



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

**AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA
EM TERRITÓRIOS QUILOMBOLAS AFETADOS POR ATIVIDADES DE
MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Isabel Adriana Chuizaca Espinoza

Monografia apresentada ao curso de
Introdução ao Geoprocessamento –
SER 300, como requisito parcial à
aprovação no curso, sob orientação da
Dra. Silvana Amaral e do Dr. Marcos
Adami.

INPE
São José dos Campos
2024

RESUMO

A transição energética quer alcançar a sustentabilidade ambiental e energética diversificando e mudando sua matriz para energias renováveis e a mineração é a principal fonte de matéria, mas é uma das atividades humanas de maior impacto ambiental e social. Na América Latina, 17% dos projetos de mineração estão localizados na Amazônia continental. O Brasil é o país com a maior área do bioma amazônico, representando 60% da cobertura atual. Apesar disso, a Amazônia brasileira concentra 72,5% de toda a extração mineral do país. A perda de floresta, a contaminação do solo e da água devido ao uso de metais pesados não só impacta o ecossistema, tem repercussões nos assentamentos humanos que subsistem no território circundantes como os territórios quilombolas. “Quilombolas” é o nome dado às comunidades descendentes de escravos que sobreviveram ao regime de produção de riquezas para a Europa e que, foi abolido em 1888. Embora sua luta e resistência sejam históricas, não estão isoladas no tempo e no espaço ou pertencem apenas ao passado escravocrata do Brasil, continuam lutando por seus direitos, como o direito à propriedade da terra. Do total de localidades identificadas como “quilombolas”, apenas 404 territórios foram oficialmente reconhecidos, o que dificulta a correta caracterização física e demográfica dessas comunidades. A falta de reconhecimento oficial de seus territórios afeta tanto a expansão da mineração em suas localidades. O objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças no Uso e Cobertura da terra que ocorrem no Território Quilombola delimitando com o maior número de alertas de desmatamento devido à mineração no bioma amazônico, para compreender o impacto do avanço da mineração no período de 2014 a 2020. Entre as mudanças mais relevantes estão as perdas e ganhos de área, no período de 6 anos, a mineração aumentou em 1.219 ha e foi a classe com o maior ganho no período de 6 anos. Além disso, a classe de vegetação natural florestal primária foi a classe com a maior perda de área, com 1182 ha.

Palavras-chave: *Territórios Quilombolas, Mineração, Alto Trombetas, Desmatamento, Uso e Cobertura da Terra.*

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág</u>
Figura 2.1 Território Quilombola “Alto Trombetas I e II”	5
Figura 2.2 Síntese dos Procedimentos Metodológicos.....	7
Figura 2.3 Função de Interseção #1.....	8
Figura 2.4 Função de Interseção #2.....	11
Figura 3.1 Mapa de Territórios Quilombolas delimitadas dentro do Bioma Amazônico.	16
Figura 3.2 Mapa de Estado de Regularização dos Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma Amazônico.....	17
Figura 3.3 Mapa de alertas de desmatamento por mineração dentro Do bioma amazônico (2016 - 2020)	18
Figura 3.4 Mapa de alertas de desmatamento por mineração dentro de Território Quilombola Alto Trombetas I e II	20
Figura 3.5 Mapas de Uso e Cobertura da Terra dos Anos 2014 e 2015 de Alto Trombetas I e II	21

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág</u>
Tabela 2.1 Informações sobre as bases de dados utilizadas	6
Tabela 2.2 Estados de regularização de Territórios Quilombolas.....	8
Tabela 2.3 Classes e Subclasses de alertas de desmatamento e degradação.....	10
Tabela 2.4 Classes de Uso e Cobertura e Suas descrições	12
Tabela 3.1 Estado de regularização dos Territórios Quilombolas no bioma amazônico	16
Tabela 3.2 Matriz de Transição em ha de Uso e Cobertura da Terra em Alto Trombetas I e II (2014 – 2020).....	22

LISTA DE SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
DETER	Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
WGS	World Geodesic System
UTM	Universal Transverse Mercator

SUMÁRIO

	<u>Pág</u>
1. INTRODUÇÃO _____	1
1.1 Objetivos _____	4
1.1.1 Objetivo geral _____	4
1.1.2 Objetivos específicos _____	4
2. METODOLOGIA _____	4
2.1 Área de estudo _____	4
2.2 Materiais _____	6
2.3 Procedimentos metodológicos _____	6
2.3.1 Consolidação do banco de dados _____	7
2.3.2 Projeção geográfica para um único DATUM _____	7
2.3.3 Identificação de Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma amazônico _____	8
2.3.4 Identificação de alertas de desmatamento devido à mineração dentro do bioma amazônico 2016 - 2020 _____	10
2.3.5 Identificação de Território Quilombola com o maior número de alertas de desmatamento por mineração 2016 – 2020 _____	11
2.3.6 Projeção geográfica para UTM _____	11
2.3.7 Quantificação de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra _____	12
3. RESULTADOS _____	15
3.1 Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma amazônico _____	15
3.2 Alertas de desmatamento devido à mineração no bioma amazônico (2016 - 2020) _____	18
3.3 Território Quilombola delimitado com o maior número de alertas de desmatamento devido à mineração (2016 - 2020) _____	19
3.4 Mudanças de Uso e Cobertura da Terra no Alto Trombetas I e II (2014 - 2020)	21
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	26

1. INTRODUÇÃO

O setor de mineração é responsável por 45% da economia mundial (REICHL, SCHATZ, *et al.*, 2023). Metais como lítio, níquel, cobalto, terras raras, ouro e cobre são fundamentais para a realização da transição energética estabelecida na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 26), que aumentou a conscientização sobre as emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes da queima de combustíveis fósseis como a principal causa do efeito estufa (WANG, SHAHBAZ, *et al.*, 2023). A transição energética tem como objetivo alcançar a sustentabilidade ambiental e energética diversificando e mudando sua matriz para energias renováveis (eólica, hidrelétrica e solar) (POURESMAIELI, ATAEI, *et al.*, 2023). No entanto, a mineração, como principal fonte de matéria-prima para a realização dessa transição, é uma das atividades humanas de maior impacto ambiental e social (CARVALHO, 2017).

A mineração envolve a extração de minerais presentes na crosta terrestre e engloba estágios críticos, como exploração, extração, exploração, processamento e comércio (YOUSEFIAN, BASCOMPTA, *et al.*, 2023). Cada um desses estágios impacta o ambiente e a sociedade ao redor, sendo que as atividades de extração, mineração e processamento geram a maior parte da poluição nos níveis superficial e subterrâneo (LIU, FAN, *et al.*, 2023). Os locais para projetos de mineração são analisados de acordo com o potencial geológico do mineral de interesse (KEANE, BERNAUDAT, *et al.*, 2023). Além disso, de acordo com indicadores de propriedade e uso da terra, modificação humana da terra, produção de alimentos, risco hídrico, conflito, bem como medidas de capacidade nacional para proteger os direitos dos biomas terrestres (floresta, água e solo) e dos povos ligados à terra (SANCHEZ-LOPEZ, 2023).

Na América Latina, 17% dos projetos de mineração estão localizados na Amazônia continental (OWEN, KEMP, *et al.*, 2022). Apesar de seus 7.584.421 km² de superfície, é um dos biomas mais importantes do mundo (RAISG, 2022). O 66% da Amazônia está sujeito a algum tipo de pressão fixa ou permanente relacionada à presença de vetores de desmatamento e degradação da terra

(SORRIBAS, PAIVA, *et al.*, 2016). Sua cobertura sofreu alterações devido ao aumento da densidade de estradas, usinas hidrelétricas, blocos de petróleo, agricultura, pecuária, incêndios e mineração (BERNAL MEZA, 2023). Somente as concessões de mineração corretamente delimitadas afetam 9,3% das Áreas Naturais Protegidas. As áreas de mineração também se sobrepõem a 11,2% dos territórios indígenas e culturais, afetando principalmente aqueles reconhecidos e delimitados (MIRANDA, SILVA, *et al.*, 2024).

A Amazônia abriga 25% da biodiversidade terrestre, e sua bacia gera 16% da água superficial limpa do planeta (SETTI, TABIBI, 2024). O Brasil é o país com a maior área do bioma amazônico, 4.600.000 km², representando 60% da cobertura atual (ALVES, SOARES, *et al.*, 2023). Apesar disso, a Amazônia brasileira concentra 72,5% de toda a extração mineral do país, sendo que a mineração ilegal (garimpo), ou seja, aquela que ocorre fora dos limites das concessões, é responsável por 67,6% (FERNANDES, SOUZA, *et al.*, 2018). A perda de floresta, a contaminação do solo e da água devido ao uso de metais pesados não só impacta o ecossistema, mas também tem repercussões nos assentamentos humanos que subsistem no território circundante. No caso do Brasil, nos territórios indígenas e quilombolas (BATISTA, ROCHA, 2020).

