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

sid.inpe.br/mtc-m12e/2026/02.23.18.21-NTC

NOTA TÉCNICA: METODOLOGIA UTILIZADA NO PROJETO TERRACLASS AMAZÔNIA DE 2016 A 2022 PARA MAPEAMENTO DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA, URBANIZADA, MINERAÇÃO, AQUACULTURA E CLASSE OUTROS

Alessandra Rodrigues Gomes
Bárbara Souza Paiva
Brenda Caroline Sampaio da Silva
David Naoki Nishimura Kawamura
Deuzanira Mendes Cardoso
Fabrício Aleixo Dias
Isa Costa Alencar
Lidiane Lima Cristina De Araújo
Lucas Cortinhas Cardoso Ferreira
Luis Waldyr Rodrigues Sadeck
Joel Pena Fernandes
Joyse Tatiane Souza dos Santos
Marília Gabriela Lopes da Silva
Noeli Furtado Rodrigues Ataíde
Renan Carlos Pereira De Sena
Samila Leslien Silva Sousa
Taís Carolina De Oliveira Alcântara

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD2USNRW34T/4F85HBL>

INPE
São José dos Campos
2026

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dr. Thales Sehn Korting - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)

Dr. Heyder Hey - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

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

sid.inpe.br/mtc-m12e/2026/02.23.18.21-NTC

NOTA TÉCNICA: METODOLOGIA UTILIZADA NO PROJETO TERRACLASS AMAZÔNIA DE 2016 A 2022 PARA MAPEAMENTO DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA, URBANIZADA, MINERAÇÃO, AQUACULTURA E CLASSE OUTROS

Alessandra Rodrigues Gomes
Bárbara Souza Paiva
Brenda Caroline Sampaio da Silva
David Naoki Nishimura Kawamura
Deuzanira Mendes Cardoso
Fabrício Aleixo Dias
Isa Costa Alencar
Lidiane Lima Cristina De Araújo
Lucas Cortinhas Cardoso Ferreira
Luis Waldyr Rodrigues Sadeck
Joel Pena Fernandes
Joyse Tatiane Souza dos Santos
Marília Gabriela Lopes da Silva
Noeli Furtado Rodrigues Ataíde
Renan Carlos Pereira De Sena
Samila Leslien Silva Sousa
Taís Carolina De Oliveira Alcântara

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD2USNRW34T/4F85HBL>

INPE
São José dos Campos
2026



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Degradação florestal e desmatamento por corte raso. 7
Figura 2 - Utilização de séries temporais para classificação de uso da terra..... 9
Figura 3 - Limites do bioma Amazônia e da Amazônia Legal Brasileira. 10
Figura 4 - Grade (tile) comparativa TerraAmazon e QGIS..... 12
Figura 5 - Etapas de trabalho..... 15
Figura 6 - Rascunho de VS em recorte de imagem Landsat-8/2020. 16
Figura 7 - Interface da tela inicial do Terra Amazon. 18
Figura 8 - Número de células por cena..... 18
Figura 9 - Organização dos arquivos na área de trabalho do QGIS. 19
Figura 10 - Aderência entre camadas. 19
Figura 11 - Exemplos de áreas em que foi editado o resultado, realizando os procedimentos de inclusão e exclusão de polígonos de VS. 20
Figura 12 - Visualização do aplicativo Landsat Time Series. 21
Figura 13 - Visualização da ferramenta de suporte Planet via WMS no QGIS. 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 2 - Chave de interpretação das classes mapeadas no Terraclass Amazônia. 13
Tabela 1- Dados de suporte utilizados no mapeamento. 17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 6
2. CONCEITOS 6
2.1 Desmatamento no monitoramento por satélite 6
2.2 Mudança de uso e cobertura da terra 7
2.3 Cubo de Dados de Observação da Terra com Satellite Image Time Series - SITS ... 8
3. MATERIAL E MÉTODOS 10
3.1 Área de abrangência 10
3.2 Software utilizado 10
3.3 Dimensão das imagens 12
3.4 Classes de TerraClass 12
3.5 Metodologia 15
3.5.1 Imagens de satélite 15
3.5.2 Coleta de amostras para o treinamento do algoritmo 15
3.5.3 Random Forest 16
3.5.4 Aquisição dos dados para criação do ambiente para análise visual 16
3.3.5 Procedimentos de edição 17
3.5.6 Auditoria 20
4. DISPONIBILIZAÇÃO 22
5. AGRADECIMENTOS 22
REFERÊNCIAS 23
ANEXO - EDIÇÃO TERRACLASS ANO 2022 25

1. INTRODUÇÃO

O TerraClass Amazônia, um projeto criado em 2010, por uma parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), tem a finalidade de identificar e quantificar as principais classes de uso e cobertura da terra que substituem as áreas de vegetação natural (Almeida et al., 2016). Executado a partir de diferentes fontes de financiamento, em 2020 foram iniciados mapeamentos referentes aos anos-base 2016, 2018, 2020 e 2022. O novo ciclo de mapeamento iniciou pelo ano de 2020 e, em seguida, os mapeamentos de 2022, 2018 e 2016, respectivamente.

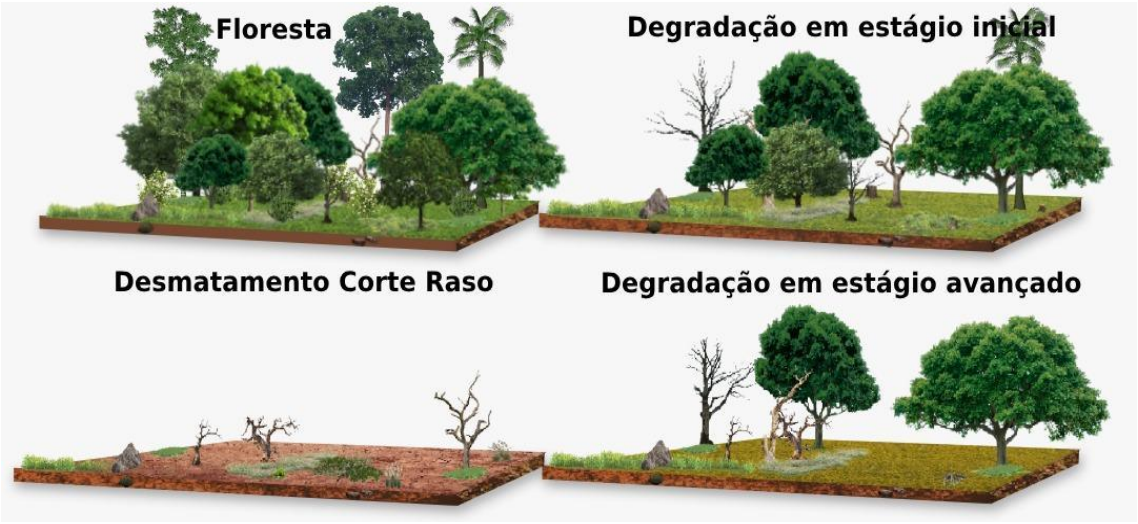
Com o propósito de aumentar a eficiência e eficácia do mapeamento, o TerraClass Amazônia 2020 contou com uma metodologia diferente das realizadas nos anos anteriores, propondo a incorporação de novos conceitos e técnicas. Diante do avanço tecnológico e da necessidade de manter o objetivo central, o mapeamento de 2022 reuniu novas alterações metodológicas e este documento visa descrever as metodologias utilizadas no mapeamento das classes de Vegetação Secundária (VS), Urbanizada, Mineração, Aquacultura e classe Outros do TerraClass Amazônia nos mapas de 2016 a 2022, abordando suas alterações necessárias para o aumento da eficácia dos dados produzidos.

2. CONCEITOS

2.1 Desmatamento no monitoramento por satélite

Para o PRODES, o desmatamento é definido como a "*conversão por supressão de áreas de fisionomia florestal primária por ações antropogênicas"* (INPE, 2022, p. 4), ou seja, ele ocorre com a floresta intacta e se concretiza com a transformação da floresta primária (ou original) em corte raso. Há dois tipos de desmatamento: 1) por corte raso e 2) por degradação florestal. O primeiro consiste na remoção completa da cobertura florestal em um curto intervalo de tempo, onde normalmente há o corte e, posteriormente, a limpeza da área ou queima. Já o segundo, refere-se a um processo gradual, onde atividades de exploração madeireira e uso do fogo produzem um gradiente na paisagem e também se concretiza na remoção completa do dossel florestal (Figura 1).

Figura 1 - Degradação florestal e desmatamento por corte raso.



Fonte: Autores (2024).

2.2 Mudança de uso e cobertura da terra

A cobertura da terra refere-se a vários tipos de cobertura biológica ou física na superfície terrestre, principalmente às propriedades naturais da terra, tais como florestas, rios e afloramentos rochosos, etc. O uso da terra refere-se às atividades humanas sobre essa cobertura, com destaque nos aspectos sociais e econômicos, influenciados por fatores naturais e antrópicos, sobretudo, o desmatamento (Wang et al., 2023).

Nos últimos anos, a região Amazônica foi uma das regiões mais expostas ao desmatamento e incêndios florestais devido à existência de importantes frentes de expansão agrícola e pecuária (Bernardes, 2022; Lapola et al., 2023), nos limites dos maciços florestais. Como resultado, a região enfrenta um processo de mudança de uso e cobertura da terra (LULC, do inglês *Land Use and Land Cover*) expressivo, com conversão de florestas em áreas de agricultura, pecuária, mineração e etc. (Lapola et al., 2023).

O cenário de intensa pressão antrópica gera problemas socioambientais como a perda de biodiversidade, degradação do solo, mudanças climáticas, alterações no regime hidrológico e perda da resiliência da floresta (Silva; Lopes; Santos, 2023). Diante disso, o mapeamento contínuo do LULC é fundamental para implementação de políticas públicas, a gestão do uso da terra e para a compreensão dos impactos da perda permanente de áreas florestais, funcionamento dos ecossistemas e oportunidade de

utilização de recursos, além de fornecer base importante para muitas pesquisas sobre temas ambientais em todo o mundo (Wang et al., 2023).

2.3 Cubo de Dados de Observação da Terra com Satellite Image Time Series - SITS

De acordo com Han, Kamber e Pei (2012), o cubo de dados é uma maneira de estruturar dados para modelá-los e visualizá-los em suas múltiplas dimensões. Este modelo multidimensional possibilita análises avançadas e profundas, a partir de grandes volumes de dados, como as coleções de imagens de satélite no Sensoriamento Remoto.

Para a análise temporal de uma determinada área de interesse, os cubos de dados permitem o empilhamento de múltiplas imagens, possibilitando o processamento integrado das variáveis espaciais e temporais. Esses cubos são geralmente construídos a partir de *Analysis Ready Data* (ARD), ou dados prontos para análise, que passaram por etapas de correção geométrica e radiométrica, garantindo padronização e compatibilidade entre imagens. Cada pixel no cubo possui a mesma resolução espacial e temporal, o que aumenta a precisão e a comparabilidade das análises (Ferreira et al., 2020). Essa estrutura favorece a aplicação de técnicas avançadas de monitoramento e análise da cobertura terrestre (Câmara et al., 2018).

