

# MAPEAMENTO DE COBERTURA DA TERRA COM MÁQUINA DE VETOR DE SUORTE

## GUIA PRÁTICO NO GOOGLE EARTH ENGINE



TAÍS RIZZO MOREIRA  
JEFERSON PEREIRA MARTINS SILVA  
NÍVEA MARIA MAFRA RODRIGUES  
DENYSE CÁSSIA DE MARIA SALES  
ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS

# MAPEAMENTO DE COBERTURA DA TERRA COM MÁQUINA DE VETOR DE SUPORTE: GUIA PRÁTICO NO *GOOGLE EARTH ENGINE*

## Produção Gráfica:

Jeferson Pereira Martins Silva (jefersonsb09@hotmail.com)

## Capa:

Nívea Maria Mafra Rodrigues

Denyse Cássia de Maria Sales

## Citação e Referência do Livro:

### No Texto

Moreira et al. (2024) ou (MOREIRA et al., 2024).

### Na Lista de Referências

MOREIRA, T. R.; SILVA, J. P. M.; RODRIGUES, N. M. M.; SALES, D. C. M.; SANTOS, A. R. **Mapeamento de Cobertura da Terra com Máquina de Vetor de Suporte: Guia Prático no *Google Earth Engine***. Jerônimo Monteiro: CAUFES, 2024. <https://doi.org/10.29327/5407104>.

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS** - Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/98) é crime (art. 184 do Código Penal). Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Decreto nº 1.825, de 20/12/1907.

## Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Mapeamento de cobertura da Terra com máquina de vetor de suporte [livro eletrônico]:  
guia prático no *Google Earth Engine* / Taís Rizzo Moreira ... [et al.]. -- Jerônimo  
Monteiro, ES: CAUFES, 2024.  
PDF.

Outros autores: Jeferson Pereira Martins Silva, Nívea Maria Mafra Rodrigues,  
Denyse Cássia de Maria Sales, Alexandre Rosa dos Santos.  
Bibliografia.

ISBN 978-65-86981-43-8

<https://doi.org/10.29327/5407104>

1. Geoprocessamento 2. Google Earth 3. Mapeamento digital 4. Sensoriamento  
remoto – Imagens 5. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) I. Moreira, Taís Rizzo.  
II. Silva, Jeferson Pereira Martins. III. Rodrigues, Nívea Maria Mafra. IV. Sales,  
Denyse Cássia de Maria. V. Santos, Alexandre Rosa dos.

---

24-210325

CDD-621.3678

## Índices para catálogos sistemáticos:

1. Geoprocessamento: Sensoriamento remoto e SIG: Tecnologia 621.3678
2. *Google Earth Pro*: Mapeamento: Tecnologia 621.3678  
Tábata Alves da Silva – Bibliotecária – CRB-8/9253

## PREFÁCIO

O material didático “Mapeamento de Cobertura da Terra com Máquina de Vetor de Suporte: Guia Prático no *Google Earth Engine*”, foi criado especialmente para todos aqueles entusiastas da geotecnologia que desejam se aventurar no campo do mapeamento de cobertura terrestre, aplicando uma ferramenta robusta de aprendizado de máquina — a Máquina de Vetor de Suporte (SVM) — diretamente no ambiente do *Google Earth Engine*.

Em meio ao crescente fluxo de dados geoespaciais e a constante evolução das técnicas e tecnologias de sensoriamento remoto, torna-se essencial dominar ferramentas que permitam uma análise eficiente e precisa. Com foco na aplicação prática, este guia foi elaborado para conduzir você através de um exemplo detalhado de uso do SVM para mapear a cobertura da terra, explorando as capacidades de processamento do *Google Earth Engine*.

Este guia prático não se aprofunda nos conceitos teóricos de aprendizado de máquina, mas concentra-se integralmente na aplicação prática. Através de um passo a passo detalhado, você será guiado na implementação de uma análise real, desde a preparação dos dados até a execução e obtenção dos resultados. Projetado para ser de fácil compreensão, cada parte do processo é descrita com clareza, visando facilitar a replicação e adaptação em seus próprios projetos.

Os autores, Taís Rizzo Moreira, Jeferson Pereira Martins Silva, Nívea Maria Mafra Rodrigues, Denyse Cássia de Maria Sales e Alexandre Rosa dos Santos, formam uma equipe multidisciplinar na área de ciências florestais e reúnem conhecimentos atualizados e relevantes para facilitar o aprendizado e a aplicação dessa tecnologia emergente.

Convidamos vocês a utilizarem este guia como um recurso para expandir suas capacidades analíticas e abrir novas possibilidades em seus estudos e trabalho. Boa leitura e excelente aprendizado prático!

Dr.<sup>a</sup>. Taís Rizzo Moreira

## AUTORES

### **Taís Rizzo Moreira**

Possui graduação em Engenharia Florestal (2017), mestrado em Ciências Florestais na linha de pesquisa de meio ambiente e recursos hídricos (2019) e doutorado em Ciências Florestais (2023) pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atua na área de meio ambiente, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica com ênfase em geotecnologia ambiental, aplicando o geoprocessamento como ferramenta de auxílio ao desenvolvimento científico e tecnológico.

### **Jeferson Pereira Martins Silva**

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Minas Gerais (2015), mestrado em Ciências Florestais (2018) e doutorado em Ciências Florestais (2023) pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atua na área de aprendizagem de máquina aplicada à modelagem de crescimento e produção florestal, otimização florestal e uso de dados LiDAR para estimação de variáveis biofísicas em povoamentos florestais.

### **Nívea Maria Mafra Rodrigues**

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2019) e mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo (2021). Atualmente, doutoranda em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo. Atua na área de inventário florestal, manejo florestal, economia florestal e sensoriamento remoto, com ênfase em estimativa de biomassa.

### **Denyse Cássia de Maria Sales**

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2019) e mestrado em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo (2024). Atualmente, doutoranda em Ciências Florestais pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atua em ecologia florestal e restauração ecológica, com ênfase em conservação e preservação da natureza, junto ao Núcleo de Pesquisa Científica e Tecnológica em Meio Ambiente, Silvicultura e Ecologia (NUPEMASE).

### **Alexandre Rosa dos Santos**

Professor Titular da UFES. Possui Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (1997), Licenciatura em Letras (Português) pelo Instituto Superior de Educação Elvira Dayrell (ISEED) (2017), Licenciatura em Letras – Português e Inglês pela Universidade de Franca (UNIFRAN) (2018). Especialização em Metodologia Ensino da Língua Portuguesa e Inglesa pela Universidade Candido Mendes (UCAM) (2016), Mestrado em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999), Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2001) e Pós-doutorado em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Viçosa (2016). Atua como bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq - Nível 1C (2024 – 2028). Atua nas áreas de Geotecnologias Aplicadas ao Meio Ambiente, Zoneamento Agroclimatológico, Geometeorologia Florestal, Ecologia da Paisagem Florestal, Mudanças Climáticas Naturais e Antropogênicas, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto. É coordenador do grupo de pesquisa do CNPq intitulado *Geotechnology Applied to Global Environment* (GAGEN).

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	CONFIGURAÇÃO DO AMBIENTE.....	8
3	IMPORTAÇÃO DE DADOS .....	13
4	CRIAÇÃO DE REPOSITÓRIO E SCRIPT.....	17
5	CRIAÇÃO DE POLÍGONOS DE TREINAMENTO.....	19
6	PREPARAÇÃO DAS IMAGENS .....	23
7	PREPARAÇÃO DOS DADOS E TREINAMENTO DO MODELO.....	25
8	VISUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO E DA ACURÁCIA.....	26
9	EXPORTANDO OS RESULTADOS.....	28
10	CONCLUSÃO.....	28
11	REFERÊNCIAS .....	29

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Resultado da pesquisa no Google destacando o link para login ou registro no *Google Earth Engine*. ..... 8

Figura 2 - Tela de login do *Google Earth Engine*, onde o usuário deve selecionar ou adicionar uma conta do Google para prosseguir. .... 9

Figura 3 - Página inicial do *Google Earth Engine*. Clique em “Register for Earth Engine” para criar uma conta. .... 9

Figura 4 - Página inicial do *Google Earth Engine* para novos usuários. .... 10

Figura 5 - Tela de seleção do tipo de uso do *Google Earth Engine*. .... 10

Figura 6 - Tela para criar ou selecionar um projeto no Google Cloud. .... 11

Figura 7 - Tela para criar ou selecionar um projeto no Google Cloud, destacando a necessidade de aceitar os Termos de Serviço da Nuvem antes de criar um projeto. .... 11

Figura 8 - Tela de boas-vindas do Google Cloud. .... 12

Figura 9 - Tela de confirmação de informações do projeto no *Google Earth Engine*. .... 12

Figura 10 - Interface do *Google Earth Engine Code Editor*, onde os usuários podem criar, executar e gerenciar scripts para análise geoespacial. .... 13

Figura 11 - Aba “Assets” no *Google Earth Engine Code Editor* mostrando a opção de carregar arquivos. .... 14

Figura 12 - Tela de upload de um shapefile no *Google Earth Engine*. .... 14

Figura 13 - Seleção de arquivos shapefile para upload no *Google Earth Engine*. .... 15

Figura 14 - Tela de upload de asset shapefile no *Google Earth Engine* mostrando os arquivos selecionados e prontos para upload. Clique em “UPLOAD” para iniciar o processo. .... 15

Figura 15 - Tela do *Google Earth Engine* mostrando o asset “Rorainópolis” carregado com sucesso na aba “Assets” e a conclusão da tarefa de importação de tabela na aba “Tasks”. .... 16

Figura 16 - Detalhes do asset “Rorainópolis” no *Google Earth Engine*, incluindo informações de ID da tabela, data de modificação, tamanho do arquivo e número de features. .... 16

Figura 17 - Aba “Scripts” no *Google Earth Engine Code Editor*, exibindo a opção de criar um arquivo de script. .... 17

Figura 18 - Tela de criação de um novo repositório no <i>Google Earth Engine</i> . Digite um nome único para o repositório e clique em “CREATE” para finalizar a criação.....	17
Figura 19 - Tela de criação de um novo arquivo no repositório do <i>Google Earth Engine</i> . Digite um nome para o arquivo e clique em “OK” para criar o arquivo.....	18
Figura 20 - Novo arquivo de script criado no repositório do <i>Google Earth Engine</i> . O script está pronto para ser editado e executado. ....	18
Figura 21 - Visualização da área de Rorainópolis no <i>Google Earth Engine</i> após a execução do script. ....	19
Figura 22 - Adicionando uma nova camada de geometria no <i>Google Earth Engine</i> . A ferramenta de desenho de geometria está selecionada para criar ou editar propriedades da camada indicada pela seta verde. ....	20
Figura 23 - Configuração da importação de geometria no <i>Google Earth Engine</i> . Defina o nome, a cor e as propriedades da geometria antes de importar como uma feature.....	21
Figura 24 - Geometria “naoFloresta” importada no <i>Google Earth Engine</i> . A geometria, representada em vermelho, agora está visível no mapa. ....	21
Figura 25 - Adicionando uma nova camada de geometria no <i>Google Earth Engine</i> . A opção “+ new layer” é selecionada para adicionar uma nova camada ao projeto. ....	22
Figura 26 - Configuração da importação de uma nova geometria no <i>Google Earth Engine</i> . Defina o nome como “floresta”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “1” antes de clicar em “OK” para importar. ....	22
Figura 27 - Configuração da importação de uma nova geometria no <i>Google Earth Engine</i> . Defina o nome como “agua”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “2” antes de clicar em “OK” para importar. ....	23
Figura 28 - Configuração da importação de uma nova geometria no <i>Google Earth Engine</i> . Defina o nome como “construção”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “3” antes de clicar em “OK” para importar.....	23
Figura 29 - Mapa com a classificação supervisionada usando SVM. ....	27
Figura 30 - Indicadores estatísticos para o treinamento e validação.....	27
Figura 31 - Exportando a imagem classificada para o drive. ....	28

## 1 INTRODUÇÃO

O mapeamento de cobertura da terra é aplicado para o monitoramento ambiental, planejamento urbano e gestão de recursos naturais. Por meio da análise detalhada da cobertura terrestre, é possível identificar mudanças no uso do solo, detectar desmatamentos, monitorar as florestas e avaliar o impacto das atividades humanas no meio ambiente (FEIZIZADEH et al., 2023). Nos últimos anos, o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto, disponibilidade de dados de satélite de alta resolução e técnicas de aprendizado de máquinas têm impulsionado significativamente essa área de estudo (GALLARDO-SALAZAR et al., 2023).

