



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

**IDENTIFICAÇÃO DE PISTAS DE POUSO CLANDESTINAS EM TERRAS
INDÍGENAS E SUA RELAÇÃO COM A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA
AMAZÔNIA LEGAL NO ESTADO DO MATO GROSSO**

João Lucas Buzatto

ORIENTADOR: PROF. DR. RENATO FONTES GUIMARÃES
COORIENTADOR: PROF. DR. VAGNER PAZ MENDES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRASÍLIA – DF
Junho - 2026

JOÃO LUCAS BUZATTO

IDENTIFICAÇÃO DE PISTAS DE POUSO CLANDESTINAS EM TERRAS
INDÍGENAS E SUA RELAÇÃO COM A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA
AMAZÔNIA LEGAL NO ESTADO DO MATO GROSSO

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração “Gestão Ambiental e Territorial” e linha de pesquisa “Geoprocessamento para a Gestão Territorial e Ambiental”.

Orientador: Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães
Coorientador: Prof. Dr. Vagner Paz Mendes

Brasília – DF
Junho - 2026

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

**IDENTIFICAÇÃO DE PISTAS DE POUSO CLANDESTINAS EM TERRAS
INDÍGENAS E SUA RELAÇÃO COM A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA
AMAZÔNIA LEGAL NO ESTADO DO MATO GROSSO**

JOÃO LUCAS BUZATTO

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Vagner Paz Mendes – Universidade Federal do Mato Grosso

Prof. Dr. Cleberson Ribeiro de Jesus – Universidade Federal do Mato Grosso

Prof. Dr. Franco Perazzoni – Delegado de Polícia Federal

BRASÍLIA, 18 DE JUNHO DE 2026

Resumo

As sucessivas invasões em Terras Indígenas na Amazônia modificam a paisagem regional e exigem o monitoramento contínuo das dinâmicas de ocupação territorial. A avaliação desse cenário por meio da série histórica de imagens do satélite Landsat permite verificar dentro do recorte temporal, se foram as pistas de pouso que permitiram a ocupação dessas áreas mais remotas do bioma amazônico. Portanto, esta dissertação estuda a identificação de pistas de pouso clandestinas por fotointerpretação de imagens de satélite da série histórica Landsat e sua relação com a degradação ambiental e a expansão do garimpo ilegal em Terras Indígenas (Aripuanã, Kayabi, Apiaká do Pontal e Isolados, e Sararé) na Amazônia Legal, no estado do Mato Grosso, por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento. O período de monitoramento cobriu de 1985 a 2025, em que foram mapeadas 39 pistas de pouso, sendo que 13 delas são pistas clandestinas. A análise espaço-temporal e estatística revelou que essas infraestruturas logísticas atuaram frequentemente como vetores iniciais de invasão de territórios preservados, precedendo o desmatamento, a abertura de estradas e a instalação de garimpos. O estudo conclui que a atuação do poder público para neutralizar essas pistas é um passo essencial para interromper a logística de usurpação das áreas protegidas e a contínua violação dos direitos dos povos indígenas.

Palavras-chave: Garimpo ilegal, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Desmatamento, Conflitos socioambientais, Monitoramento espacial.

Abstract

Successive invasions of Indigenous Lands in the Amazon modify the regional landscape and demand continuous monitoring of territorial occupation dynamics. Evaluating this scenario through the Landsat satellite historical image series allows verifying, within the temporal scope, whether airstrips enabled the occupation of these remote areas in the Amazon biome. Therefore, this dissertation investigates the identification of clandestine airstrips through the photointerpretation of satellite imagery from the Landsat historical series, and their relationship with environmental degradation and the expansion of illegal mining in Indigenous Lands (Aripuanã, Kayabi, Apiaká do Pontal e Isolados, and Sararé) within the Legal Amazon, in the state of Mato Grosso, using geoprocessing and remote sensing techniques. The monitoring period spanned from 1985 to 2025, during which 39 airstrips were mapped, 13 of which are clandestine. Spatiotemporal and statistical analysis revealed that these logistical infrastructures frequently acted as initial vectors for the invasion of preserved territories, preceding deforestation, road opening, and the establishment of mining sites. The study concludes that state intervention to neutralize these airstrips is an essential step to disrupt the logistical usurpation of protected areas and the ongoing violation of the rights of indigenous peoples.

Keywords: Illegal mining, Remote sensing, Geoprocessing, Deforestation, Socio-environmental conflicts, Spatial monitoring.

Sumário

INTRODUÇÃO	8
1. REFERENCIAL TEÓRICO	10
1.1. Vulnerabilidade e pressões antrópicas em Terras Indígenas da Amazônia.....	10
1.2. Conflitos territoriais e o avanço do garimpo ilegal.....	11
1.3. A Logística da Degradação e o Novo Extrativismo	13
1.4. Monitoramento de Pistas clandestinas na região Amazônica	14
1.5. Indicadores Espectrais na Avaliação da Degradação Ambiental	16
1.6. Dinâmica Territorial, Análise Espacial e Monitoramento com Geotecnologias	17
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1. Área de estudo.....	20
2.2. Metodologia da pesquisa	22
2.3. Aquisição e Pré-processamento dos Dados Orbitais (GEE)	24
2.3.1. Geração das Séries Temporais.....	24
2.4. Mapeamento das pistas de pouso	25
2.5. Aquisição de Dados Complementares	25
2.5.1. Dados Minerários e de Uso do solo	25
2.5.2. Vetorização dos corpos Hídricos.....	27
2.6. Processamento de Séries Temporais e Métricas (GEE).....	27
2.6.1. Processamento Espectral e Cálculo de Perda de Vegetação (GEE).....	28
2.6.2. Extração de Classes de Uso do Solo (LULC)	28
2.7. Análises Estatísticas	29
2.7.1. Análise da série temporal.....	29
2.7.2. Geração de Produtos de Visualização Dinâmica	30
2.8. Análise Espacial.....	31
2.8.1. Classificação Supervisionada (GEE)	31
2.8.2. Análise Espacial por Distância Euclidiana	35
2.9. Síntese Metodológica.....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
3.1. DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS PISTAS DE POUSO NAS TERRAS	

INDÍGENA.....	40
3.1.1. Terra Indígena Aripuanã (Cinta Larga)	40
3.1.2. Terras Indígenas Kayabi e Apiaká do Pontal e Isolados	58
3.1.3. Terra Indígena Sararé (Nambikwara).....	79
4. DINÂMICA DA PRESSÃO MINERÁRIA E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS	99
4.1. Projetos de Mineração (SIGMINE).....	99
4.2. Análise dos registros de conflitos socioambientais nas Terras Indígenas	108
4.3. Intersecção entre os Dados do SIGMINE e dos Conflitos Socioambientais	118
5. VALIDAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO E EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA PAISAGEM ...	119
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	128
7. CONCLUSÕES	131
8. REFERÊNCIAS	132
9. APÊNDICES - SCRIPTS DESENVOLVIDOS NO GOOGLE EARTH ENGINE	142

INTRODUÇÃO

O estado de Mato Grosso, situado na região centro-oeste do Brasil, enfrenta desafios significativos relacionados ao garimpo ilegal em áreas de terras indígenas e unidades de conservação (Guajajara et al., 2021; Silva et al., 2023). Essas atividades ilegais representam uma ameaça à preservação do meio ambiente e aos direitos dos povos indígenas (Mataveli et al., 2022). Além disso, há um desmatamento acelerado, destruição de terras e rios, com níveis impressionantes de mercúrio tóxico encontrados na água, podendo levar a níveis de degradação irrecuperáveis (Bakker et al., 2021; Kayet et al., 2021).

Nas últimas décadas, a região amazônica tem testemunhado a desestabilização de seus sistemas naturais por atividades altamente predatórias. Estudos internacionais recentes indicam que a conservação florestal em territórios protegidos enfrenta pressões crescentes que resultam na redução da biodiversidade e na perda de funções ecossistêmicas vitais (Qin et al., 2023). A degradação é impulsionada por um conjunto de vetores que incluem a expansão da pecuária, a mineração industrial e o avanço da fronteira agrícola, que juntos reconfiguram a paisagem e comprometem a fauna e a flora estabelecidas (Lapola et al., 2023).

Essa ocupação forçada da Amazônia é historicamente marcada pela violência, como ilustra o Massacre do Paralelo 11 (Vançan; Rodrigues, 2021), que envolveu a morte de centenas de indígenas Cinta Larga, etnia que sempre resistiu na região amazônica do Mato Grosso. Estimam que na época da ditadura militar, foram assassinados 3.500 indígenas, apesar das evidências, as investigações sobre o massacre foram negligenciadas, e as vítimas e suas comunidades nunca receberam reparação adequada. O caso ilustra a violência contra povos indígenas e a impunidade em crimes cometidos durante a colonização, refletindo a persistente falta de justiça para esses povos. Mais uma vez os povos tradicionais se sentem pressionados, tendo em vista a crescente expansão agropecuária e da mineração ilegal em Terras Indígenas e no seu entorno (Villén-Perez et al., 2022).

A viabilização desse modelo de exploração em regiões remotas depende diretamente da consolidação de uma malha logística ilegal. Nesse contexto, relatórios do

MapBiomas (2023), identificaram por interpretação visual de imagens de satélite de alta resolução 2869 pistas de pouso na Amazônia, os estados com maior quantidade de pistas segundo o estudo, são Mato Grosso (1062 pistas) e Pará (883). Sendo que 28% (804) do total de pistas, estão dentro de uma área protegida em que 11% (320) ficam em terras indígenas e 17% (498) em Unidades de Conservação.