“Quilombolas” é o nome dado às comunidades formadas por descendentes de escravos que sobreviveram ao regime de produção de riquezas para a Europa e que, no Brasil, foi abolido em 1888 (MOURA, 2021). Durante 400 anos, os quilombolas foram violentados e tiveram seus direitos violados. Esses povos trazidos da África para o Brasil foram submetidos à miséria, ao extermínio e à aniquilação (PENTEADO, 2022). Sua luta e resistência à escravidão começaram com fugas para terras livres, mas as heranças, doações e terras recebidas por serviços prestados ao Estado sustentaram sua resistência e a conquista de sua autonomia (PINHO, DIAS, *et al.*, 2015). Embora sua luta e resistência sejam históricas, essas comunidades não estão isoladas no tempo e no espaço ou pertencem apenas ao passado escravocrata do Brasil (NASCIMENTO, ARANTES, *et al.*, 2022). Pelo contrário, continuam lutando por seus direitos,

como o direito à propriedade da terra, reconhecido pela Constituição Federal em 1988 (CONSTITUIÇÃO, 1988).

Apesar do alcance das políticas estatais de apoio à sua luta contra a escravidão, ainda é necessário garantir seus direitos, como a proteção de seus territórios tradicionais, que são vulneráveis às atividades antropogênicas e de desenvolvimento econômico, como a mineração (BATISTA, ROCHA, 2020). De acordo com o último Censo Demográfico, a população quilombola no Brasil chegou a 1.327.802 pessoas, vivendo em 5.972 localidades de 1.672 municípios, o dobro do número de territórios indígenas (827). Entretanto, do total de localidades identificadas como “quilombolas”, apenas 404 territórios foram oficialmente reconhecidos, o que dificulta a correta caracterização física e demográfica dessas comunidades (IBGE, 2022). A falta de reconhecimento oficial de seus territórios afeta tanto a expansão da mineração legalmente reconhecida quanto o garimpo em suas localidades (CORREA CLEMENTE, 2020).

O geoprocessamento é um conjunto de técnicas e ferramentas usadas para manipular e analisar dados geoespaciais a fim de entender melhor o ambiente e tomar decisões informadas (KISS, ZICHAR, *et al.*, 2020). Ele inclui uma variedade de processos, como aquisição, armazenamento, manipulação, análise e visualização de dados espaciais e temporais (BALLA, ZICHAR, *et al.*, 2020). As técnicas de geoprocessamento são aplicadas em uma ampla gama de campos, desde o gerenciamento de recursos naturais até o planejamento urbano e a resposta a desastres (FANG, YUE, *et al.*, 2023). Algumas das ferramentas mais comuns usadas no geoprocessamento incluem Sistemas de Informações Geográficas (GIS), sensoriamento remoto, Sistemas de Posicionamento Global (GPS), mapeamento digital, fotogrametria e geoestatística. Essas ferramentas permitem a análise complexa, a modelagem de fenômenos espaciais, a identificação de padrões e tendências e a tomada de decisões com base em evidências para tratar de problemas geoespaciais (DAS, KUMAR, *et al.*, 2023). O geoprocessamento é essencial para compreender a relação entre os seres

humanos e o meio ambiente, bem como para gerenciar com eficiência os recursos naturais e o território (PARTHA PROTIM ROY, MD. SHAHRIAR ABDULLAH, *et al.*, 2024).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as mudanças no Uso e Cobertura da terra que ocorrem no Território Quilombola delimitando com o maior número de alertas de desmatamento devido à mineração no bioma amazônico, para compreender o impacto do avanço da mineração no período de 2014 a 2020.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar os Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma Amazônico para sua caracterização por estado de regularização.
- Determinar o Território Quilombola delimitado com o maior número de alertas de desmatamento devido à mineração no período 2016 – 2020 para calcular suas mudanças de superfície.
- Quantificar as mudanças de Uso e Cobertura da Terra no Território Quilombola identificado no período 2014 – 2020 para compreender o impacto do avanço da mineração.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A área de estudo foi definida com base nos alertas de desmatamento de mineração para o período de 2016 a 2020 no bioma amazônico, fornecidos pelo Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real (DETER) desenvolvido pelo Instituto Nacional Pesquisas Espaciais (INPE). Foi selecionado o território quilombola com o maior número de alertas no período

definido, que foi o “Alto Trombetas I e II”, localizado no município de Oriximiná, estado do Pará.

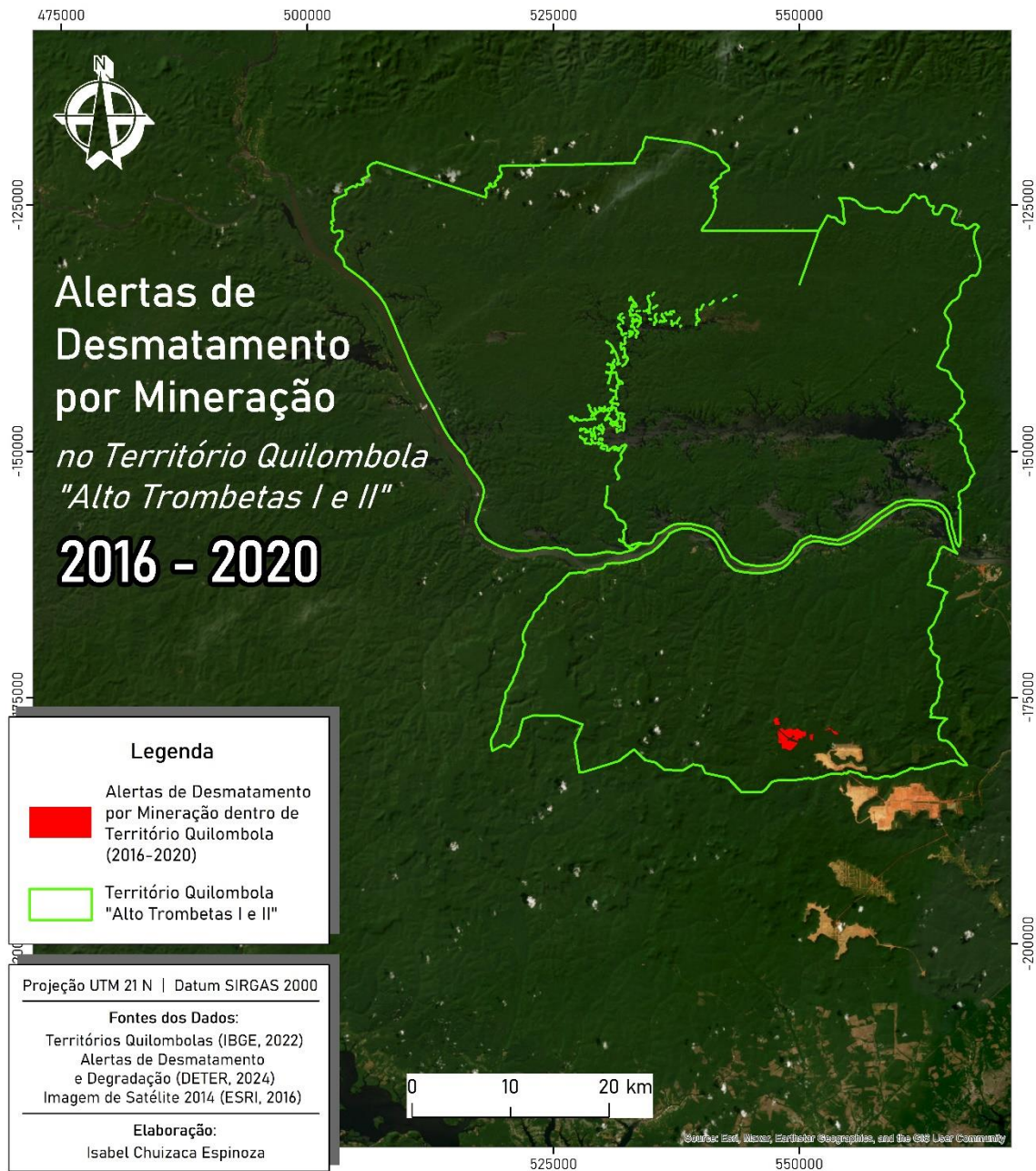


Figura 2.1 Território Quilombola “Alto Trombetas I e II”.

Fonte: Autoria própria.

2.2 Materiais

Os materiais usados para o desenvolvimento deste estudo e o cumprimento de seus objetivos estão descritos na tabela 2.1, detalhando seu tipo, ano de coleta e fonte.