Neste contexto, a Máquina de Vetor de Suporte (SVM) e o *Google Earth Engine* (GEE) surgem como ferramentas robustas para o mapeamento de cobertura da terra. A SVM é um algoritmo de aprendizado de máquina amplamente utilizado para classificação de imagens, devido à sua capacidade de lidar com grandes conjuntos de dados e fornecer resultados precisos (MOUNTRAKIS; IM; OGOLE, 2011; SUN et al., 2024). Por outro lado, o GEE é uma plataforma baseada em nuvem que permite a análise e visualização de grandes volumes de dados geoespaciais de forma rápida e eficiente (AVCI et al., 2023; GORELICK et al., 2017; OSMAN et al., 2023).

A relevância dessas tecnologias reflete-se na crescente adoção por pesquisadores e profissionais de diversas áreas. Estudos recentes demonstram a eficácia do uso de SVM e GEE para monitoramento de mudanças ambientais em grande escala, contribuindo para a elaboração de políticas públicas e estratégias de conservação (BELGIU; DRĂGUȚ, 2016; ZHAO et al., 2024). Além disso, a integração dessas ferramentas facilita a realização de análises complexas, que anteriormente demandavam recursos computacionais significativos e elevado tempo de processamento (LI et al., 2016; ZHAO et al., 2024).

Na área florestal, o uso de SVM e GEE tem se mostrado particularmente eficaz. Pesquisas recentes indicam que essas tecnologias são capazes de detectar desmatamento (MOLNÁR; KIRÁLY, 2024) e degradação florestal (SLAGTER et al., 2023; SOLÓRZANO; GAO, 2022) com alta precisão, além de monitorar a regeneração natural das florestas e a saúde das árvores (RAIHAN, 2023). Essas ferramentas têm sido essenciais para o monitoramento contínuo de áreas protegidas e a identificação de atividades ilegais, como a extração de madeira e a conversão de florestas em áreas agrícolas. O uso combinado de SVM e GEE permite análises temporais detalhadas, ajudando na implementação de políticas de conservação e na gestão sustentável dos recursos florestais.

O presente guia prático visa capacitar pesquisadores, profissionais e estudantes na utilização dessas tecnologias para o mapeamento de cobertura da terra. Por meio de uma

abordagem passo a passo, serão apresentados a configuração do ambiente de trabalho, a aquisição e processamento de dados, e a implementação do algoritmo SVM no GEE.

## 2 CONFIGURAÇÃO DO AMBIENTE

Se você já possui uma conta no *Google Earth Engine* (GEE), pode pular diretamente para a seção 3 deste guia. Caso seja um novo usuário, será necessário registrar-se na plataforma. Este guia fornece um passo a passo detalhado para o registro. Inicie o processo acessando o site do *Google Earth Engine*, conforme ilustrado na figura abaixo, e clique em “Sign in”.

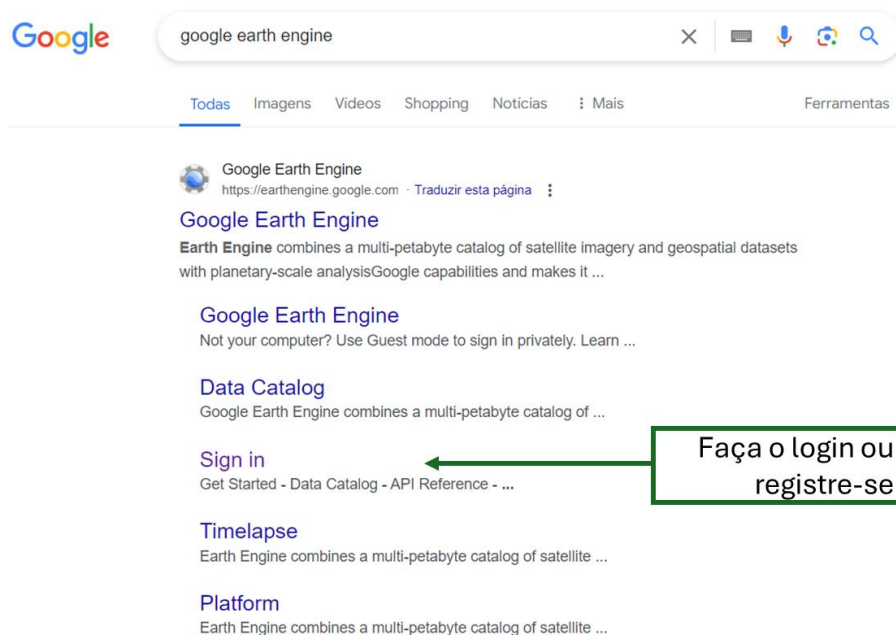


Figura 1 - Resultado da pesquisa no Google destacando o link para login ou registro no *Google Earth Engine*.

Após clicar em “Sign in”, escolha uma conta para se cadastrar. Para fins deste guia, utilizaremos o e-mail [guiapratico4@gmail.com](mailto:guiapratico4@gmail.com) com o usuário `guia_pratico`, conforme ilustrado na figura abaixo.

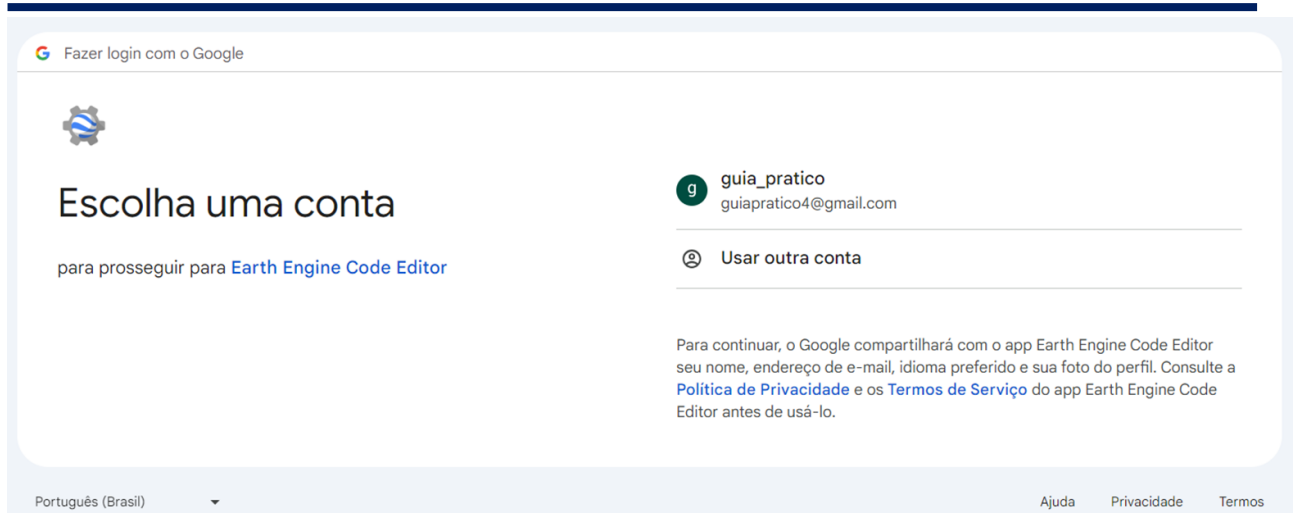


Figura 2 - Tela de login do *Google Earth Engine*, onde o usuário deve selecionar ou adicionar uma conta do Google para prosseguir.

Na página inicial do *Google Earth Engine*, clique em “Register for Earth Engine” para criar uma conta ou faça login se já possuir uma conta (Figura 3).

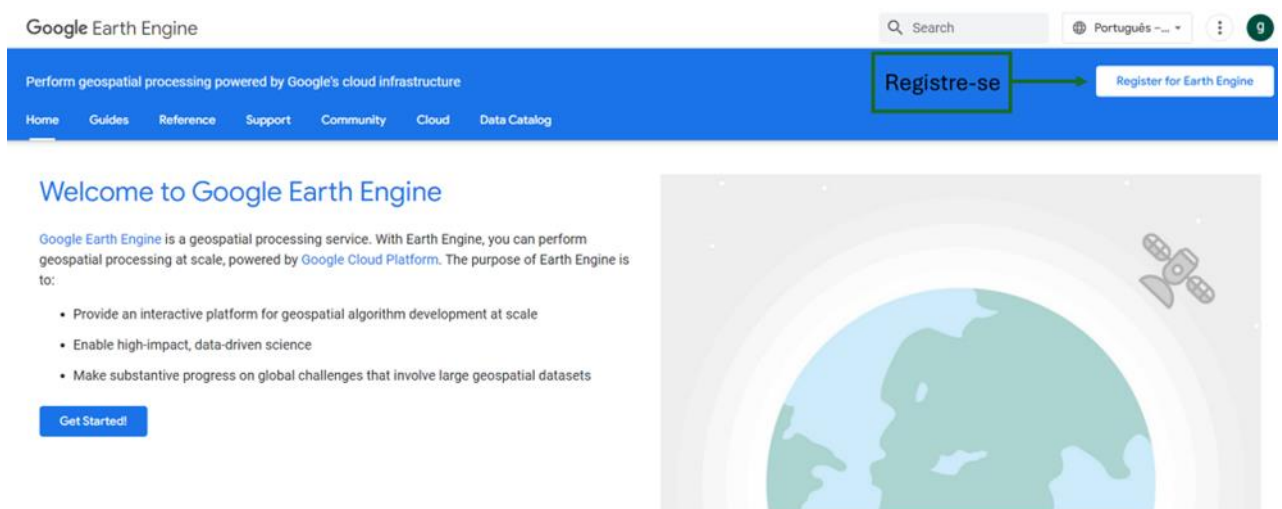


Figura 3 - Página inicial do *Google Earth Engine*. Clique em “Register for Earth Engine” para criar uma conta.

Na próxima etapa, é possível registrar um projeto na nuvem para fins comerciais ou não comerciais ao clicar em “Register a Noncommercial or Commercial Cloud Project” (Figura 4). Usuários não comerciais também podem se inscrever para usar o *Google Earth Engine* sem criar projetos na nuvem clicando no link apropriado.

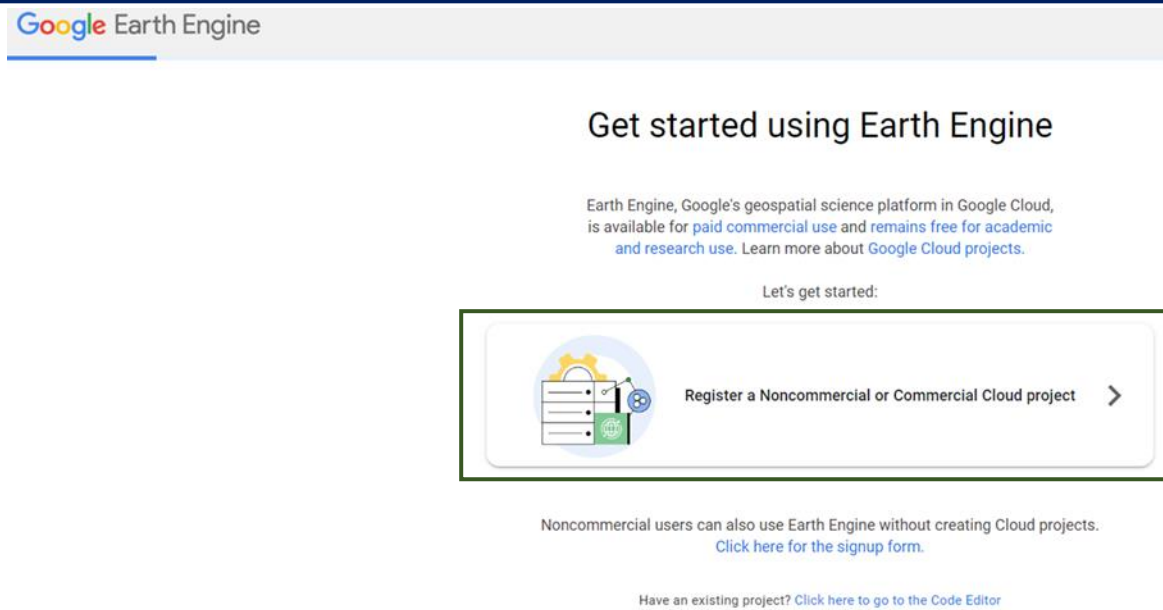


Figura 4 - Página inicial do *Google Earth Engine* para novos usuários.