Há um problema logístico intrínseco ao garimpo, em especial dentro de Terras Indígenas e Unidades de Conservação, onde não há grandes rotas de acesso terrestre ou fluvial. Isso exige o acesso aéreo para abastecimento do garimpo e escoamento da produção ilegal. Seja por helicópteros ou aviões de pequeno porte, por pistas ilegais ou pistas legais cooptadas pelo crime, grande parte da produção garimpeira amazônica é feita por via aérea. Portanto, identificar essas pistas de pouso encravadas na floresta Amazônica é tarefa essencial para estrangular o garimpo ilegal", explica Cesar Diniz, doutor em Geologia e coordenador técnico do MapBiomas (Mapbiomas, 2023).

Existe uma forte relação entre as pistas de pouso clandestinas com atividades ilegais como tráfico de armamentos e narcotráfico (Couto; Oliveira, 2017). Essas pistas permitem que os traficantes distribuam seus produtos ilegais e escapem da repressão estatal usando rotas aéreas difíceis de serem localizadas. Além disso a região Amazônica apresenta uma grande quantidade de Terras Indígenas e unidades de conservação, que são alvos frequentes do garimpo ilegal e outras atividades ilícitas, que causam danos irreparáveis à floresta e as populações tradicionais que vivem nas Terras Indígenas (Alvarenga, 2024; Sousa e Vieira 2025). A instalação dessas pistas funciona como um vetor direto da degradação ambiental e social dos territórios, impondo às populações tradicionais a um processo de espoliação que reforça dinâmicas de injustiça ambiental e violação de direitos (Horowitz et al., 2018).

A partir dos estudos de Sonter et al. (2017) e Rorato et al. (2020), observa-se uma lacuna científica no entendimento do impacto cronológico das pistas de pouso clandestinas sobre o avanço do garimpo ilegal, da degradação e das invasões em Terras Indígenas. A maioria dos trabalhos foca na Amazônia Legal e na correlação dos garimpos com o desmatamento, a invasão de territórios protegidos, a contaminação de afluentes por metais pesados e a degradação de áreas preservadas (Bakker et al., 2021). Diante dessa lacuna, este estudo adota a hipótese de que a pista de pouso constitui o vetor inicial de invasão e degradação territorial. Sob essa perspectiva, a infraestrutura é

implantada em áreas de floresta densa e conservada e, nos anos posteriores, fragmenta a paisagem por meio da abertura de estradas e ramais que consolidam o acesso a setores antes inacessíveis.

Para analisar essa dinâmica, é fundamental o monitoramento por imagens de satélite e geoprocessamento para detectar a expansão das pistas clandestinas e sua ligação com o desmatamento e o garimpo ilegal. O objetivo geral deste trabalho é identificar as pistas de pouso situadas no interior e nas zonas de entorno das Terras Indígenas delimitadas no estado de Mato Grosso. Os objetivos específicos buscam classificar qualitativamente as pistas mapeadas, realizar a análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de influência dessas estruturas e quantificar a correlação estatística entre o surgimento das pistas e o ritmo de expansão do desmatamento e do garimpo. A metodologia adota a fotointerpretação visual da série histórica Landsat entre 1985 e 2025. A correta identificação dessas estruturas fornece instrumentos de denúncia e fiscalização para o Estado Brasileiro, contribuindo para a compreensão dos impactos socioambientais gerados por esses catalisadores de degradação em Terras Indígenas (TIs) e seus entornos.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Vulnerabilidade e pressões antrópicas em Terras Indígenas da Amazônia

A expansão do garimpo ilegal na Amazônia Legal tem intensificado as pressões sobre Terras Indígenas (TIs), tornando-se uma das principais ameaças aos povos originários e à integridade ambiental desses territórios. A valorização do ouro no mercado internacional e o enfraquecimento das políticas de fiscalização ambiental contribuíram diretamente para o avanço dessas atividades ilegais dentro de áreas protegidas, conforme apontado pelo Ministério Público Federal (2020).

Entre 2017 e 2020, a taxa de desmatamento causada por garimpos ilegais aumentou mais de 90%, evidenciando a crescente ocupação desses territórios por agentes externos (Siqueira-Gay; Sanchez, 2021), muitas vezes armados e organizados, que comprometem não apenas os ecossistemas, mas também o modo de vida tradicional das populações indígenas. Esses impactos incluem desde a poluição dos rios por metais

pesados até a degradação de áreas de floresta nativa, muitas vezes abandonadas sem qualquer processo de recuperação (Koehnken et al., 2020).

A valorização do ouro no mercado internacional e o enfraquecimento das políticas de fiscalização ambiental contribuíram diretamente para o avanço dessas atividades ilegais dentro de áreas protegidas. A intensificação dessas pressões ocorre em um cenário de desmonte sistemático das políticas ambientais no Brasil, marcado pela flexibilização da legislação, pelo enfraquecimento institucional dos órgãos de fiscalização e pela priorização de interesses econômicos em detrimento da proteção socioambiental, o que amplia a vulnerabilidade dessas áreas e dificulta a contenção de atividades ilegais, como a instalação de pistas de pouso clandestinas associadas ao garimpo (Abessa; Fama; Buruaem, 2019).

E dentre todas as formas de degradação ambiental, o garimpo é de longe a mais nociva atividade à segurança humana dos povos indígenas, segundo o Relatório Cartografias da Violência na Amazônia (Lima; Bueno; Couto, 2024), nas últimas décadas do século XX, uma série de novos implementos mecanizados e processos contribuíram para o surgimento de novas frentes de garimpo ilegal em ritmo exponencial na região Amazônica:

Pelo menos dois fatores parecem contribuir diretamente para o crescimento da violência letal na região da Amazônia Legal: a intensa presença de facções do crime organizado e de disputas entre elas pelas rotas acionais e transnacionais de drogas que cruzam a região; e o avanço do desmatamento e a intensificação de conflitos fundiários (Lima; Bueno; Couto, 2024).

1.2. Conflitos territoriais e o avanço do garimpo ilegal

A sobreposição de interesses econômicos e territoriais tem sido uma das principais causas de conflitos fundiários na Amazônia Legal. O garimpo ilegal, em especial, tem se expandido para dentro de TIs, motivado pela valorização do ouro e pela fragilidade na fiscalização (CIMI, 2023). Esses avanços geram disputas violentas e compromete diretamente o modo de vida das comunidades indígenas, além de causar sérios danos ambientais como contaminação por mercúrio, essas populações apresentam o maior número de indivíduos atingidos e os maiores níveis de concentração no organismo (WWF

Brasil, 2023).

A Legislação brasileira, de acordo com a Constituição de 1988 (artigo 231) é clara em relação às terras indígenas, proibindo qualquer tipo de ato que restrinja o pleno exercício da comunidade indígena do seu uso, podendo somente ser autorizado a mineração por meio de autorização do Congresso Nacional, o que torna o garimpo em terras indígenas ilegal, como também fala o Art. 18:

As terras indígenas não poderão ser objeto de arrendamento ou de qualquer ato ou negócio jurídico que restrinja o pleno exercício da posse direta pela comunidade indígena ou pelos silvícolas. § 1º Nessas áreas, é vedada a qualquer pessoa estranha aos grupos tribais ou comunidades indígenas a prática da caça, pesca ou coleta de frutos, assim como de atividade agropecuária ou extrativa, Lei Nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973 ((Brasil, 1973).

O aumento das doenças e internações dos indígenas está diretamente ligado com a expansão do garimpo para o interior das Terras Indígenas. Segundo Dias et al, (2023) apontam que a prevalência da malária na Amazônia legal, está localizada, principalmente em áreas de garimpo. As cavas abertas ou abandonadas acumulam águas das chuvas e a grande concentração de pessoas, favorece a proliferação dessa e outras doenças.

O aumento do número destas pistas não registradas na ANAC, de acordo com os resultados desta pesquisa, demonstra que a expansão do garimpo aumentou nos entornos dos territórios protegidos e isso pode ser também uma consequência da flexibilização ambiental dos últimos governos e o enfoque no combate a Covid-19, quando usaram da distração para fragilizar uma série de medidas ambientais (Vale et al., 2021). No mesmo estudo, os autores apontam que as ações incluíram o enfraquecimento da legislação e das instituições ambientais, que legalizaram o desmatamento em ecossistemas-chave, reduziram os padrões ambientais e a aplicação da lei e enfraqueceram a gestão das Áreas Protegidas. As prováveis consequências dessas ações para a biodiversidade e a conservação ambiental ainda não foram estimadas.

Os dados levantados e as pesquisas bibliográficas refletem sobre o caráter dúbio das pistas de pouso. Enquanto, por um lado, são utilizadas para permitir a chegada de agentes públicos do Estado, facilitando a implementação de políticas públicas, como a vacinação de povos indígenas, por outro lado, existe o processo ilegal de invasão desses territórios. Grupos criminosos financiados por uma malha corruptiva, utilizam estas pistas

para a apropriação e extração de recursos minerais, o transporte de equipamentos e combustível até áreas onde não existem estradas, para suprir atividades criminosas de diferentes tipos. Uma extensa rede criminosa, em diferentes nichos, utiliza dessas infraestruturas, esta complexa rede de aeroportos e portos ilegais. O ouro é utilizado como ferramenta de lavagem de dinheiro, possivelmente, proveniente também de outras atividades ilícitas (Couto, 2011) (Ministério Público Federal, 2020) (Manzoli et al., 2021).

1.3. A Logística da Degradação e o Novo Extrativismo

A expansão do garimpo artesanal em larga escala na Amazônia depende fortemente de pistas de pouso clandestinas para viabilizar tanto a entrada de suprimentos quanto a saída de minério. No caso da Terra Yanomami, a destruição da primeira pista ilegal em setembro de 2024 pelo governo federal demonstrou a demora em destruir essas pistas resultam em prejuízos milionário. Essas pistas financiam uma rede de garimpeiros cujo prejuízo já ultrapassava R\$ 209 milhões¹. As pistas surgem em áreas de floresta intacta, funcionando como ponto de acesso inicial que, em seguida, se consolida em corredor de transporte para maquinário, combustíveis e ouro.