Tabela 2.1 Informações sobre as bases de dados utilizadas

Dado	Tipo	Fonte	Ano
Unidades da Federação	Vetorial (polígonos)	IBGE	2022
Limite de Bioma Amazônia	Vetorial (polígono)	IBGE	2019
Territórios Quilombolas	Vetorial (polígonos)	IBGE	2022
Alertas de Desmatamento e Degradação	Vetorial (polígonos)	DETER	2024
Uso e Cobertura da Terra	Raster (30 m)	TerraClass	2014 e 2020

Fonte: Autoria própria.

2.3 Procedimentos metodológicos

A Figura 2.1 mostra a sequência dos procedimentos metodológicos realizados. A primeira etapa consistiu na organização do banco de dados a ser usado e, em seguida, na verificação de que todos os dados tinham a mesma projeção geográfica, nesse caso, SIRGAS 2000. Em uma terceira etapa, foram realizados o processamento e os filtros dos dados para obter a área de estudo final. Após a obtenção do limite do território quilombola de interesse, foi realizada a projeção desses dados vetoriais e dos dados de uso e cobertura para o sistema de coordenadas WGS 84, o que permitiu o cálculo das superfícies.

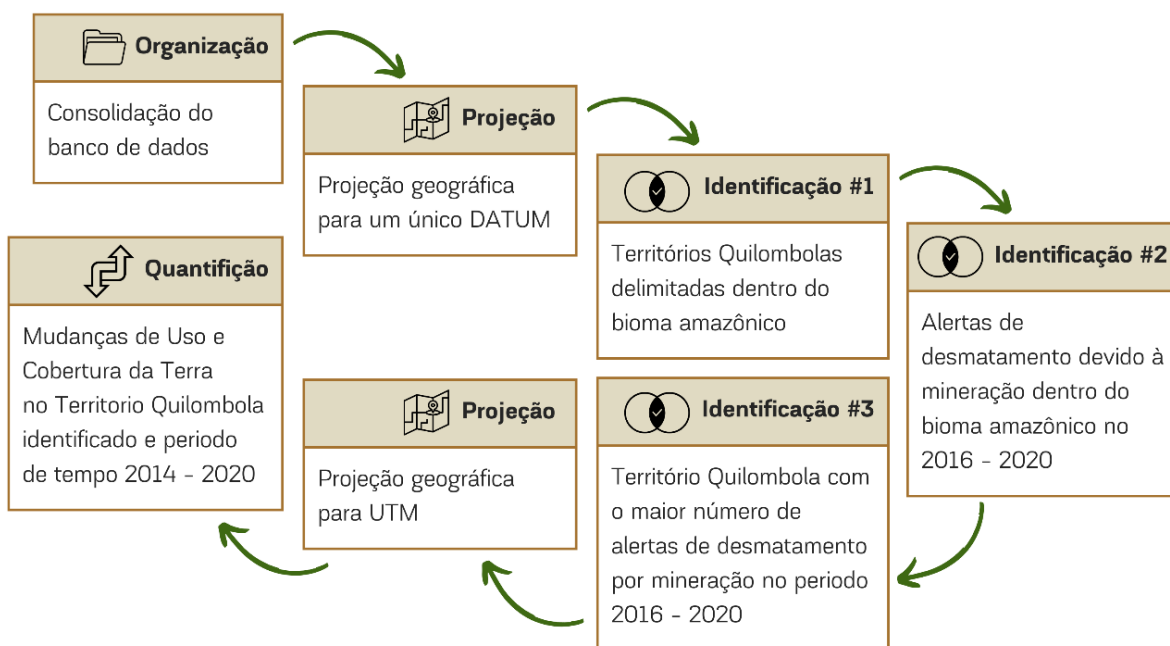


Figura 2.2 Síntese dos procedimentos metodológicos.

Fonte: Autoria própria.

Cada uma das etapas resumidas na Figura 2.1 é detalhada a seguir:

2.3.1 Consolidação do banco de dados

O banco de dados foi consolidado com os materiais descritos na tabela 2.1 e armazenado em uma pasta, para ser processado nos softwares QGIS e ArcGIS Pro.

2.3.2 Projeção geográfica para um único DATUM

Os dados foram baixados de diferentes fontes, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), DETER e TerraClass. Antes de iniciar os processos previamente definidos para o cumprimento dos objetivos, foi necessário verificar o sistema de coordenadas inicial de cada conjunto de dados. Nesse caso, todos estavam no sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000.

2.3.3 Identificação de Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma amazônico

Para cumprir o primeiro objetivo e produzir o primeiro produto cartográfico, a função de interseção entre dois arquivos vetoriais foi executada no software QGIS. Os arquivos vetoriais utilizados nessa etapa foram: 1. Fronteira do bioma amazônico (amazon_biome_border) e 2. Territórios quilombolas delimitados (BR_TQ_UF_2apuracao1801023), conforme mostrado na Figura 2.2.

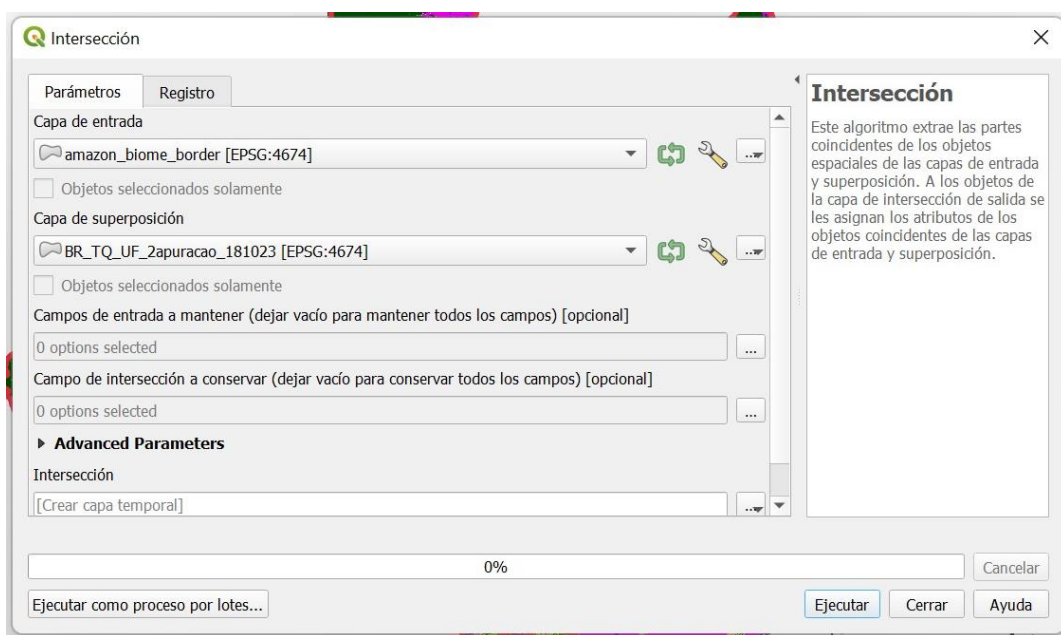


Figura 2.3 Função de interseção #1.

Fonte: Autoria própria.

A interseção com o limite do bioma amazônico foi feita com 404 territórios quilombolas oficialmente delimitados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e publicados pelo IBGE em 2022. Esses territórios estão em processo de titulação oficial pelo estado e as fases estão descritas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 Estados de Regularização de Territórios Quilombolas

Estado	Descrição
Delimitado	Contam alguma delimitação formal, sem providências adicionais no processo
Estudio Técnico	Contam com limites publicados a partir de estudos dos órgãos estaduais de terras
Relatório Técnico de Identificação e Delimitação (RTID)	Consiste na primeira fase do processo de titulação
Portaria	Contam com a Portaria de Reconhecimento de seus limites
Decreto	Contam com decreto de desapropriação por interesse social
Titulado	Compreende os territórios que foram integralmente titulados pelo Estado

Fonte: INCRA, 2022. Adaptada pelo autor.

2.3.4 Identificação de alertas de desmatamento devido à mineração dentro do bioma amazônico 2016 - 2020

Os dados sobre alertas de desmatamento e degradação da terra fornecidos pelo DETER foram filtrados. Os dados incluem polígonos de alertas emitidos dentro do limite da Amazônia Legal e o intervalo de tempo de 01-01-2016 a 25-04-2024. As classes e subclasses dos 395.561 alertas baixados estão descritas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Classes e subclasses de alertas de desmatamento e degradação

Classes	Subclasses
Desmatamento	<ul style="list-style-type: none">– Desmatamento geral– Desmatamento com vegetação– Mineração
Degradação	<ul style="list-style-type: none">– Degradação– Cicatriz de incêndio florestal
Exploração Madeireira	<ul style="list-style-type: none">– Corte seletivo tipo 1– Corte seletivo tipo 2

Fonte: DETER, 2024.