Uma das tecnologias centrais para que um cubo de dados funcione é o padrão de catalogação das imagens (Zaglia et al., 2019). Para manipular o cubo de dados neste projeto, utilizou-se o *Satellite Image Time Series (*SITS) (Santos et al. 2020), que é um pacote de código aberto desenvolvido na linguagem R, projetado para análise de séries temporais de imagens de satélite, com foco em dados massivos de observação da Terra.

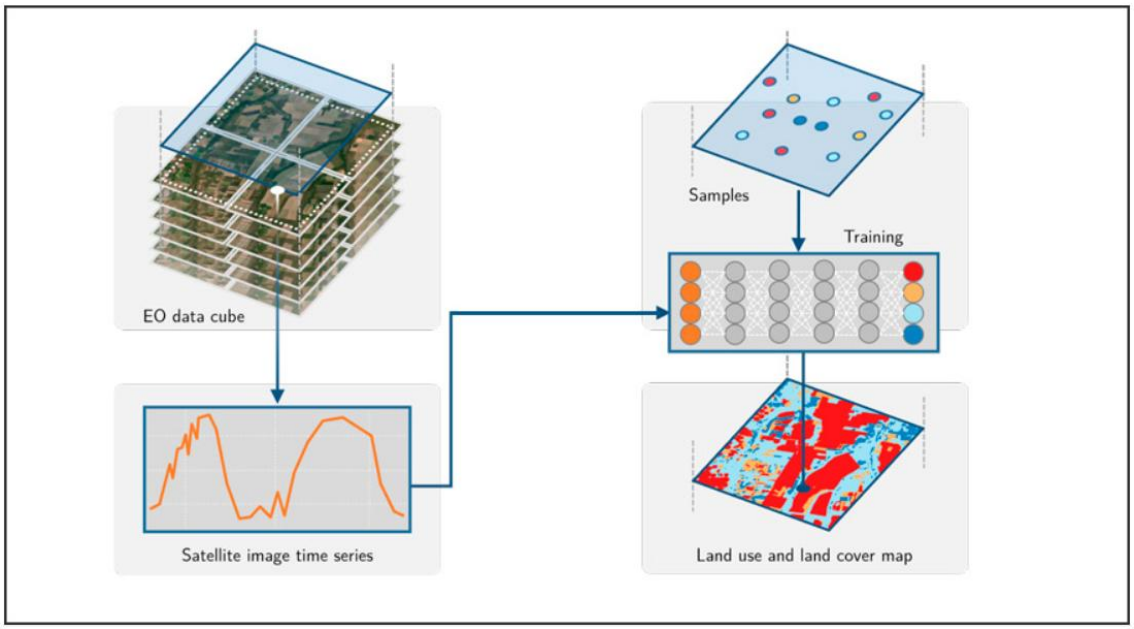
Conforme descrito por Simões et al. (2021), o SITS adota uma abordagem "tempo-primeiro, espaço-depois", na qual cada local espacial é representado por uma série temporal de observações. Essa metodologia permite uma análise mais eficaz das mudanças ao longo do tempo, em comparação com abordagens tradicionais que priorizam o espaço antes do tempo. O pacote oferece uma API simples, porém poderosa, que suporta o ciclo completo de análise de dados para classificação de uso e cobertura da terra associados ao conjunto de amostras coletadas pelos analistas que posteriormente são usadas no algoritmo de *Machine Learning Random Forest*.

Além disso, o SITS incorpora métodos de pós-processamento espacial, como suavização bayesiana, para melhorar a qualidade dos mapas classificados e para garantir a precisão das classificações, o SITS inclui ferramentas para avaliação da qualidade das

amostras de treinamento e métodos para validação e medição de acurácia (Santos et al. 2020).

O fluxo de trabalho típico para classificação utilizando o SITS inicia com os usuários definindo um cubo de dados e selecionando um subconjunto de uma coleção de imagens. Posteriormente, há a obtenção dos dados de treinamento de um conjunto de pontos no cubo de dados. As amostras de treinamento passam por um controle de qualidade para reduzir os ruídos e, por conseguinte, os usuários constroem um modelo de aprendizado de máquina e o utilizam para classificar todo o cubo de dados. Os resultados passam por uma fase de suavização espacial para remover *outliers* (Simões et al., 2021). A Figura 2 exemplifica a utilização do SITS para classificação do uso da terra.

Figura 2 - Utilização de séries temporais para classificação de uso da terra.



Fonte: Simões et al. (2021).

O Projeto TerraClass Amazônia utilizou o SITS para gerar o dado a qual foi chamado de rascunho da classe de VS, arquivo vetorial editável para incremento e decremento de áreas. A incorporação do dado gerado pelo SITS foi um aperfeiçoamento relevante na metodologia, pois o resultado dessa classificação tornou o processo de mapeamento do uso e cobertura da terra do bioma Amazônia mais célere, no software QGIS.

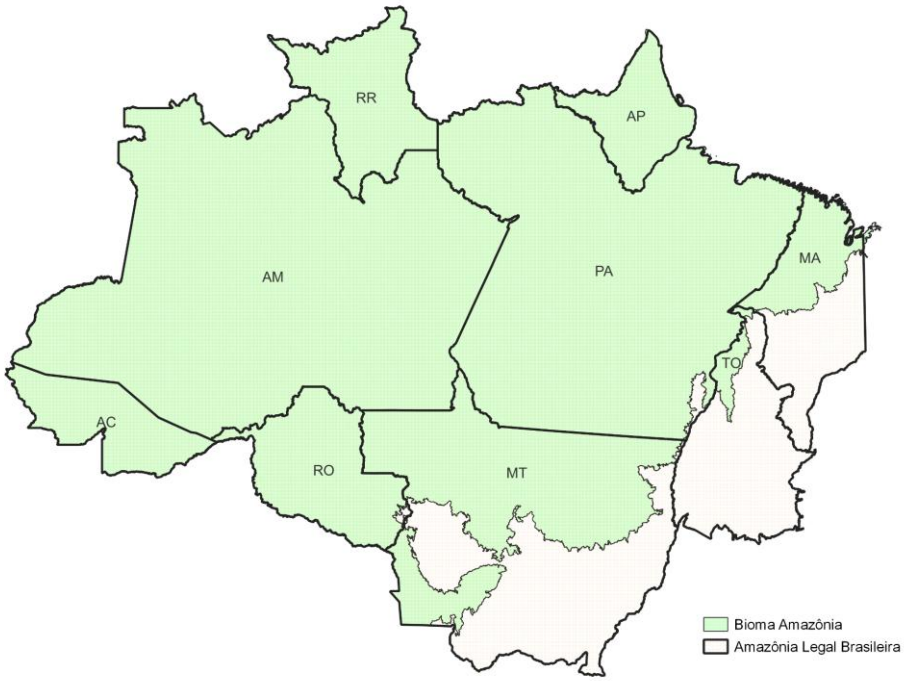
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de abrangência

Até 2014, o TerraClass Amazônia era realizado para a Amazônia Legal Brasileira (ALB). Atualmente, a área de abrangência do projeto limita-se ao bioma Amazônia. O bioma Amazônia ocupa aproximadamente 49% do território brasileiro. Nele encontra-se a maior floresta tropical contígua do mundo e abriga uma vasta quantidade de espécies de flora e fauna (IBGE, 2019).

Enquanto ALB é um conceito político definido por meios legais, o bioma Amazônia é definido pelas suas características naturais predominantes e similares, consistindo no limite geográfico que compreende total ou parcialmente nove estados brasileiros: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Mato Grosso, Tocantins e Maranhão (Figura 3).

Figura 3 - Limites do bioma Amazônia e da Amazônia Legal Brasileira.



Fonte: Autores (2024).

3.2 Software utilizado

Para o mapeamento de 2022, o projeto Terraclass Amazônia utilizou o software QGIS para aplicação da metodologia que foi idealizada a partir da rotina de trabalho no TerraAmazon (TA), versão 7.3.3. O TA foi desenvolvido em 2005 pelo INPE e pela FUNCATE, baseado na biblioteca TerraLib. É um sistema GIS *open source* criado para

suportar edição multiusuário de dados vetoriais geoespaciais, no qual comporta um conjunto de ferramentas para a qualificação de uso e cobertura da superfície terrestre, além de permitir operações espaciais entre dados vetoriais (INPE, 2018), oferece, também, um conjunto de algoritmos de processamento de imagens e dados e gerência de banco de dados geográficos (Diniz et al., 2015; Angulo et al., 2015)

Embora seja um software robusto, capaz de processar um grande volume de dados em um tempo aceitável, o TA apresenta algumas limitações que se traduzem na carência de novas ferramentas para otimizar o processo de produção, tais como: introdução de basemaps, conexão aos serviços WMS e WFS e integração com linguagens de programação.

A descontinuidade das atualizações do TerraAmazon impulsionou a busca de outra ferramenta GIS que comportasse o objetivo do TerraClass. Desta forma, o software QGIS na versão 3.22.8 "*Białowieża*" possibilitou as adaptações necessárias para a classificação do uso e cobertura do bioma Amazônia, com êxito, pois ele suporta inúmeros formatos de arquivos, viabilizando a composição de mapas, distribuição de informações espaciais georreferenciadas, correlacionando múltiplas variáveis em determinado banco de dados. Deste modo, possibilita construir modelagem espacial como ferramenta de suporte às tomadas de decisão (QGIS, 2024).

Altamente difundido em todo o mundo, gratuito e de código aberto, capaz de funcionar em diferentes sistemas operacionais de computadores, o QGIS define-se como um Sistema de Informações Geográficas (SIG), desenvolvido para construir e manipular banco de dados, edição e tratamento de arquivos vetoriais e matriciais, executar pesquisas e análises espaciais, para representar cartograficamente os fenômenos e/ou objetos posicionados em determinado recorte espacial.

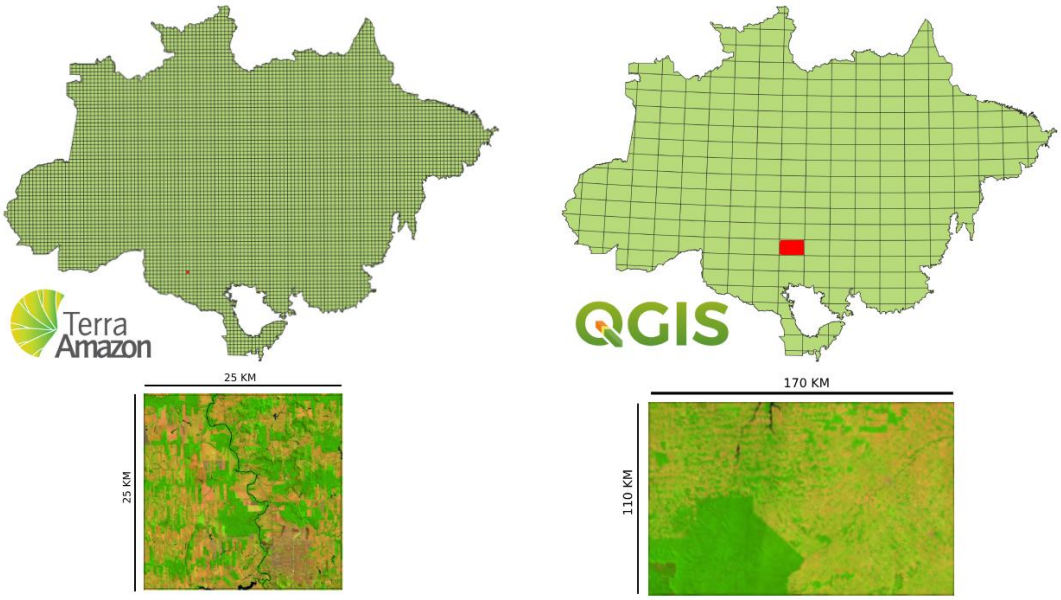
O QGIS apresenta diversos *plugins* e possibilita o acesso às imagens a partir de banco conectado via WMS, com isso, os intérpretes possuem acesso rápido a diversas coleções, como Sentinel-2 e Planet, além de possibilitar a automatização de rotinas e conexão com bases de imagens por Python e outras ferramentas. Outro ponto importante é que o software é altamente disseminado pela comunidade científica, favorecendo atualizações constantes e extensa rede de material de apoio disponível.

