



USO DO GOOGLE EARTH ENGINE NA VISUALIZAÇÃO DE ESTATÍSTICAS DOS DADOS SRTM: UMA APLICAÇÃO A PARTIR DO ESTADO DA BAHIA

Raul Costa Pinto ¹
Gustavo Barreto Franco ²

RESUMO

O presente trabalho se propõe a avaliar a metodologia de visualização de estatísticas dos dados SRTM para o Estado da Bahia por meio da plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine (GEE). Para tanto, são ressaltadas as dificuldades em se trabalhar com um grande volume de dados num Sistema de Informação Geográfica (SIG) convencional - tanto no que tange a esse enorme amontoado de dados e também ao poder de processamento das máquinas usadas, o que tem levado ao uso cada vez mais recorrente do GEE, pois esta plataforma permite a análise e o processamento de um número grande de dados num tempo relativamente curto e sem que haja a necessidade de se ter um poderoso computador para isso, bastando apenas um computador conectado à internet. Tendo sido rodados os códigos no code editor da plataforma, foi possível extrair as informações de média, moda, mediana, desvio padrão e os valores mínimos e máximos de altimetria do Estado da Bahia, bem como gerar um gráfico com um histograma dos valores de altimetria - com todo esse processamento durando apenas 1 minuto e 6 segundos. Por isso ressaltamos que o uso da plataforma do GEE pode servir tanto para análises técnicas ligadas às geociências, como também enquanto uma ferramenta lúdica para o ensino das temáticas ligadas à geografia física (como o relevo terrestre), despertando assim o interesse dos estudantes pelas novas técnicas de análise do meio ambiente, já que a condição inicial para o uso desta plataforma não é um computador de última geração, e sim de qualquer computador com acesso à internet.

Palavras-chave: Geotecnologias, sensoriamento remoto, computação em nuvem.

ABSTRACT

This study proposes to evaluate the methodology for visualizing the SRTM data statistics for the state of Bahia through the use of the Google Earth Engine (GEE) cloud computing platform. To this end, the difficulties of working with large volumes of data in a conventional Geographic Information System (GIS) are emphasized—both in terms of this large accumulation of data and the processing power of the machines used, which has led to the increasingly frequent use of GEE, as this platform enables the analysis and processing of a large number of data in a relatively short time and without the need for a powerful computer, requiring only a computer connected to the internet. Having run the codes in the platform's code editor, it was possible to extract the information of the mean, mode, median, standard deviation, and minimum and maximum altimetry values of the State of Bahia, as well as generating a graph with a histogram of the altimetry values—with all this processing lasting only 1 minute and 6 seconds. Therefore, we emphasize that the use of the GEE platform can serve

¹ Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Estudos Territoriais da Universidade do Estado da Bahia - BA, raulcosta7@hotmail.com;

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Estudos Territoriais da Universidade do Estado da Bahia - BA, gbrunero@uneb.br;



both for technical analyses related to geosciences and as well as a playful tool for teaching topics related to physical geography (such as Earth's landforms), thus awakening students' interest in new environmental analysis techniques, since the initial requirement for using this platform is not a state-of-the-art computer, but rather any computer with internet access.

Keywords: Geo-technology, Remote Sensing, Cloud Computing.

INTRODUÇÃO

Embora sejam de extrema importância para o entendimento do modelado do relevo terrestre, os dados concernentes a uma altimetria global e que fossem de livre acesso só vieram a serem feitos e disponibilizados para o público no início deste milênio. Essa lacuna foi justamente preenchida com o lançamento da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que, numa parceria entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), e por meio do método conhecido como interferometria SAR (*Synthetic Aperture Radar*), produziu um banco de dados digitais com informações altimétricas para o planeta nas áreas posicionadas entre os paralelos de 60°N e 56°S, cobrindo assim quase 80% da superfície terrestre (Embrapa [s.d.], Nasa [s.d.]).

A partir das informações da superfície terrestre coletadas pela missão SRTM, produziu-se um Modelo de Digital de Elevação, que é comumente conhecido pela sua sigla “MDE”. No entanto, há uma série de dificuldades quando pensamos em processar esses dados, tais como: internet de boa qualidade para o *download* das imagens, poder computacional para o pré-processamento delas em softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG), além de uma boa capacidade de armazenamento para se guardar os resultados obtidos com elas.

