



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO BIOMA CAATINGA**

Matheus Albert da Silva Araújo

Relatório Final de Iniciação científica do  
programa PIBIC, orientado por Kátia  
Alves Arraes.

INPE  
Rua Carlos Serrano, 2073 – Lagoa Nova.  
Natal – Rio Grande do Norte – Brasil – CEP: 59076-740.  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

---

Silva Araújo, Matheus Albert.  
Geotecnologias Aplicadas À Análise Da Dinâmica De Uso E Ocupação  
Do Solo No Bioma Caatinga / Matheus Albert da Silva Araújo – Lagoa  
nova-Natal: INPE, 2024.

Graduando em Bacharelado de Tecnologia da Informação - UFRN

Orientadora: Kátia Alves Arraes

CDU

---

## RESUMO

O projeto presente tem por finalidade explorar de que forma as ferramentas tecnológicas contemporâneas podem auxiliar na classificação e estudo de áreas geográficas, bem como no monitoramento do uso e ocupação do solo, e de que forma ele vem sendo modificado ao longo do tempo. Desse modo, o trabalho visa analisar a dinâmica do uso e ocupação do solo do bioma, por meio da utilização de geotecnologias, mais especificamente através da técnica de sensoriamento remoto e da plataforma de processamento de dados em nuvem Google Earth Engine. A escolha pela plataforma Google Earth Engine se deve a sua alta capacidade de processamento de dados, bem como sua interface de fácil acesso, por tratar-se de uma plataforma de computação em nuvem. Sendo assim, não exige ou requer uma alta capacidade técnica do computador, em razão de seu alto desempenho. Ademais, a plataforma adota a linguagem Javascript em seu ambiente de desenvolvimento, que possui um excelente desempenho e suporte. A coleção de imagens do bioma Caatinga, utilizada na classificação, data de períodos entre julho e outubro, período de estiagem do bioma. Tais imagens são obtidas através do satélite Sentinel-2. O método empregado para a classificação do uso e cobertura do solo foi a técnica de classificação supervisionada baseada em *pixel*, com a utilização do *Machine Learning*, e o classificador *Random Forest*. Por fim, todas as informações e classificações dos posteriores municípios do bioma, são disponibilizadas para livre acesso por meio de um aplicativo independente desenvolvido na própria plataforma, possibilitando assim uma maior divulgação das informações e do conhecimento construído para o público em geral.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Google Earth Engine; Geotecnologias; Índices Espectrais; Aprendizado de Máquina; Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo.



## **ABSTRACT**

The purpose of this project is to explore how contemporary technological tools can help in the classification and study of geographic areas, as well as in monitoring land use and occupation, and how it has been modified over time. Thus, the work aims to analyze the dynamics of land use and occupation in the biome, through the use of geotechnologies, more specifically through remote sensing techniques and the Google Earth Engine cloud data processing platform. The choice for the Google Earth Engine platform was due to its high data processing capacity, as well as its easy-to-access interface, as it is a cloud computing platform. Therefore, it does not require or require a high technical capacity of the computer, due to its high performance. Furthermore, the platform adopts the Javascript language in its development environment, which has excellent performance and support. The collection of images of the Caatinga biome, used in the classification, date from periods between July and October, the biome's dry period. Such images are obtained using the Sentinel-2 satellite. The method used to classify land use and land cover was the pixel-based supervised classification technique, using Machine Learning, and the Random Forest classifier. Finally, all information and classifications of the subsequent municipalities in the biome are made available for free access through an independent application developed on the platform itself, thus enabling greater dissemination of information and knowledge built to the general public.

**Keywords:** Remote sensing; Google Earth Engine; Geotechnologies; Spectral Indices; Machine Learning; Mapping of Land Use and Occupation.



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Imagem ilustrativa do bioma Caatinga .....	3
Figura 2 - Mapa do bioma caatinga .....	4
Figura 3 - Trecho de código de um script do GEE <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>erro!</b>
Figura 4 - NDVI no município de Carnaubais - RN .....	8
Figura 5 - Descrição das classes temáticas .....	9
Figura 6 - Pontos das classes temáticas no município de Parazinho RN .....	10
Figura 7 - Matriz de erro e medidores de classificação no município de Acari RN	11
Figura 8 - Interface gráfica do GEE .....	11
Figura 9 - Script "Resultados" do GEE mostrando o uso do pacote ui .....	12
Figura 10 - Interface do aplicativo "Resultados" .....	13



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
GEE	Google Earth Engine
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
CIR	<i>Color Infrared Vegetation Index</i>
NTS	<i>Normalized Difference Thermal Index</i>
BSI	<i>Bare Soil Index</i>
SAVI	<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO .....	3
2.1 Área de estudo .....	4
2.2 Metodologia adotada .....	4
2.3 Sentinel-2.....	5
2.4 Sensoriamento Remoto.....	6
2.5 Método de classificação .....	7
2.5.1 Random Forest .....	7
2.5.2 Índices espectrais.....	7
2.5.3 Classes temáticas .....	8
2.5.4 Pontos de validação.....	10
2.6 Google Earth Engine.....	11
2.6.1 Interfaces gráficas UI .....	12
2.6.2 Script Resultados .....	12
3 CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15