3.3 Dimensão das imagens

Como já mencionado, o TA é um software com capacidade para o desenvolvimento de projetos de grandes porções. Para isso, há um modelo conceitual bem definido de controle de acesso e de usuários, regras topológicas, dentre outras funções que viabilizam atividades com diversos usuários. Por esse motivo, para não haver duplicação de áreas mapeadas, tem-se um sistema de grade, denominado de células e limita a edição pelo intérprete a apenas a área interna das células selecionadas (tema detalhado no tópico 3.3.5, em "Procedimentos de edição").

No TerraAmazon, as células possuem a dimensão 25x25km, formando um conjunto de células para todo o limite do bioma Amazônia. Na metodologia utilizada para o mapeamento de 2022, no QGIS, os analistas trabalharam com a grade regular do BDC, com dimensão de 170x170 km, como mostra a grade comparativa na figura 4. Todas as regras foram definidas pelos próprios analistas em sensoriamento remoto, em seus projetos de edição no QGIS.

Figura 4 - Grade (tile) comparativa TerraAmazon e QGIS



Fonte: Autores (2024).

3.4 Classes de TerraClass

As cinco classes mapeadas seguem padrões, texturas e colorações características, como mostradas a seguir na tabela 2, indicadas em imagens do Sentinel-2, na composição RGB, das bandas B11, B8 e B4.

Tabela 1 - Chave de interpretação das classes mapeadas no Terraclass Amazônia.

VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

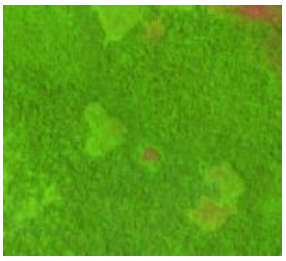
É a formação vegetal em processo de regeneração, caracterizada pelo adensamento de espécies arbóreas, que já tenham sofrido supressão total da vegetação original, desde o início do monitoramento do desflorestamento da Amazônia.

Nas imagens de satélite, apresentam padrões irregulares das copas das árvores devido à regeneração desigual das espécies; textura homogênea; e a coloração pode ser variável dependendo do estágio da regeneração. É importante considerar análises espectrais no processo de identificação da classe.

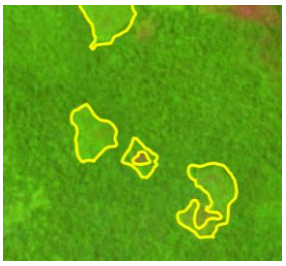
Imagem de campo



Mosaico Sentinel-2



Mosaico Sentinel-2



MINERAÇÃO

Áreas de extração mineral caracterizadas pela presença de solo exposto e alterações da paisagem local.

Visualmente, possuem áreas de escavação com padrões geométricos característicos; depósitos de resíduos; variação de coloração do solo; corpos d'água artificiais; e em alguns casos, apresentam estruturas de suporte e contenção, como paredes ou taludes.

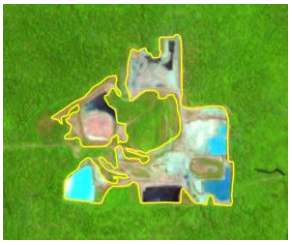
Imagem



Mosaico Sentinel-2

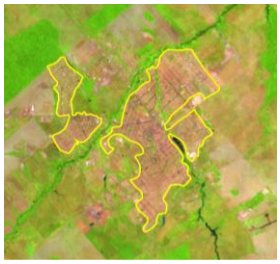


Mosaico Sentinel-2

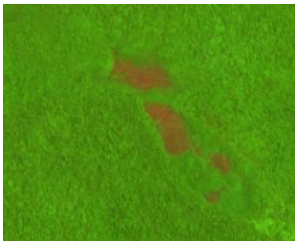
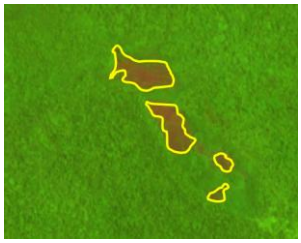


URBANIZADA

Manchas urbanas decorrentes de concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural apresentando adensamento de arruamentos, casas, prédios e outros equipamentos públicos.

Imagem	Mosaico Sentinel-2	Mosaico Sentinel-2
		

OUTROS
Áreas que não se enquadram nas chaves de classificação e apresentam um padrão de cobertura diferenciada de todas as classes do projeto, como afloramentos rochosos, praias fluviais, bancos de areia, entre outros.

Imagem	Mosaico Sentinel-2	Mosaico Sentinel-2
		

AQUACULTURA
É a criação e cultivo de organismos aquáticos, como peixes, moluscos, crustáceos e plantas aquáticas, para fins comerciais ou de subsistência humana. Nas imagens de satélite apresenta-se com coloração azul ou escura; margens e contornos bem definidos; e formas distintas.

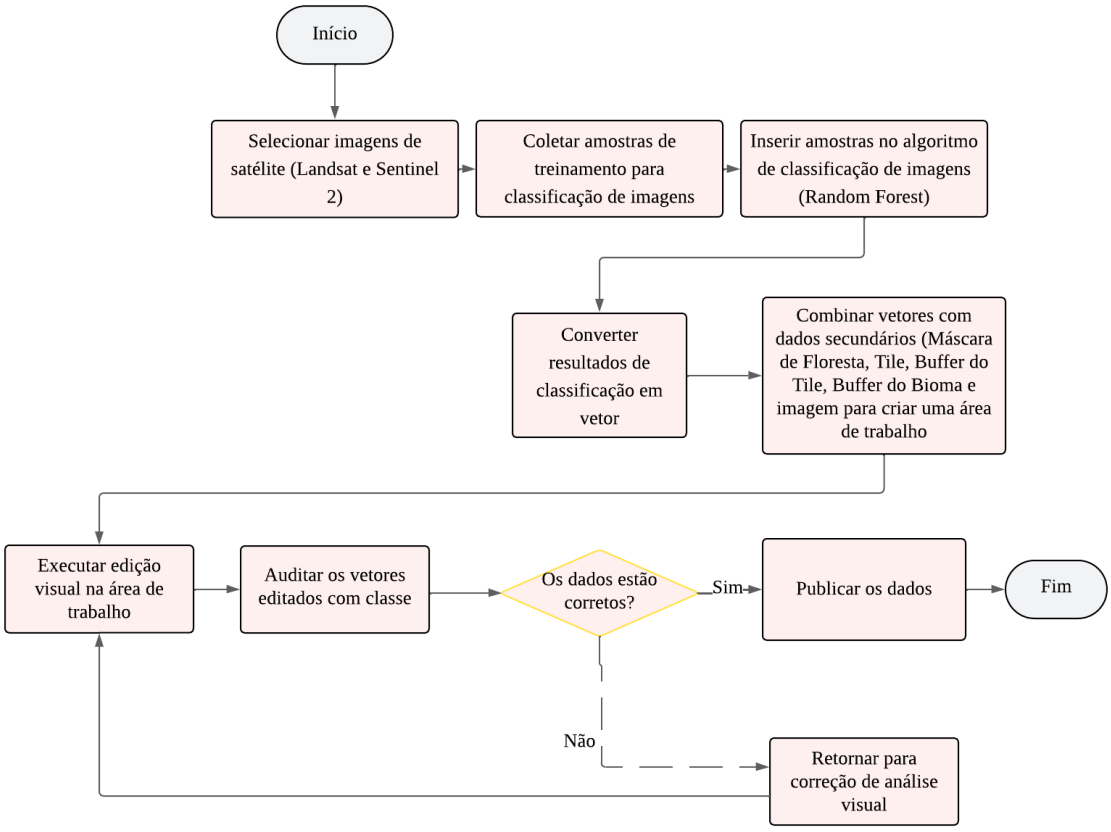
Imagem	Mosaico Sentinel-2	Mosaico Sentinel-2
		

Tabela 1 - Chave de interpretação das classes mapeadas no Terraclass Amazônia.Fonte: TerraClass, 2021 (Adaptado pelos autores, 2024).

3.5 Metodologia

A metodologia utilizada no mapeamento do TerraClass foi dividida em cinco etapas principais, como apresentado no fluxograma (Figura 5).

Figura 5 - Etapas de trabalho.



Fonte: Autores (2024).

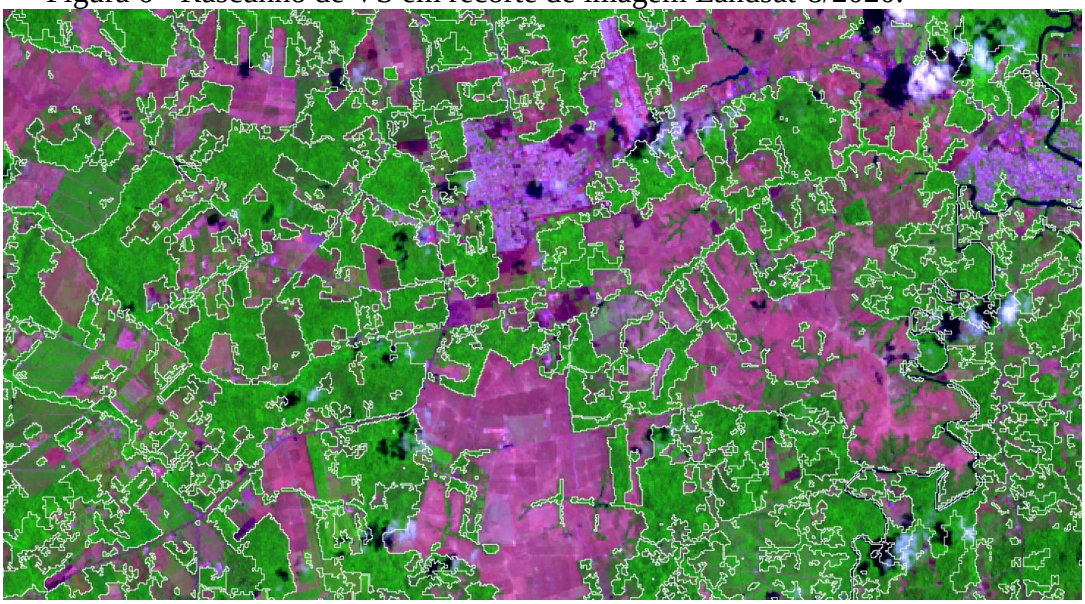
3.5.1 Imagens de satélite

As imagens de satélite do Sentinel 2 MSI utilizadas no TerraClass foram adquiridas por meio do *Brazil Data Cube* (BDC) e da *Microsoft Planetary Computer* (MPC), seguindo uma adaptação da metodologia descrita por Simões et al. (2021). A integração dessas plataformas permitiu o acesso a dados espaciais multiespectrais e multitemporais, com resolução de 10m, essenciais para a análise proposta.