Na sequência, o usuário tem a opção de escolher entre o uso pago, destinado a negócios comerciais e operações governamentais, ou o uso gratuito, apropriado para organizações sem fins lucrativos, educação, pesquisa governamental, treinamento e mídia, que será o foco deste guia. Após escolher o tipo de uso “unpaid usage”, clique em “next” (Figura 5).

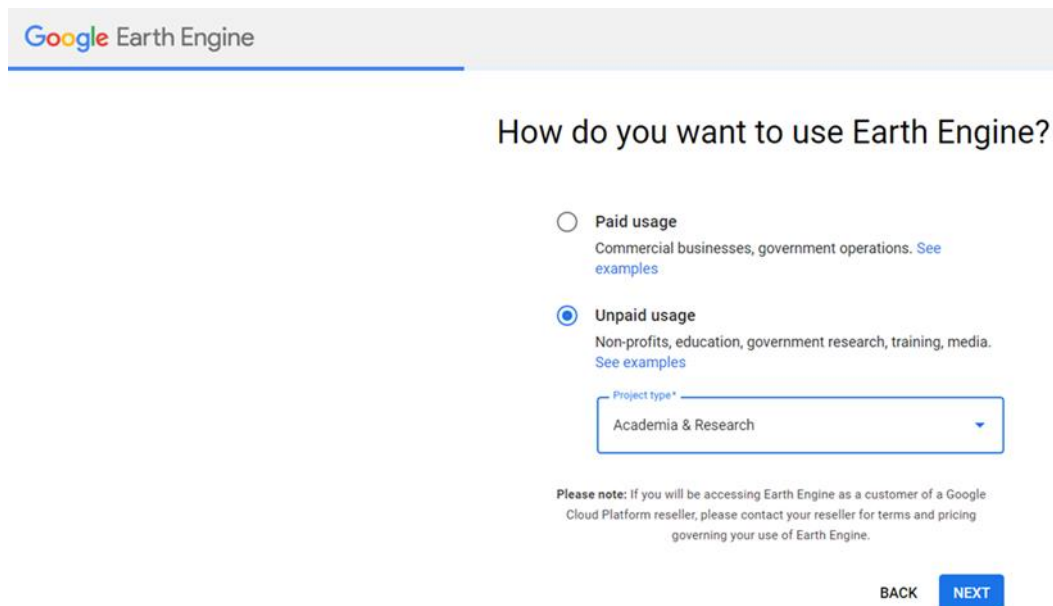


Figura 5 - Tela de seleção do tipo de uso do *Google Earth Engine*.

Após escolher o tipo de uso, você será encaminhado para criar ou selecionar um projeto no Google Cloud. Nesta etapa, clique em “Create a new Google Cloud Project”, digite um ID de projeto único (por exemplo, “ee-guiapratco4”) e, se desejar, um nome opcional para facilitar a

identificação do projeto (por exemplo, “guia-pratico-gee”). Em seguida, clique em “CONTINUE TO SUMMARY”, conforme ilustrado na Figura 6.

## Create or choose a Cloud Project to register

Create a new project in Google Cloud, or choose one you are authorized to access to enable the API:

Create a new Google Cloud Project

Organization

Project-ID\*

Choose a unique ID. This cannot be changed later.

Project Name (optional)

Choose a name to help you identify the Cloud Project.

Choose an existing Google Cloud Project

[BACK](#) [CONTINUE TO SUMMARY](#)

Figura 6 - Tela para criar ou selecionar um projeto no Google Cloud.

A google poderá indicar a necessidade de aceitar os Termos de Serviço da Nuvem (“Cloud Terms of Service”) antes de criar um projeto (Figura 7).

Create a new project in Google Cloud, or choose one you are authorized to access to enable the API:

Create a new Google Cloud Project

Organization

Project-ID\*

Choose a unique ID. This cannot be changed later.

Project Name (optional)

Choose a name to help you identify the Cloud Project.

Choose an existing Google Cloud Project

[BACK](#) [CONTINUE TO SUMMARY](#)


 You must accept the [Cloud Terms of Service](#) before a Cloud Project can be created.

Figura 7 - Tela para criar ou selecionar um projeto no Google Cloud, destacando a necessidade de aceitar os Termos de Serviço da Nuvem antes de criar um projeto.

Ao clicar em “Cloud Terms of Service”, a próxima etapa é selecionar o país, aceitar os Termos de Serviço da Plataforma Google Cloud e escolher se deseja receber atualizações por e-mail antes de continuar (Figura 8).

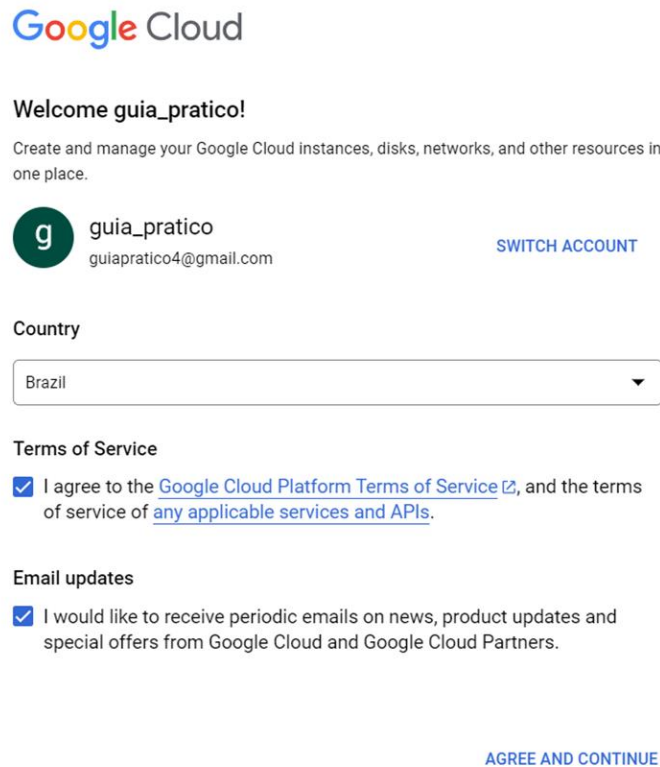


Figura 8 - Tela de boas-vindas do Google Cloud.

Ao aceitar os Termos de serviços da google, será exibida a tela de confirmação das informações do projeto no *Google Earth Engine*, oferecendo a opção de editar e revisar os detalhes do projeto antes da confirmação final (Figura 9).

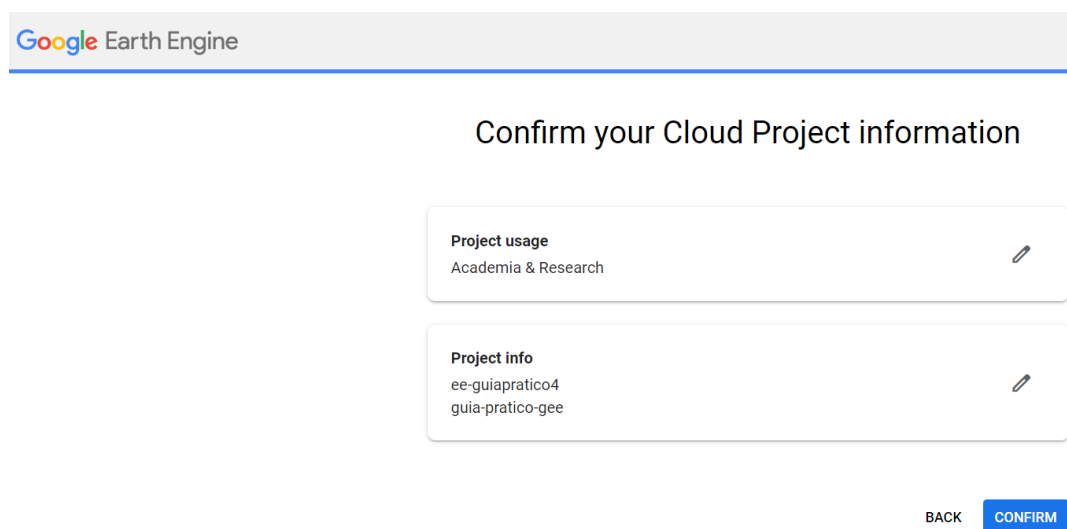


Figura 9 - Tela de confirmação de informações do projeto no *Google Earth Engine*.

Com o cadastro concluído, você agora tem acesso ao editor de código (Code Editor) do *Google Earth Engine*, uma ferramenta poderosa para processar dados geoespaciais. Ao acessar a plataforma, a tela inicial será exibida conforme a imagem abaixo (Figura 10).

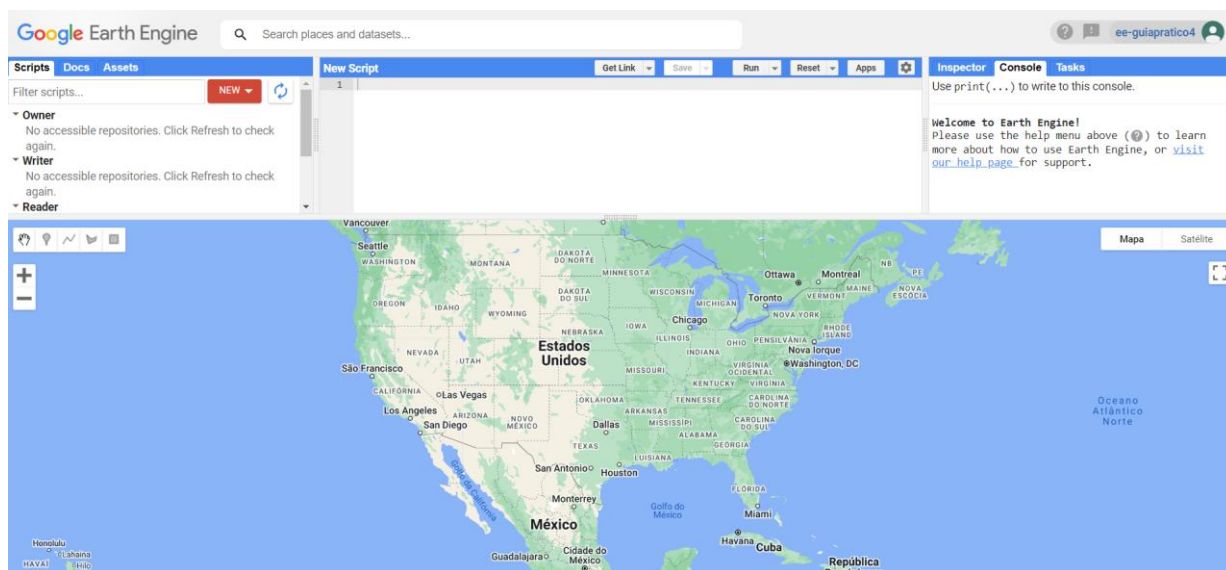


Figura 10 - Interface do *Google Earth Engine Code Editor*, onde os usuários podem criar, executar e gerenciar scripts para análise geoespacial.

A interface do GEE é dividida em várias seções importantes:

1. **Scripts:** Aqui você pode criar, salvar e gerenciar seus scripts. Clique em “NEW” para iniciar um novo script.
2. **Docs:** Acesso à documentação do *Google Earth Engine*, onde você pode encontrar informações detalhadas sobre as funções disponíveis.
3. **Assets:** Aqui ficam armazenados seus ativos, como imagens e vetores que você fez upload para a plataforma.
4. **Editor de Código:** Área onde você escreve e edita seus scripts. Você pode executar o código clicando em “Run”.
5. **Console:** Exibe saídas de comando e mensagens de erro para ajudar na depuração do seu código.
6. **Map:** Exibe o mapa interativo onde você pode visualizar os resultados dos seus scripts.

Na próxima seção, será mostrado como importar arquivos e visualizá-los no mapa.

### 3 IMPORTAÇÃO DE DADOS

Para importar arquivos, siga os passos mostrados nas Figuras 11-14:

1. **Clique na aba "Assets":** Na parte superior da interface, selecione a aba “Assets” e “NEW”.

2. **Escolha o tipo de arquivo:** Clique em “Image Upload” para arquivos GeoTIFF ou TFRRecord, ou “Table Upload” para arquivos de forma (shapefiles) como .shp, .shx, .dbf, .prj, ou .zip.
3. **Faça o upload do arquivo:** Selecione o arquivo que deseja importar do seu computador. No exemplo abaixo, será importado arquivo shapefile.