Esse fenômeno insere-se no que a literatura contemporânea define como uma nova fase de extrativismo predatório, caracterizada pela expansão violenta e intensiva de territórios dedicados à mineração ilícita transnacional. Segundo Anthias e López Flores (2023), o extrativismo não deve ser compreendido apenas como a extração mineral em si, mas como um padrão multiescalar de poder territorial que abrange todo o sistema de apropriação e, fundamentalmente, a circulação de mercadorias. Sob essa ótica, a pista de pouso deixa de ser apenas uma clareira na mata para se tornar o suporte físico indispensável dessa circulação, permitindo que o capital penetre em áreas isoladas e transforme a natureza em *commodity* (Anthias; López Flores, 2023).

Ao reduzir drasticamente os custos logísticos e aumentar a capacidade de ação em territórios isolados, essas infraestruturas aceleram o que Anthias e López Flores (2023) descrevem como processos complexos de desterritorialização e reterritorialização. Primeiro, desterritorializam as populações indígenas ao retirarem a soberania das

¹ Pista de pouso usada por garimpo ilegal na Terra Yanomami é destruída (Via Casa Civil, 2024).

populações Indígenas sobre a terra. Em seguida, reterritorializam a área como um enclave de economia ilícita conectado ao mercado global do ouro. De acordo com Svampa (2019) esse modelo combina elementos de grande escala (maquinário pesado transportada via aérea) com trabalho intensivo, promovendo a aceleração na extração enquanto comunidades locais perdem o domínio sobre seus modos de vida.

Em Terras Indígenas, portanto, a instalação de cada nova pista não representa apenas uma alteração pontual na paisagem, mas a consolidação de uma fronteira de mercadorias que ignora limites legais. Esse avanço expansionista integra continuamente novos territórios ao circuito de extração, ampliando riscos sistêmicos e impondo uma lógica de degradação acelerada: primeiro eliminam a vegetação para garantir a logística aérea; depois chegam as escavações que contaminam os rios e fragmentam o território (Franchi, 2024).

1.4. Monitoramento de Pistas clandestinas na região Amazônica

Os últimos anos ocorreram intensas invasões aos territórios dos povos Indígenas, como a situação dramática do povo Yanomami. Segundo o relatório Yanomami sob ataque de Hutukara e Wanasseduume Ye'kwana, (2022) identificou situações de risco aos indígenas, onde identificou pistas clandestinas pela interpretação visual das imagens Planet (3m). Foram visualizados nas proximidades da comunidade indígena áreas de garimpo e pista de pouso clandestina. As aldeias estão a menos de 10 km a montante do garimpo, bloqueando o acesso às roças, às outras comunidades e aos serviços de saúde por meio dos rios. O relatório publicado em abril de 2022, classificou diversas pistas como clandestinas.

A maioria dos estudos voltados para o monitoramento ambiental na Amazônia Legal se concentra na análise do desmatamento em escala geral ou na expansão do garimpo ilegal. No entanto, ainda são escassos os trabalhos que direcionam atenção para a detecção de infraestruturas específicas associadas a essas atividades, como pistas de pouso clandestinas, estradas não oficiais e áreas de apoio logístico a essa estratégia de ocupação. Essa lacuna é crítica, uma vez que tais estruturas funcionam como vetores estratégicos para a ocupação ilegal da floresta e a intensificação do desmatamento. Variáveis como a proximidade de áreas desmatadas em relação a rodovias oficiais se

destacam como fortes preditores da pressão antrópica na região, indicando que a presença e a expansão de infraestruturas lineares estão diretamente ligadas à degradação ambiental (Santos et al., 2021).

Assim, incluir a detecção dessas infraestruturas no monitoramento por sensoriamento remoto é essencial para compreender a dinâmica da ocupação ilegal e desenvolver estratégias mais eficazes de controle territorial. Conforme os resultados encontrados, existe uma estreita relação entre a abertura de novas pistas de pouso e o avanço do garimpo ilegal na Amazônia. As infraestruturas de transporte clandestinas são o modal de transporte mais importante na logística do garimpo ilegal na região Amazônica. Há também evidências ligando esses atores ao Crime Organizado Transnacional com a atividade garimpeira (Bastos Furtado et al., 2024). Mas para além de atores ligados ao narcotráfico, o garimpo em terras indígenas ou unidades de preservação é por si só um crime.

Conforme Kausar et al. (2015), a identificação automática de pistas de pouso em imagens de satélite pode ser aprimorada pela utilização de técnicas multiescala, que possibilitam a extração de características relevantes por meio da construção de pirâmides gaussianas. Nesse contexto, é empregado um processamento para a detecção de bordas, que isola as linhas retas que delimitam as pistas, facilitando a distinção entre estruturas similares, como estradas e canais. A utilização da correlação cruzada permite confirmar a consistência desses padrões em diferentes resoluções, e a aplicação de Support Vector Machine (SVM), a partir de atributos geométricos como comprimento e largura, contribui para uma classificação mais robusta, mesmo diante do desafio da variação da escala (Kausar et al., 2015).

Em paralelo, Mahesh (2020) em sua revisão sobre algoritmos de machine learning destaca que as técnicas supervisionadas e não supervisionadas, quando aplicadas de forma adequada, são capazes de aprender e generalizar padrões complexos de forma autônoma, sem a necessidade de intervenção manual na extração de características. Dessa forma, o sucesso obtido na identificação de pistas de pouso pode ser comparado à eficácia demonstrada pelos algoritmos de machine learning, uma vez que a combinação de métodos robustos de extração de atributos com algoritmos de classificação avançados permitiu a classificação de dados variados e complexos.

1.5. Indicadores Espectrais na Avaliação da Degradação Ambiental

A utilização do arquivo histórico Landsat, que soma quarenta e dois anos de registros orbitais desde o lançamento do Landsat 5 (1984), representa o alicerce para o monitoramento sistemático das mudanças na superfície terrestre (Wulder et al., 2022). A evolução dos sensores, desde o *Multispectral Scanner* (MSS) até os modernos *Operational Land Imager* (OLI e OLI-2), ampliou a capacidade de distinção espectral através do acréscimo de bandas no infravermelho de ondas curtas (SWIR), essenciais para caracterizar processos de degradação em florestas tropicais. Conforme Wulder et al. (2019), essa riqueza espectral permite a transição de uma análise meramente visual para a aplicação de transformações matemáticas que isolam propriedades físicas da superfície, como o vigor vegetativo, a umidade e a magnitude da reflectância. A *Transformação Tasseled Cap* (TCT) destaca-se como um método robusto para decompor informações multiespectrais em componentes biofísicos de brilho, verdura e umidade. O componente de brilho, resultante de uma soma ponderada de todas as bandas espectrais, funciona como um indicador do albedo geral da cena e está fortemente associado a variações em solos expostos e superfícies impermeáveis (Zhai et al. 2022).

A inclusão das bandas SWIR no cálculo de indicadores de umidade e solo nu representa um diferencial técnico para o mapeamento em ambiente amazônico. Enquanto índices tradicionais focam na biomassa verde, o componente de umidade utiliza a sensibilidade das ondas curtas ao teor de água tanto no solo quanto na cobertura vegetal². Segundo Zhai et al. (2022), a aplicação de coeficientes de TCT derivados especificamente para produtos de reflectância de superfície (SR) garante resultados robustos e amplamente aplicáveis.

Conforme salientado por Zhai et al. (2022), o uso de cinco bandas espectrais, excluindo a banda azul devido à sua maior sensibilidade à contaminação atmosférica, aumenta a confiabilidade na discriminação de tipos de cobertura da terra, especialmente em áreas desérticas, úmidas ou agrícolas sob monitoramento constante.

² HAKKI, H. **Geemap Tutorial: Tasseled Cap Transformation for multi spectral Sentinel**. Medium, 5 ago. 2025. Disponível em: medium.com/@hee2013news/tutorial-for-gee-python-for-tasseled-cap-transformation-for-sentinel-2-7e0a9d9aa493.

A combinação desses indicadores espectrais com algoritmos de aprendizado de máquina otimiza a classificação em uma era de grande disponibilidade de dados geoespaciais abertos (Hermosilla et al. 2022). Para os autores a implementação localizada e a seleção criteriosa de dados de treinamento são fundamentais para melhorar a acurácia dos mapas gerados. Ao integrar informações de brilho, umidade e vigor vegetal, torna-se possível separar classes ambíguas, como pastagem e solo exposto, reduzindo incertezas nas interações da cobertura da terra (Song et al., 2018). Essa abordagem assegura que o monitoramento da degradação ambiental nas Terras Indígenas seja fundamentado em evidências físicas sólidas, permitindo o rastreamento preciso de infraestruturas clandestinas e suas repercussões territoriais.

1.6. Dinâmica Territorial, Análise Espacial e Monitoramento com Geotecnologias

No bioma amazônico, o monitoramento tem se concentrado na identificação de fatores que impulsionam a degradação florestal generalizada (Bullock et al., 2020b). O uso de séries temporais de mapas de cobertura permite desvendar a dinâmica da vegetação secundária e os processos de regeneração, garantindo uma visão sistêmica da recuperação e perda de biomassa diretamente a partir das séries históricas (Nunes et al., 2020). Ao correlacionar matematicamente a expansão de infraestruturas logísticas com a alteração da integridade biofísica da floresta, a resposta do pixel assume o papel de evidência técnica de ocupação. Este diagnóstico integrado é determinante para identificar padrões de degradação e subsidiar estratégias de controle territorial em áreas protegidas.

A compreensão detalhada da dinâmica histórica e das transições do uso e cobertura da terra (UCT) constitui o planejamento e a gestão sustentável dos. Segundo Munthali et al. (2020), documentar essas trajetórias permite que tomadores de decisão analisem padrões e processos que frequentemente precedem repercussões ambientais severas, orientando o ordenamento territorial com base em evidências estatísticas de longo prazo. Nesse cenário, a integração de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de sensoriamento remoto (SR) oferece o suporte fundamental para monitorar como intervenções antropogênicas desestabilizam paisagens sensíveis ao longo do tempo (Armin; Majidian; Kheybari, 2020).