Em virtude das problemáticas mencionadas, uma boa alternativa para se trabalhar com os dados SRTM têm sido o uso da plataforma de computação em nuvem conhecida como “*Google Earth Engine*” (GEE). Esta plataforma de geoprocessamento baseada na nuvem utiliza um sistema de processamento que realiza os cálculos paralelamente em um grande número de máquinas hospedadas nos servidores da própria *Google* (Lemos *et al*, 2021), tornando assim o tempo gasto nas operações realizadas na plataforma bem mais rápido do que os tradicionais softwares de SIG. Carvalho Júnior (2018) destaca que, pela plataforma dispor de imagens já pré-processadas, além de um conjunto de algoritmos para filtragem e seleção destas, bem como a própria possibilidade de se criarem novos algoritmos na própria plataforma, o GEE favorece grandemente a evolução do conhecimento, visualização e disponibilização rápida dos resultados.



Além disso, o GEE conta ainda com um *dataset* com os mais diferentes tipos de satélite, bem como diversos dados vetoriais de bases cartográficas do mundo inteiro (por exemplo, estradas, bacias hidrográficas etc.). Por fim, não é necessário baixarmos os dados (quer sejam imagens ou dados do tipo vetoriais) ou tão pouco exportá-las, pois todo o processamento é feito no *code editor* da plataforma através de linhas de código feitas pelo usuário na linguagem de programação *JavaScript*.

Foi pensando nisso que o presente trabalho se propõe a avaliar a metodologia de visualização de estatísticas dos dados SRTM para o Estado da Bahia por meio da plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine (GEE), que está situado entre os paralelos (-8.53 S a -18.34 S) e meridianos (-37.34 O a -46.62 O). A escolha se deveu a este ser o 5º maior Estado brasileiro em extensão e por também fazer parte da realidade dos autores que são residentes nesse Estado. O nosso objetivo é testar a aplicabilidade do GEE no processamento dos dados SRTM para uma área de estudo com grande extensão territorial.

METODOLOGIA

No *Google Earth Engine*, tanto o acesso, bem como o processamento dos dados e a exportação deles, se dá inteiramente no site da plataforma, o que faz com que apenas dependa de um computador conectado à internet para se usufruir desta plataforma. Na página inicial do GEE nós podemos acessar informações referentes a plataforma, o seu *dataset* (o banco de dados que contém diversos dados do tipo *raster* e vetorial) e, principalmente, o seu *code editor*, que é onde são escritos os códigos na linguagem de programação *JavaScript* – que é a padrão para o GEE.

Cada coleção de dados do *dataset* do GEE conta com um “ID” – não importando se é um dado do tipo imagem ou vetorial, que é uma *string* que armazena esses dados e nos permite armazená-los em variáveis. A lógica por trás do “ID” é justamente identificar os dados que ele contém para que este possa ser armazenado numa variável. Por variável, entende-se como a maneira de se armazenar estruturas de dados nas linguagens de programação, sendo que elas são úteis para que os dados que estejamos trabalhando não fiquem soltos no código e também para que possamos reciclá-los ao nos valer daquele valor (ou dado) anteriormente salvo na própria variável. Isto posto, segue-se abaixo os caminhos metodológicos que foram feitos neste trabalho.

Buscamos, num primeiro momento, os dados vetoriais (que são chamados na plataforma de *feature* – se tem apenas uma feição – ou de *featureCollection* – se contam com



mais de uma feição) da FAO (*Food and Agriculture Organization*) que contavam com a geometria dos Estados de todos os países do mundo. Existiam duas maneiras de buscarmos o Estado da Bahia nessa coleção de feições: a primeira, e mais trabalhosa, seria adicionar todos esses dados através da função `“Map.addLayer()”`, que exibe a camada na tela, clicarmos com o *“Inspetor”* (similar ao “identificador de feições” do software livre *Qgis*) no Estado da Bahia, vermos as características deste Estado nos metadados (que seria a tabela de atributos) e filtramos ele através da função `“filter(ee.filter.eq(“coluna correspondente ao nome dos Estados”, “Bahia”))”`, que filtra numa dada coluna dos metadados uma feição específica. A segunda maneira, que é a mais rápida e prática, seria adicionarmos uma área de interesse com o criador de geometrias do próprio GEE sobre o interior do Estado (quer seja um ponto, linha ou polígono) e com isso utilizarmos a função `“filterBounds()”`, que atua como um filtro espacial em que o *dataset* escolhido é exibido justamente para essa área de interesse estabelecida – e, como a nossa coleção de feições abarcava justamente as geometrias dos Estados (ou províncias) do mundo, qualquer geometria que fosse colocada sob o Estado da Bahia daria como resultado justamente a geometria que queremos filtrar, isto é, a geometria do Estado da Bahia que se encontra na *featureCollection* da FAO. Optamos pela segunda opção e armazenamos o resultado numa variável chamada “Bahia”.