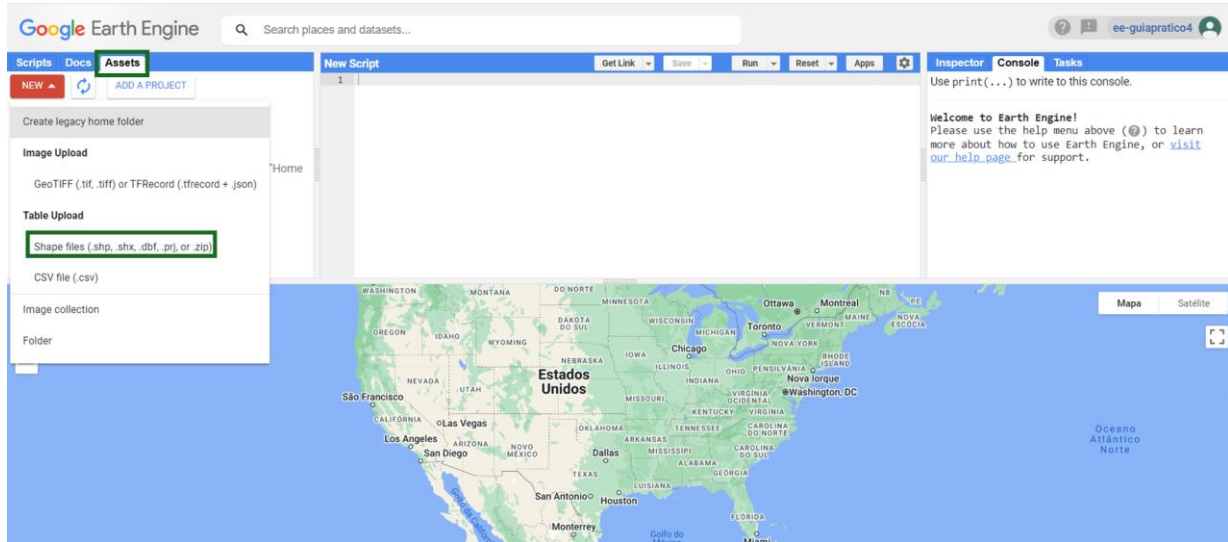


Figura 11 - Aba “Assets” no *Google Earth Engine Code Editor* mostrando a opção de carregar arquivos.

4. **Selecionar Arquivos:** Clique no botão “SELECT” para escolher os arquivos do seu computador.
5. **Nome do Asset:** Defina um nome para o asset importado no campo “Asset Name”.

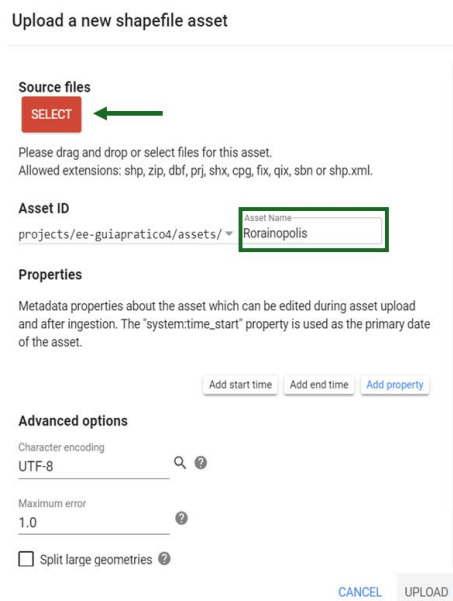


Figura 12 - Tela de upload de um shapefile no *Google Earth Engine*.

Certifique-se de selecionar todos os arquivos relacionados (.shp, .dbf, .prj, .shx) para garantir que o shapefile seja carregado corretamente. Posteriormente, clique em “Abrir”.

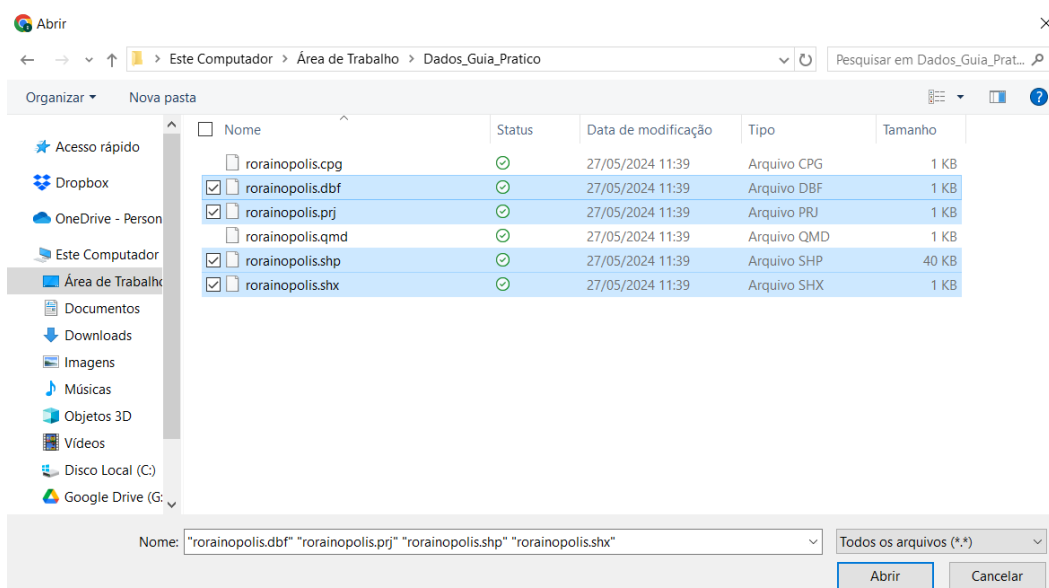


Figura 13 - Seleção de arquivos shapefile para upload no *Google Earth Engine*.

6. **Fazer Upload:** Após selecionar os arquivos e definir as configurações, clique no botão “UPLOAD” para iniciar o upload do shapefile.

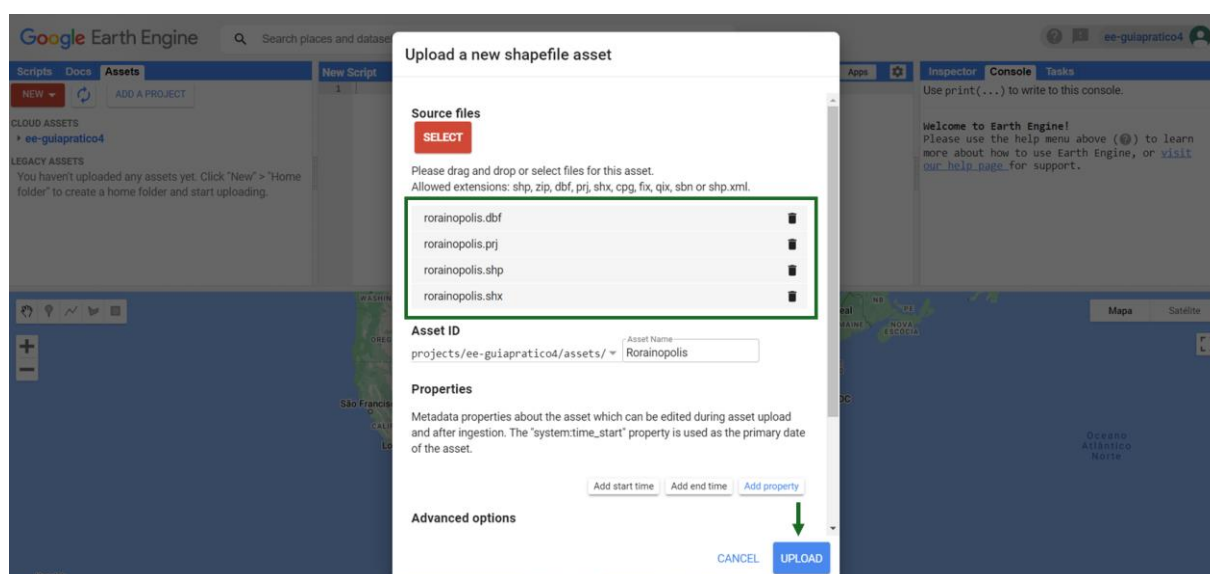


Figura 14 - Tela de upload de asset shapefile no *Google Earth Engine* mostrando os arquivos selecionados e prontos para upload. Clique em “UPLOAD” para iniciar o processo.

Após o upload do shapefile, será exibida uma confirmação de conclusão e o novo asset estará disponível na aba “Assets”.

7. **Verifique a Conclusão do Upload:** No painel “Tasks” à direita, é possível visualizar uma mensagem confirmando que o upload foi concluído com sucesso.
8. **Localize o Asset:** Na aba “Assets”, o shapefile importado aparecerá listado. No exemplo, o shapefile “Rorainopolis” foi carregado e está disponível.

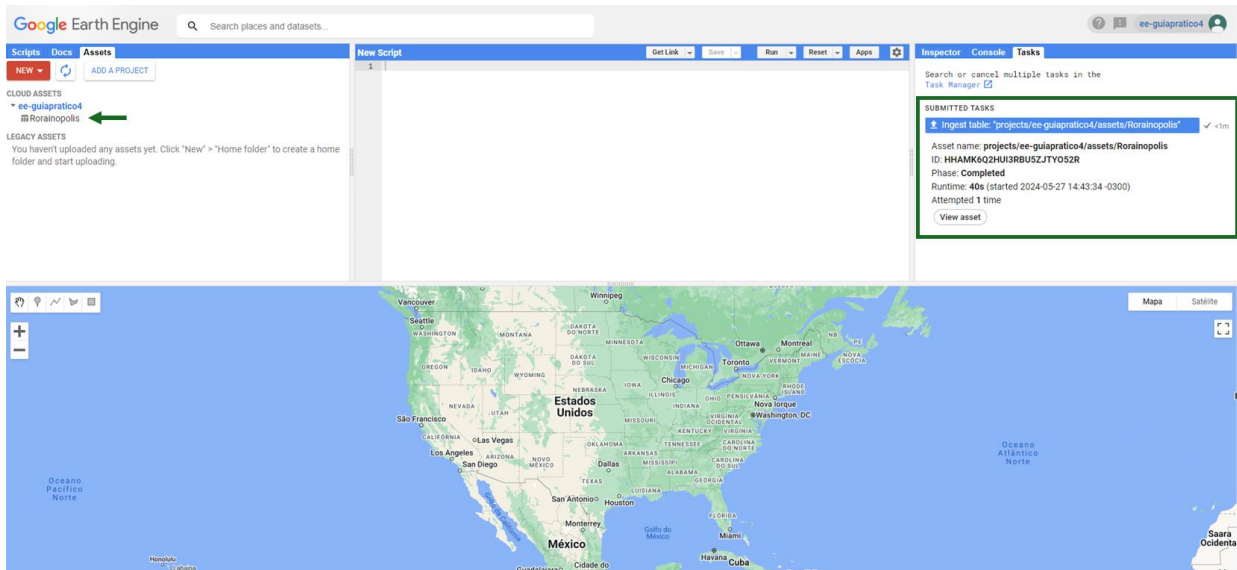


Figura 15 - Tela do *Google Earth Engine* mostrando o asset “Rorainopolis” carregado com sucesso na aba “Assets” e a conclusão da tarefa de importação de tabela na aba “Tasks”.

Após finalizar o upload do shapefile, é possível visualizar detalhes adicionais e obter o ID do asset importado, que será utilizado para processamento e visualização no *Google Earth Engine*. Para isso, clique no nome do shapefile listado na aba “Assets”. Isso abrirá uma janela com informações detalhadas do asset (Figura 16). Na seção “Table ID”, estará disponível o ID completo do asset importado. Esse ID é indispensável para utilizar o shapefile em seus scripts. Com o ID do asset, é possível carregar e visualizar o shapefile no mapa, conforme demonstrado na Figura 21.