Os polígonos de alerta foram cruzados com o limite do bioma amazônico. Em seguida, foram filtrados de acordo com a classe e subclasse de “desmatamento por mineração” e o intervalo de tempo entre 01-01-2016 e 25-12-2020, conforme ilustrado na Figura 2.3.

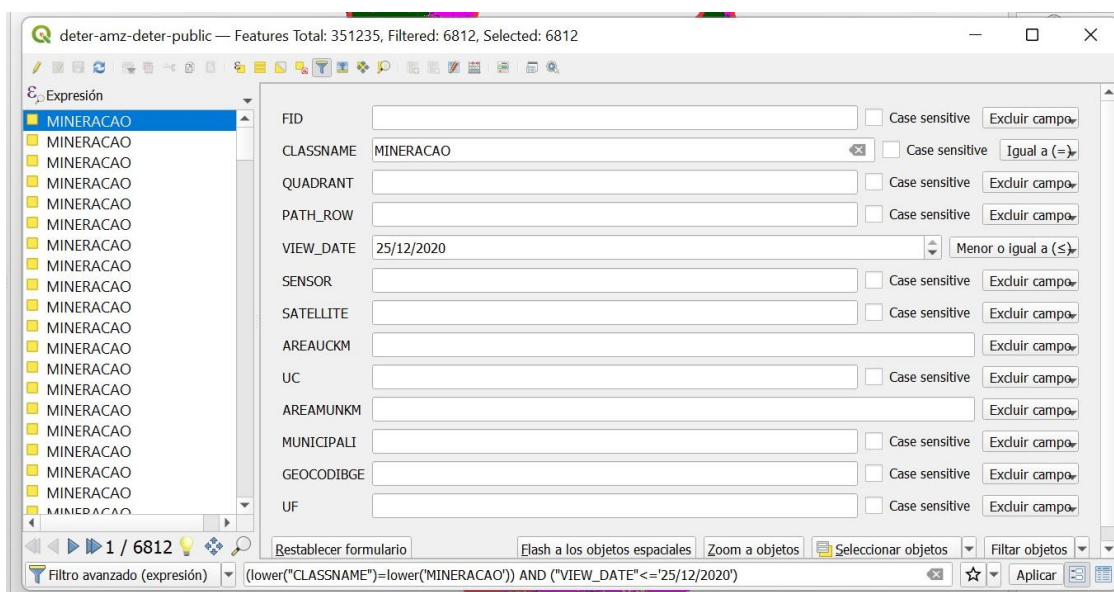


Figura 2.4 Função de interseção #2.

Fonte: Autoria própria.

2.3.5 Identificação de Território Quilombola com o maior número de alertas de desmatamento por mineração 2016 – 2020

Os resultados obtidos nas seções 2.3.3 e 2.3.4 foram cruzados para encontrar o território quilombola com o maior número de alertas de desmatamento devido ao avanço da mineração. O território quilombola obtido como resultado nessa seção é o apresentado na seção da área de estudo.

2.3.6 Projeção geográfica para UTM

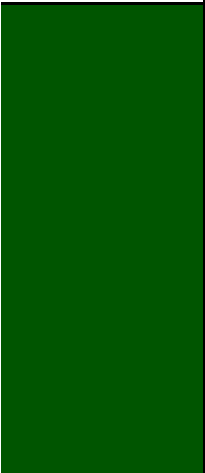
O território quilombola encontrado na seção anterior está localizado na zona 21 Norte, de acordo com a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) do Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84. Por esse motivo, o polígono desse território e os rasters de uso e cobertura foram projetados para esse sistema de coordenadas.

2.3.7 Quantificação de Mudanças de Uso e Cobertura da Terra

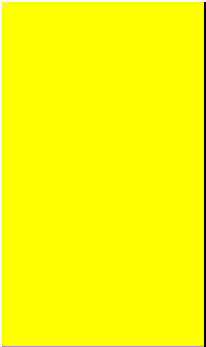
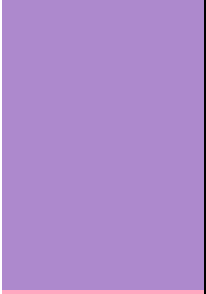
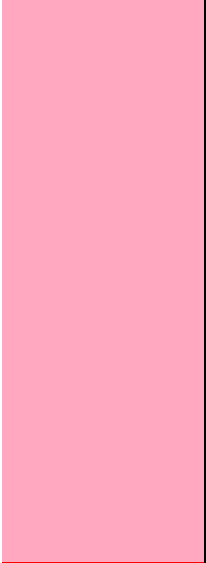
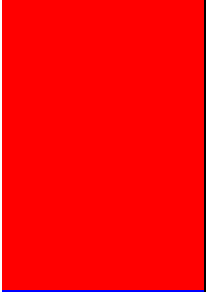
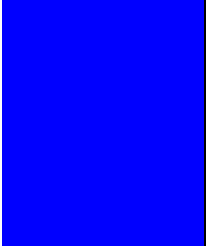
O cálculo das mudanças na área de superfície entre as classes foi realizado comparando as classes de uso e cobertura para os anos de 2014 e 2020, com o objetivo de quantificar o avanço da mineração na área de estudo e seu impacto em relação a outras classes mapeadas. Isso foi feito por meio do cálculo de uma matriz de transição, gerada pela soma das classificações de uso e cobertura usando a ferramenta Raster Calculator no ArcGIS Pro. As áreas que permaneceram estáveis ou inalteradas foram colocadas na diagonal principal de cada período. Por outro lado, as transições de uma classe para outra entre as datas de início e término foram refletidas nas outras posições da matriz (BAGWAN & SOPAN GAVALI, 2023, VELASTEGUI-MONTOYA, et al., 2024).

Para obter a área total de cada classe e ano, as linhas e colunas da matriz foram somadas. Além disso, a redução na área de uma classe foi calculada subtraindo-se a área total da classe no início do período de persistência. Da mesma forma, para determinar os ganhos, a persistência total do último ano (2020) foi subtraída da persistência inicial (2014). As classes de uso e cobertura proporcionadas pelo TerraClass dentro da área de estudo e para o período especificado estão descritas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 Classes de uso e cobertura e suas descrições

Cor	Classe	Descrição
	Vegetação Natural Florestal Primária	Formação vegetal natural, com dominância de sinúsias arbóreas de porte alto (entre 10 e 50m), caracterizadas pelo adensamento de árvores altas. Diz-se primária para aquelas regiões que desde o início do processo de monitoramento

		<p>não tenham sofrido nenhum corte raso (supressão total da vegetação original).</p>
	<p>Vegetação Natural Florestal Secundária</p>	<p>Formação vegetal natural, com dominância de sinusais arbóreas de porte alto (entre 10 e 50m), caracterizadas pelo adensamento de árvores altas. Diz-se secundária para aquelas regiões que desde o início do processo de monitoramento já tenham sofrido algum corte raso (supressão total da vegetação original), entretanto voltaram a apresentar adensamento de árvores altas, compatível com uma floresta.</p>
	<p>Pastagem Arbustivo/Arbóreo</p>	<p>Pastagens com predomínio de vegetação arbustiva, mas com a presença de espécies herbáceas exóticas cultivadas</p>
	<p>Pastagem Herbáceo</p>	<p>Pastagens com predomínio de vegetação forrageira herbácea, composta por espécies exóticas cultivadas</p>

	<p>Cultura Agrícola Temporária de mais de 1 ciclo</p>	<p>Culturas agrícolas temporárias, apresentando apenas um ciclo de produção no ano de referência, sobretudo de grãos e fibras</p>
	<p>Mineração</p>	<p>Áreas de extração mineral caracterizadas pela presença de solo exposto e alterações da paisagem local</p>
	<p>Urbanizada</p>	<p>Áreas urbanas decorrentes da concentração populacional delimitadora de lugarejos, vilas, cidades ou regiões metropolitanas com infraestrutura diferenciada, apresentando adensamento de arruamentos, casas, prédios e outras edificações públicas</p>
	<p>Desflorestamento no Ano</p>	<p>Áreas cuja cobertura vegetal natural foi suprimida durante o ano de referência do mapeamento</p>
	<p>Corpos d'água</p>	<p>Corpos d'água naturais e decorrentes de represamentos artificiais de cursos d'água, tais como represas hidrelétricas,</p>



açudes, carcinicultura,
psicultura etc.

Fonte: TerraClass, 2020.

