NOAA-20 possuem um sensor que detecta 10 vezes mais focos que sensor MODIS. Por estar em atividade a mais tempo, o Suomi NPP gerou mais dados que o NOAA-20. [P5. Mostrar gráficos da quantidade de coletas por satélites]

Saber em quais momentos os satélites passam também é importante para a análise. Os satélites polares passam duas vezes por dia no Brasil, variando o local exato da passagem de acordo com as características de sua órbita. Pela Figura 2.2 é possível observar esse comportamento empiricamente, em que os 5 primeiros gráficos, que representam dados gerados por satélites polares, apresentam dois picos durante um período de 24 horas. Já para o caso dos geoestacionários (GOES-16), que ficam fixos em relação a uma posição na Terra, não se observou o mesmo padrão. [P6. Mostrar gráficos que indicam as horas das coletas]

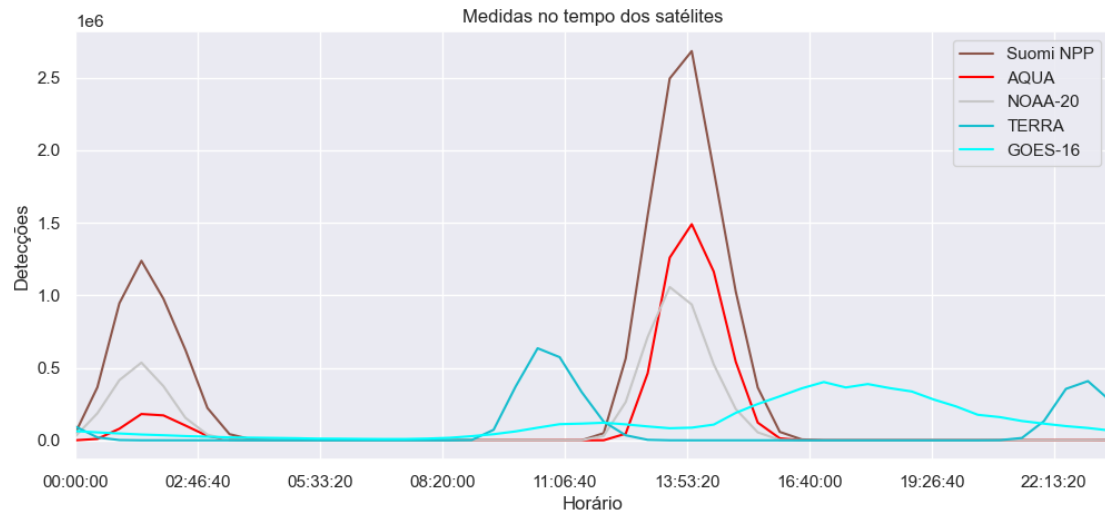
Com os dados do <<https://celestrak.org/>> foi possível traçar a rota exata de cada satélite de interesse em um dia específico, apresentado na Figura 2.3.

## 2.6 O que os dados gritam

P1. Fazer análise preliminar dos dados gerando alguns gráficos

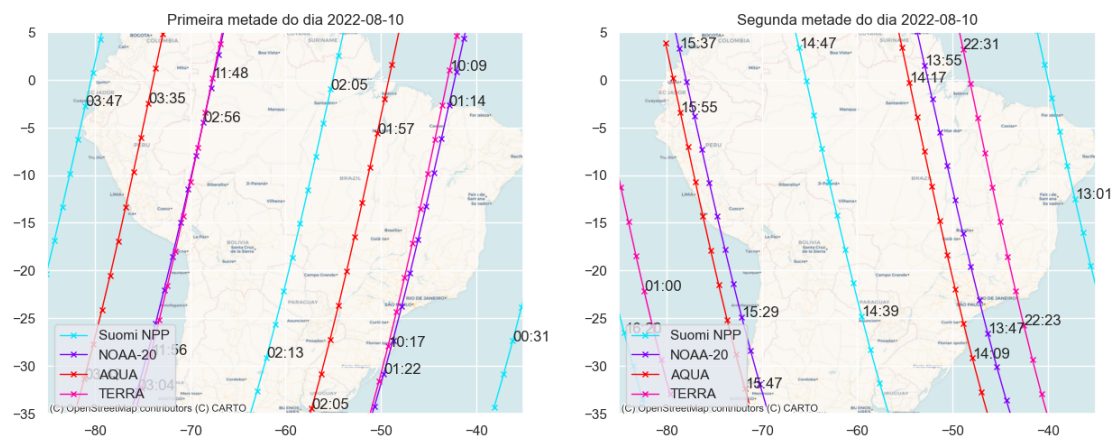
P2. Gráficos geral do brasil com os focos de queimadas totais (REY; ARRIBAS-BEL; WOLF, 2020)

Figura 2.2 – Amostragem por tempo de cada satélite



Fonte: O Autor, agrupando os dados de queimadas

Figura 2.3 – Órbita dos satélites no dia 10 de agosto de 2022



Fonte: O Autor

### **3 TRABALHOS RELACIONADOS**

P1. falar sobre como os trabalhos relacionados podem ajudar a entender os dados

## **4 APROFUNDANDO A ANÁLISE DOS DADOS**

aqui a gente mostra que é válido usar esses dados para análises aprofundadas

### **4.1 Densidade e Centrografia**

P1. Verificar densidade e centrografia: tendências, dispersão, extensão

### **4.2 Validade dos dados**

Precisamos verificar que os dados seguem algum padrão para ser possível user eles para tomadas de decisões (garantir que não é aleatório) (REY; ARRIBAS-BEL; WOLF, 2020, Point Pattern Analysis)

### **4.3 Padronizando os dados por satélite**

P1. Verificar relação entre dados dos diferentes satélites (se possível) e talvez restringir a análise apenas ao satélite de referencia se for identificado que são basicamente equivalentes

## REFERÊNCIAS

Embrapa Territorial. **Satélites de Monitoramento**. 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/>>. Acesso em: 28 de jan. 2023.

INPE. **Programa Queimadas Perguntas frequentes**. 2023. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas/portal/informacoes/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

REY, S. J.; ARRIBAS-BEL, D.; WOLF, L. J. **Geographic Data Science with Python**. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<http://geographicdata.science/book/notebooks/>>. Acesso em: 5 de jan. 2023.

SETZER, A.; MORELLI, F.; SOUZA, J. C. O banco de dados de queimadas do inpe. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, n. 1, p. 239–239, 2019.

SETZER, A.; YOSHIDA, M. C. **Detecção de Queimadas nas Imagens do Satélite Geoestacionário GOES-12**. 2004. Disponível em: <[https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/documentos/relat\\_goes12\\_3\\_4.htm](https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/documentos/relat_goes12_3_4.htm)>. Acesso em: 1 de fev. 2023.