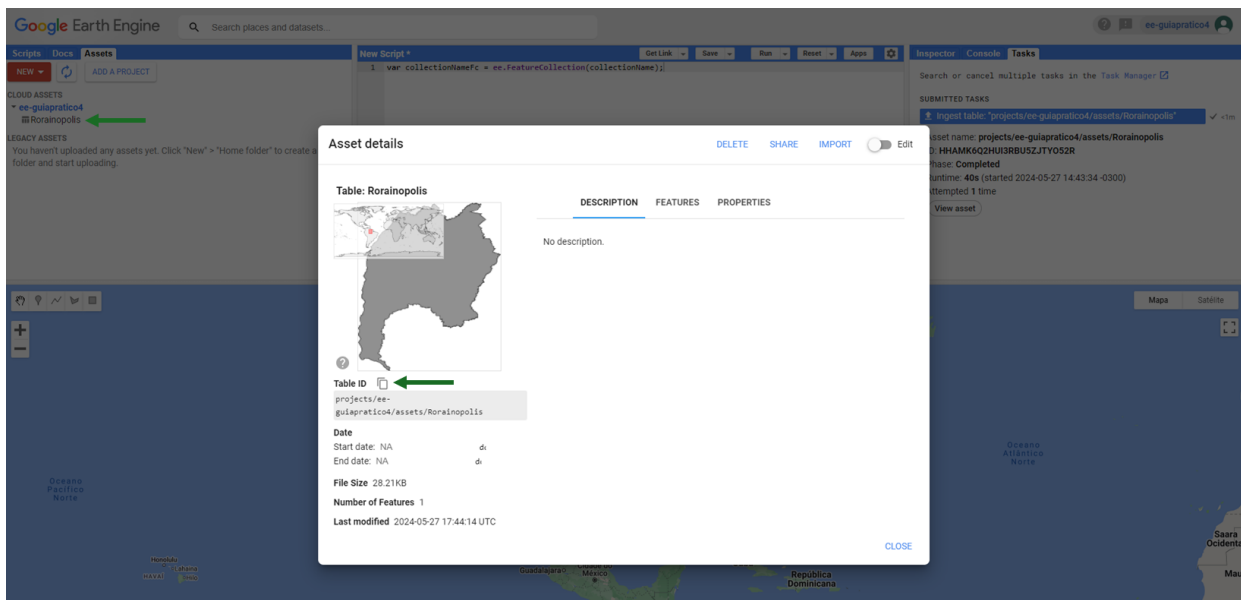


Figura 16 - Detalhes do asset “Rorainopolis” no *Google Earth Engine*, incluindo informações de ID da tabela, data de modificação, tamanho do arquivo e número de features.

#### 4 CRIAÇÃO DE REPOSITÓRIO E SCRIPT

Para organizar os scripts e facilitar o gerenciamento de código no *Google Earth Engine*, é possível criar repositórios e arquivos de script. As Figuras 17-19 ilustram como realizar esse processo.

Criando Novo Arquivo de Script (Figura 17):

1. **Aba “Scripts”:** Clique na aba “Scripts” no *Google Earth Engine Code Editor*.
2. **Novo Arquivo:** Clique em “NEW” e selecione “File” para criar um arquivo de script.

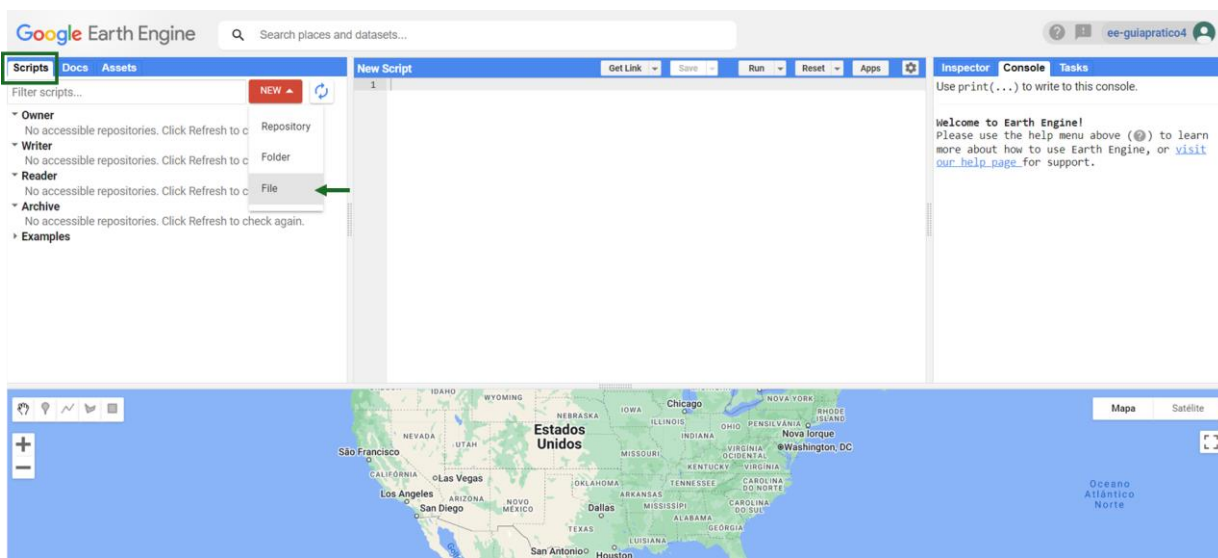


Figura 17 - Aba “Scripts” no *Google Earth Engine Code Editor*, exibindo a opção de criar um arquivo de script.

Criando um Novo Repositório (Figura 18):

3. **Novo Repositório:** Clique em “NEW” e selecione “Repository”.
4. **Nome do Repositório:** Digite um nome único para o repositório no campo fornecido.
5. **Criar Repositório:** Clique em “CREATE” para finalizar a criação do repositório.

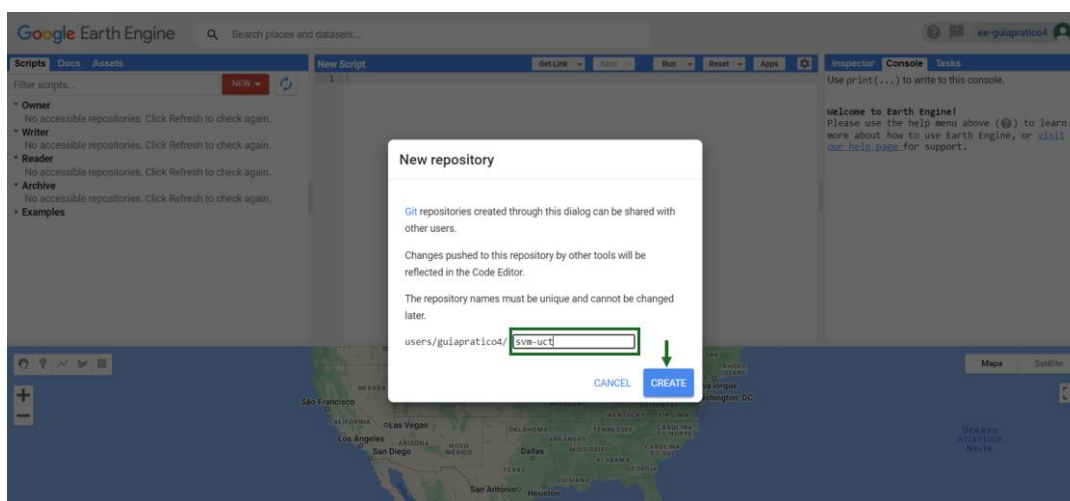


Figura 18 - Tela de criação de um novo repositório no *Google Earth Engine*. Digite um nome único para o repositório e clique em “CREATE” para finalizar a criação.

Criando um Novo Arquivo no Repositório (Figura 19):

6. **Nome do Arquivo:** Siga os passos 1 e 2 (Criando Novo Arquivo de Script) e digite um nome para o novo arquivo de script no campo “File Name”.
7. **Criar Arquivo:** Clique em “OK” para criar o arquivo.

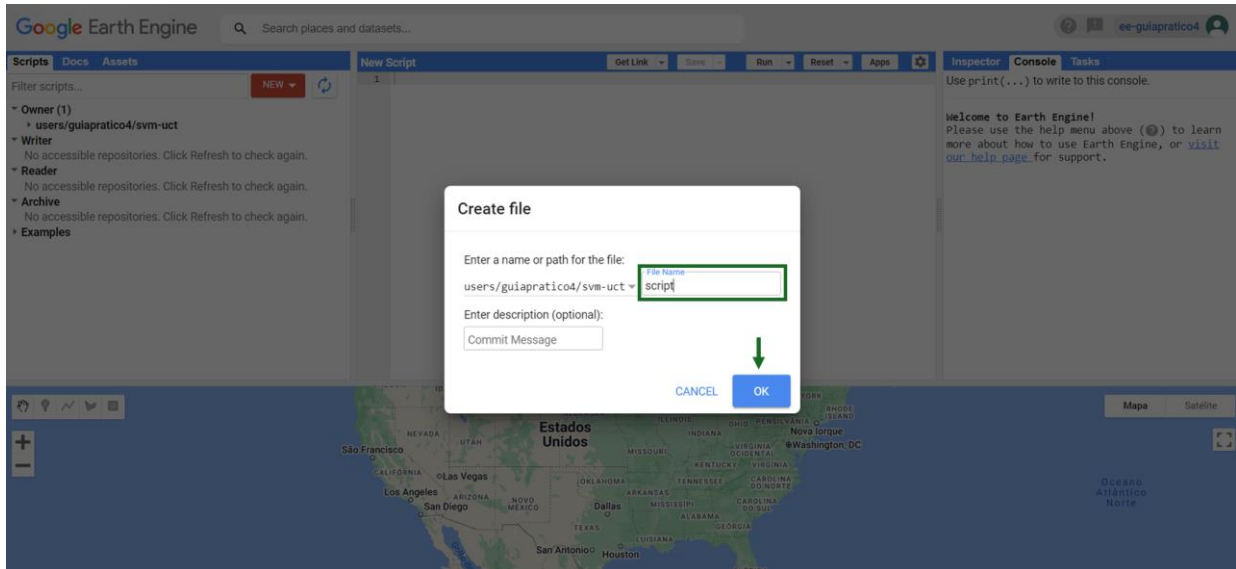


Figura 19 - Tela de criação de um novo arquivo no repositório do *Google Earth Engine*. Digite um nome para o arquivo e clique em “OK” para criar o arquivo.

Na aba “Scripts” é possível visualizar que um novo arquivo de script foi criado no repositório do *Google Earth Engine* (Figura 20).

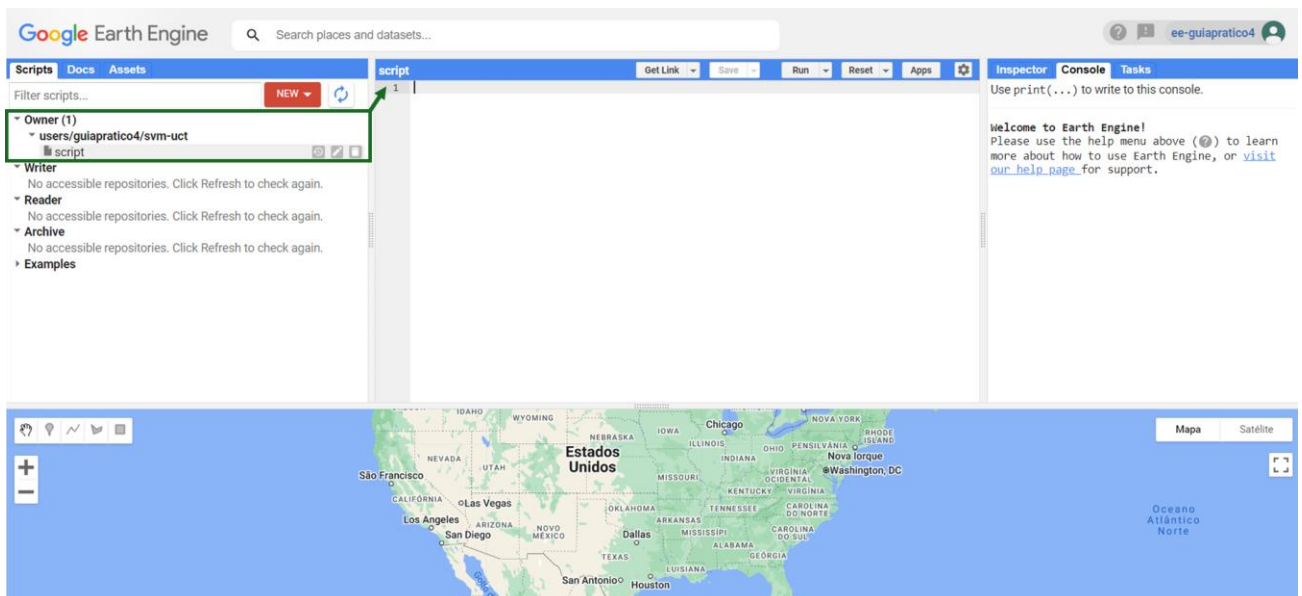


Figura 20 - Novo arquivo de script criado no repositório do *Google Earth Engine*. O script está pronto para ser editado e executado.