3. RESULTADOS

3.1 Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma amazônico

Esse resultado corresponde à resolução do objetivo 1 deste estudo. Foi determinado que 181 do total de 404 territórios quilombolas estão localizados no bioma amazônico, representando 45%, conforme mostrado na Figura 3.1.

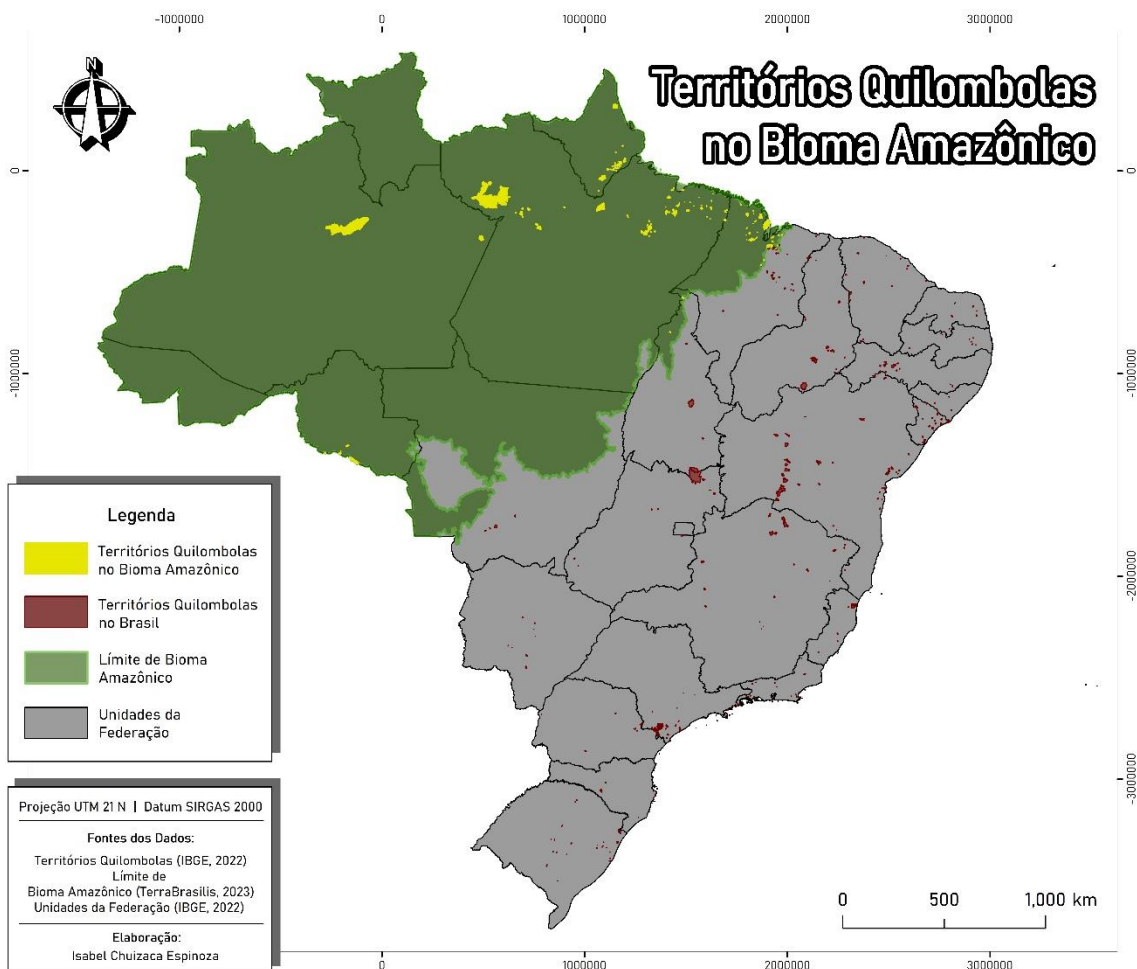


Figura 3.1 Mapa de Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma amazônico.

Fonte: Autoria própria.

Os territórios foram classificados de acordo com seu estado de regularização, os resultados estão descritos na tabela 2.5 e podem ser vistos na figura 3.2.

Tabela 3.1 Estado de regularização dos Territórios Quilombolas no bioma amazônico

Estado	Número
Delimitado	4
Estudio Técnico	22
Relatório Técnico de Identificação e Delimitação (RTID)	21
Portaria	14

Decreto	9
Titulado	113

Fonte: Autoria própria.

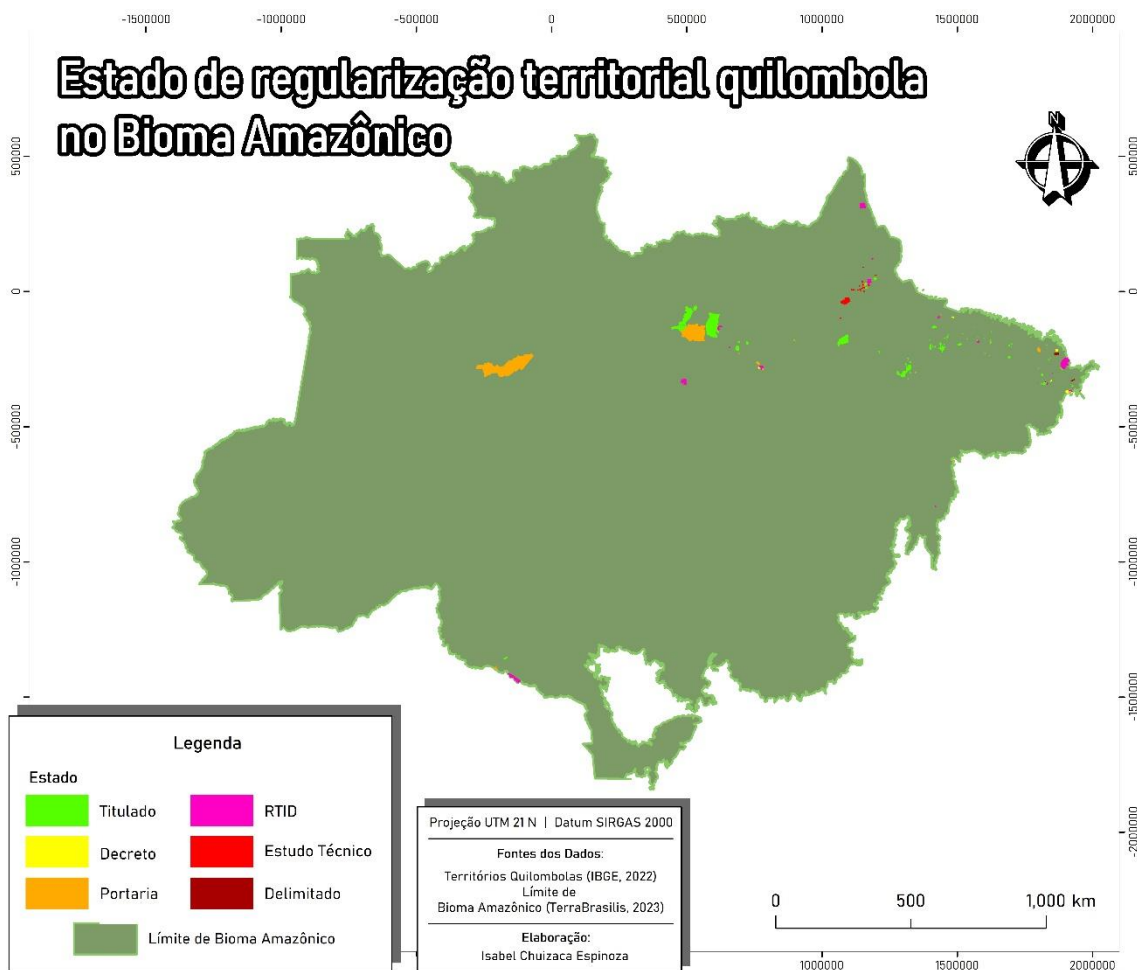


Figura 3.2 Mapa de Estado de Regularização dos Territórios Quilombolas delimitadas dentro do bioma amazônico.

Fonte: Autoria própria.

3.2 Alertas de desmatamento devido à mineração no bioma amazônico (2016 - 2020)

Esse resultado responde parcialmente ao objetivo 2 do trabalho. De um total de 395.561 notificações de 2016 a 2024 das diferentes classes e subclasses de desmatamento e degradação da terra, após a aplicação das funções de interseção por área e datas, foi determinado que havia um total de 3.790 notificações de desmatamento devido exclusivamente à mineração, representando um total de 37909 ha no período de 2016 a 2020 (Figura 3.3).