3.5.2 Coleta de amostras para o treinamento do algoritmo

A coleta das amostras para a classificação foi realizada no software QGIS, categorizando-as nas classes de vegetação, solo exposto e hidrografia, entre 1000 a 1500 amostras para cada classe. O resultado preliminar desta etapa consistiu na elaboração de um rascunho, como dado auxiliar, destinado a identificar regiões correspondentes à classe de interesse (VS), com o objetivo de apoiar o processo de edição subsequente (Figura 6).

Figura 6 - Rascunho de VS em recorte de imagem Landsat-8/2020.



3.5.3 Random Forest

As amostras coletadas foram utilizadas para treinar o algoritmo de aprendizado de máquina Random Forest, configurado com 200 árvores de decisão. Neste algoritmo, cada árvore é treinada com subconjuntos aleatórios de dados e atributos. A decisão do modelo é realizada por meio de votação majoritária entre as árvores, o que contribui para reduzir o sobreajuste e melhorar a precisão do modelo (Pelletier et al., 2016). O produto resultante do classificador passou a ser tratado no software QGIS, por meio de ferramentas de análise espacial.

3.5.4 Aquisição dos dados para criação do ambiente para análise visual

Nesta fase, foram incorporados dados de máscara de floresta, máscara de nuvens, buffers dos tiles e do bioma, além das imagens de satélite e do rascunho preliminar (Tabela 1). Esses elementos foram combinados para criar um ambiente de edição com um conjunto de regras topológicas, assegurando que não houvesse sobreposição entre os polígonos de classes e que os limites dos polígonos não extrapolassem os *tiles* nem os limites do bioma. Todos esses arquivos foram disponibilizados aos analistas em servidor de acesso restrito.

Tabela 2- Dados de suporte utilizados no mapeamento.

Arquivo	Tipo	Descrição
Limite da célula	Vetorial	Área em que o analista realiza edição para mapeamento
Limite da cena	Vetorial	Quadrículas referentes às órbitas-ponto do Landsat
Limite do tile	Vetorial	Área em que o analista realiza edição para mapeamento
Arquivo em branco	Vetorial	Arquivo que receberá as classes editadas
Máscara de floresta	Vetorial	Máscara florestal obtida do PRODES
Máscara de nuvem	Vetorial	Máscara de nuvem obtida do PRODES
Rascunho	Vetorial	Classe florestal gerada a partir das amostras de treino pelo classificador *Random Forest*
Mosaico de imagens	Matricial	Mosaico de imagens Landsat-8 e Sentinel-2 para mapeamento
Buffer bioma	Vetorial	Buffer de 110 km gerado no bioma Amazônia para não ultrapassar o mapeamento dos tiles

3.5.5 Procedimentos de edição

A etapa de edição contou com transposição metodológica da plataforma do TerraAmazon (TA) para o QGIS. O processo ocorreu a partir da organização dos arquivos e da área de trabalho, refinamento do rascunho gerado, inclusão e exclusão de informação para a classe VS e vetorização das classes urbanizada, mineração, aquacultura e outros.

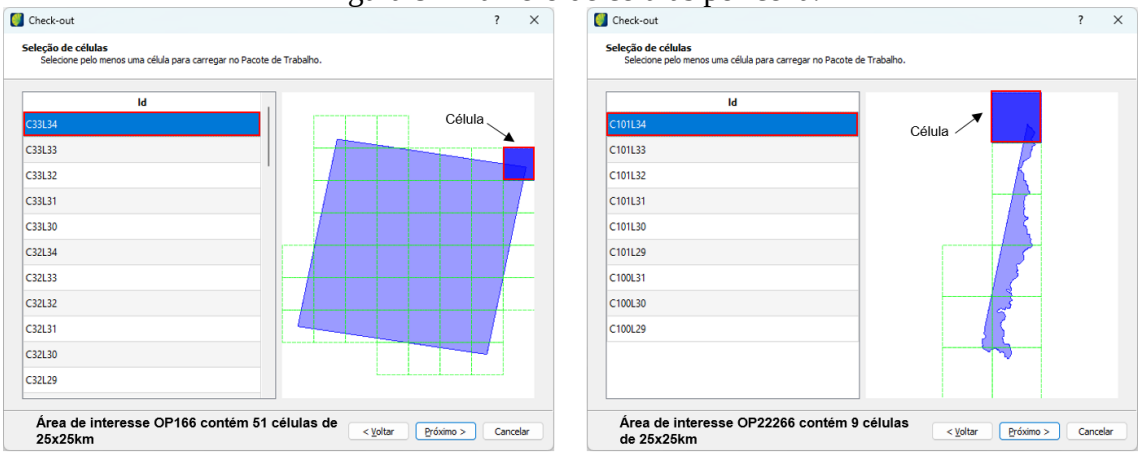
No TA o mapeamento envolve a aquisição de dados (1), edição (2) e upload do pacote editado (3) pelo método offline (Figura 7). O processo inicia com a criação do banco de dados local SQLite (pacote de arquivos) onde o analista , a partir de um cadastro, cria um usuário para acessar o banco de dados no servidor remoto PostgreSQL e realizar o download do pacote referente a área que será editada (célula). Além do pacote são necessários o mosaico de imagens da área e o arquivo vetorial do rascunho referente a VS.

Figura 7 - Interface da tela inicial do Terra Amazon.



Em seguida, os arquivos são organizados na área de trabalho, o arquivo de rascunho é fixado e é indicada a classe que será editada. A vetorização inicia com a seleção do polígono de rascunho referente a classe e a confirmação da classificação através da ferramenta do controle de edição. Todo o arquivo classificado é incorporado ao banco de dados local SQLite, que, quando finalizado, retorna para o banco de dados no servidor remoto PostgreSQL, via upload na própria plataforma do TA. O processo é repetido até que todas as células da cena sejam finalizadas. Vale ressaltar que a quantidade de células editadas varia de acordo com a localização da área de interesse, como exemplificado na Figura 8.

Figura 8 - Número de células por cena.



No QGIS, a aquisição dos arquivos vetoriais e matriciais é realizada através de links de acesso em nuvem. Em seguida, os arquivos são organizados na área de trabalho do software (Figura 9) e algumas configurações são realizadas, dentre elas a instalação

do plugin autoSaver para salvamento automático do projeto e o ajuste de aderência dos principais arquivos para evitar sobreposição e pequenos intervalos sem classificação (Figura 10).

Figura 9 - Organização dos arquivos na área de trabalho do QGIS.

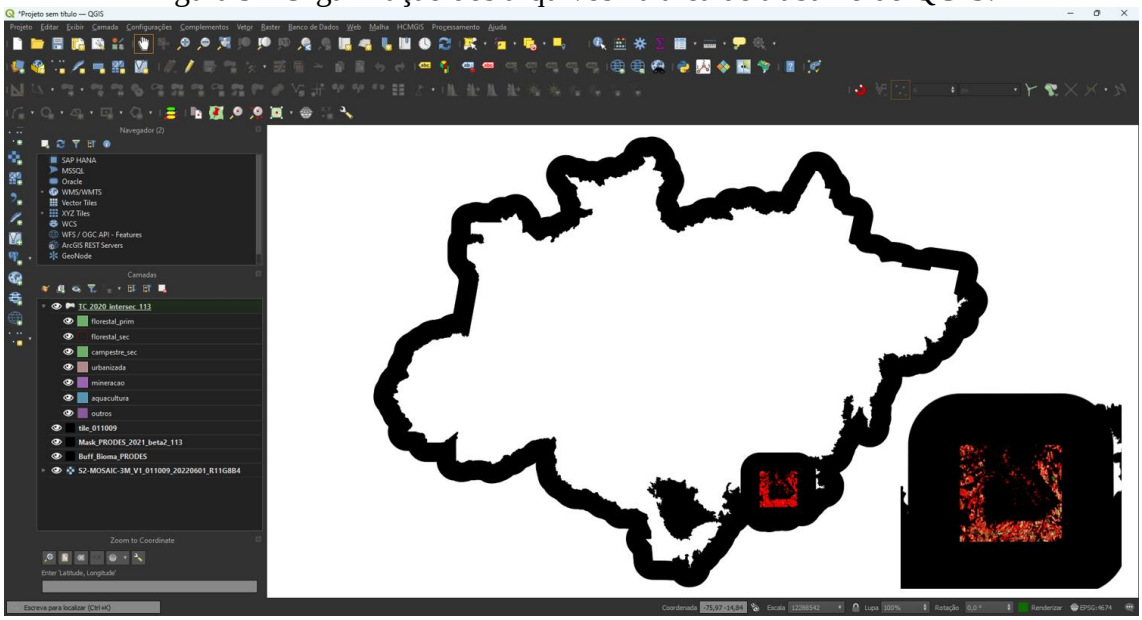
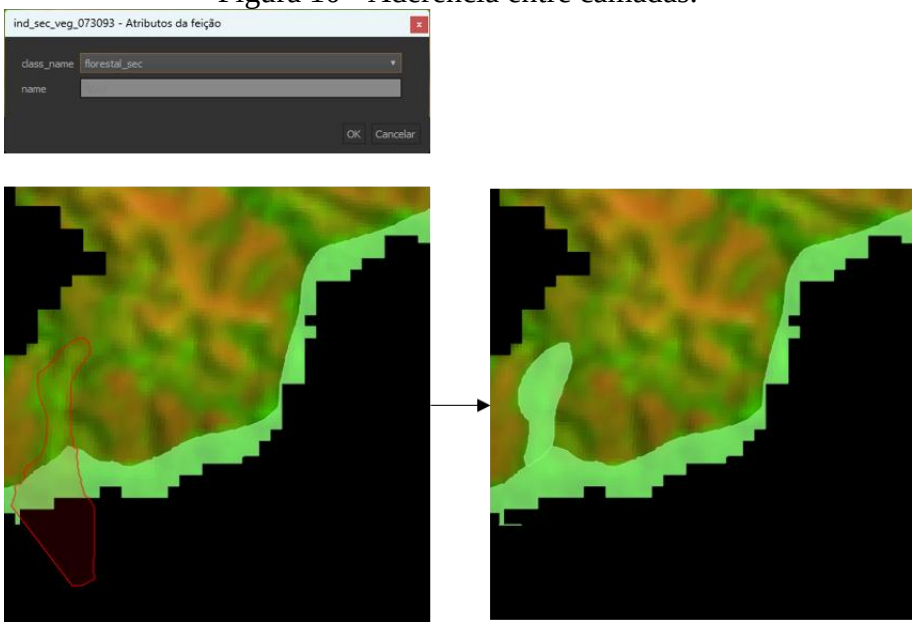