Agora o script está pronto para ser editado e executado, permitindo o desenvolvimento e a implementação de processos de análise de dados geoespaciais. Pode-se começar a escrever o

código e utilizar as funcionalidades do *Google Earth Engine* conforme demonstrado abaixo. Importante ressaltar que para executar o script é necessário clicar em “Run”.

```
// Carrega a coleção de features da área de Rorainópolis a partir dos assets do Google Earth Engine
var area = ee.FeatureCollection('projects/ee-guiapratco4/assets/Rorainopolis');

// Centraliza o mapa na área de interesse (Rorainópolis) com um nível de zoom de 8
Map.centerObject(area, 8);

// Adiciona a camada da área de Rorainópolis ao mapa, estilizada com preenchimento transparente
Map.addLayer(area.style({fillColor:'00000000'}), {}, 'Rorainopolis');
```

Os dados de Rorainópolis foram carregados para definir a área de interesse. A função `Map.centerObject` centraliza o mapa na área especificada, enquanto a função `Map.addLayer` adiciona uma camada de visualização com preenchimento transparente para destacar a região (Figura 21).

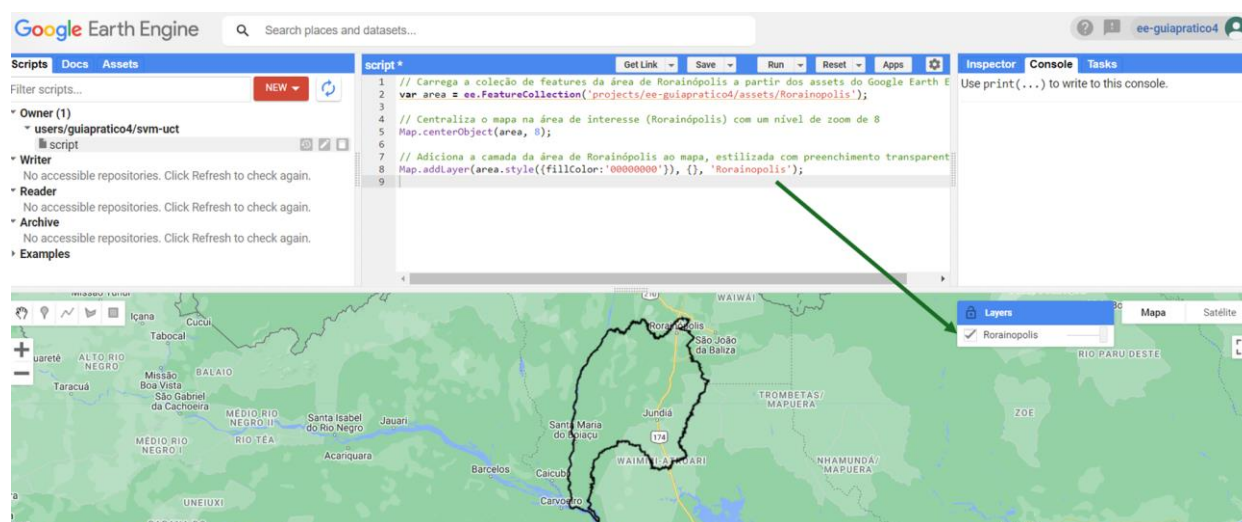


Figura 21 - Visualização da área de Rorainópolis no *Google Earth Engine* após a execução do script.

## 5 CRIAÇÃO DE POLÍGONOS DE TREINAMENTO

Para preparar os arquivos para o treinamento do modelo SVM, é necessário definir as classes de uso da terra que servirão como rótulos para o treinamento. O *Google Earth Engine* permite definir essas classes facilmente. Nas figuras a seguir, é mostrado como definir as classes “não floresta”, “floresta”, “água” e “construção”. O objetivo é estimar essas classes usando a SVM.

Adicionando uma Nova Camada de Geometria (Figura 22):

1. **Visualização do Mapa:** Selecione a visualização do tipo “Satellite” no mapa, como indicado.

2. **Ferramenta de Geometria:** Clique na ferramenta de desenho de geometria (ícone de polígono) para criar ou editar propriedades da camada. Certifique-se de selecionar a opção “Rectangle drawing” para desenhar retângulos.
3. **Controle de Zoom e Navegação:** Utilize o cursor do mouse para dar zoom ou diminuir a visualização. A ferramenta de mão (ícone de mãozinha) permite arrastar o mapa para trocar de localização.

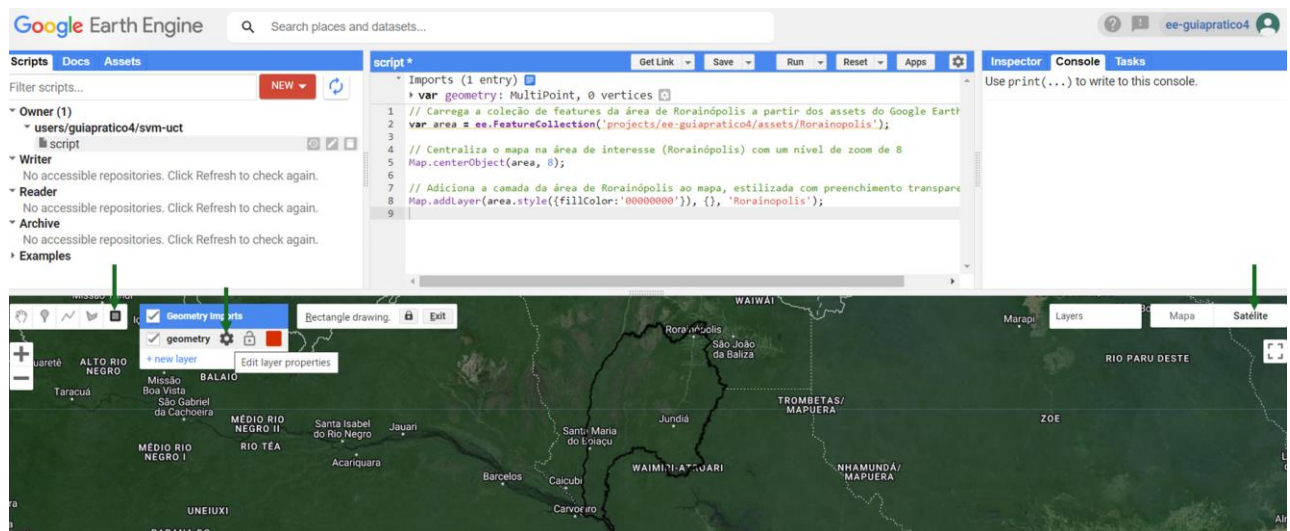


Figura 22 - Adicionando uma nova camada de geometria no *Google Earth Engine*. A ferramenta de desenho de geometria está selecionada para criar ou editar propriedades da camada indicada pela seta verde.

Configuração da Importação de Geometria para a classe não floresta (Figura 23):

4. **Nome da Geometria:** Na opção “Edit layer Properties” (ícone de engrenagem da Figura 22) defina o nome para a geometria que será importada. No exemplo, a geometria é chamada de “naoFloresta”.
5. **Propriedades da Geometria:** Adicione propriedades à geometria, como “class” com um valor específico. No exemplo, foi utilizado o valor 0 para a classe “naoFloresta”.
6. **Cor da Geometria:** Selecione a cor desejada para representar a geometria no mapa. No exemplo, foi utilizada a cor vermelha com o código #d63000.
7. **Importar como Feature:** Certifique-se de que a opção “Import as: Feature” esteja selecionada. Clique em “OK” para importar.

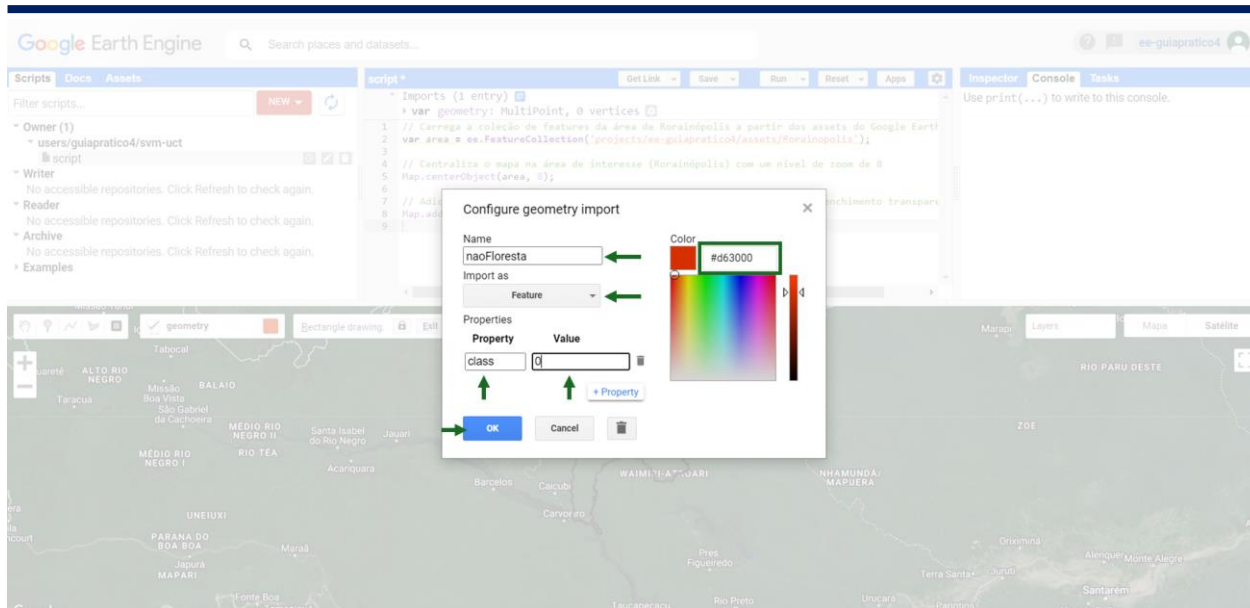


Figura 23 - Configuração da importação de geometria no *Google Earth Engine*. Defina o nome, a cor e as propriedades da geometria antes de importar como uma feature.

Observe que a geometria “naoFloresta”, representada em vermelho, agora está visível no mapa após os desenhos realizados nos locais interpretados como não floresta (Figura 24).

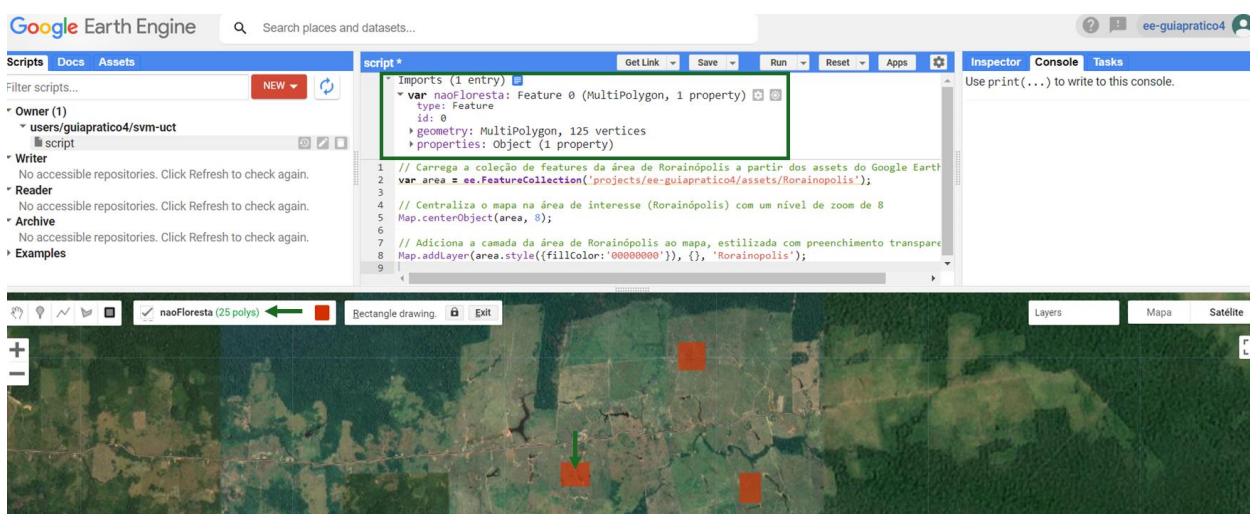


Figura 24 - Geometria “naoFloresta” importada no *Google Earth Engine*. A geometria, representada em vermelho, agora está visível no mapa.