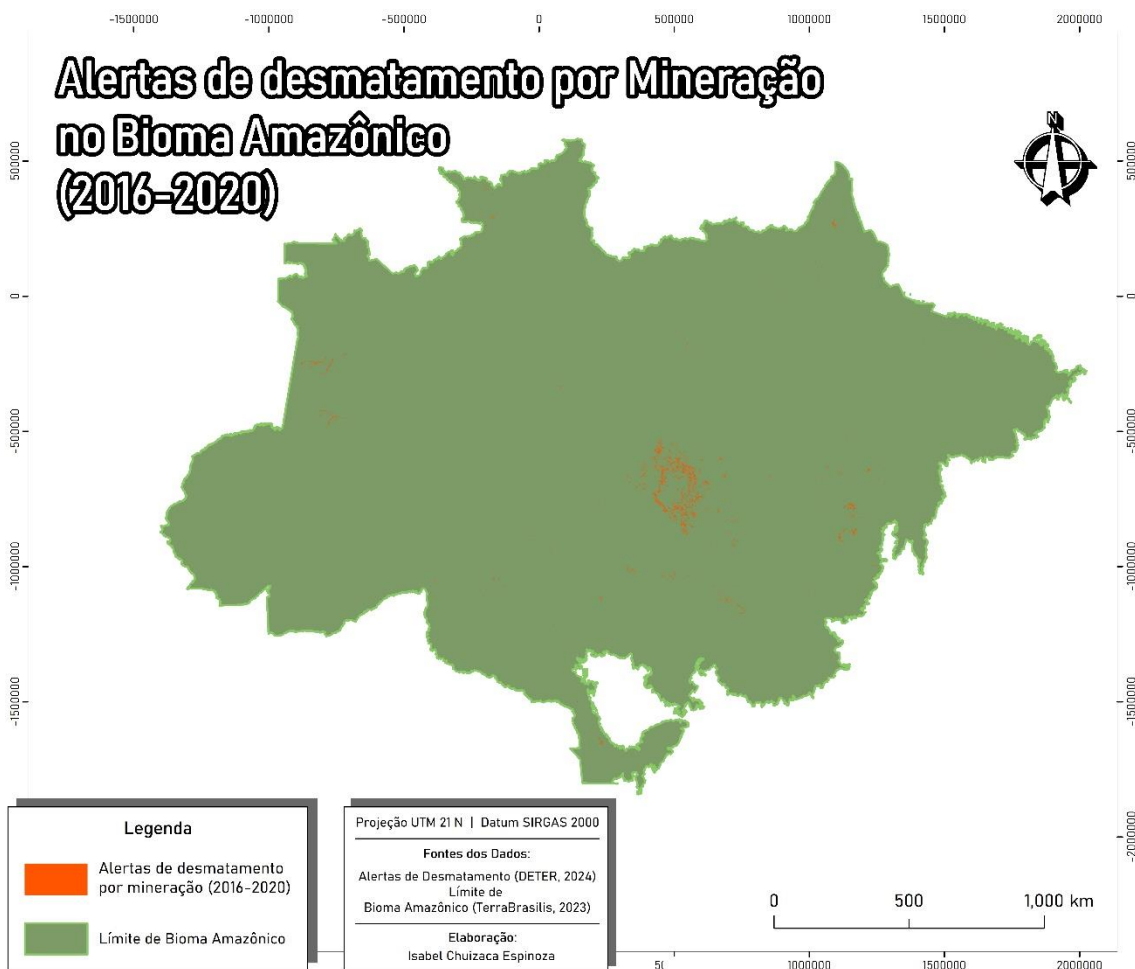


Figura 3.3 Mapa de Alertas de desmatamento por mineração dentro do bioma amazônico (2016 - 2020)

Fonte: Autoria própria.

3.3 Território Quilombola delimitado com o maior número de alertas de desmatamento devido à mineração (2016 - 2020)

Esse resultado responde ao segundo objetivo deste estudo. Verificou-se que o único território quilombola onde houve relatos de desmatamento por mineração no período filtrado foi o território dos Altos Trombetas I e II. Foram identificados 21 autos, representando um total de 450,75 há (Figura 3.4).

A área total do território Alto Trombetas I e II é de 294.198,66 ha e está localizada no município de Oriximiná, estado do Pará. Esse território enfrenta uma disputa sobre o direito dos quilombolas de decidir sobre suas terras que foram afetadas pelas atividades de mineração na região. Nessa área, um dos projetos de mineração de bauxita está sendo desenvolvido pela empresa de mineração Rio Norte, a maior produtora de bauxita do Brasil.

Em 2013, a Mineração Rio do Norte obteve uma licença do Ministério do Meio Ambiente para explorar o planalto de Monte Branco, parcialmente localizado em Terra Quilombola. Em março de 2016, o Ministério do Meio Ambiente autorizou a empresa MRN a realizar estudos que permitirão obter a licença ambiental para a extração de bauxita em outras quatro mesetas em terras quilombolas a partir de 2021.

O contexto social e ambiental dos eventos que afetam este território foi crucial para determinar os anos de estudo para calcular as mudanças no uso e cobertura do solo. Por fim, os anos de 2014 e 2020 foram selecionados para a análise do impacto da mineração neste território quilombola.

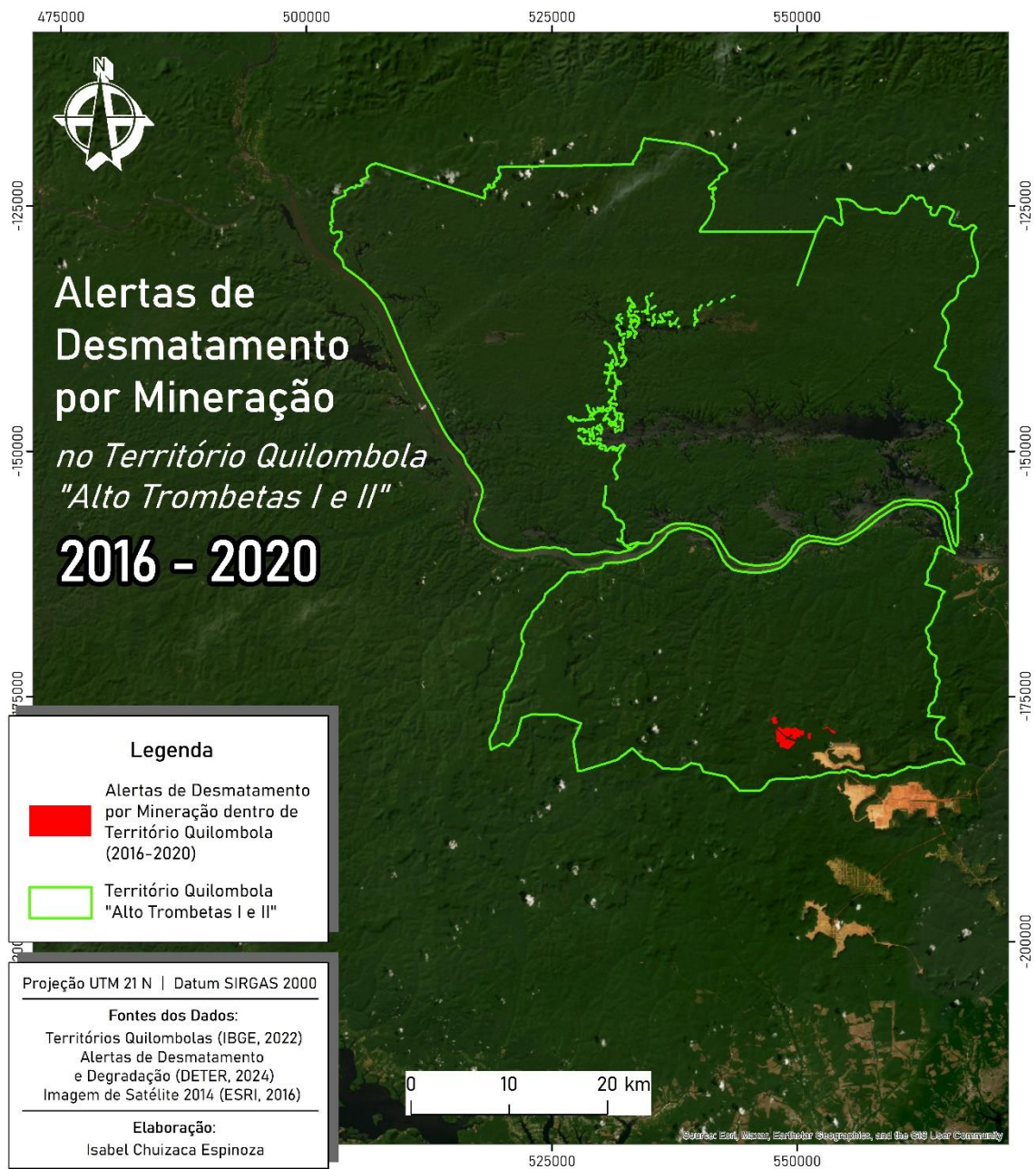


Figura 3.4 Mapa de Alertas de desmatamento por mineração dentro de Território Quilombola Alto Trombetas I e II

Fonte: Autoria própria.