A segunda etapa consistiu em buscarmos o conjunto de imagens SRTM para o Estado da Bahia. Tendo o ID em mãos, criamos uma variável chamada “MDE” que armazenou os dados do SRTM e depois recortamos (com a função `“clip()”`, que é a mesma função presente no *Qgis* com o nome “recortar raster pela camada de máscara”) esses dados altimétricos para a área do Estado da Bahia (aquela que tinha sido criada na etapa acima).

De posse dos dados, procedemos ao processo de tratamento do dado (isto é, a altimetria do Estado da Bahia a partir do SRTM) para podermos visualizar as suas estatísticas. De acordo com Costa (1992), a estatística descritiva nos permite descrever, sob os mais diversos ângulos, o conjunto de dados que é representado pela amostra, dando assim origem a diversas relações estatísticas, tais como: média aritmética, moda, mediana, variância etc. Portanto, ao nos valermos dessas relações, teremos em mãos informações extremamente úteis para entendermos como os dados altimétricos estão dispostos no Estado da Bahia a partir dos dados SRTM.

Para podermos acessar as estatísticas de nossa camada no GEE, temos que utilizar a função `“reducer”`, que é a maneira de agregar os dados trabalhados na plataforma através das seguintes especificidades: tempo, espaço, bandas, matrizes e de outras estruturas presentes no



GEE, sendo que esta função pode ser usada tanto para dados vetoriais ou do tipo imagem. É importante salientar que temos diversas maneiras de utilizarmos essa função nesta plataforma, mas neste trabalho faremos apenas o uso de duas delas: a do redutor espacial e a de redutores para a coleta de estatísticas descritivas da área de estudo. Por exemplo, o redutor espacial “*reduceRegion()*” faz com que uma camada de imagem possa ser analisada a partir de um plano espacial fornecido por uma camada vetorial, servindo assim de base para os redutores a seguir. Esse redutor prepara o caminho para outros redutores ao fazer com que um dado do tipo imagem seja representativo de uma área, isto é, todos os pixels da imagem serão representativos para uma dada área (daí o “*region*”), bastando apenas selecionar qual estatística ou outro procedimento queremos fazer a partir disto. Daí entram os redutores de estatísticas descritivas que trabalham fornecendo diversos parâmetros que são extremamente úteis para entendermos como, por exemplo, estão dispostos os dados de elevação de uma dada área escolhida, que nosso caso foi o Estado da Bahia. Foram utilizadas as seguintes medidas da estatística descritiva: mínimo, máximo, média, mediana, desvio padrão e moda.

Por fim, para entendermos como os níveis altimétricos da Bahia estão dispostos graficamente, foi utilizada a função “*ui.Chart.image.histogram()*”, que plotou um gráfico do tipo histograma contendo informações sobre a frequência com que determinados valores de elevação apareciam no Estado. Os algoritmos ligados a função “*ui*” do GEE são aqueles onde o usuário tem a possibilidade de criar representações gráficas e imagéticas (gráficos, tirinhas e animações de imagens etc.) de uma série de dados, o que dá ao usuário o protagonismo na hora de escolher como se dará a interface que ele está criando.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo o processamento dos dados e a consequente geração das estatísticas durou apenas 1 minuto e 6 segundos. Isso mostra o poder computacional presente nas análises feitas no GEE e no quanto de tempo é aproveitado se essas mesmas análises fossem feitas num software de SIG convencional. Ressaltamos novamente que o fato de não precisarmos exportar os resultados (a única coisa exportada foi o gráfico de histograma), ou ainda termos que baixar as imagens e os vetores, torna essa plataforma extremamente útil na área de geociências.