Adicionando uma Nova Camada de Geometria (Figura 25).

- Nova Camada:** Clique em “+ new layer” para adicionar uma nova camada ao projeto.

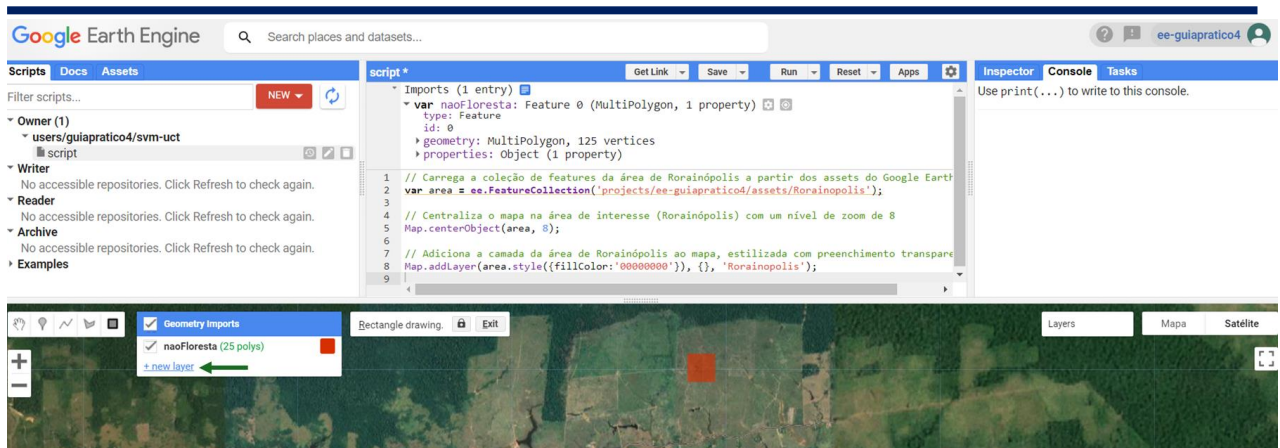


Figura 25 - Adicionando uma nova camada de geometria no *Google Earth Engine*. A opção “+ new layer” é selecionada para adicionar uma nova camada ao projeto.

Configuração da Importação de Geometria “Floresta” (Figura 26):

9. **Configurar Geometria “Floresta”:** Defina o nome como “floresta”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “1”. Clique em “OK” para importar.

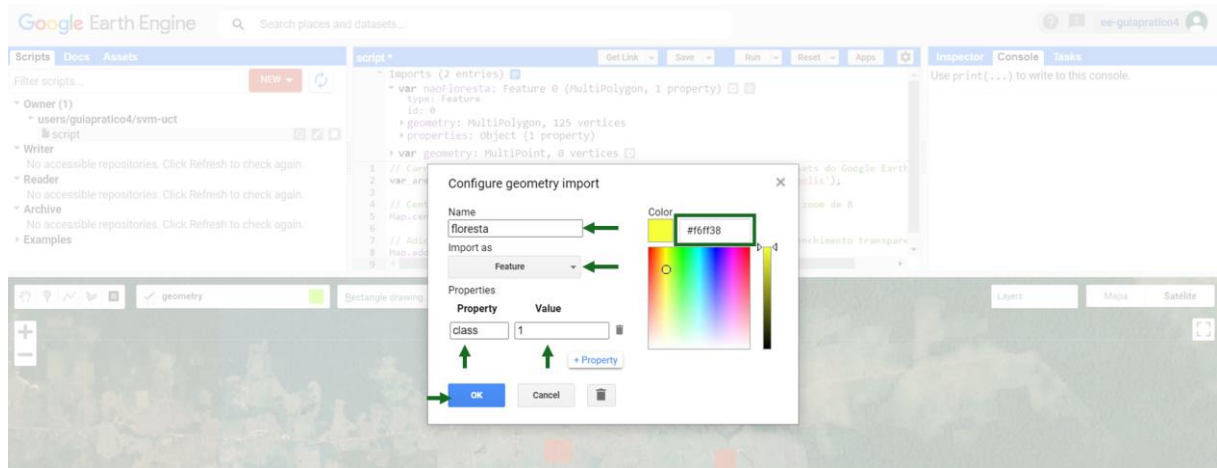


Figura 26 - Configuração da importação de uma nova geometria no *Google Earth Engine*. Defina o nome como “floresta”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “1” antes de clicar em “OK” para importar.

Configuração da Importação de Geometria “Água” (Figura 27):

10. **Configurar Geometria “Água”:** Defina o nome como “agua”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “2”. Clique em “OK” para importar.

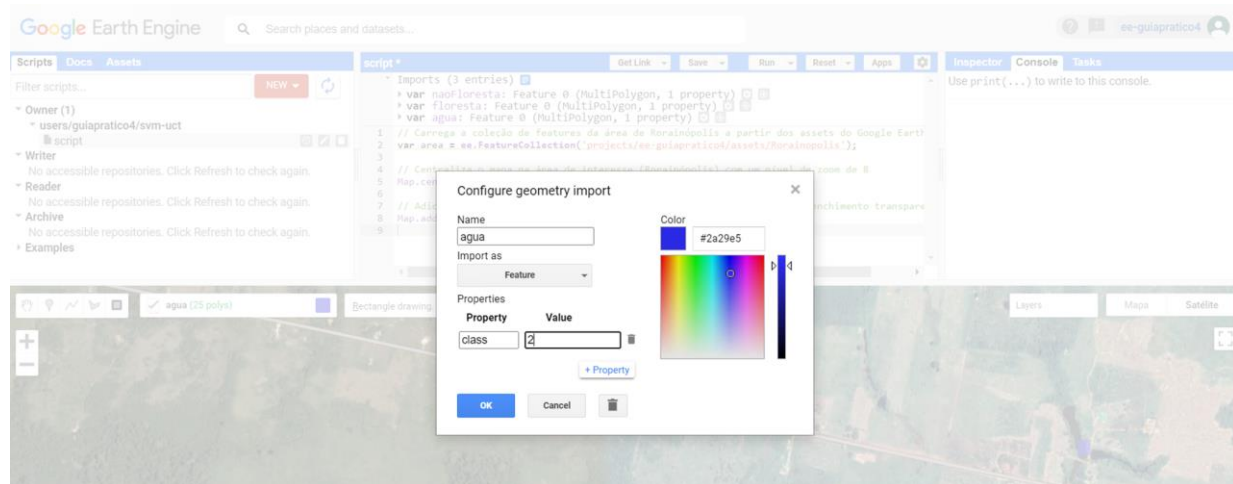


Figura 27 - Configuração da importação de uma nova geometria no *Google Earth Engine*. Defina o nome como “água”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “2” antes de clicar em “OK” para importar.

Configuração da Importação de Geometria “Construção” (Figura 28)

**11. Configurar Geometria “Construção”:** Defina o nome como “construcao”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “3”. Clique em “OK” para importar.

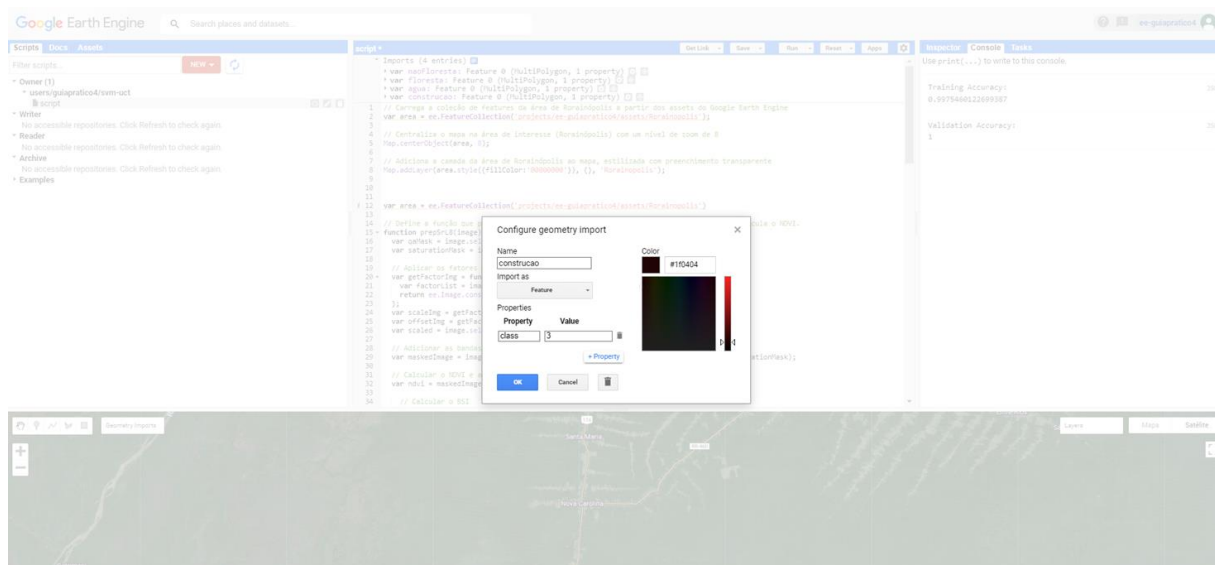


Figura 28 - Configuração da importação de uma nova geometria no *Google Earth Engine*. Defina o nome como “construção”, selecione a cor desejada e adicione a propriedade “class” com valor “3” antes de clicar em “OK” para importar.

## 6 PREPARAÇÃO DAS IMAGENS

A função abaixo, conhecida como *prepSrL8*, prepara imagens do Landsat 8 aplicando máscaras de qualidade e saturação para eliminar pixels ruins. Em seguida, aplica fatores de escala para ajustar os valores dos pixels. Além disso, calcula índices importantes:

- **NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*): usado para identificar a densidade da vegetação.
- **BSI** (*Bare Soil Index*): auxilia na identificação de áreas de solo exposto.
- **MNDWI** (*Modified Normalized Difference Water Index*): utilizado para detectar áreas de água.
- **NDBI** (*Normalized Difference Built-up Index*): usado para identificar áreas construídas.

```
// Define a função que prepara as imagens de reflectância da superfície do Landsat 8 e calcula índices
function prepSrL8(image) {
  var qaMask = image.select('QA_PIXEL').bitwiseAnd(parseInt('11111', 2)).eq(0);
  var saturationMask = image.select('QA_RADSAT').eq(0);

  // Aplicar os fatores de escala aos respectivos canais
  var getFactorImg = function(factorNames) {
    var factorList = image.toDictionary().select(factorNames).values();
    return ee.Image.constant(factorList);
  };
  var scaleImg =
  getFactorImg(['REFLECTANCE_MULT_BAND_', 'TEMPERATURE_MULT_BAND_ST_B10']);
  var offsetImg =
  getFactorImg(['REFLECTANCE_ADD_BAND_', 'TEMPERATURE_ADD_BAND_ST_B10']);
  var scaled = image.select('SR_B_', 'ST_B10').multiply(scaleImg).add(offsetImg);

  // Adicionar as bandas originais ajustadas e aplicar as máscaras
  var maskedImage = image.addBands(scaled, null,
  true).updateMask(qaMask).updateMask(saturationMask);

  // Calcular o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
  var ndvi = maskedImage.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('NDVI');

  // Calcular o BSI (Bare Soil Index)
  var bsi = scaled.expression(
  '((SWIR + RED) - (NIR + BLUE)) / ((SWIR + RED) + (NIR + BLUE))', {
    'SWIR': scaled.select('SR_B6'),
    'RED': scaled.select('SR_B4'),
    'NIR': scaled.select('SR_B5'),
    'BLUE': scaled.select('SR_B2')
  }).rename('BSI');

  // Calcular o MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index)
  var mndwi = image.normalizedDifference(['SR_B3', 'SR_B4']).rename(['MNDWI']);

  // Calcular o NDBI (Normalized Difference Built-up Index)
  var ndbi = image.normalizedDifference(['SR_B6', 'SR_B5']).rename(['NDBI']);

  return maskedImage.addBands(ndvi).addBands(bsi).addBands(mndwi).addBands(ndbi);
}
```