3.4 Mudanças de Uso e Cobertura da Terra no Alto Trombetas I e II (2014 - 2020)

Os mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 2014 e 2020 foram cruzados com o polígono Alto Trombetas I e II. Os mapas ilustrados na Figura 3.5 mostram as mudanças espaço-temporais na área de estudo, onde a mudança mais visível é de vegetação natural florestal primária para mineração e desmatamento por ano, que ocorre no sudeste do território e está associada à extensão da mineração de bauxita na região.

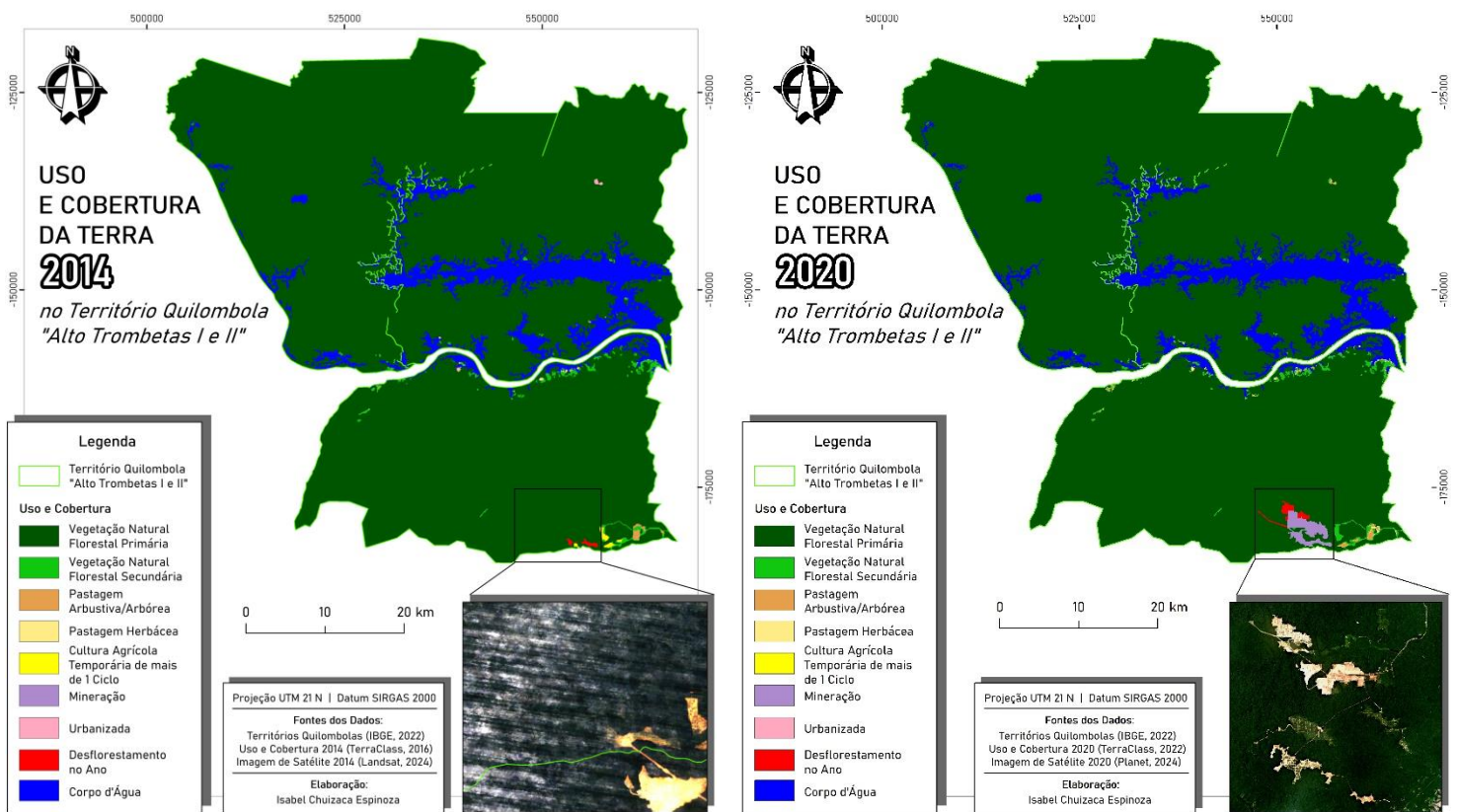


Figura 3.5 Mapas de Uso e Cobertura da Terra dos anos 2014 e 2015 de Alto Trombetas I e II

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3.2 Matriz de Transição em ha de Uso e Cobertura da Terra em Alto Trombetas I e II (2014 – 2020)

ha Uso e Cobertura da Terra 2020	Uso e Cobertura da Terra 2014									Total (b)	Variación (b-a)
	Vegetação Natural Florestal Primária	Vegetação Natural Florestal Secundária	Pastagem Arbustiva/Arbórea	Pastagem Herbácea	Cultura Agrícola Temporária de Mais de 1 Ciclo	Mineração	Urbanizada	Desflorestamento no Ano	Corpo D'Água		
Vegetação Natural Florestal Primária	264565.26	392.85	8.01	8.64	13.68	0.00	24.93	15.30	3973.68	269002.35	-1181.61
Vegetação Natural Florestal Secundária	412.74	784.44	46.08	13.32	105.57	0.00	16.83	2.97	89.10	1471.05	98.46
Pastagem Arbustiva/Arbórea	30.60	99.90	107.73	24.30	56.34	0.00	22.14	0.00	27.54	368.55	183.60
Pastagem Herbácea	19.62	45.00	22.41	9.36	0.99	0.00	18.45	0.00	21.87	137.70	80.73
Cultura Agrícola Temporária de Mais de 1 Ciclo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-198.09
Mineração	1079.82	0.00	0.00	0.00	21.51	0.00	0.00	117.90	0.00	1219.23	1219.23
Urbanizada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-87.93
Desflorestamento no Ano	347.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	347.49	211.32
Corpo D'Água	3728.43	50.40	0.72	1.35	0.00	0.00	5.58	0.00	17865.81	21652.29	-325.71
Total (a)	270183.96	1372.59	184.95	56.97	198.09	0.00	87.93	136.17	21978.00	294198.66	

Fonte: Autoria própria.

A matriz de transição (Tabela 3.2) mostra a área em ha de mudanças espaço-temporais entre as 8 classes de uso e cobertura da terra no território quilombola. Entre as mudanças mais relevantes estão as perdas e ganhos de área, no período de 6 anos, a mineração aumentou em 1.219 ha e foi a classe com o maior ganho no período de 6 anos. Além disso, a classe de vegetação natural florestal primária foi a classe com a maior perda de área, com 1182 ha.

Para quantificar o impacto do avanço da mineração sobre as outras classes presentes na área de estudo, a análise da coluna 1 foi útil, pois a mudança da classe de vegetação natural florestal primária para outras classes representa o desmatamento nesse período. Embora aproximadamente 98% da cobertura

florestal esteja conservada, dentro dos 2% que foram desmatados, a mineração foi a principal causa dessa mudança, com 1080 ha. Além disso, o desmatamento por ano representou 347 ha. Essa mudança também pode estar relacionada à mineração, pois na região o mineral extraído é a bauxita e as fases de exploração variam entre desmatamento e estocagem de matéria.

Linha 5, que corresponde às mudanças na área de cada uma das classes que se tornaram mineração entre 2014 e 2020. Essa seção detalha que, embora a mudança de vegetação natural florestal primária tenha sido responsável por 88,6% da mineração em 2020, outras classes também apresentaram mudanças, como as classes de cultura agrícola temporária de mais de 1 ciclo y deflorestamento do ano. A mudança da cultura agrícola para a mineração pode representar uma mudança nas atividades econômicas do território e pode estar associada a um impacto nas atividades e no modo de vida dos grupos quilombolas que vivem na área. Por fim, a mudança do desmatamento da classe anual para a classe de mineração pode estar associada às fases de exploração da bauxita ao longo do tempo, de modo que uma alta porcentagem dessa classe também pode estar associada à mineração, aumentando o impacto superficial dessa indústria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, este documento destaca a importância de incluir ferramentas e técnicas de geoprocessamento para resolver problemas sociais e ambientais. O caso analisado foi o do território quilombola “Alto Trombetas I e II”, um território que, desde 2013, vem disputando e lutando pelo direito à consulta ambiental em relação à mineração de bauxita pela empresa Rio de Norte, a maior produtora desse mineral no Brasil. A análise das mudanças no uso e cobertura da terra no período de 2014 a 2020 contribui para a caracterização específica das causas do desmatamento no território, uma vez que, em nível nacional, os territórios quilombolas apresentam o menor percentual de desmatamento. Entretanto, uma análise caso a caso, como a apresentada neste documento, mostra e quantifica as causas do desmatamento no território.