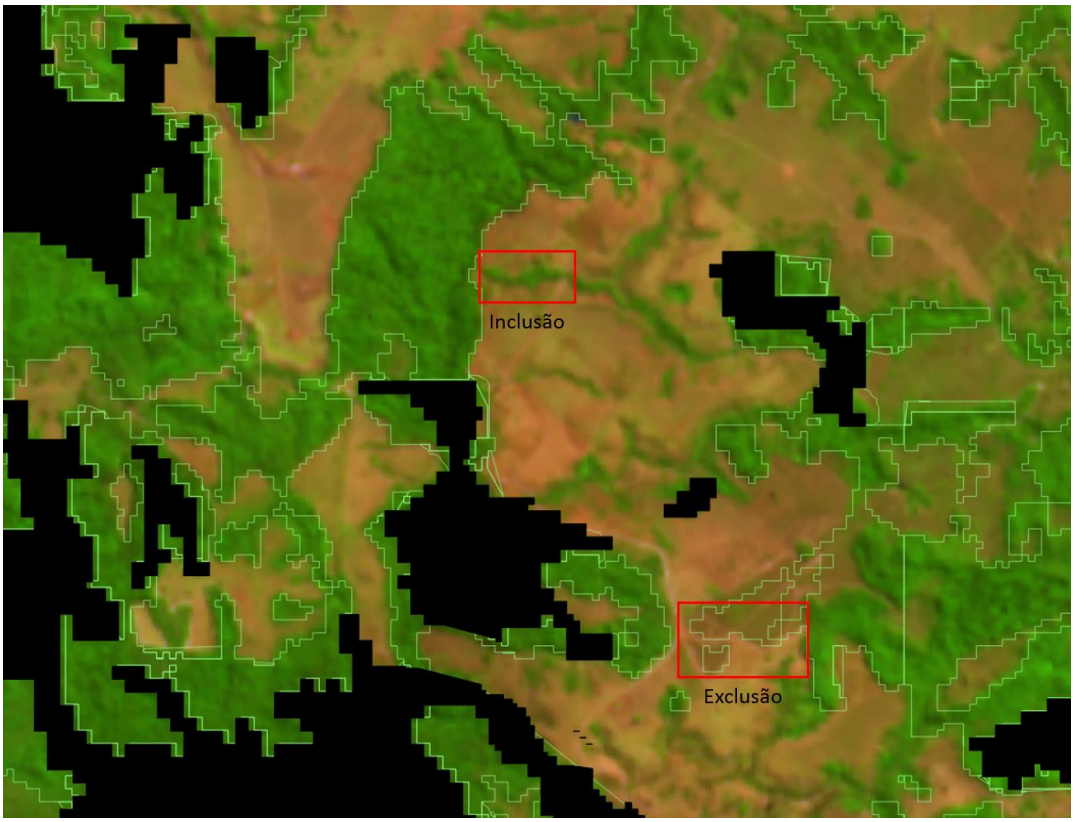
Figura 10 - Aderência entre camadas.



Outro ajuste importante é a personalização dos atalhos do teclado para as funções mais frequentemente utilizadas, tais como criar polígonos, excluir partes, remodelar feições, quebrar feições, seleção e desfazer seleção. Estas configurações reduzem a necessidade de cliques e maximizam a eficiência do processo.

Após os ajustes das configurações, a etapa de edição inicia a partir da inclusão e exclusão de polígonos no arquivo referente ao rascunho de VS (Figura 11). O arquivo de rascunho de VS é copiado para o arquivo final que também receberá polígonos das classes urbanizada, mineração, aquacultura e outros. O arquivo final contendo as cinco classes editadas é salvo com nomenclatura padrão que varia de acordo com o *Tile* editado (*TC_2022_intersec_**Tile**_EDIT)*, compactado e enviado ao repositório em nuvem que posteriormente é baixado pelo analista/auditor para auditoria do dado.

Figura 11 - Exemplos de áreas em que foi editado o resultado, realizando os procedimentos de inclusão e exclusão de polígonos de VS.



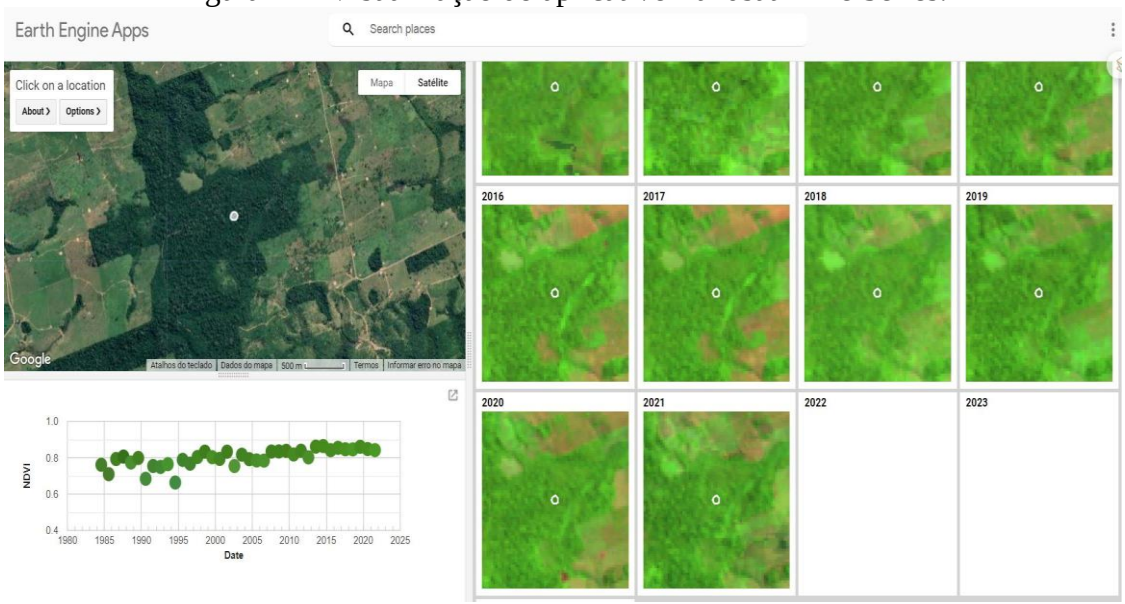
3.5.6 Auditoria

Após a edição, todos os arquivos enviados ao repositório em nuvem são submetidos à auditoria para validação do mapeamento e verificação de continuidade entre áreas de trabalho, seja por célula ou por tile, para garantir a qualidade dos dados.

Em áreas de dúvidas, utiliza-se ferramentas de suporte para auxiliar na tomada de decisão. Dentre elas, destaca-se o aplicativo do Earth Engine, Landsat Time Series Explorer (Figura 12), que também era utilizado pelos analistas na edição para avaliar a série temporal dos índices de vegetação.

O Landsat Time Series (https://surl.lu/lcbjbr) mostra séries temporais de mosaicos de imagens Landsat a partir de uma coordenada geográfica, além de gráficos de evolução de índices de vegetação como NBR, NDVI e de bandas. O aplicativo permite diversas configurações como cores dos pontos da série temporal, data das imagens, alterações nas bandas e modo de visualização, facilitando a análise da classe.

Figura 12 - Visualização do aplicativo Landsat Time Series.

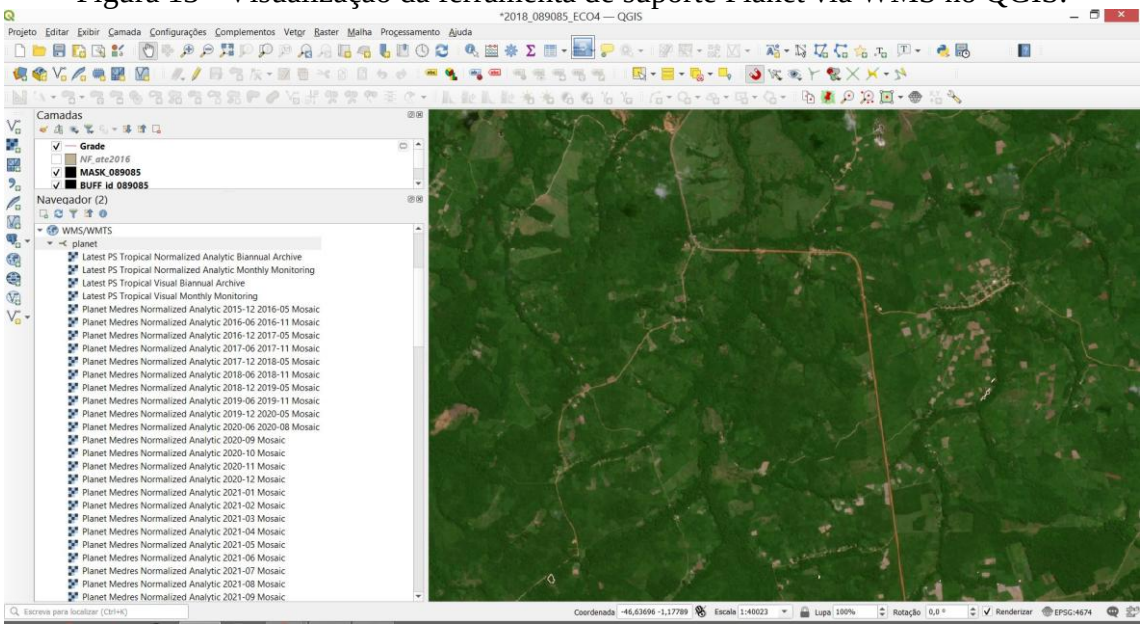


Fonte adaptada: Earth Engine Apps, 2024.

O Google Earth PRO também é comumente utilizado, tendo em vista que possui interface intuitiva e é mais popular do que as outras ferramentas. Este aplicativo permite a observação da área por ano em mosaicos de imagens de alta resolução a partir da inserção de coordenadas. Vale ressaltar que algumas áreas não possuem imagens atualizadas, necessitando, neste caso, utilizar os outros recursos de suporte.

Além das ferramentas citadas, a conexão com serviços WEB para recursos geoespaciais feitas através do QGIS foi uma das melhorias alcançadas ao utilizar o software, uma vez que agiliza o processo de análise, edição e auditoria. Através do QGIS, foi possível estabelecer conexões WMS (Web Map Services) para o acesso à coleção de imagens Planet. Para utilizá-las, o analista/auditor precisou criar conta no site oficial (https://www.planet.com/nicfi/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw_-GxBhC1ARIsADGgDjtHcjtC7y7LFZFcXSiq4lTMdHf6dTbbOA0a0WkrAoS1k3eoc8h5CNgaAhnzEALw_wcB&restored=1715001301144) e estabelecer a conexão no QGIS a partir de chave gerada (Figura 13).

Figura 13 - Visualização da ferramenta de suporte Planet via WMS no QGIS.