## 1. INTRODUÇÃO

As geotecnologias têm ganhado cada vez mais importância com o avanço tecnológico e a crescente modernização das técnicas de coleta de dados espaciais. Por si só as geotecnologias, segundo o programa de qualificação ambiental cita no caderno de estudo “introdução à geotecnologia”, podem ser definidas como: “um conjunto de tecnologias voltadas à coleta, ao processamento, à análise e à disponibilização de dados e informações espaciais.” Essas tecnologias atuam baseando-se em dados geográficos, como mapas, coordenadas, imagens de satélite, dentre outras formas de representação cartográfica. A combinação desses dados geográficos, juntamente com o processamento computacional, permite a criação de soluções inovadoras para compreender e resolver problemas relacionados ao espaço geográfico. Desse modo, fica evidente a importância do investimento e desenvolvimento de novas soluções para a área das geotecnologias, que prestam um grande auxílio para a análise geoespacial. Ademais, a importância dessas tecnologias pode ser observada em diferentes contextos, como, por exemplo: planejamento urbano e regional, gestão ambiental, agricultura e precisão, monitoramento de desastres naturais, navegação e logística etc.

Com isso, durante o projeto foram amplamente utilizadas ferramentas das geotecnologias, como o Google Earth Engine e o sensoriamento remoto, a fim de propiciar, eficiência e qualidade ao estudo. Portanto, através do uso das tecnologias já citadas, o projeto tem com foco principal a análise da dinâmica do uso e ocupação do solo no bioma Caatinga, concentrando-se mais especificamente nos seguintes tópicos:

- Definir as áreas de interesse para o estudo;
- Buscar informações sobre a região para enriquecer o estudo;
- Aplicar às áreas de interesse índices espectrais, a fim de auxiliar no processo de análise da área;

- Definir classes temáticas que dividem as áreas da região de interesse em grupos específicos;
- Realizar a classificação dos municípios;
- Fazer uso do algoritmo “*Random Forest*” para verificar a precisão da classificação;
- Desenvolvimento do aplicativo “Resultados”;
- Disponibilização, ao público geral, através do aplicativo “Resultados”, dos municípios analisados, bem como suas respectivas classificações

Acerca do bioma caatinga, que é o objeto do estudo do projeto, vale destacar suas principais características e peculiaridades. A Caatinga é o único bioma que só pode ser encontrado no Brasil, sendo este o que detém a maior biodiversidade dentre todas as regiões semiáridas do planeta. Estende-se por cerca de 844.453 km<sup>2</sup>, pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Sendo a porção localizada sob o estado do RN, a área de interesse do trabalho. Por ser uma região semiárida, sua biodiversidade é adaptada às altas temperaturas e à falta de água, apresentando características como: vegetação baixa, troncos tortuosos, raízes profundas, ausência de folhas e presença abundante de espinhos, conforme Figura 1.

Figura 1 - Imagem ilustrativa do bioma Caatinga



Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA)

## 2. DESENVOLVIMENTO

Como já citado, o projeto em questão utilizou a plataforma do GEE para realizar a análise e posterior classificação de áreas elencadas do bioma caatinga. Para que o trabalho fosse realizado de modo a se alcançar resultados satisfatórios, foi adotada pela equipe na metodologia de trabalho como um dos parâmetros principais a preocupação que todas as classificações das áreas de interesse estivessem alinhadas umas com as outras, ou seja, a necessidade de equivalência na classificação entre as áreas adjacentes. As classificações dessas áreas basearam-se nas imagens obtidas do satélite Sentinel-2, por meio da técnica de sensoriamento remoto. De posse das imagens, o processo de classificação possui algumas etapas que serão exploradas mais adiante, além de outros elementos que foram aplicados a fim de facilitar e melhorar a classificação, como, por exemplo, os índices espectrais. Além disso, cabe citar que foram explorados muitos recursos fornecidos pela plataforma do GEE, que permitiram tanto uma otimização no processo de análise, quanto uma melhor visualização por parte do usuário.

## 2.1 Área de estudo

Atualmente, o projeto está voltado para realização do mapeamento dos municípios do estado do Rio Grande do Norte, mais especificamente, daqueles localizados dentro os limites do bioma Caatinga. Com base nessas características é feito o levantamento das áreas de interesse, para que posteriormente, seja realizada a análise e classificação da região correspondente. Na figura 2 é possível visualizar a área total do bioma Caatinga, bem como a região do RN em destaque.