O avanço das geotecnologias permitiu que o arquivo de dados Landsat, com mais de cinquenta anos de registros científicos, se tornasse vital para o mapeamento e a caracterização da dinâmica da superfície (Wulder et al., 2022). Além da análise espacial básica, a extração de informações composicionais dentro do pixel é valiosa para caracterizar as classes de cobertura de forma mais precisa (Asner, 2009). Conforme Asner e Heidebrecht (2002), a análise de misturas espectrais possibilita separar frações de vegetação, solo e carbono seco em diferentes regiões, fornecendo dados fundamentais para identificar alterações sutis que ocorrem antes da conversão total da floresta.

A capacidade de processamento do Google Earth Engine impulsionou a proliferação de mapas com resolução de 30 metros fundamentados em atributos espectrais e variáveis texturais (Pérez-Cutillas, et al., 2023). A utilização de algoritmos de aprendizado de máquina, com destaque para o Random Forest, tornou-se a abordagem padrão para classificar o uso da terra com maior rigor técnico. Essas informações de composição permitem separar classes ambíguas, como pastagem e solo exposto, reduzindo as incertezas no monitoramento das interações entre a cobertura vegetal e as atividades humanas (Song et al., 2018). Selmy et al. (2023) reforçam que classificações supervisionadas aplicadas a dados históricos validam modelos de previsão que auxiliam na redução de impactos negativos em regiões sob forte pressão antrópica.

A utilização do uso de geotecnologias no monitoramento ambiental vem crescendo nas últimas décadas (Oliveira, 2021). Uma das ferramentas é o Google Earth Engine (GEE), que é uma plataforma de computação em nuvem voltada para o processamento e análise de grandes volumes de dados geoespaciais. Funcionando como um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) acessível via navegador, o GEE permite a realização de análises espaciais complexas de forma eficiente, utilizando linguagens de programação que ampliam o espectro da análise de dados. A eficiência desta ferramenta reside no seu catálogo público, uma coleção *multi-petabyte* de conjuntos de dados geoespaciais selecionados que inclui todo o arquivo histórico *Landsat* e dados dos sensores *Sentinel-1* e *Sentinel-2* (Gorelick et al., 2017). Esta biblioteca é atualizada continuamente e permite o acesso a previsões climáticas e dados geofísicos com baixa latência, o que possibilita o monitoramento terrestre em escala planetária.

De acordo com Slattery e Fenner (2021), o uso de imagens de sensoriamento remoto para examinar padrões nas florestas é fundamental para relacionar fatores de degradação da paisagem. O GEE favorece a aplicação de metodologias de classificação sistemática de imagens de satélite para gerar mapas de cobertura do solo e quantificar métricas de fragmentação. Souza Jr. et al. (2020) demonstrou que a reconstrução histórica de informações sobre o uso e cobertura da terra no Brasil foi possível através da computação em nuvem massiva. O uso de algoritmos de aprendizado de máquina aplicados a séries temporais classificou mais de três décadas do bioma Amazônico. O processamento de imagens Landsat é otimizada, possibilitando que a aquisição, a classificação supervisionada e a validação estatística ocorram de maneira contínua e automatizada.

No estudo de Cinar e Aydin (2023), os autores implementaram diferentes algoritmos de sensoriamento remoto combinados com classificador baseado em aprendizado de máquina, Random Forest (RF), para identificar áreas afetadas por secas e incêndios florestais. Os resultados obtidos evidenciam a capacidade do GEE de lidar com séries temporais extensas e de produzir resultados bem precisos, mesmo em contextos geográficos distintos. A estratégia metodológica apresentada é particularmente relevante para esta pesquisa, que também visa identificar feições espaciais associadas à pressão antrópica, as pistas de pouso próximas ou dentro de áreas protegidas. A proposta é desenvolver uma ferramenta que possibilite visualizar espacialmente as pistas de pouso clandestinas detectadas, bem como os impactos ambientais associados em Terras Indígenas do bioma amazônico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

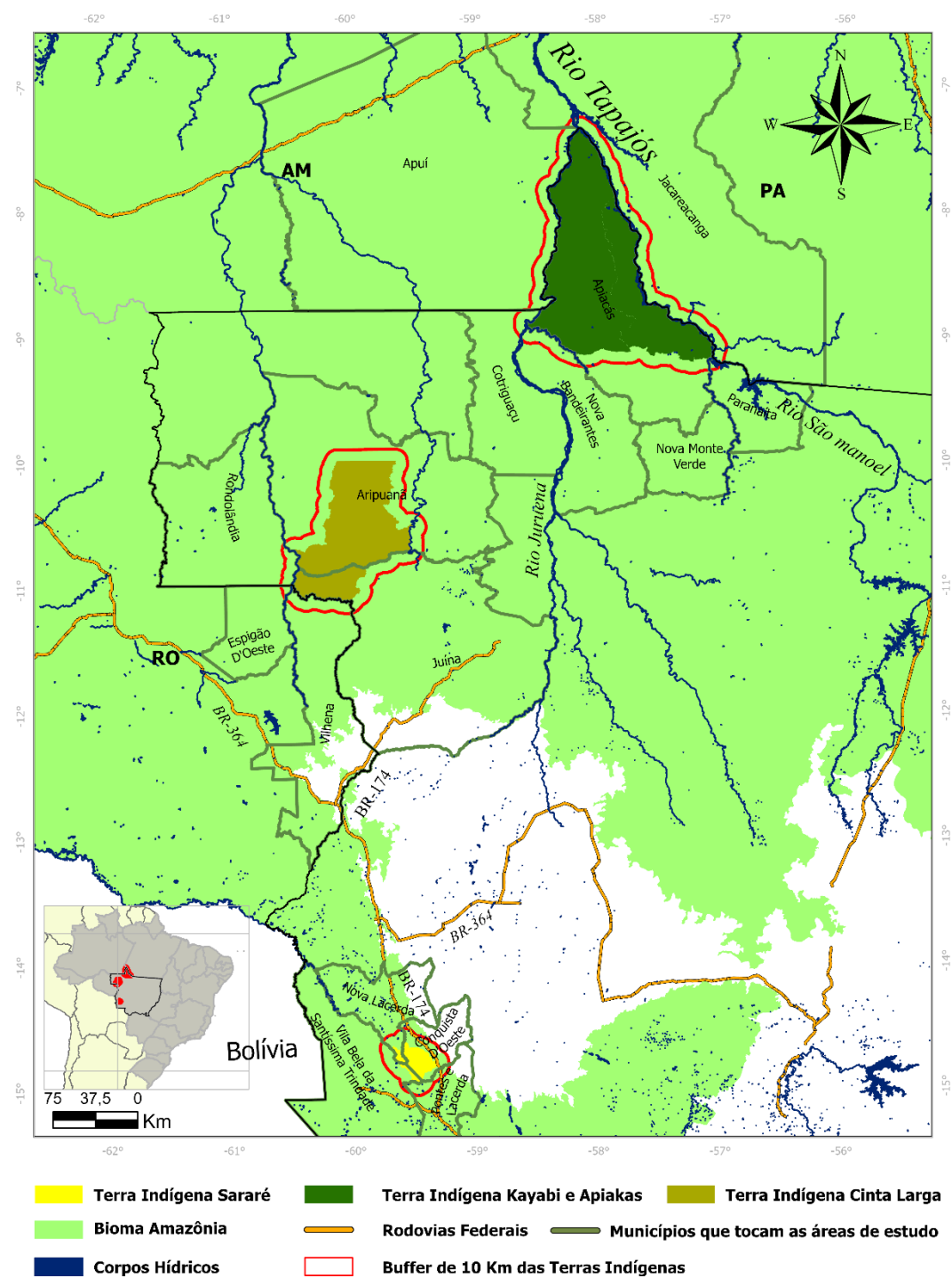
O problema da pesquisa sobre a região Amazônica é de escala, pelo seu tamanho e complexidade, ocupando uma área estimada de 4.200.000 km², dezesseis a dezessete vezes o estado de São Paulo representando um enorme desafio para o monitoramento ambiental. São florestas tropicais biodiversas de grande extensão, com alguns redutos de vegetação do passado (Ab'Sáber, 2005).

Diante dessa magnitude, foi definido um recorte espacial representativo para compreender as dinâmicas da degradação. A área selecionada para esta pesquisa representa aproximadamente menos que 3% da extensão total da Floresta Amazônica. Embora seja muito menor em comparação ao todo, este recorte configura uma parte bem representativa das ameaças e dificuldades enfrentadas na gestão do bioma. A alta quantidade de Pistas de Pouso identificadas neste perímetro permite analisar padrões de pressão que se replicam em outras regiões da Amazônia.

Por isso, o escopo do estudo concentrou-se na análise de três Terras Indígenas (TIs) localizadas dentro do estado de Mato Grosso, selecionadas devido ao seu histórico de isolamento e às pressões minerárias identificadas dentro e em seu entorno, por tanto foi delimitada uma Zona de Amortecimento (buffer) de 10 km a partir dos limites homologados de cada Terra Indígena (**Figura 1**). São elas:

- Terra Indígena Aripuanã: Localizada a noroeste do estado, é habitada pelo povo Cinta Larga e por grupos de índios isolados.
- Terra Indígena Kayabi: Situada na divisa entre Mato Grosso e Pará, contígua à TI Apiaká do Pontal, é habitada pelos povos Apiaká, Kawaiwete (Kayabi) e Munduruku.
- Terra Indígena Sararé: Localizada a sudoeste do estado, é habitada por diversos subgrupos da etnia Nambikwara, incluindo os Nambikwara Kalunhwasu, Katitawlu, Qualitsu, Sayulikisu e Uaihlatisu.

Figura 1 - Localização das áreas de estudo.