4. DISPONIBILIZAÇÃO

Após auditoria, os dados são organizados, finalizados e disponibilizados ao público através da plataforma TerraBrasilis (https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Programa de Capacitação Institucional, uma parceria INPE, EMBRAPA e CNPq, através dos Processos: 318030/2023-3, 385651/2023-6, 308724/2021-6, 385649/2023-1, 380840/2022-7, 381704/2023-8, 381600/2021-1, Processo 381807/2021-5, 380681/2023-4, 383014/2022-0, 380467/2022-4, 381781/2022-4, 381870/2021-9, 382135/2022-9, 381809/2021-8.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n. 3, p. 291–302, jul. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504. Acesso em: 26 jun. 2025.

BERNARDES, A. *Desmatamento e incêndios na Amazônia: causas e consequências*. São Paulo: Editora Ambiental, 2022.

ANGULO, C. E. P. et al. Utilización del Sistema TerraAmazon para la evaluación de cambios en la cobertura forestal en una cuenca de los Andes venezolanos (1988-2014). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: INPE, 2015.

CÂMARA, G. et al. Big earth observation data analytics: A new frontier for geographical information science. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 138, p. 95-108, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.06.006. Acesso em: 26 jun. 2025.

DINIZ, C. G. et al. DETER-B: the new Amazon near real-time deforestation detection system. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, v. 8, n. 7, p. 3619-3628, 2015.

FERREIRA, K. R. et al. Earth observation data cubes for Brazil: requirements, methodology and products. *Remote Sensing*, v. 12, n. 24, p. 4033, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/rs12244033. Acesso em: 26 jun. 2025.

HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. Tecnologia de cubo de dados. In: HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. *Mineração de dados: conceitos e técnicas*. 3. ed. São Paulo: Elsevier, 2012. cap. 4, p. 83-124.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Metodologia utilizada nos sistemas PRODES e DETER: 2. ed. atualizada*. São José dos Campos: INPE, 2021. Disponível em: https://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/metodologia_PRODES_DETER_2ed.pdf. Acesso em: 26 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. *TERRAAMAZON: TerraAmazon 7 tutorial*. Brasil, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Biomas brasileiros: síntese descritiva*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomas/documentos/Sintese_Descricao_Biomas.pdf. Acesso em: 6 maio 2025.

OLIVEIRA, G. et al. Rapid Recent Deforestation Incursion in a Vulnerable Indigenous Land in the Brazilian Amazon and Fire-Driven Emissions of Fine Particulate Aerosol Pollutants. **Forests**, v. 11, n. 829, 2020.

PELLETIER, C. et al. Assessing the robustness of Random Forests to map land cover with high resolution satellite image time series over large areas. **Remote Sensing of Environment**, v. 187, p. 156–168, dez. 2016.

QGIS. 25.2.2. Raster conversion — QGIS Documentation: guia do usuário/manual do QGIS Desktop (QGIS 3.22). Disponível em: https://docs.qgis.org/3.22/en/docs/user_manual/processing_algs/gdal/rasterconversion.html#gdalpolygonize. Acesso em: 10 out. 2024.

Santos, L. B. L., Ferreira, K. R., Vinhas, L., et al. *SITS: An R package for satellite image time series analysis*. Computers & Geosciences, 140, 104502, 2020.

https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104502

SANTOS, L. A.; FERREIRA, K. R.; CAMARA, G.; PICOLI, M. C. A.; SIMOES, R. E. Quality control and class noise reduction of satellite image time series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 177, p. 75-88, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.04.014. Acesso em: 26 jun. 2023.

SILVA, R. M.; LOPES, A. G.; SANTOS, C. A. G. Deforestation and fires in the Brazilian Amazon from 2001 to 2020: impacts on rainfall variability and land surface temperature. *Journal of Environmental Management*, v. 326, n. 116664, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116664. Acesso em: 04 jan. 2024.

SIMÕES, R. et al. Satellite image time series analysis for big earth observation data. *Remote Sensing*, v. 13, n. 13, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/rs13132492. Acesso em: 28 abr. 2021.

TERRACLASS. *Nota técnica – Estimativa da área de vegetação secundária na Amazônia Legal (2020)*. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/nota-tecnica-2013-estimativa-da-area-de-vegetacao-secundaria-na-amazonia-legal-2020. Acesso em: jan. 2024.

WANG, Y. et al. A review of regional and global scale land use/land cover (LULC) mapping products generated from satellite remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 206, p. 311-334, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.01.012. Acesso em: 26 jun. 2025.

ZAGLIA, F. A. et al. Uma infraestrutura de dados espaciais para organização e acesso a grandes volumes de imagens de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. Anais [...]. Santos: INPE, 2019. p. 293-300. Disponível em: http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/12.10.14.01/doc/proceedings_2019_compressed.pdf#page=293. Acesso em: 26 jun. 2025.

ANEXO - EDIÇÃO TERRACLASS ANO 2022

TerraClass

EDIÇÃO DE CLASSES TERRACLASS ANO 2022

ROTINA SOFTWARE QGIS 3.22.X

EQUIPE: Bárbara Paiva, Brenda Silva, Deuzanira Mendes, Fabricio Aleixo Dias, Isa Alencar, Joel Pena Fernandes, Lidiane Araújo, Lucas Cortinhas, Luis Sadeck, Marília Gabriela Lopes, Noeli Rodrigues, Renan Carlos, Rodrigo Rafael, Sâmila Sousa, Taís Alcântara

2023

1- DOWNLOAD DOS ARQUIVOS UTILIZADOS

MÁSCARA PRODES (Ref. ao **id_tc** da tabela de controle)
https://www.tcamz.cnptia.embrapa.br/imagens/Mask_PRODES_2021_Beta2/

CLASSES TERRACLASS 2022 (Ref. ao **id_tc** da tabela de controle)
https://www.tcamz.cnptia.embrapa.br/imagens/TC_2020_2023/

BUFFER TILE SENTINEL-2 (Ref. **tile** da tabela de controle)
https://www.tcamz.cnptia.embrapa.br/imagens/Tile_sentinel/

BUFFER BIOMA AMAZÔNIA LEGAL
https://www.tcamz.cnptia.embrapa.br/imagens/Bioma/

MOSAICO SENTINEL-2 (Ref. **tile** da tabela de controle)
https://www.tcamz.cnptia.embrapa.br/imagens/S2-MOSAIC-3M-2022/

RASCUNHO - SITS (Ref. **tile**. Disponível no Repositório do Servidor Local)

TOTAL DE 6 ARQUIVOS PARA TRABALHO:





4 ARQUIVOS VETORIAIS

- Máscara prodes
- Classes TerraClass
- Buffer Tile Sentinel-2
- Buffer Bioma Amazônia Legal
- Rascunho (SITS)

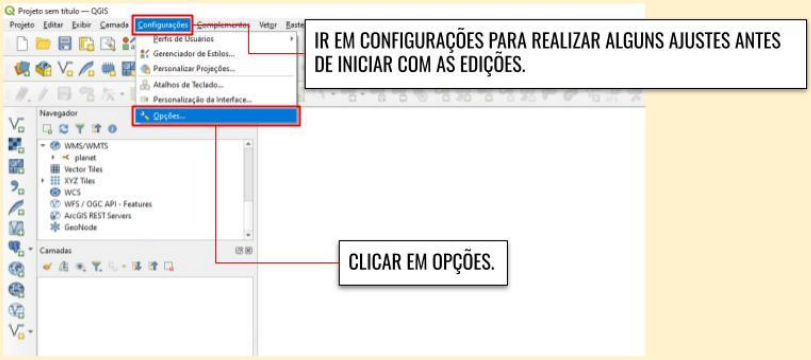
1 ARQUIVO RASTER

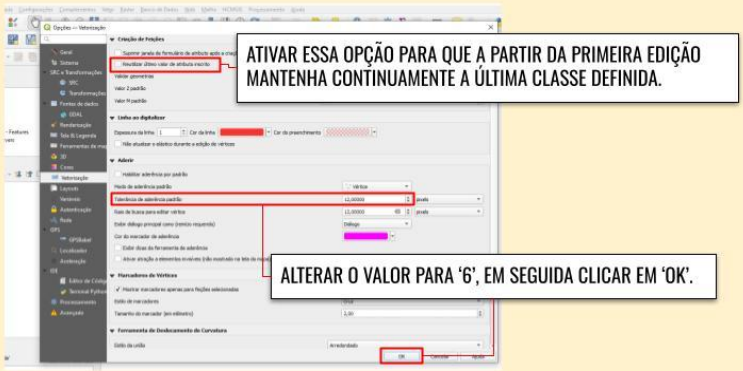
- Mosaico Sentinel-2

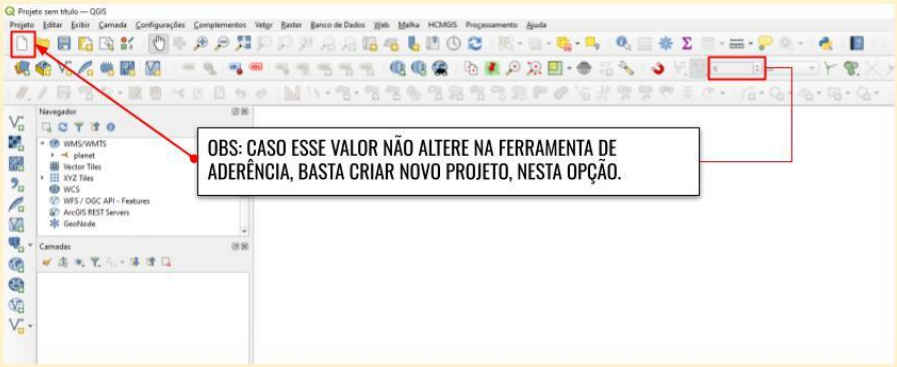
2 - ORGANIZAR A ÁREA DE TRABALHO

- Criar uma pasta (principal) com o nome **TC_2022** no Disco C/D;
- Em TC_2022 → criar pasta para o buffer do bioma **(BUFFER_BIOMA)** e adicionar o arquivo à pasta;
- Ainda em TC_2022 → criar uma pasta com o nome do tile trabalhado (Para esse exemplo: **TILE_008010**)
- Em TILE_008010 → armazenar os seguintes arquivos: **máscara do prodes, TC classes, tile trabalhado e mosaico sentinel-2 e Rascunho (SITS).**