A partir das estatísticas descritivas retiradas dos dados SRTM, o valor mínimo de elevação para o Estado da Bahia é de -28 metros – este dado pode estar relacionado ao



problema conhecido como “efeito de borda”, tendo em vista que os *pixels* do SRTM que recobriram a Bahia, provavelmente representaram áreas fora da geometria do vetor representativo do Estado, isso se deve ao fato de que os dados do tipo *raster* não representam o espaço geográfico de forma contínua, tal como os dados vetoriais. O valor máximo é de 2030 metros. É importante ressaltar que os dados SRTM possuem uma resolução nativa de 90 metros, sendo que ele foi processado para atingir uma resolução de 30 metros (Florenzano, 2008), o que é suficiente para trabalharmos com grandes extensões tais como o Estado da Bahia. Reiteramos isso a partir do fato de que o ponto mais alto do Estado da Bahia é, de acordo com INEMA [s.d.], o Pico de Barbado, com uma altitude de 2.033 metros, o que mostra que as estatísticas retiradas a partir dos dados SRTM se mostram fidedignas à realidade. Já para as outras estatísticas, podemos ver que a média foi de 528,8 metros, a mediana de 487,3 metros, o desvio padrão de 254,5 metros e a moda de 439 metros. A altimetria do Estado da Bahia a partir dos dados SRTM, juntamente com todas essas estatísticas, podem ser visualizadas abaixo nas Figura 1 e 2.

Figura 1 – Visualização da altimetria do Estado da Bahia a partir dos dados SRTM

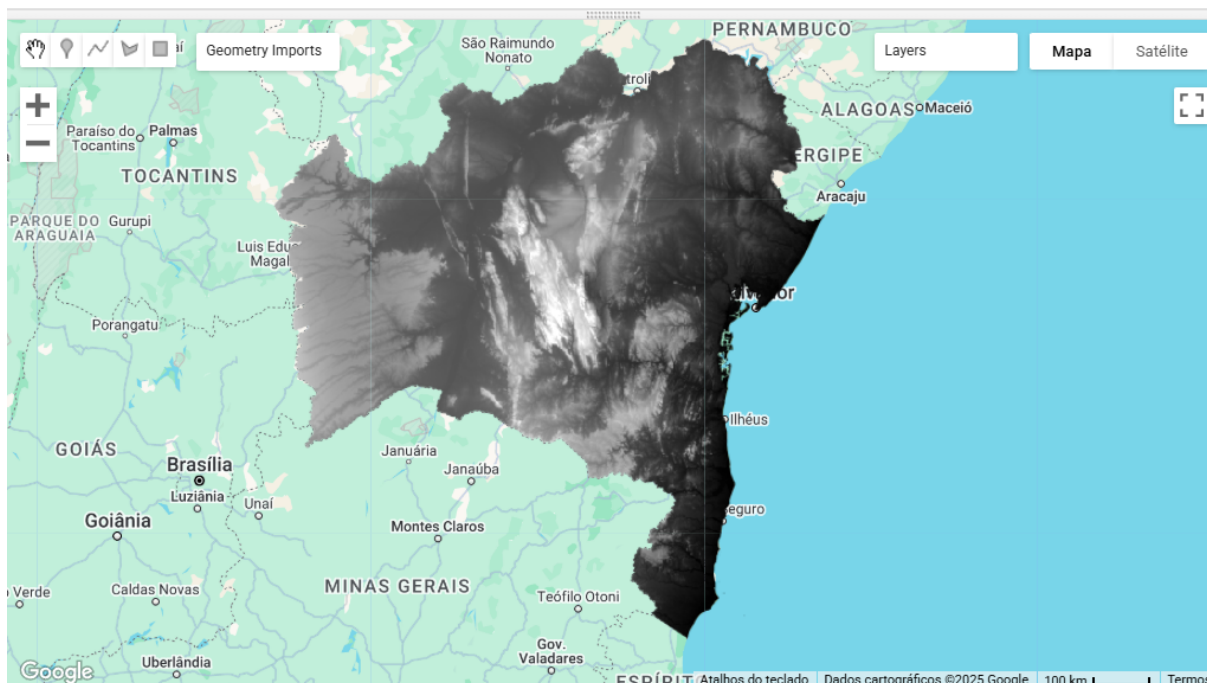




Figura 2 – Estatísticas descritivas da altimetria do Estado da Bahia a partir do SRTM