Embora as mudanças no território entre 2014 e 2020 tenham sido quantificadas, ainda há muito a ser feito. Os dados do DETER são uma ferramenta muito útil para identificar o avanço da mineração tanto no território quilombola analisado quanto em outros. É possível utilizar o conjunto de dados atualizado e calcular suas mudanças nos últimos 4 anos. Além disso, este estudo pode ser complementado por outros que aprofundem a problemática tanto na perspectiva social quanto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, H. J., SOARES, M. R. P., COSTA, R. R. da S., *et al.* "Saúde da Família, territórios quilombolas e a defesa da vida", **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 21, 2023. DOI: 10.1590/1981-7746-ojs2209. .

BAGWAN, W. A., SOPAN GAVALI, R. "Dam-triggered Land Use Land Cover change detection and comparison (transition matrix method) of Urmodi River Watershed of Maharashtra, India: a Remote Sensing and GIS approach", **Geology, Ecology, and Landscapes**, v. 7, n. 3, p. 189–197, 3 jul. 2023. DOI: 10.1080/24749508.2021.1952762. .

BALLA, D., ZICHAR, M., TÓTH, R., *et al.* "Geovisualization Techniques of Spatial Environmental Data Using Different Visualization Tools", **Applied Sciences**, v. 10, n. 19, p. 6701, 25 set. 2020. DOI: 10.3390/app10196701. .

BATISTA, E. C., ROCHA, K. B. "Saúde mental em comunidades quilombolas do Brasil: uma revisão sistemática da literatura", **Interações (Campo Grande)**, p. 35–50, 28 jan. 2020. DOI: 10.20435/inter.v21i1.2149. .

BERNAL MEZA, R. **Estrategias de seguridad ambiental en América Latina y el Caribe: construyendo resiliencia**. . [S.l: s.n.], 2023.

CARVALHO, F. P. "Mining industry and sustainable development: time for change", **Food and Energy Security**, v. 6, n. 2, p. 61–77, 9 maio 2017. DOI: 10.1002/fes3.109. .

CONSTITUIÇÃO, B. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1. ed. [S.l.], Coordenação de Edições Técnicas, 1988. v. 1.

CORREA CLEMENTE, C. "Quilombos em Minas Gerais: a titulação em terras de interesse transnacional", **Revista História: Debates e Tendências**, v. 20, n. 3, p. 262–279, 22 set. 2020. DOI: 10.5335/hdtv.20n.3.11661. .

DAS, P., KUMAR, A., GAUTAM, V. K., *et al.*, "Natural Resource Planning Under Climate Change Issue Using Advanced Remote Sensing and GIS Technology: A Review". [S.l: s.n.], 2023. p. 81–96. DOI: 10.1007/978-3-031-42056-6_4.

FANG, Z., YUE, P., ZHANG, M., *et al.* "A service-oriented collaborative approach to disaster decision support by integrating geospatial resources and task chain", **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 117, p. 103217, mar. 2023. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103217. .

FERNANDES, A. R., SOUZA, E. S. de, DE SOUZA BRAZ, A. M., *et al.* "Quality reference values and background concentrations of potentially toxic elements in soils from the Eastern Amazon, Brazil", **Journal of Geochemical Exploration**, v. 190, p. 453–463, jul. 2018. DOI: 10.1016/j.gexplo.2018.04.012. .

IBGE. **Censo Demográfico**. . [S.l: s.n.], 2022.

KEANE, S., BERNAUDAT, L., DAVIS, K. J., *et al.* "Mercury and artisanal and small-scale gold mining: Review of global use estimates and considerations for promoting mercury-free alternatives", **Ambio**, v. 52, n. 5, p. 833–852, 10 maio 2023. DOI: 10.1007/s13280-023-01843-2. .

KISS, E., ZICHAR, M., FAZEKAS, I., *et al.* "Categorization and geovisualization of climate change strategies using an open-access WebGIS tool", **Infocommunications journal**, v. 12, n. 1, p. 32–37, 2020. DOI: 10.36244/ICJ.2020.1.5. .

LIU, S.-L., FAN, H.-R., LIU, X., *et al.* "Global rare earth elements projects: New developments and supply chains", **Ore Geology Reviews**, v. 157, p. 105428, jun. 2023. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2023.105428. .

MIRANDA, A. L. A., SILVA, C. V. C., LEAL, M. U., *et al.* "IMPACTOS DA MINERAÇÃO SOBRE OS POVOS ORIGINÁRIOS YANOMAMIS DA AMAZÔNIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA", **REVISTA FOCO**, v. 17, n. 4, p. e4922, 19 abr. 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n4-107. .

- MOURA, C. **QUILOMBOS resistência ao escravismo**. . [S.l: s.n.], 2021.
- NASCIMENTO, V. B. do, ARANTES, A. C. V., CARVALHO, L. G. de. "Vulnerabilidade e saúde de mulheres quilombolas em uma área de mineração na Amazônia", **Saúde e Sociedade**, v. 31, n. 3, 2022. DOI: 10.1590/s0104-12902022210024pt. .
- OWEN, J. R., KEMP, D., LECHNER, A. M., *et al.* "Energy transition minerals and their intersection with land-connected peoples", **Nature Sustainability**, v. 6, n. 2, p. 203–211, 1 dez. 2022. DOI: 10.1038/s41893-022-00994-6. .
- PARTHA PROTIM ROY, MD. SHAHRIAR ABDULLAH, IQTIAR MD. SIDDIQUE. "Machine learning empowered geographic information systems: Advancing Spatial analysis and decision making", **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 22, n. 1, p. 1387–1397, 30 abr. 2024. DOI: 10.30574/wjarr.2024.22.1.1200. .
- PENTEADO, C. **QUILOMBOLAS NO BRASIL**. 2022. Comissão Pró-Índio de São Paulo.
- PINHO, L. R., DIAS, L., CRUZ, L. M. A., *et al.* "Condições de saúde de comunidade quilombola no norte de Minas Gerais ", **Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental Online**, v. 7, n. 1, 2015. .
- POURESMAIELI, M., ATAEI, M., NOURI QARAHASANLOU, A., *et al.* "Integration of renewable energy and sustainable development with strategic planning in the mining industry", **Results in Engineering**, v. 20, p. 101412, dez. 2023. DOI: 10.1016/j.rineng.2023.101412. .
- RAISG. **Deforestación en la Amazonía al 2025**. . [S.l: s.n.], 2022.
- REICHL, C., SCHATZ, M., MASOPUST, A., *et al.* **World Mining Data 2023**. . Vienna, [s.n.], 25 abr. 2023.

SANCHEZ-LOPEZ, M. D. "Geopolitics of the Li-ion battery value chain and the Lithium Triangle in South America", **Latin American Policy**, v. 14, n. 1, p. 22–45, 24 mar. 2023. DOI: 10.1111/lamp.12285. .

SETTI, P. T., TABIBI, S. "Spaceborne GNSS-Reflectometry for Surface Water Mapping in the Amazon Basin", **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 17, p. 6658–6670, 2024. DOI: 10.1109/JSTARS.2024.3373899. .

SORRIBAS, M. V., PAIVA, R. C. D., MELACK, J. M., *et al.* "Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin", **Climatic Change**, v. 136, n. 3–4, p. 555–570, 9 jun. 2016. DOI: 10.1007/s10584-016-1640-2. .

VELASTEGUI-MONTOYA, A., GARCÍA-ROMERO, J. A., CHUIZACA-ESPINOZA, I. A., *et al.* "Assessing regressive erosion effects: Unveiling riverside land use land cover changes post hydroelectric project construction", **Environmental Challenges**, v. 15, p. 100882, abr. 2024. DOI: 10.1016/j.envc.2024.100882. .

WANG, J., SHAHBAZ, M., DONG, K., *et al.* "Renewable energy transition in global carbon mitigation: Does the use of metallic minerals matter?", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 181, p. 113320, jul. 2023. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113320. .

YOUSEFIAN, M., BASCOMPTA, M., SANMIQUEL, L., *et al.* "Corporate social responsibility and economic growth in the mining industry", **The Extractive Industries and Society**, v. 13, p. 101226, mar. 2023. DOI: 10.1016/j.exis.2023.101226. .