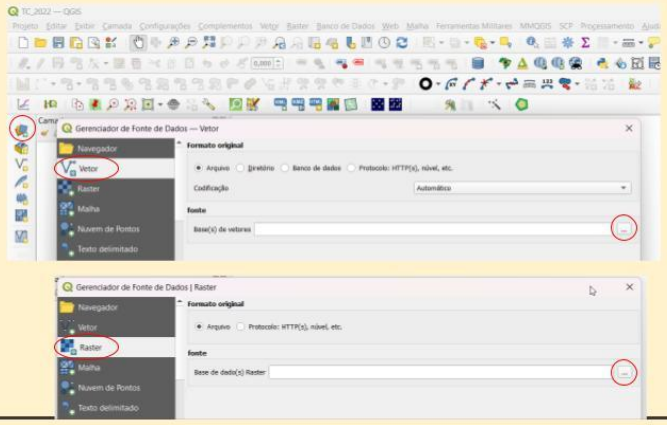
3 - CONFIGURAR PROJETO NO QGIS





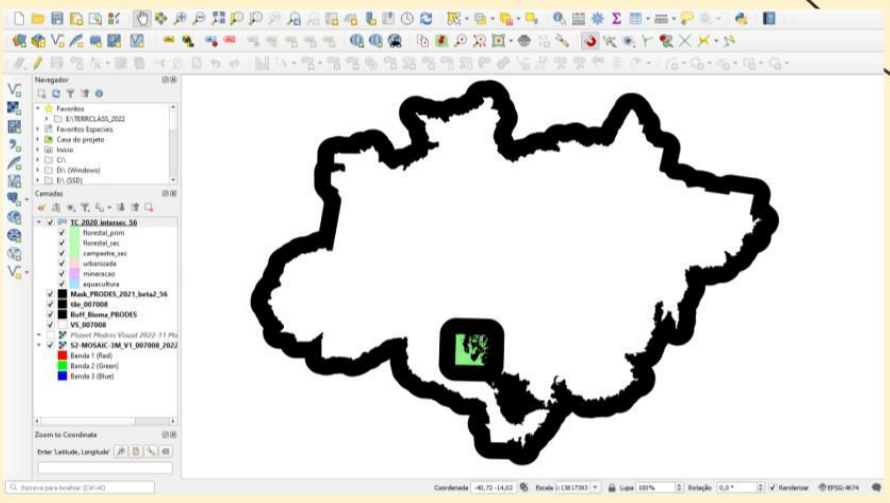


4 - ADICIONAR OS ARQUIVOS VETORIAIS E RASTER

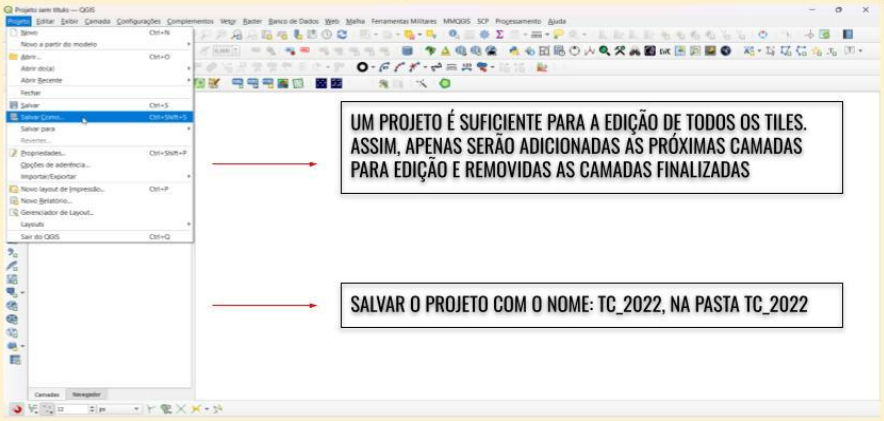


- Máscara prodes
- Classes TerraClass
- Buffer Tile Sentinel-2
- Buffer Bioma Amazônia Legal

- Mosaico Sentinel-2



5 - SALVAR PROJETO NO QGIS



UM PROJETO É SUFICIENTE PARA A EDIÇÃO DE TODOS OS TILES. ASSIM, APENAS SERÃO ADICIONADAS AS PRÓXIMAS CAMADAS PARA EDIÇÃO E REMOVIDAS AS CAMADAS FINALIZADAS

SALVAR O PROJETO COM O NOME: TC_2022, NA PASTA TC_2022

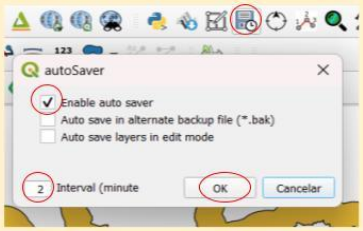
6 - INSTALAR PLUGIN





AQUI SERÁ SELECIONADA A OPÇÃO INSTALAR

7 - AJUSTAR PLUGIN AUTOSAVER



PERSONALIZE O TEMPO EM QUE O QGIS FARÁ O SALVAMENTO AUTOMÁTICO DO PROJETO.

8 - AJUSTAR ADERÊNCIA

- Botão direito na barra de ferramentas



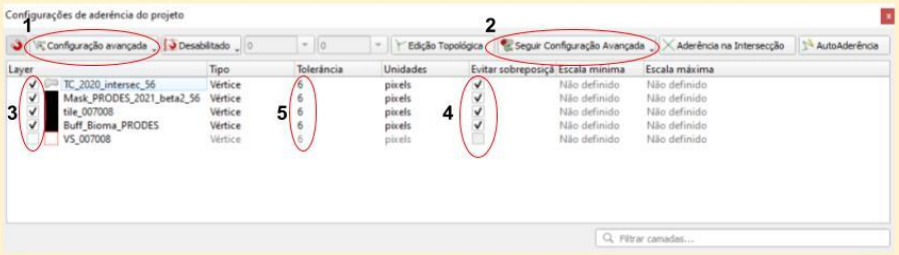
- Barra de ferramentas de aderência



- Ajustar as opções de aderência



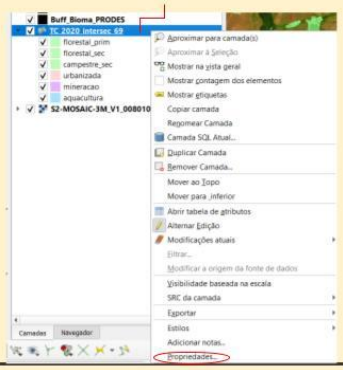
OBS.: O AJUSTE DA ADERÊNCIA DEVE SER FEITO PARA TODA **CAMADA NOVA ADICIONADA AO PROJETO**.

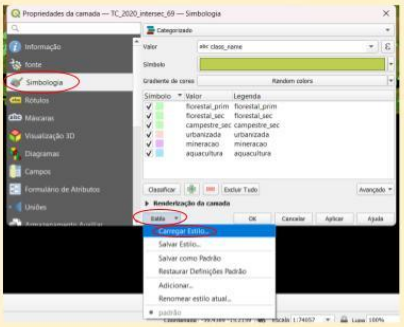


OBS2: A ADERÊNCIA **NÃO** DEVE SER ATIVADA PARA O **RASCUNHO (SITS)**.

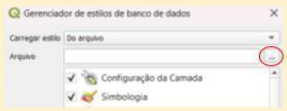
9 - ALTERAR A VISUALIZAÇÃO E O FORMULÁRIO DA CAMADA DE CLASSES

BOTÃO DIREITO

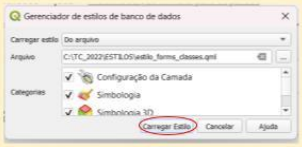




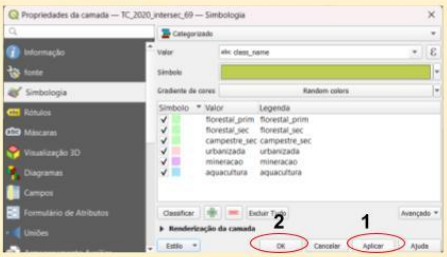
- Escolher o estilo



- Selecionar o estilo das classes e carregar



- Aplicar e OK



10 - EDIÇÃO DE CAMADAS

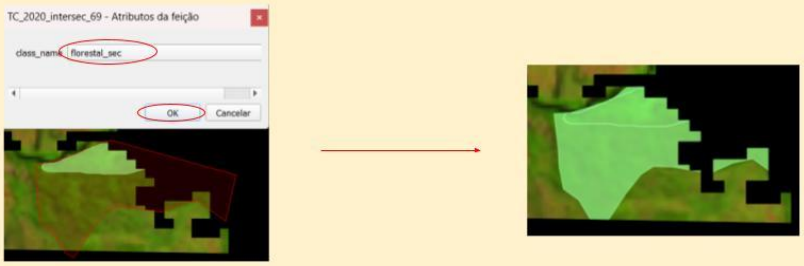


ALTERNAR EDIÇÃO DE CAMADAS.

CRIAR NOVO POLÍGONO

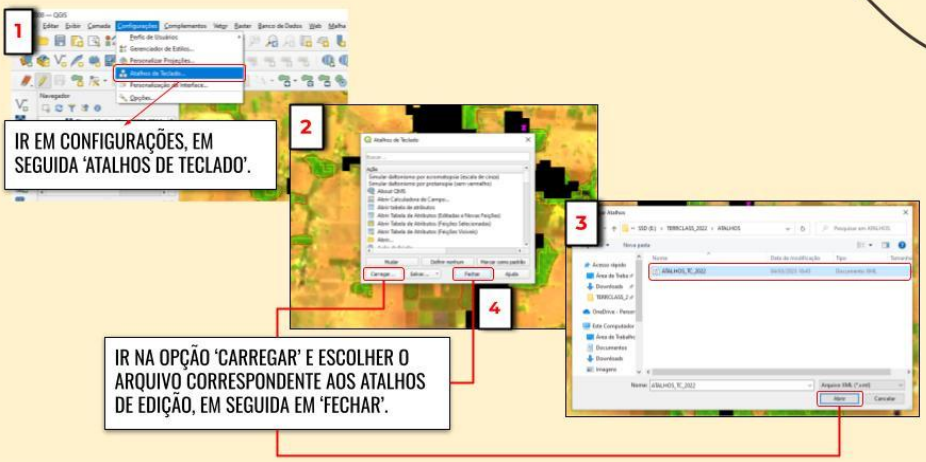


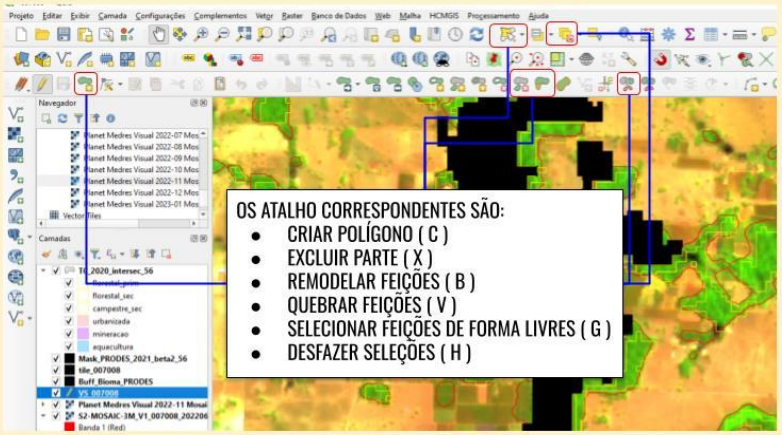
REMODELAR FEIÇÕES (RETIRAR PARTES)