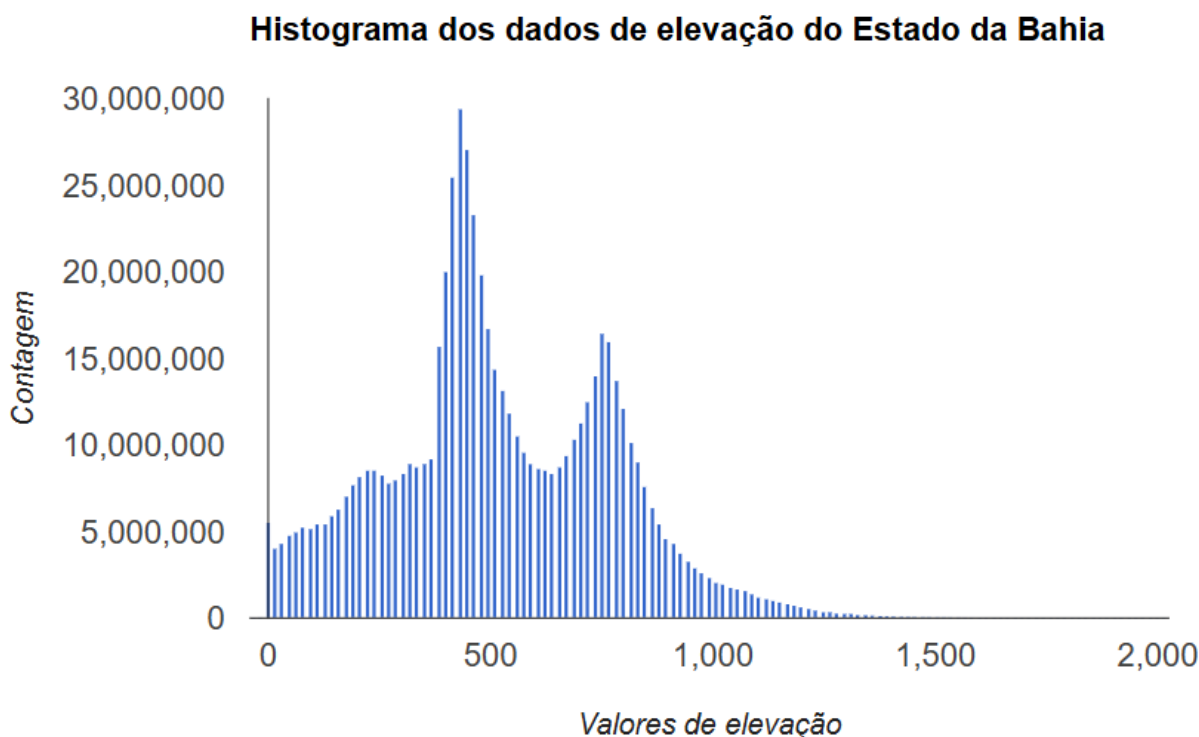
Inspector	Console	Tasks
Use print(...) to write to this console.		
Estatísticas descritivas:	JSON	
	JSON	
Elevação mínima da Bahia:	JSON	
-28		
	JSON	
Elevação máxima da Bahia:	JSON	
2030		
	JSON	
Média de elevação da Bahia:	JSON	
528.7774465237941		
	JSON	
Mediana de elevação da Bahia:	JSON	
487.28110581818305		
	JSON	
Desvio padrão de elevação da Bahia:	JSON	
254.52528519848582		
	JSON	
Moda de elevação da Bahia:	JSON	
439.5242126559225		
	JSON	

Fonte: SRTM (2000), GEE (2025). Os autores (2025).