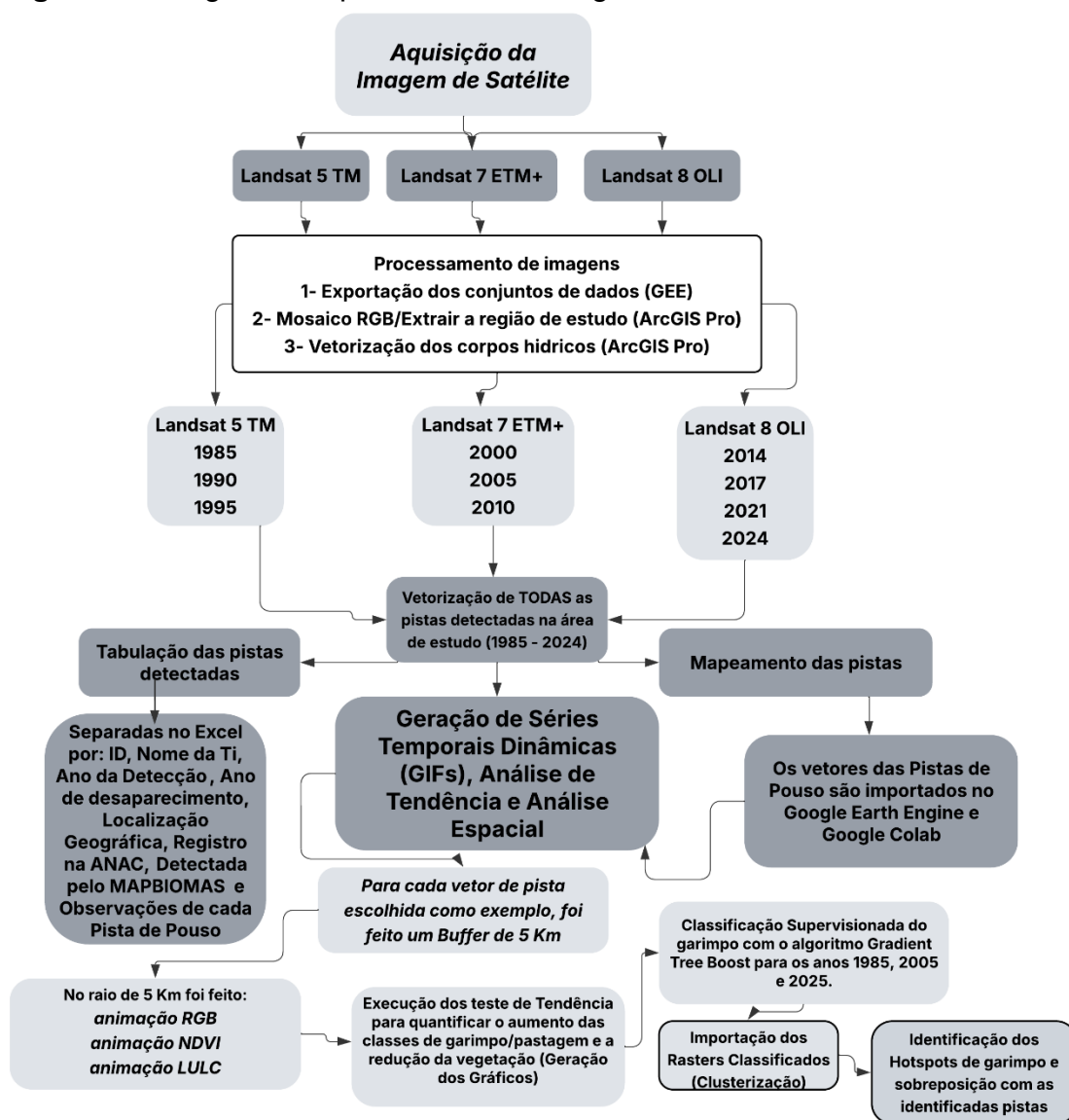
Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: IBGE & ANA (2024)

Fonte: Buzatto (2026).

2.2. Metodologia da pesquisa

A metodologia foi estruturada em etapas sequenciais que integram a aquisição, o processamento e a análise de imagens de satélite (**Figura 2**).

Figura 2 - Infográfico explicando metodologia detalhada.



Fonte: Buzatto (2025).

Para a construção da base de análise, foi desenvolvido um código no Google Earth Engine (GEE) que permitiu baixar imagens de satélite para os anos mencionados acima na **figura 2**, dos sensores Landsat 5, 7, 8 e 9, filtradas sem nuvens. Em seguida, foi aplicado o cálculo da mediana, um recurso do GEE que combina várias imagens eliminando ruídos e nuvens, gerando uma imagem representativa do período.

A vetorização das pistas foi feita no ArcGIS Pro, por meio de interpretação visual multitemporal. Cada pista identificada foi catalogada em um banco de dados vetorial, cujas informações foram organizadas em tabelas específicas para cada Terra Indígena. A estruturação desses dados seguiu atributos específicos definidos para qualificar a infraestrutura em:

- ID da Pista: A representação cartográfica exibe os números de identificação (**ID**), identificador único atribuído a pista de pouso pela sua ordem de identificação, iniciando pelo número um até o infinito, em ordem numérica.
- Ano de Detecção e Ano de Desaparecimento: Estabelece o intervalo temporal de existência da pista, permitindo calcular o tempo de operação e identificar se a infraestrutura continua operante ou desapareceu.
- Localização Geográfica: Classifica a pista conforme sua posição espacial (Interior da TI ou Zona de Amortecimento/Buffer), atributo fundamental para analisar a pressão na Terra Indígena e seu entorno.
- Registro na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC): Verificação cruzada com dados disponibilizados por um órgão oficial para verificar se a pista foi registrada e homologada pela agência.
- Detecção pelo MapBiomias: Atributo de controle para verificar se a área da pista foi captada identificada visualmente pela equipe de técnicos do Mapbiomas.
- Observações: Campo qualitativo utilizado para descrever o contexto de inserção da pista, registrando, por exemplo, se a abertura ocorreu em vegetação densa, se foi sucedida por cicatrizes de garimpo ou se a área foi convertida para uso agropecuário.

O ID de cada pista foi atribuído com base na ordem em que ela foi identificada nas imagens. Algumas pistas permaneceram ativas ao longo do tempo, enquanto outras desapareceram por substituição por outras formas de ocupação, como áreas desmatadas, estradas ou novas infraestruturas.

Para aprofundar a análise das dinâmicas de degradação ocasionadas pelas pistas de pouso, foram selecionadas duas pistas sem registro na ANAC em cada Terra Indígena como estudos de caso, devido a quantidade de pista em cada Terra Indígena, foi preciso selecionar somente duas para análises estatísticas mais aprofundadas. Sendo uma localizada no interior do território demarcado e outra na zona de amortecimento (buffer),

isso para as três Tis da área de estudo, totalizando seis pistas para serem analisadas, não só pela fotointerpretação, mas também com dados obtidos por sensoriamento remoto. O critério para essa seleção priorizou infraestruturas que foram abertas originalmente em áreas de vegetação densa e preservada, mas que, na sequência temporal das imagens, serviram como vetores de exploração naquela região da pista, como projetos de mineração ou intensa antropização.

2.3. Aquisição e Pré-processamento dos Dados Orbitais (GEE)

A primeira fase da pesquisa consistiu na aquisição de imagens dos sensores da série Landsat, escolhidos por sua longa série histórica, resolução espacial (30 metros) e disponibilidade gratuita por meio da plataforma Google Earth Engine. Essas imagens foram escolhidas de forma a garantir um recorte temporal consistente, com intervalos regulares ao longo de quase quatro décadas, permitindo a análise da evolução espacial da instalação de pistas não registradas na ANAC em Terras Indígenas. Foram utilizadas imagens dos seguintes sensores:

- Landsat 5 Thematic Mapper (TM): anos de 1985, 1990 e 1995;
- Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+): anos de 2000, 2005 e 2010;
- Landsat 8 Operational Land Imager (OLI): anos de 2014, 2017, 2021 e 2024.

2.3.1. Geração das Séries Temporais

No Google Earth Engine (GEE) foi desenvolvido um *script* para selecionar imagens sem nuvem do satélite Landsat de alta resolução espacial (30m). A programação permitiu exportar imagens sem nuvens em dois recortes temporais para a área de estudo, em seguida, as imagens foram tratadas por meio da composição em cores verdadeiras (mosaico RGB) e recorte da região de interesse, entre os anos de 1985 e 2024, totalizando dez imagens, para se investigar, a partir da interpretação visual, a localização das pistas de pouso (**Quadro 1**).

Quadro 1. Dados das imagens Landsat obtidas no Google Earth Engine.

Ano	Satélite	Bandas cor Verdadeira	Órbita/Ponto	Resolução Espacial
1985	USGS Landsat 5 Level 2, Collection 2, Tier 1			
1990				

1995	USGS Landsat 7 Level 2, Collection 2, Tier 1	SR_B1 SR_B2 SR_B3	229 / 65 228 / 68 230 / 66 230 / 68 229 / 66 229 / 68 228 / 66 227 / 68 231 / 66 228 / 69 229 / 67 227 / 69 230 / 67 231 / 68 228 / 67 231 / 67	30 m
2000				
2005				
2010				
2014	USGS Landsat 8 Level 2, Collection 2, Tier 1	SR_B2 SR_B3 SR_B4		
2017				
2021				
2024				

Fonte: Buzatto (2025).

2.4. Mapeamento das pistas de pouso

Com os mosaicos anuais processados e exportados do GEE, a etapa de mapeamento foi executada em ambiente SIG, utilizando o software ArcGIS Pro (versão 3.4.0). O método adotado foi a interpretação visual multitemporal em tela, aumentando e diminuindo o zoom das imagens, para identificar feições lineares compatíveis com as pistas de pouso (Francini et al., 2020).