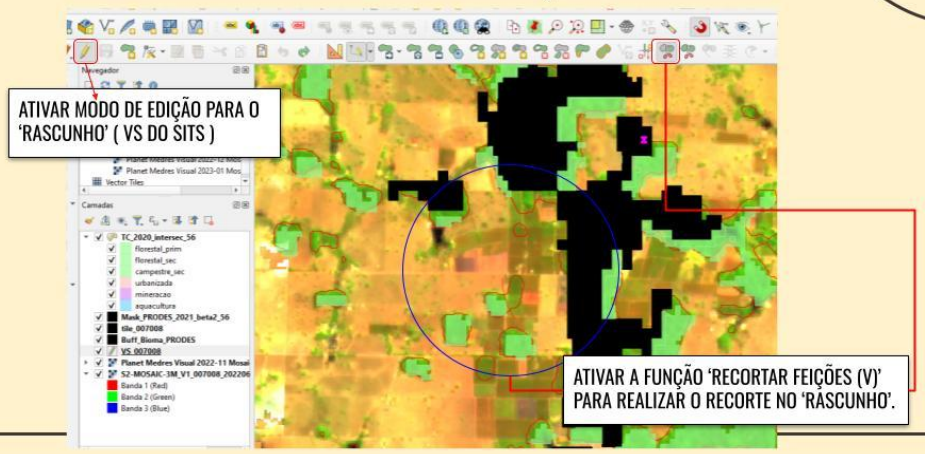
11 - ADICIONANDO ATALHOS NO QGIS



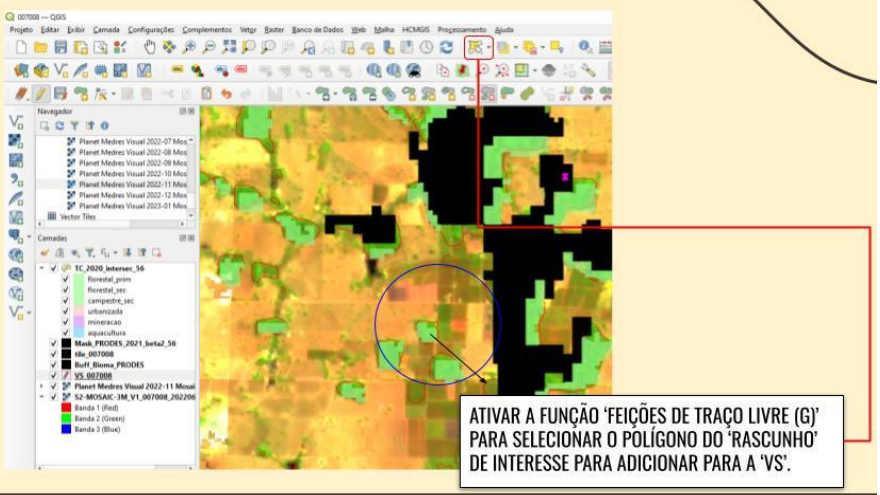


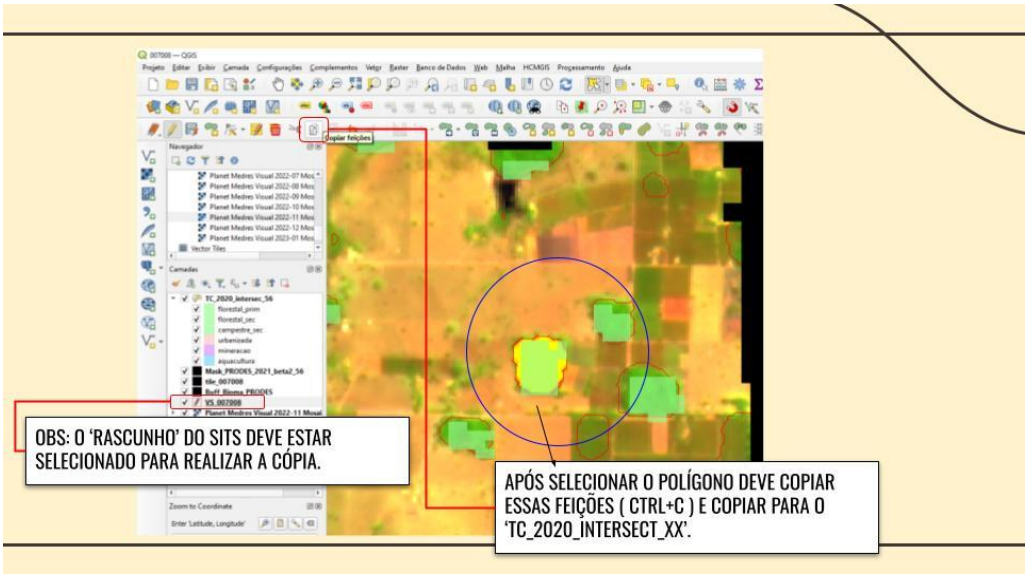


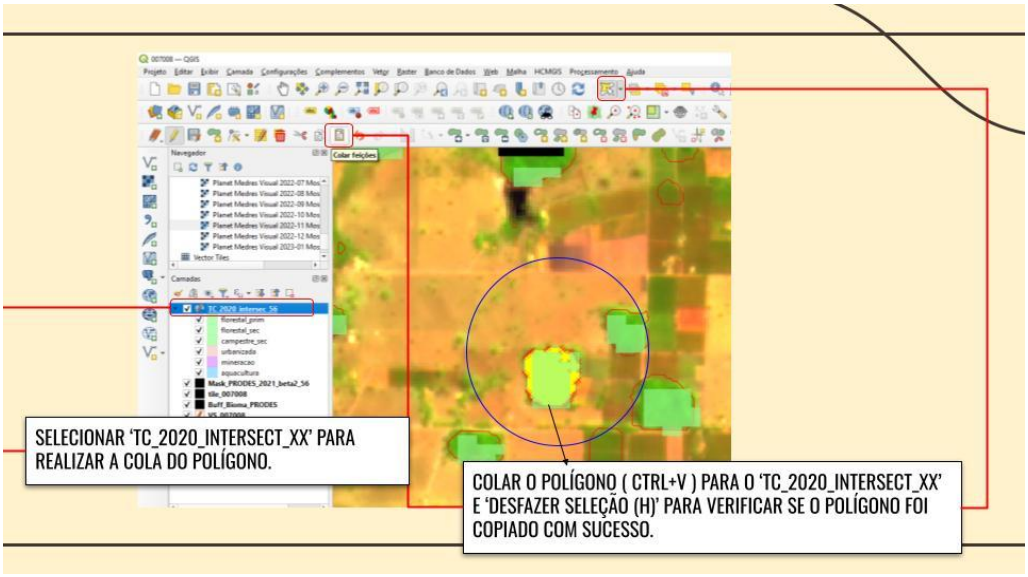
12 - EDITANDO RASCUNHO NO QGIS





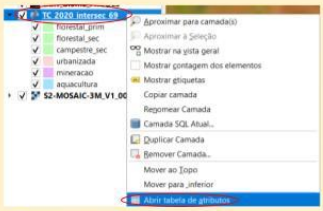



OBS: O 'RASCUNHO' DO SITS DEVE ESTAR SELECIONADO PARA REALIZAR A CÓPIA.
APÓS SELECIONAR O POLÍGONO DEVE COPIAR ESSAS FEIÇÕES (CTRL+C) E COPIAR PARA O 'TC_2020_INTERSECT_XX'.

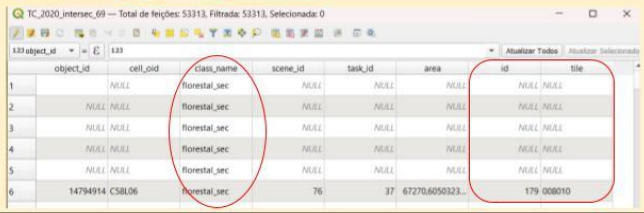

SELECIONAR 'TC_2020_INTERSECT_XX' PARA REALIZAR A COLA DO POLÍGONO.
COLAR O POLÍGONO (CTRL+V) PARA O 'TC_2020_INTERSECT_XX' E 'DESFAZER SELEÇÃO (H)' PARA VERIFICAR SE O POLÍGONO FOI COPIADO COM SUCESSO.


OBS: O **MOSAICO DA PLANET** DEVE SER USADO SOMENTE COMO **SUBSÍDIO** PARA TOMADA DE DECISÃO.
POLÍGONO ADICIONADO AO 'TC_2020_INTERSECT_XX'.

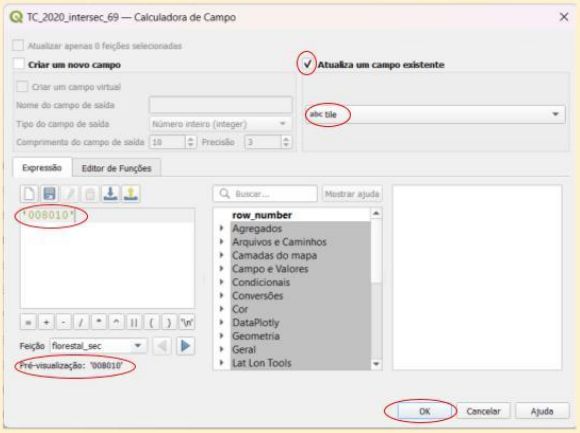
13 - AJUSTANDO ID E TILE NA TABELA DE ATRIBUTOS



BOTÃO DIREITO NA CAMADA UTILIZADA → ABRIR TABELA DE ATRIBUTOS (OU F6)

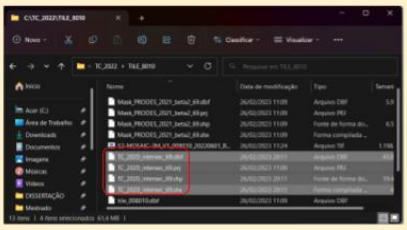


NOTE QUE APENAS A COLUNA CLASS_NAME ESTÁ PREENCHIDA, SERÁ NECESSÁRIO PREENCHER TBM ID E TILE.

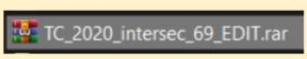


COMO O TILE É UM CAMPO DE CARACTERE (STRING), É NECESSÁRIO COLOCAR O NÚMERO ENTRE ASPAS SIMPLES.

14 - ENVIANDO O ARQUIVO

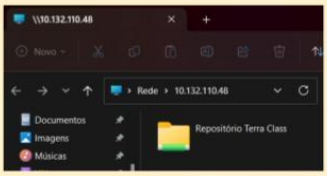


SELECIONE OS ARQUIVOS DE CLASSE E COMPACTE PARA PODER SUBIR AO SERVIDOR

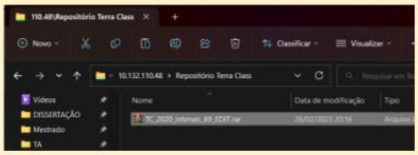


UTILIZE O NOME DO ARQUIVO + EDIT

15 - COLOCAR O ARQUIVO COMPACTADO NA PASTA DO SERVIDOR EMBRAPA



ACESSAR A PASTA DO SERVIDOR



COLOCAR O ARQUIVO EDITADO E COMPACTADO

TerraClass

EQUIPE:

Bárbara Paiva
Brenda Silva
Deuzanira Mendes
Fabricio Aleixo Dias
Isa Alencar
Joel Pena Fernandes
Lidiane Araújo
Lucas Cortinhas
Luis Sadeck
Marília Gabriela Lopes
Noeli Rodrigues
Renan Carlos
Sâmila Sousa
Taís Alcântara

2023