Ao representarmos graficamente uma ou mais variáveis, estamos nos valendo de um desenho que sintetiza o comportamento dessas variáveis, por isso a comunicação de ideias a partir de um gráfico é um recurso bastante útil na estatística (Costa, 1992). Em virtude disso, o conjunto das estatísticas acima fica melhor representado a partir de um histograma. A partir da análise do gráfico de histograma, pôde-se observar que os valores de elevação do Estado da Bahia estão mais concentrados na faixa que vai de 400 a 550 metros, se tornando assim bem menos expressivos a partir da faixa de 1.400 metros. É importante ressaltar que como o GEE adota o padrão numérico americano, a quantidade de vezes que os valores de elevação se apresentam (“contagem”, na parte esquerda) devem ser lidas como um ponto “.” ao invés de uma vírgula “,” após a dezena ou unidade, logo os valores de contagem em ordem crescente são: 5.000 (cinco mil), 10.000 (dez mil), 15.000 (quinze mil), 20.000 (vinte mil), 25.000 (vinte e cinco mil) e 30.000 (trinta mil). O gráfico do tipo histograma pode ser visualizado na Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Histograma com os valores de altimetria do Estado da Bahia a partir do SRTM



Fonte: SRTM (2000), GEE (2025). Os autores (2025).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram gerados diversos dados concernentes às estatísticas descritivas da altimetria do Estado da Bahia a partir dos dados da missão SRTM, tais como: média (528 metros), moda (439 metros), mediana (487 metros), valor mínimo de elevação (-28 metros), valor máximo de elevação (2.030 metros) e desvio padrão (254 metros). A fim de se poder melhor visualizar como essas estatísticas estão postas sobre a altimetria do Estado da Bahia, foi criado um gráfico do tipo histograma para que essas informações pudessem ser apreendidas visualmente. Tal histograma confirmou que boa parte da elevação da Bahia se encontra por volta da faixa que vai de 400 a 550 metros, se tornando assim bem menos expressivos a partir da faixa de 1.400 metros, tal como foi evidenciado nas estatísticas descritivas.

Dada a facilidade de se executar tal procedimento (poucas linhas de código), aliado ao fato de se necessitar apenas de um computador conectado à internet, postulamos que o uso da plataforma do GEE pode servir tanto para análises técnicas ligadas às geociências, como também enquanto uma ferramenta lúdica para o ensino das temáticas ligadas à geografia física (como o relevo terrestre), despertando assim o interesse dos estudantes pelas novas técnicas de análise do meio ambiente. Destacamos isso pelo fato das inúmeras mudanças de ordem tecnológica que vêm acontecendo em nossos dias, pois assim o interesse pelas temáticas ligadas à geografia física ganham uma nova roupagem ao se valerem do aparato tecnológico que temos atualmente. Além dessas mesmas temáticas se mostrarem relevantes em nossos dias. Por fim, salientamos que a proposta deste trabalho foi didática/lúdica - apenas para mostrar a aplicabilidade de uma das funções da plataforma, e que em estudos em pequenas áreas seja empregado testes de validação dos dados e visitas de campo para que se possa averiguar os resultados obtidos em gabinete com aqueles do próprio campo, o qual não foi possível de ser feito dada a imensidão da nossa área

REFERÊNCIAS

CARVALHO JUNIOR, O. A. de.. APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA O MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDÁVEIS. *Revista de Geografia*, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 412–431, 2018. DOI: 10.51359/2238-6211.2018.238239. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/238239>. Acesso em: 27 de out. de 2024.

COSTA, S. F. *Introdução ilustrada à estatística (com muito humor!)*. 2.ed. São Paulo: Harbra, 1992.



FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

APA da Serra do Barbado. **INEMA**, [s.d.]. Disponível em: <
<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/unidades-de-conservacao/apa/serra-do-barbado/>>. Acesso em: 30 de mar. De 2025.

LEMOS, F. C.; FREITAS, E. S. ; ALMEIDA, C. N.; RAMOS FILHO, G. M. ; COELHO, V. H. R. . **Uso do Google Earth Engine para análise da anomalia da precipitação anual do Brasil em 2020 a partir de dados de precipitação de sensoriamento remoto**. In: XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2021, Belo Horizonte. XXIV SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2021. Disponível em: <
<https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13068>>. Acesso em: 23 de out. de 2024.

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission. **Embrapa**, [s.d.]. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/srtm>>. Acesso em: 9 de fev. de 2025.

Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). **NASA**, [s.d.]. Disponível em: <
<https://www.earthdata.nasa.gov/data/instruments/srtm>>. Acesso em: Acesso em: 9 de fev. de 2025.