Figura 2 - Mapa do bioma caatinga



## 2.2 Metodologia adotada

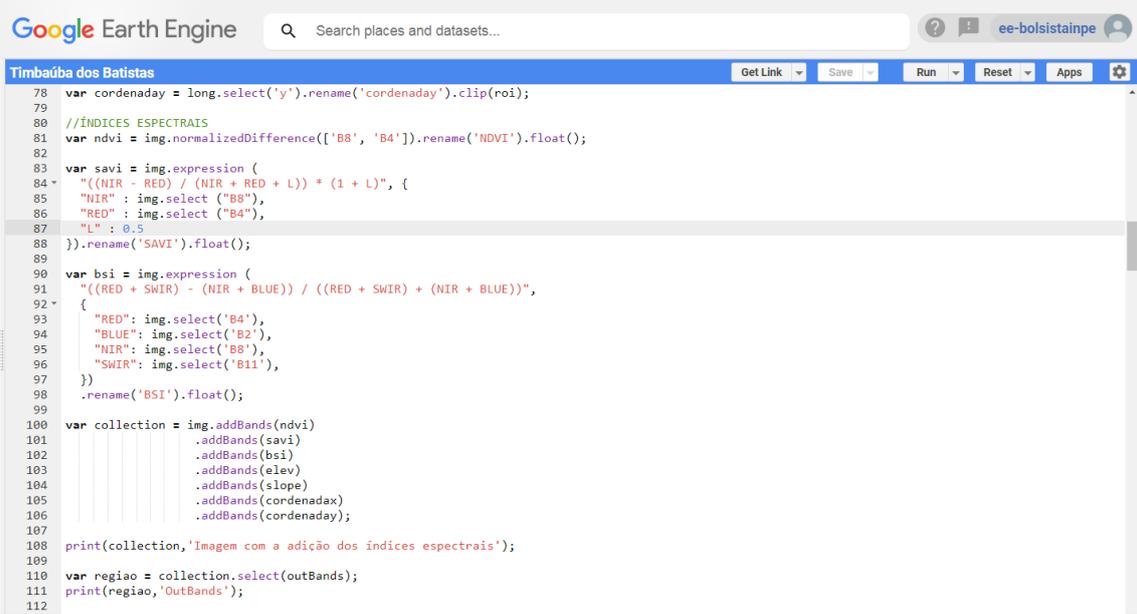
A metodologia em questão foi adotada para que ocorresse uma padronização do processo de classificação. Inicialmente é feita a escolha do município a ser classificado, é necessário que esta imagem

esteja em perfeitas condições e sem nuvens, para garantir isso é feita uma análise minuciosa da imagem e, caso haja necessidade, é feita a utilização de uma função de mascaramento de nuvem, desenvolvida por meio da linguagem Javascript. Esta função tem sua atuação influenciada pela porcentagem de presença de nuvens nas imagens, caso esse número seja muito alto, ela vai atuar fazendo recortes na imagem o que a torna inadequada para classificar. Na maioria dos casos em que a função de mascaramento foi utilizada no projeto, aplicamos ela a toda a coleção de imagens, logo ela foi aplicada em todas as imagens da coleção, em seguida foi aplicada a função de “Median” na coleção de imagens, cuja função é mesclar todas as imagens e retornar uma imagem única. Desse modo, mesmo que houvesse algum recorte em uma das imagens da coleção o espaço recortado seria substituído pela parte de outra imagem da coleção. Esse procedimento foi imprescindível para classificar municípios que não possuíam imagens livres de nuvens, como é o caso do município de Cerro Corá/RN. Assim, de posse da imagem em perfeito estado, é construído o *script* no qual ocorre a classificação. Cada município a ser classificado possui seu próprio *script*, e o processo de análise é iniciado. Ao finalizar a classificação, é gerado o mapeamento da área de interesse, ou seja, do município estudado, cuja imagem classificada é inserida no aplicativo, desenvolvido na própria plataforma do GEE, nomeado “Resultados”. Por meio dele é possível visualizar todos os municípios já classificados em conjunto com os demais e suas respectivas classificações, bem como algumas informações relevantes, como: cultivo permanente, cultivo temporário e pontos de interesse acerca do município.

### **2.3 Sentinel-2**

Para análise espacial e posterior classificação foram utilizadas as imagens do satélite Sentinel-2, que possuem diversas bandas que são imprescindíveis para fundamentar os índices espectrais utilizados, como é perceptível na Figura 3.