Agora, é necessário filtrar as imagens do Landsat 8 para um período específico e aplicar a função de preparação (*prepSrL8*). Em seguida, a imagem será recortada para restringir a área de

interesse (Rorainópolis). As bandas selecionadas incluem bandas espectrais e os índices calculados anteriormente, que serão usados para a classificação.

```
// Cria um composto de reflectância da superfície do Landsat 8 livre de nuvens
var image = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
  .filterDate('2018-01-01', '2019-01-01')
  .map(prepareSR8)
  .median()
  .clip(area);

// Bandas utilizadas para a previsão
var bands = ['SR_B2', 'SR_B3', 'SR_B4', 'SR_B5', 'SR_B6', 'SR_B7', 'NDVI', 'BSI', 'MNDWI', 'NDBI'];
```

## 7 PREPARAÇÃO DOS DADOS E TREINAMENTO DO MODELO

Os polígonos de treinamento desenhados representam diferentes classes de cobertura do solo. Esses polígonos serão usados no script abaixo para coletar amostras de pixels da imagem que correspondem a cada classe: não floresta, floresta, água e construção. Em seguida, as amostras serão divididas aleatoriamente em conjuntos de treinamento (70%) e validação (30%). Esta divisão é crucial para avaliar a precisão do modelo em dados não vistos.

```
// Bandas utilizadas para a previsão
var polygons = ee.FeatureCollection([
  naoFloresta,
  floresta,
  agua,
  construcao
]);

// Coletar amostras de treinamento e separar conjuntos de treinamento e validação.
var sample = image.sampleRegions({
  collection: polygons,
  properties: ['class'],
  scale: 60
}).randomColumn();

var training = sample.filter(ee.Filter.lt('random', 0.7));
var validation = sample.filter(ee.Filter.gte('random', 0.7));
```

O classificador SVM é configurado com um kernel radial (RBF), que é eficaz para lidar com dados não linearmente separáveis. Os parâmetros *gamma* e *cost* são definidos para controlar a complexidade do modelo e prevenir *overfitting*. O classificador é então treinado usando o conjunto de treinamento.

```
// Criar e treinar o classificador SVM (Support Vector Machine)
var classifier = ee.Classifier.libsvm({
  kernelType: 'RBF',
  gamma: 0.5,
  cost: 10
}).train({
  features: training,
  classProperty: 'class',
  inputProperties: bands
});
```

Após o treinamento, o classificador é usado para prever as classes de cobertura do solo em toda a imagem. A acurácia do treinamento e da validação é calculada utilizando matrizes de confusão, que comparam as classes previstas com as classes reais para medir o desempenho do modelo.

```
// Classificar a imagem usando o conjunto de treinamento e validar a classificação
var classified = image.classify(classifier);

// Calcular a acurácia de treinamento e validação
var trainAccuracy = classifier.confusionMatrix().accuracy();
var validationAccuracy = validation.classify(classifier).errorMatrix('class', 'classification').accuracy();
```

## 8 VISUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO E DA ACURÁCIA

Várias camadas foram adicionadas ao mapa para visualização da classificação (Figura 29), bem como a acurácia de treinamento e validação do modelo (Figura 30).

```
// Exibir os resultados no mapa.
Map.centerObject(area, 8);
Map.addLayer(image, {bands: ['SR_B4', 'SR_B3', 'SR_B2'], min: 0, max: 0.25}, 'image');
Map.addLayer(polygons, {color: 'yellow'}, 'training polygons');
Map.addLayer(classified, {min: 0, max: 3, palette: ['orange', 'green', 'blue', 'red']}, 'classified image');

// Exibir as acurácias
print('Training Accuracy:', trainAccuracy);
print('Validation Accuracy:', validationAccuracy);
```

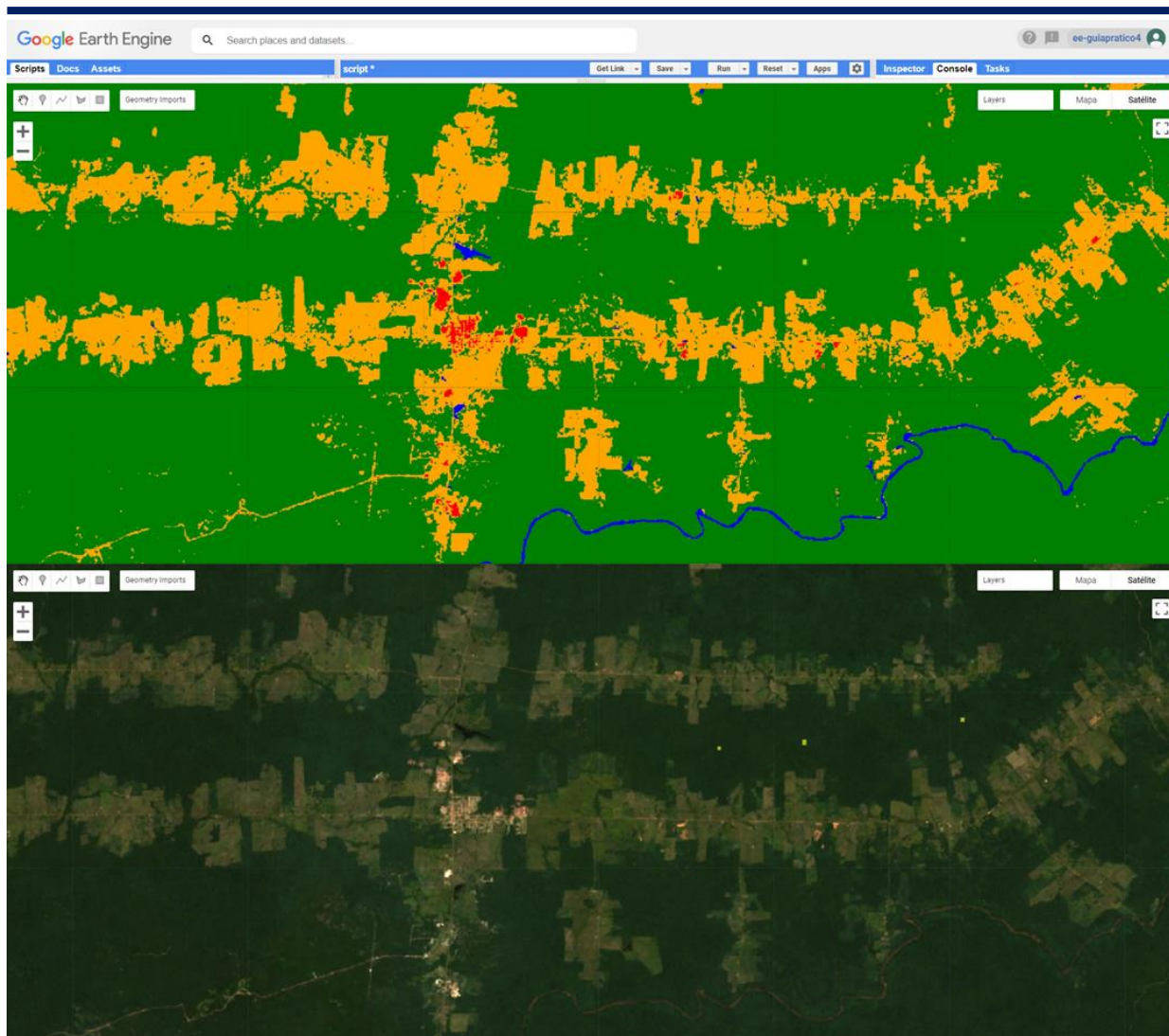


Figura 29 - Mapa com a classificação supervisionada usando SVM.

Inspector	Console	Tasks
Use <code>print(...)</code> to write to this console.		
Training Accuracy:	0.9975460122699387	JSON
Validation Accuracy:	1	JSON

Figura 30 - Indicadores estatísticos para o treinamento e validação.

## 9 EXPORTANDO OS RESULTADOS

Para exportar os resultados para o drive para uso em outro software, basta seguir o exemplo abaixo (Figura 31):

```
// Exportar a imagem classificada para o Google Drive
Export.image.toDrive({
  image: classified,
  description: 'Rorainopolis_Classification',
  scale: 30,
  region: area.geometry().bounds(),
  fileFormat: 'GeoTIFF',
  maxPixels: 1e9
});
```

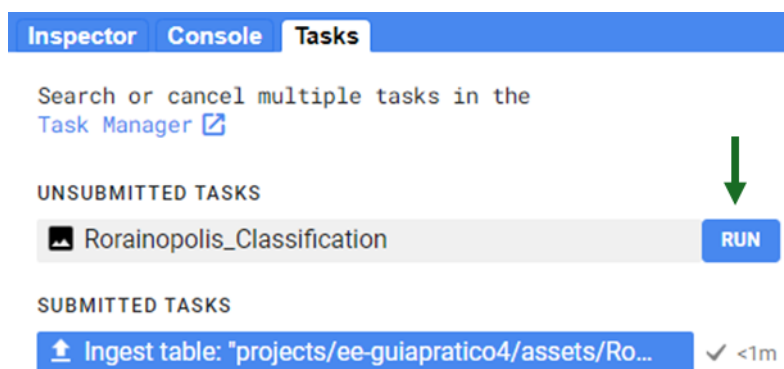


Figura 31 - Exportando a imagem classificada para o drive.

## 10 CONCLUSÃO

Este tutorial apresentou um fluxo de trabalho completo para realizar uma classificação supervisionada utilizando o *Google Earth Engine* e dados do Landsat 8. Demonstramos como preparar os dados, treinar um classificador SVM, executar a classificação e avaliar a precisão do modelo. Este conhecimento é fundamental para análises de uso do solo, monitoramento ambiental e estudos de mudanças na cobertura terrestre. A habilidade de aplicar essa técnica permite melhor compreensão das dinâmicas ambientais e facilita a tomada de decisão.

## 11 REFERÊNCIAS

AVCI, C. et al. Comparison between random forest and support vector machine algorithms for LULC classification. **International Journal of Engineering and Geosciences**, v. 8, n. 1, p. 1–10, fev. 2023.

BELGIU, M.; DRĂGUȚ, L. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 114, p. 24–31, abr. 2016.

FEIZIZADEH, B. et al. Machine learning data-driven approaches for land use/cover mapping and trend analysis using Google Earth Engine. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 66, n. 3, p. 665–697, fev. 2023.

GALLARDO-SALAZAR, J. L. et al. Three decades of remote sensing analysis of forest decline related to climate change. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 49, n. 1, p. 69–87, maio 2023.

GORELICK, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, dez. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425717302900>>.

LI, W. et al. Deep Learning Based Oil Palm Tree Detection and Counting for High-Resolution Remote Sensing Images. **Remote Sensing**, v. 9, n. 1, p. 22, dez. 2016.

MOLNÁR, T.; KIRÁLY, G. Forest Disturbance Monitoring Using Cloud-Based Sentinel-2 Satellite Imagery and Machine Learning. **Journal of Imaging**, v. 10, n. 1, p. 14, jan. 2024.

MOUNTRAKIS, G.; IM, J.; OGOLE, C. Support vector machines in remote sensing: A review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 66, n. 3, p. 247–259, maio 2011.

OSMAN, M. A. A. et al. Mapping, intensities and future prediction of land use/land cover dynamics using google earth engine and CA- artificial neural network model. **PLOS ONE**, v. 18, n. 7, p. e0288694, jul. 2023.

RAIHAN, A. Artificial intelligence and machine learning applications in forest management and biodiversity conservation. **Natural Resources Conservation and Research**, v. 6, n. 2, p. 3825, dez. 2023.

SLAGTER, B. et al. Monitoring direct drivers of small-scale tropical forest disturbance in near real-time with Sentinel-1 and -2 data. **Remote Sensing of Environment**, v. 295, p. 113655, set. 2023.

SOLÓRZANO, J. V.; GAO, Y. Forest Disturbance Detection with Seasonal and Trend Model Components and Machine Learning Algorithms. **Remote Sensing**, v. 14, n. 3, p. 803, fev. 2022.

SUN, H. et al. Hyperspectral Image Classification with the Orthogonal Self-Attention ResNet and Two-Step Support Vector Machine. **Remote Sensing**, v. 16, n. 6, p. 1010, mar. 2024.

ZHAO, Z. et al. Comparison of Three Machine Learning Algorithms Using Google Earth Engine for Land Use Land Cover Classification. **Rangeland Ecology & Management**, v. 92, p. 129–137, jan. 2024.

TAÍS RIZZO MOREIRA  
JEFERSON PEREIRA MARTINS SILVA  
NÍVEA MARIA MAFRA RODRIGUES  
DENYSE CÁSSIA DE MARIA SALES  
ALEXANDRE ROSA DOS SANTOS