A varredura visual foi realizada sobre os limites das Terras Indígenas e em suas respectivas zonas de amortecimento (buffer de 10 km). Para cada feição identificada, procedeu-se à vetorização manual, em seguida a atribuição de dados qualitativos na tabela de atributos. Esse processo gerou um inventário georreferenciado das infraestruturas, permitindo a localização espacial e a datação aproximada da abertura da pista com base na primeira aparição na série histórica das imagens.

2.5. Aquisição de Dados Complementares

Para reforçar as análises das pressões extrativistas nas Terras Indígenas, foram adicionados dados robustos de fontes oficiais e secundárias, dentro e na área de amortecimento das Terras Indígenas (Buffer de 10 Km). A seguir serão apresentados alguns dados complementares utilizadas nesta pesquisa.

2.5.1. Dados Minerários e de Uso do solo

O principal conjunto de dados legais foi obtido junto ao Sistema de Informações

Geográficas da Mineração (SIGMINE/ANM). O tratamento espacial dessas informações foi realizado no software QGIS Desktop 3.34.6, mediante a inserção do arquivo vetorial original extraído da plataforma. A filtragem dos dados utilizou a ferramenta selecionar por localização, acessível pelo menu *Vetor* e submenu *Investigar*. Para a seleção, foram aplicados aos predicados geométricos *contêm*, *tocam* e *estão dentro de*, utilizando o buffer das Terras Indígenas como camada de referência. Este procedimento garantiu a seleção integral dos polígonos incidentes na área de interesse, preservando a geometria completa dos processos minerários sem efetuar recortes, o que resultou na criação de um novo arquivo vetorial específico para a análise.

Posteriormente, foram tabulados todos os processos identificados para o período de estudo (1979–2025), categorizando-os por ano, tipo de mineral, área em hectares e fase (Autorização de Pesquisa, Requerimento de Pesquisa, Lavra Garimpeira, Registro de extração, Concessão de Lavra, Licenciamento, Disponibilidade, Reconhecimento Geológico, Requerimento de Lavra Garimpeira e Apto para Disponibilidade) e espacializados no mapeamento das TIs para correlacionar os ciclos de mineração com o surgimento das pistas.

Para o mapeamento histórico do uso do solo, foram adquiridos os dados da Coleção 9.0 do MapBiomas (1985–2023), filtrando-se os pixels classificados como mineração (classe 30). Os dados auxiliares foram adquiridos através dos mapas anuais de Uso e Cobertura da Terra do Mapbiomas coleção 9.0. Esses mapas anuais são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens dos satélites Landsat, os quais possuem resolução de 30 metros. O processamento dos dados consistiu nas seguintes etapas: (i) baixar os mapas dos anos de uso e cobertura da terra de 1985 e 2023 diretamente no Google Earth Engine para as Terras Indígenas junto com o Buffer; (ii) Separar Apenas os pixels classificados do Uso e Ocupação do Solo existentes para a área de estudo (valor 30); (iii) Recortar as áreas de mineração, pastagem, formação campestre e vegetação localizadas dentro das TIs nas suas áreas de entorno (10 km); (iv) Cálculo da área anual de cada classe dentro das TIs e no seu entorno e transformado em arquivo vetorial e tabular (.csv).

2.5.2. Vetorização dos corpos Hídricos

Para a etapa de vetorização dos corpos hídricos referentes ao ano de 2024, adotou-se uma abordagem híbrida, combinando dados secundários com técnicas de classificação supervisionada de imagens de satélite. Inicialmente, foram utilizados os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2012).

Após o processo de classificação, os polígonos resultantes foram inspecionados visualmente e editados manualmente para garantir maior precisão cartográfica. A vetorização final dos corpos hídricos foi então incorporada à base de dados geoespaciais da pesquisa, sendo essencial para a exclusão dessas áreas durante a etapa de detecção das pistas de pouso, evitando falsos positivos em regiões alagadas ou margens de rios.

2.6. Processamento de Séries Temporais e Métricas (GEE)

Nesta etapa, os arquivos vetoriais das seis pistas de pouso selecionadas (duas por Terra Indígena) foram importados como *assets* individuais para a plataforma Google Earth Engine (GEE). Para cada pista, estabeleceu-se uma Região de Interesse (ROI) definida por um buffer circular de 5 km a partir da localização da pista de pouso, delimitando a área para análise das dinâmicas de paisagem. A adoção desse raio menor permitiu investigar inicialmente os impactos diretos e imediatos das pistas. Essa delimitação próxima funcionou como um passo metodológico necessário para compreender o núcleo da degradação antes de expandir a análise para raios de abrangência maiores.

O processamento computacional foi individualizado, para cada um dos seis *assets*, foram executados cinco scripts distintos, totalizando trinta rotinas de processamento. Essas rotinas foram divididas em: (i) seis scripts para cálculo de diferença de vegetação (NDVI); (ii) seis scripts para extração tabular de classes de uso do solo em arquivo csv; (iii) dezoito scripts dedicados à geração de visualizações dinâmicas (RGB, NDVI e LULC). A execução desses procedimentos permitiu monitorar as alterações na cobertura vegetal e no uso do solo ao longo do tempo, o que serviu de base para as análises do capítulo 3. Todos os algoritmos desenvolvidos encontram-se detalhados no Apêndice desta

pesquisa.

2.6.1. Processamento Espectral e Cálculo de Perda de Vegetação (GEE)

O objetivo deste procedimento foi estabelecer uma métrica quantitativa para a supressão vegetal ocorrida entre o estado inicial e o atual das áreas estudadas. O *script* acessou as coleções da série Landsat (sensores TM, ETM+, OLI e OLI2) cobrindo o intervalo de 1985 a 2025, o que permitiu o uso de toda a base histórica disponível para gerar mosaicos anuais consistentes. Aplicou-se uma função de máscara unificada para remover nuvens e saturação de pixels (QA_PIXEL e QA_RADSAT).

Não foi aplicada correção entre sensores. Os mosaicos foram convertidos para reflectância de superfície e tiveram as nuvens removidas, mas as diferenças de resposta entre os satélites TM e OLI não foram corrigidas. Por isso, os percentuais de supressão vegetal expressam ordem de magnitude, e não medida absoluta. A comparação permanece válida porque o contraste entre pistas internas e externas é muito superior ao erro esperado entre satélites.

As coleções foram fundidas (merge) e reduzidas pela mediana anual, gerando imagens livres de ruído atmosférico. Sobre esses mosaicos, utilizou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) para distinguir a floresta densa das áreas de solo exposto ou degradação. Para a quantificação, definiu-se um limiar binário onde pixels com $NDVI \geq 0,6$ representaram vegetação nativa. O algoritmo aplicou o redutor *ee.Reducer.sum* sobre a banda de área (*pixelArea*), contabilizando a superfície total vegetada dentro dos buffers para os anos de 1985 (marco inicial) e 2025 (cenário atual). A comparação entre esses dois períodos permitiu determinar a taxa percentual de supressão vegetal acumulada em cada pista de pouso ao longo de quatro décadas.

Cabe ressaltar que a leitura visual das pistas se baseou em dez imagens de referência compreendidas entre 1985 e 2024 (**Quadro 1**). Por outro lado, as análises de vegetação e a classificação utilizaram a série temporal completa em escala anual de 1985 a 2025.

2.6.2. Extração de Classes de Uso do Solo (LULC)

Para processar a série histórica dos dados de uso e cobertura da terra descritos e

preparados conforme a seção 2.5.1, utilizou-se a Coleção 9.0 do MapBiomas (1985–2023). O algoritmo executou uma iteração anual sobre a ROI (buffer de 5 km), aplicando a função *reduceRegion* para contabilizar a área (em hectares) das classes de interesse, especificamente: Formação Florestal, Formação Campestre, Pastagem e Mineração.

O código incluiu uma rotina de correção de dados para garantir a consistência temporal, atribuindo valor zero para classes não detectadas em determinados anos, evitando lacunas na série estatística. Os resultados foram compilados em formato tabular e exportados para análise de tendência, em arquivos .csv para o Google Drive. A extração desses dados permitiu identificar a substituição da cobertura vegetal por usos antrópicos, o que possibilitou caracterizar a dinâmica de ocupação em torno de cada pista de pouso, servindo de base para as análises do capítulo 3.1 e para a elaboração das figuras de 6 a 23.

2.7. Análises Estatísticas

2.7.1. Análise da série temporal

A etapa de validação estatística foi realizada em ambiente de programação Python, utilizando a plataforma Google Colab. Os arquivos tabulares (.csv) contendo as áreas anuais das classes de uso do solo, gerados anteriormente no Google Earth Engine, foram importados e processados utilizando as bibliotecas *pandas* para manipulação de dados e *pymannkendall* para a execução dos testes de tendência. Para cada uma das seis pistas de pouso selecionadas, aplicou-se o Teste de Mann-Kendall (Hussain; Mahmud, 2019). Optou-se por este método não paramétrico devido à sua robustez para séries temporais ambientais, pois ele não exige que os dados sigam uma distribuição normal e é menos sensível a valores discrepantes (outliers) ou falhas na série (Helsel; Frans, 2006). A análise foi adaptada ao contexto de cada área, selecionando as classes de cobertura do solo mais representativas da degradação naquele local (como Pastagem, Mineração ou Formação Campestre) para serem correlacionadas com a supressão da Formação Florestal. A aplicação desse teste permitiu confirmar a significância estatística das tendências de degradação e substituição da vegetação entre 1985 e 2023. Essa validação conferiu rigor matemático às interpretações apresentadas no capítulo 3.1 e

serviu de base para a construção das figuras de resultados. A avaliação da tendência baseou-se nos seguintes parâmetros estatísticos calculados pelo algoritmo:

- Teste de Mann-Kendall: Verifica a tendência de aumento ou queda em uma série de dados, se é estatisticamente significativa.
- P-valor (Valor-p): Utilizado para determinar a significância estatística da tendência. Adotou-se o nível de confiança de 95%, onde valores de $p < 0,05$ indicam que a alteração da paisagem (aumento do desmatamento ou garimpo) não é aleatória, mas sim uma tendência consolidada.
- Declive de Sen (Sen's Slope): Calculado para quantificar a magnitude da mudança, expressando a taxa média de ganho ou perda de área em hectares por ano (ha/ano).
- Tau de Kendall (τ): Mede a força e a consistência da tendência em uma escala de -1 a +1. Valores próximos de -1 (queda consistente) ou +1 (aumento consistente) indicam uma tendência muito forte.
- Escore-Z: Indica a direção (+ para aumento, - para queda) e a força da tendência ao longo da série histórica (1985–2023). Valores acima de +1.96 ou abaixo de -1.96 geralmente correspondem a um p-valor < 0.05 .