Figura 3 - Trecho de código de um script do GEE



```
78 var cordenaday = long.select('y').rename('cordenaday').clip(roi);
79
80 //ÍNDICES ESPECTRAIS
81 var ndvi = img.normalizedDifference(['B8', 'B4']).rename('NDVI').float();
82
83 var savi = img.expression (
84   "(NIR - RED) / (NIR + RED + L) * (1 + L)", {
85     "NIR" : img.select ("B8"),
86     "RED" : img.select ("B4"),
87     "L" : 0.5
88   }).rename('SAVI').float();
89
90 var bsi = img.expression (
91   "((RED + SWIR) - (NIR + BLUE)) / ((RED + SWIR) + (NIR + BLUE))",
92   {
93     "RED": img.select('B4'),
94     "BLUE": img.select('B2'),
95     "NIR": img.select('B8'),
96     "SWIR": img.select('B11'),
97   }
98   ).rename('BSI').float();
99
100 var collection = img.addBands(ndvi)
101                   .addBands(savi)
102                   .addBands(bsi)
103                   .addBands(elev)
104                   .addBands(slope)
105                   .addBands(cordenaday)
106                   .addBands(cordenaday);
107
108 print(collection, 'Imagem com a adição dos índices espectrais');
109
110 var regioao = collection.select(outBands);
111 print(regioao, 'OutBands');
112
```

Conforme a Figura 3, as expressões que definem os índices são estruturadas segundo algumas bandas que são extraídas das imagens do satélite Sentinel-2, o que salienta a importância de tais bandas. No projeto utilizamos as imagens de nível de processamento 2A do Sentinel-2, que foram corrigidas atmosféricamente e possuem correções radiométricas, proporcionando imagens prontas para análise quantitativa. Desse modo, o código da coleção de imagens utilizada possui a seguinte aparência: “COPERNICUS/S2\_SR”, com o termo “SR” fazendo referência a palavra “*Surface Reflectance* (Refletância da superfície)”, que é a principal característica das imagens desse nível de processamento.

## 2.4 Sensoriamento Remoto

Segundo Evlyn Márcia e Flávio Jorge, no artigo “Introdução ao sensoriamento remoto”, o sensoriamento remoto pode ser definido como: “é um conjunto de técnicas destinado à obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles.”. Essa técnica é amplamente utilizada para a obtenção das imagens da superfície terrestre, pelo satélite Sentinel-2.

## **2.5 Método de classificação**

O método adotado para realizar a análise do uso e ocupação do solo da caatinga consiste na técnica de classificação supervisionada baseada em *pixel*, que funciona da seguinte maneira: são selecionadas amostras representativas para cada classe de cobertura do solo, que chamamos por classes temáticas, inserimos essas amostras por diversas regiões da imagem, que correspondem às características representadas para cada classe. Assim, com algumas das regiões da imagem representando as classes, o algoritmo de classificação escolhido, no nosso caso o *Random Forest*, analisará os pontos de treinamento e, baseado nos padrões identificados neles, realizará a classificação de toda a imagem.

### **2.5.1 Random Forest**

*Random Forest* é um algoritmo de aprendizado de máquina amplamente utilizado para tarefas de classificação e regressão. Ele opera gerando de forma aleatória uma série de árvores de decisão, cada uma delas com características e subconjuntos de dado diferentes. Em seguida, para classificação, cada árvore da floresta "vota" na classe de saída prevista para uma determinada entrada, e a classe com mais votos é escolhida como a previsão final.

### **2.5.2 Índices espectrais**

Os índices espectrais são recursos importantes que prestam grande auxílio no momento da classificação, principalmente durante a inserção dos pontos de treinamento, uma vez que, realçam elementos específicos da imagem, como, por exemplo, o NDVI que ajuda a destacar áreas de vegetação densa.

Esses índices são obtidos através de cálculos matemáticos realizados entre os valores de *pixels* das bandas de uma imagem. No projeto em questão os índices adotados para auxiliar na classificação foram: NDVI, BSI e, SAVI.

Na Figura 4 é possível visualizar áreas agrícolas destacadas com auxílio do índice NDVI aplicado na imagem de Carnaubais/RN.

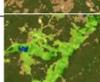
Figura 4 - NDVI no município de Carnaubais - RN



### 2.5.3 Classes temáticas

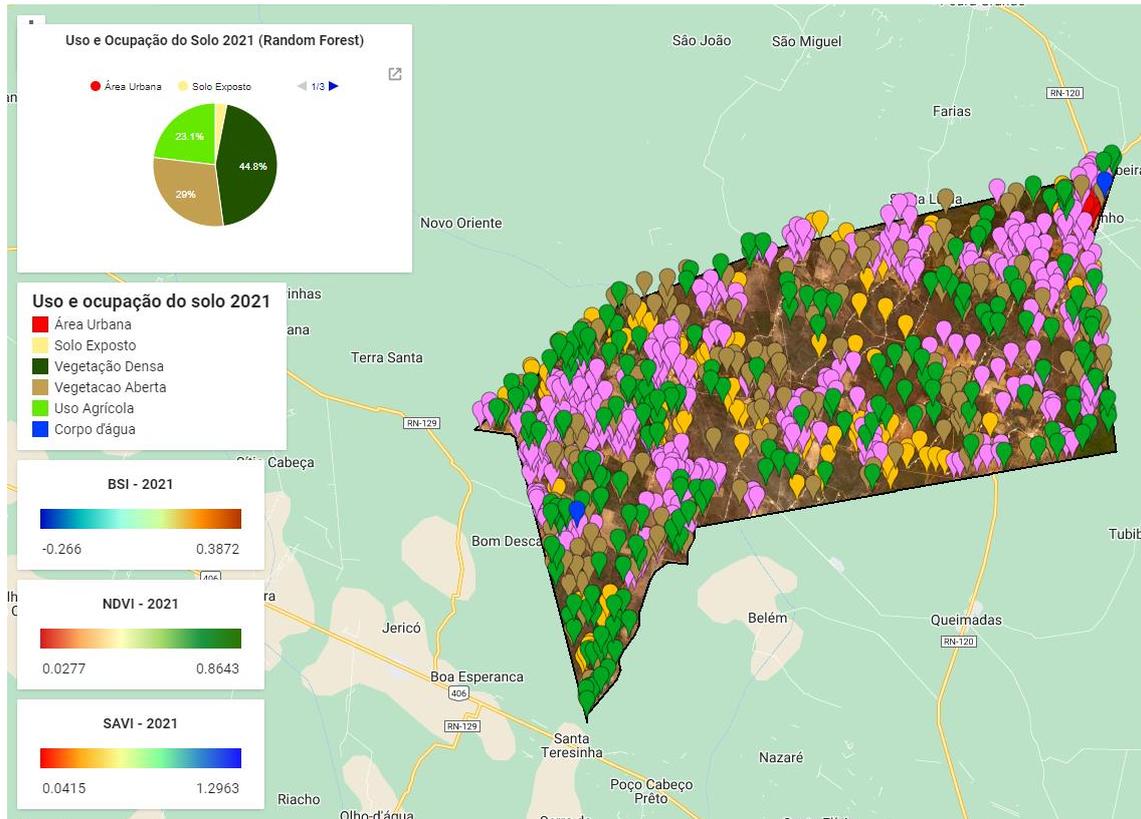
Foram utilizadas seis diferentes classes temáticas para representar os diversos usos e ocupação do solo presentes na região, são elas: área urbana, vegetação aberta, vegetação densa, uso agrícola, solo exposto e corpos d'água, descritas de forma sucinta na Figura 5.

Figura 5 - Descrição das classes temáticas

Classe Temática	Imagem Sentinel-2	Classificação	Descrição Sucinta
Área Urbana			Área central com aglomeração de edificações. Área urbanizada.
Solo Exposto			Áreas de solo descoberto que não se caracterize como de uso agrícola. Afloramento rochoso.
Vegetação Densa			Formação florestal densa, no qual apresenta árvores e/ou arbustos com alta densidade de suas copas impedindo a visualização do solo.
Vegetação Aberta			Formação florestal aberta, no qual apresenta árvores e/ou arbustos espaçados, sendo possível a visualização do solo e/ou vegetação do estrato herbáceo.
Uso Agrícola			Áreas com características de uso agrícola como plantações de cultivos permanentes e/ou temporários, áreas de pastagens e outras atividades correlatas.
Corpo D'água			Espelhos d'água como lagoas, rios e açudes.

Essas classes definem os pontos de treinamento que serão adicionados à imagem na qual ocorrerá a análise, e que servirão de base para que o algoritmo *Random Forest* realize toda a classificação. Logo, é essencial que estes pontos sejam inseridos de forma coerente às classes temáticas, definindo assim o tipo de uso do solo na região a ser analisada, para que o algoritmo possa identificar o padrão dos *pixels* nos quais eles estarão inseridos, promovendo assim uma classificação precisa. Na Figura 6 é possível visualizar de que forma os pontos de treinamento ficam dispostos na imagem, cada um deles referenciando uma classe temática específica.