Como produto final desta etapa, foram gerados gráficos de séries temporais utilizando as bibliotecas *matplotlib* e *seaborn*, contendo as anotações estatísticas automáticas das tendências identificadas. Além disso, os resultados numéricos foram compilados em tabelas estilizadas e exportados como figuras de alta resolução para compor os resultados da pesquisa.

2.7.2. Geração de Produtos de Visualização Dinâmica

A integração dos dados estatísticos e das métricas de paisagem fundamentou a geração de séries temporais animadas (GIFs), utilizadas como ferramenta de validação visual e análise qualitativa. No total, o processamento gerou dezoito animações que auxiliaram na interpretação dos resultados apresentados no capítulo 3.1 e nas figuras de 6 a 23, divididas em três categorias para cada vetor de pista de pouso:

- Composição RGB (Cor Verdadeira): Para visualização da abertura física da pista e infraestruturas associadas.

o satélite Landsat 5 também (janela de 2004 a 2006), e não com o Landsat 7, opção adotada para evitar o defeito de faixas (*SLC-off*) presente no Landsat 7 desde 2003.

Essa estratégia de se utilizar mais anos foi adotada devido às limitações de cobertura do sensor Landsat 5, onde a presença de nuvens e a periodicidade das passagens impediram que um único ano fornecesse dados suficientes para completar a extensão total das duas Terras Indígenas e seus respectivos buffers de 10 km (TI Aripuanã e Kayabi). Sendo assim a TI Sararé foi excluída desta etapa de modelagem devido às limitações fisiográficas. Por situar-se em uma zona de transição com vegetação mais aberta, com características maiores de cerrado do que amazônica, o classificador não foi capaz de distinguir com exatidão as classes de solo, pastagem e vegetação.

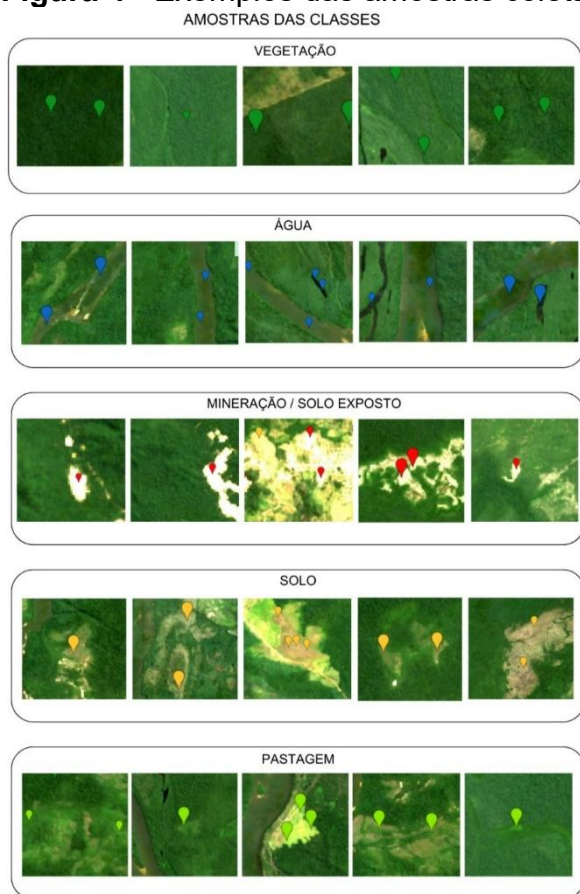
Para o cenário atual de 2025, utilizou-se a coleção Landsat 9 OLI-2. Em todos os períodos, aplicou-se o redutor de mediana, que seleciona o valor central de cada pixel na série temporal, assegurando uma imagem final estatisticamente estável.

A consistência metodológica foi mantida pela padronização e Validação Cruzada dos Algoritmos para as três TI. A estratégia de classificação adotou um controle comparativo, utilizando o mesmo conjunto de amostras de treinamento e a mesma arquitetura de script para os dois algoritmos avaliados, *Random Forest* (RF) e *Gradient Tree Boost* (GTB) (Gorelick et al., 2017). Ambos foram configurados com 100 árvores de decisão (*numberOfTrees* = 100) para garantir paridade de condições. A base de dados foi dividida aleatoriamente em 70% para treinamento e 30% para teste (Gholamy; Kreinovich; Kosheleva, 2018). Permitindo mensurar o desempenho estatístico de cada classificador de forma neutra. As condições de processamento foram mantidas idênticas em ambos os modelos, alterando exclusivamente o classificador final para permitir a avaliação do desempenho de cada algoritmo sob as mesmas variáveis amostrais (Maclachlan, 2025).

Além das bandas originais da imagem do Landsat (Blue, Green, Red, NIR, SWIR1 e SWIR2) e dos índices espectrais (NDVI, NDWI, NDBI e BSI), utilizou-se o Brightness Index (Brilho) para auxiliar na diferenciação de alvos com alta reflectância. Durante a coleta das 100 amostras por classe, aplicou-se o realce de contraste com *Stretch* de 100%, conforme exemplificado na **Figura 4**. Essa técnica foi aplicada para facilitar a interpretação visual e a separação espectral das cinco classes monitoradas, tornando as

distinções entre solo, solo exposto, vegetação, pastagem e água, mais evidentes durante o treinamento do modelo. As amostras de cada classe foram coletadas de forma independente para cada ano analisado (1985, 2005 e 2025), sobre a respectiva imagem, de modo que correspondem à paisagem realmente existente em cada data.

Figura 4 - Exemplos das amostras coletadas para cada classe.



Fonte: Buzatto (2026).

A fundamentação matemática para a extração dos Índices utilizados na classificação é detalhada no **Quadro 2**. Este quadro sintetiza as equações aplicadas, estabelecendo o suporte teórico necessário para entender o grau de importância de cada índice para a classificação supervisionada.

Quadro 2. Inventário dos Índices Espectrais utilizados.

Índice	Sigla	Equação	Finalidade
--------	-------	---------	------------

Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	Identificar densidade de biomassa e vigor vegetal
Índice de Brilho	Brightness Index	$\frac{RED + GREEN + SWIR1}{3}$	Mensurar a magnitude da reflectância da superfície
Bare Soil Index	BSI	$\frac{(SWIR1 + RED) - (NIR + BLUE)}{(SWIR1 + RED) + (NIR + BLUE)}$	Diferenciar áreas de solo exposto de áreas de vegetação rasteira
Normalized Difference Water Index	NDWI	$\frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$	Ressaltar corpos hídricos e umidade do solo
Normalized Difference Built-up Index	NDBI	$\frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$	Mapear áreas com solo exposto

Fonte: Buzatto (2026).

Por fim, aplicou-se um filtro de pós-processamento com kernel Manhattan para corrigir pixels isolados (Souza Jr. et al., 2023). Com os mapas classificados, foi realizado a validação com a aplicação de dois testes de desempenho (Mengue, 2013). O primeiro deles é a *Acurácia Global*, um teste que cruza os dados reais coletados com as predições do algoritmo para identificar padrões de erro entre as classes. Depois descreveu-se os erros de omissão e inclusão (acurácia do produtor e acurácia do consumidor). Veja os detalhes principais de acordo com Mengue (2013):

- **Acurácia do Consumidor (User's Accuracy):** Responde à pergunta “Se eu for a campo no local mapeado como ‘X’, qual a chance de ser realmente ‘X’? É focada na precisão de quem utiliza o mapa.
- **Acurácia do Produtor (Producer's Accuracy):** Responde à pergunta, “O produtor do mapa conseguiu mapear corretamente a área ‘X’ do campo?”. Foca no erro de omissão.
- **Acurácia Global (Overall Accuracy):** É o total de acertos dividido pelo número total de amostras, indicando o desempenho geral do modelo.

Complementarmente, utiliza-se o Coeficiente Kappa para avaliar o nível de concordância da classificação além do que seria esperado pelo simples acaso, fornecendo um índice de precisão robusto. E para o modelo RF, verificou-se também a estimativa de erro *Out-of-Bag* (OOB) para atestar a capacidade de generalização (Maclachlan, 2025).

2.8.2. Análise Espacial por Distância Euclidiana

A análise de proximidade foi implementada para quantificar a influência espacial da Pista de Pouso sobre a dinâmica de degradação do solo nos três períodos monitorados. O fluxo metodológico integrou os vetores das pistas de pouso, identificados e mapeados na fase inicial da pesquisa, aos resultados das classificações supervisionadas (Lobo et al., 2018). Para isolar as áreas abertas no entorno das pistas, as classes Solo Exposto e Solo foram unificadas no GEE, gerando uma máscara binária de solo consolidado. Esta etapa conectou à análise anterior do buffer de 5 km, funcionando como uma validação dos resultados e permitindo expandir de forma controlada a área de influência das pistas para um alcance maior.

A análise da influência espacial das pistas utilizou o cálculo de distância euclidiana para mensurar a expansão da classe SOLO em raios de até 10 km, método consolidado para estimar a proximidade em linha reta entre elementos geográficos e analisar mudanças nos padrões de cobertura (Danielsson, 1980; Paiva, 2021). Para possibilitar uma comparação equilibrada, os dados foram convertidos em densidade (ha/km²). Esta ponderação é tecnicamente necessária porque, geometricamente, a área disponível para alteração aumenta conforme o raio se afasta do centro da pista, o que poderia gerar resultados discrepantes se analisados apenas em valores brutos.