Figura 6 - Pontos de Treinamento no município de Parazinho RN

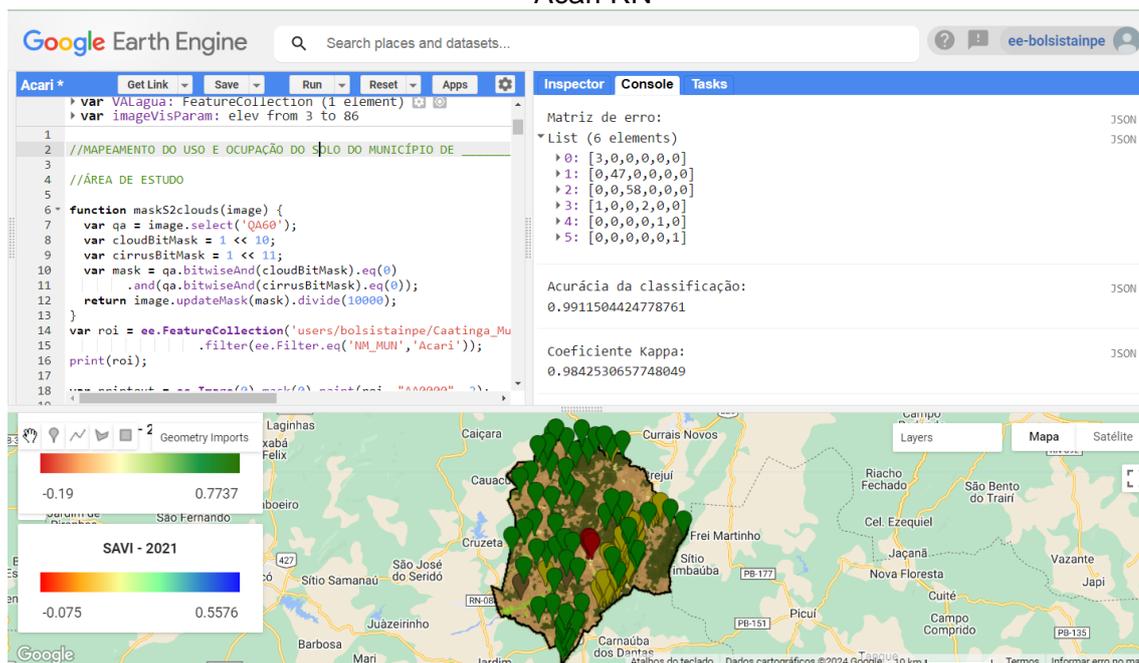


#### 2.5.4 Pontos de validação

Além dos pontos de treinamento, também são criados os pontos de validação, que, de forma resumida, são pontos que devem ser inseridos em áreas onde se tem certeza da classificação, para que seja feita uma avaliação da acurácia da classificação, ou seja o quão precisa ela está. Essa avaliação é feita mediante a análise da matriz de confusão, também chamada de matriz de erro, que compara os pontos de validação com a classificação, baseada nos pontos de treinamento, para definir se eles estão compatíveis ou não.

Na Figura 7 é possível visualizar a aparência da matriz de erro, bem como a acurácia da classificação e o coeficiente Kappa. Também é possível ver alguns pontos de validação inseridos no município de Acari.

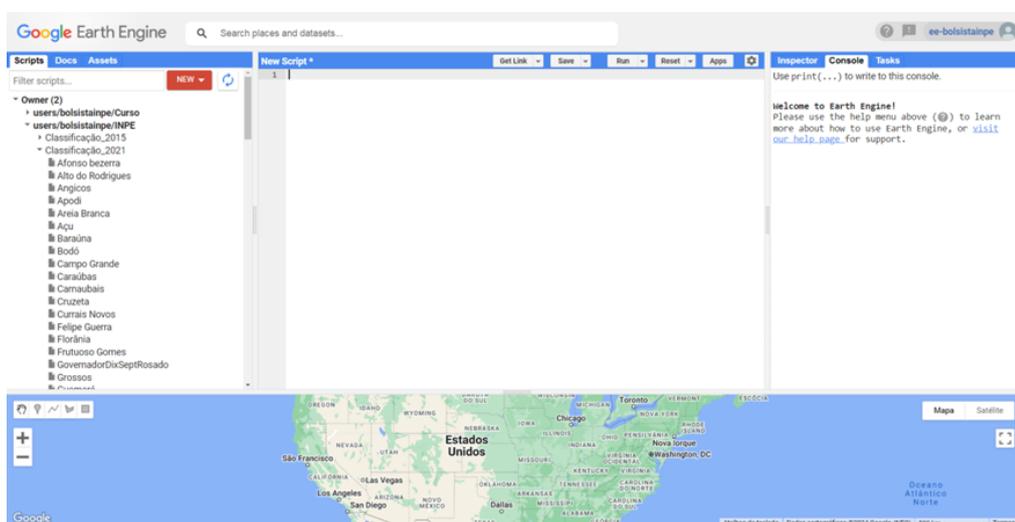
Figura 7 - Matriz de Erro e medidores de classificação no município de Acari RN



## 2.6 Google Earth Engine

A plataforma de processamento de dados em nuvem GEE foi a escolhida para realizar o estudo do uso e ocupação do solo na caatinga. Sua escolha deve-se a sua ampla gama de recursos, que trazem facilidade e conforto no momento da análise. Na Figura 8 é possível visualizar a interface do GEE.

Figura 8 - Interface gráfica do GEE



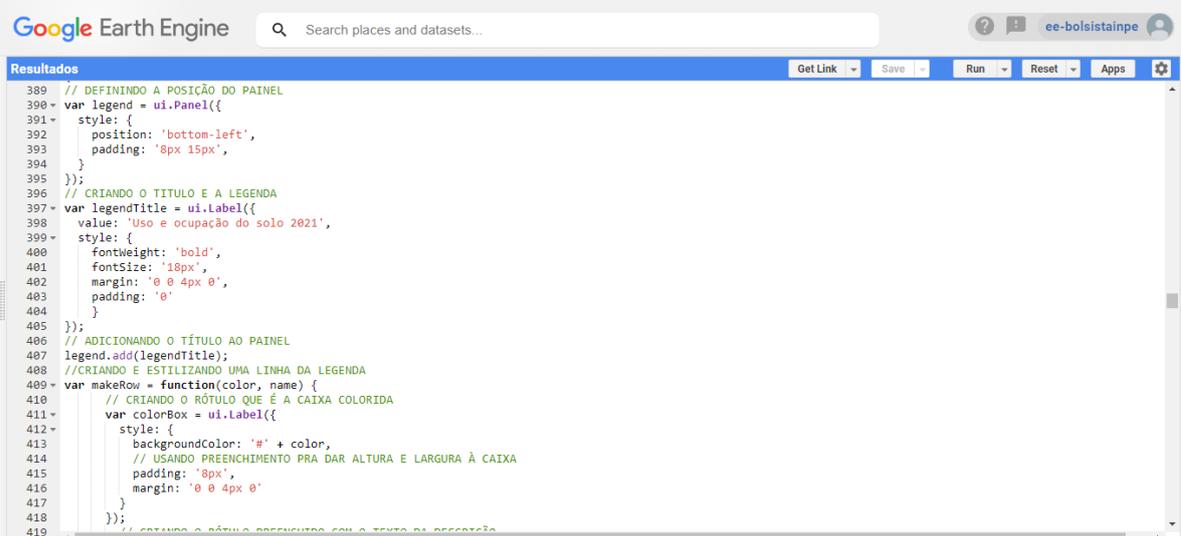
## 2.6.1 Interfaces gráficas UI

O GEE provê acesso a diversos *widgets* (ui), que são componentes gráficos de interface de usuário, por meio do pacote ui, que podem ser utilizados para criar interfaces gráficas nos *scripts* do editor de código. Esses *widgets* podem ser utilizados tanto para exibir informações ao usuário, como também pode interagir com ele de forma dinâmica, tornando o uso melhor e mais atrativo, visando melhorar a interação do usuário.

O pacote ui fornece uma série de recursos interessantes que foram utilizados nos scripts do projeto, dentre eles: botões, caixas de seleção, *labels*, painéis, gráficos etc.

Na Figura 9 é possível visualizar o uso do pacote ui no *script* Resultados, que é um aplicativo prático desenvolvido por meio do GEE, que permite ao usuário visualizar de forma simples a classificação de cada município disponível.

Figura 9 - Script "Resultados" do GEE mostrando o uso do pacote ui



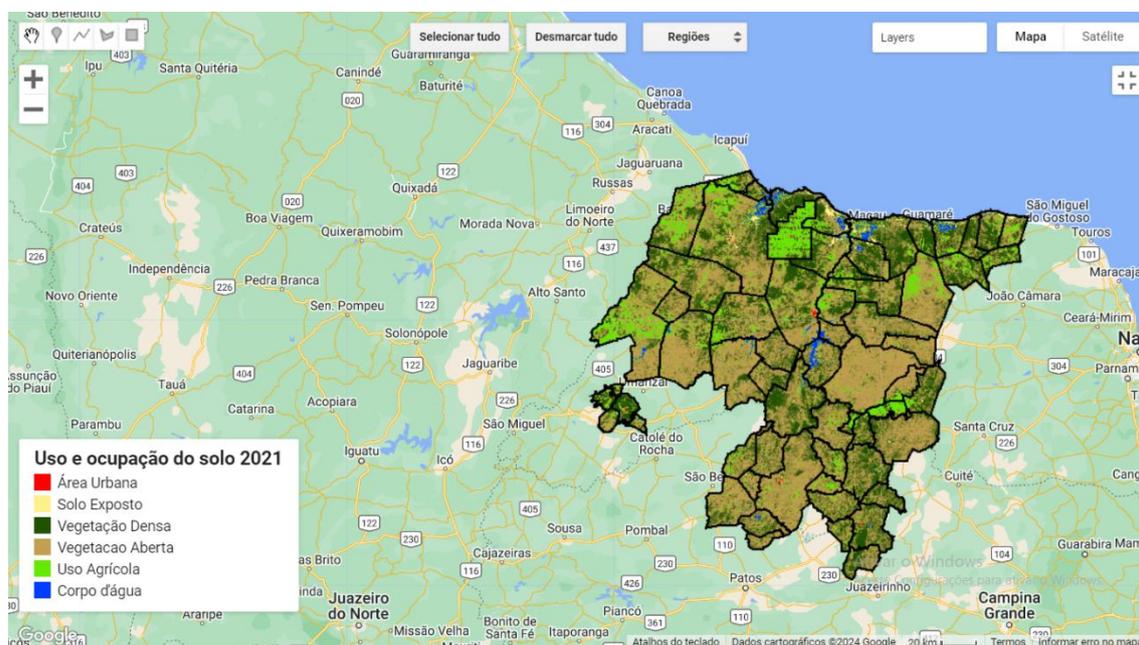
```
389 // DEFININDO A POSIÇÃO DO PAINEL
390 var legend = ui.Panel({
391   style: {
392     position: 'bottom-left',
393     padding: '8px 15px',
394   }
395 });
396 // CRIANDO O TÍTULO E A LEGENDA
397 var legendTitle = ui.Label({
398   value: 'Uso e ocupação do solo 2021',
399   style: {
400     fontWeight: 'bold',
401     fontSize: '18px',
402     margin: '0 0 4px 0',
403     padding: '0'
404   }
405 });
406 // ADICIONANDO O TÍTULO AO PAINEL
407 legend.add(legendTitle);
408 //CRIANDO E ESTILIZANDO UMA LINHA DA LEGENDA
409 var makeRow = function(color, name) {
410   // CRIANDO O RÓTULO QUE É A CAIXA COLORIDA
411   var colorBox = ui.Label({
412     style: {
413       backgroundColor: '#' + color,
414       // USANDO PREENCHIMENTO PRA DAR ALTURA E LARGURA À CAIXA
415       padding: '8px',
416       margin: '0 0 4px 0'
417     }
418   });
419   // CRIANDO O RÓTULO PRECISANDO COM O TEXTO DA LEGENDA
```

## 2.6.2 Resultados

O aplicativo Resultados foi desenvolvido integralmente no GEE, com o objetivo de permitir a visualização de todos os municípios do bioma Caatinga

classificados até então, bem como algumas informações relevantes sobre eles. Possibilitando assim que o público em geral tenha um maior conhecimento sobre o bioma e de que forma o solo dos diversos municípios está sendo utilizado no período estudado pelo projeto, nesse caso o período de estiagem, do ano de 2021. Conforme a Figura 10 é possível visualizar a lista de municípios já classificados. Além disso, o *script* possui dois botões localizados na parte superior da zona de visualização, que, de forma simples, permitem marcar todos os municípios e desmarcar todos os municípios selecionados.

Figura 10 - Interface do aplicativo "Resultados"



Particularmente, participei ativamente do aperfeiçoamento e melhoria do aplicativo, durante o meu período de contribuição para com o projeto. Além disso, também realizei inúmeras contribuições no campo do estudo e classificação dos municípios, o que permitiu o andamento satisfatório do projeto. Dentre minhas principais contribuições para o projeto, cabe destacar: Análise e classificação de 20 municípios: Carnaúba dos Dantas, Acari, Jardim do Seridó, Santana do Seridó, Equador, Lajes, Caraúbas, Currais Novos, Cerro Corá, Triunfo Potiguar, Santana do Matos, Cruzeta,

Lagoa Nova, Tenente Laurentino Cruz, Triunfo Potiguar, Bodó, São Vicente, Jandaíra, Parazinho e Alto do Rodrigues; Implementação de funcionalidades no aplicativo “Resultados”, como, por exemplo, adição de borda de destaque ao município, quando este é clicado, botões para selecionar todos os municípios e desmarcar todos os municípios, botão para marcar todos os municípios pertencentes a uma região específica, etc.

### **3. CONCLUSÃO**

Com o avanço da tecnologia e, conseqüentemente, o surgimento de novas tecnologias voltadas à análise e à disponibilização de dados e informações espaciais, o estudo e o mapeamento de áreas geográficas tornaram-se cada vez mais otimizados e eficientes. Tais benefícios podem ser facilmente observados no projeto em questão, uma vez que nele foram utilizadas geotecnologias que facilitaram e muito o processo de análise e classificação do solo do bioma caatinga.

Ainda que não tenha sido finalizado, o projeto avançou grandemente no último ano de 2023 e continuará avançando no ano em questão. Diversos municípios do estado do Rio Grande do Norte já foram mapeados. Futuramente, a produção de artigos sobre o trabalho realizado é bem-vista, para que assim, o alcance do projeto seja maior, propiciando à sociedade, maior conhecimento sobre o bioma Caatinga e de que forma o seu solo está sendo utilizado.

Em suma, este projeto apresenta uma oportunidade de promover a conscientização e desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a preservação de um dos biomas mais singulares e importantes do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBAM. Instituto brasileiro de administração municipal. **Introdução à Geotecnologia.**

Disponível em:

<<https://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/acervo-projetos-cartilhas-outros/IBAM-Introducao-Geotecnologia-caderno-estudo.pdf>>. Acesso em: 21 de fevereiro. 2024.

BRASIL ESCOLA UOL. **Caatinga.** Disponível em:

<<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/caatinga.htm#Vegeta%C3%A7%C3%A3o+da+Caatinga>>. Acesso em: 21 de fevereiro. 2024.

LEÃO DE MORAES NOVO, EVLYN MÁRCIA; PONZONI, FLÁVIO JORGE. **Introdução ao Sensoriamento remoto.** Disponível em: <

[http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR\\_DPI7.pdf](http://www.dpi.inpe.br/Miguel/AlunosPG/Jarvis/SR_DPI7.pdf) >. Acesso em: 23 de fevereiro. 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Disponível em:

<<https://www.gov.br/mma/pt-br>>. Acesso em: 09 de abril. 2024