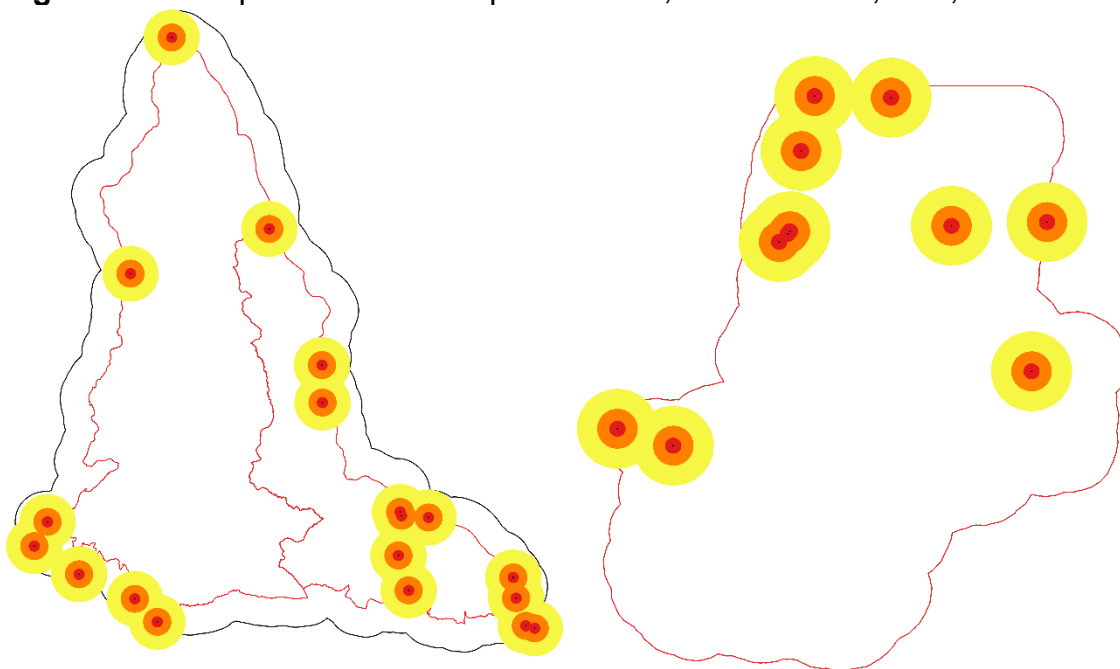
A matriz de proximidade foi gerada por meio da função *ee.FeatureCollection.distance*, que converteu os pontos discretos das pistas em uma superfície contínua³. Nesta etapa, o algoritmo calculou a distância métrica de cada pixel até a pista mais próxima, tratando o pixel como a unidade básica de informação espacial

³ GOOGLE DEVELOPERS. *ee.FeatureCollection.distance*. Referência da API, 2026. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-featurecollection-distance?hl=pt-br>

para capturar todos os detalhes (Degbelo; Kuhn, 2012). Embora a função execute a métrica euclidiana sobre o plano do mapa, a rotina foi configurada para utilizar coordenadas geográficas (lat/long), o que acionou internamente o modelo esferoidal do GEE, projetando os dados sobre uma esfera para mitigar distorções e garantir a precisão dos dados (Paiva, 2021). Essa abordagem permite examinar a localização exata das alterações de cobertura em relação a um ponto específico⁴.

A partir deste modelo, o território foi dividido em faixas de 2 km, 5 km e 10 km, representadas visualmente pelas cores vermelha, laranja e amarela, respectivamente na **Figura 5**. A quantificação da área degradada ocorreu via estatística espacial com a função *reduceRegion*, configurada para agrupar e somar os hectares de solo dentro de cada quilômetro de afastamento. Esta rotina impede a sobreposição analítica, assegurando que cada unidade de área seja vinculada exclusivamente ao foco de degradação mais próximo, seguindo a lógica de polígonos de proximidade para preservação da integridade estatística (Santanché et al., 2012).

Figura 5 - Exemplo da análise de proximidade, anéis de 2km, 5km, 10km.



Fonte: Buzatto (2026).

Finalmente, os resultados sumarizados foram exportados em formato tabular CSV

⁴ SRIVASTAVA, S. Proximity Analysis on Google Earth Engine. Medium, 2022. Disponível em: <https://medium.com/@sam.21/proximity-analysis-on-google-earth-engine-e41b8eba6bbd>

para o ambiente Google Colab. Em linguagem *Python*, os dados correspondentes aos anos de 1985, 2005 e 2025 foram organizados para calcular as porcentagens acumulativas de área de solo nas três faixas de distanciamento delimitadas. Foram organizados para estruturar um ranking com as pistas de pouso com maior acúmulo da classe *solo* em seu entorno ao longo da série histórica. Essa abordagem priorizou os identificar de forma direta as pistas de pouso específicas que exerceram maior pressão de degradação dentro de cada anel de distanciamento. Os dados geraram gráficos comparativos e tabelas de ordenação para os modelos GTB e RF, permitindo visualizar a expansão radial do impacto na paisagem pelo aumento absoluto das áreas de *solo* mapeadas em cada faixa de distância ao longo das décadas.

2.9. Síntese Metodológica

Para facilitar a compreensão do fluxo de trabalho adotado nesta pesquisa, o **Quadro 3** apresenta a síntese da metodologia. Ele explica diretamente as etapas de processamento de dados e métodos estatísticos aplicados com os respectivos produtos analíticos e as seções onde os resultados são discutidos ao longo deste trabalho a fim de facilitar a compreensão de cada componente da metodologia e em que resultou.

Quadro 3. Inventário dos Índices Espectrais utilizados.

Etapas Metodológicas	Ferramentas e Dados Utilizados	Produto / Resultado Gerado	Seção Correspondente nos Resultados
2.4. Mapeamento e Vetorização	ArcGIS Pro, Imagens Landsat (Mosaicos RGB GEE).	Inventário de 39 pistas de pouso clandestinas, dados de registro na ANAC e mapas de localização (Figuras 6, 11, 12, 17, 18, 23).	3.1. Dinâmica Espacial e Temporal das Pistas de Pouso nas TIs (Quadros 3, 4 e 5).
2.5.1. Aquisição de Dados Minerários	SIGMINE (ANM), QGIS.	Compilação e espacialização histórica dos requerimentos de mineração (ouro, cobre, etc.) incidentes nas TIs e zonas de amortecimento.	4.2.1. Projetos de Mineração (SIGMINE) (Quadros 6, 7 e 8).

2.6.1. Processamento Espectral e Cálculo de Perda de Vegetação	Google Earth Engine, Imagens Landsat, Índice de Diferença Normalizada (NDVI).	Quantificação da diferença percentual (redução) de vegetação densa no buffer de 5 km ao redor de 6 pistas selecionadas (entre 1985 e 2025).	3.1. Dinâmica Espacial e Temporal das Pistas de Pouso (Discussão por TI).
2.6.2. Extração de Classes LULC e 2.6.3. Análise Estatística Temporal	MapBiomas (Coleção 9.0), Google Colab (Python), Teste de Mann-Kendall.	Gráficos de tendências (Tau de Kendall, P-valor) comprovando a substituição da floresta por classes antrópicas (pastagem, mineração) (Figuras 7, 9, 13, 15, 19, 21).	3.1. Dinâmica Espacial e Temporal das Pistas de Pouso (Discussão por TI).
2.7.2. Geração de Produtos de Visualização Dinâmica	Google Earth Engine e Google Colab.	Painéis visuais (Composição RGB, NDVI e LULC dinâmicos) para validação visual do desmatamento e infraestruturas associadas (estradas, cavas) (Figuras 8, 10, 14, 16, 20, 22).	3.1. Dinâmica Espacial e Temporal das Pistas de Pouso (Discussão por TI).
Pesquisa Documental	Hemeroteca Digital, ISA, Cimi, IBGE.	Levantamento histórico do impacto das atividades ilegais (violações de direitos, contaminação, conflitos armados, doenças).	4.2.2. Análise dos Conflitos Socioambientais nas Terras Indígenas (Quadros 9, 10 e 11).
2.8. Análise Espacial e Distância Euclidiana	Algoritmos RF e GTB, Matriz de Confusão, Distância Euclidiana no GEE.	Tabela evolutiva de expansão radial da degradação no entorno das pistas (anéis de 2, 5 e 10 km).	5.1. Validação da classificação e evolução histórica da paisagem

Fonte: Buzatto (2026).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa apontam o mapeamento de 39 pistas de pouso

distribuídas nas áreas de estudo. A distribuição espacial dessas infraestruturas apresenta 19 ocorrências na Terra Indígena Kayabi, 11 na Terra Indígena Aripuanã (Cinta Larga) e 9 na Terra Indígena Sararé. Observou-se uma predominância de infraestruturas no entorno das áreas protegidas, com 25 pistas (64% do total) localizadas na zona de amortecimento (buffer). Quanto à regularidade, a interpolação com dados oficiais revelou que 27 pistas (69%) não possuem registro na base de dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), operando sem homologação. Em relação à continuidade, a interpretação visual constatou que 24 pistas (62%) permanecem ativas. A análise desses percentuais derivou da qualificação individual de cada infraestrutura mapeada, cujos detalhes técnicos fundamentaram a elaboração dos quadros qualitativos apresentados na sequência deste capítulo.

As características qualitativas de cada infraestrutura, incluindo o ano de detecção, localização geográfica e observações sobre o contexto de inserção, estão detalhadas nas tabelas a seguir. As pistas destacadas em negrito representam as amostras selecionadas para a análise aprofundada das dinâmicas de uso do solo e tendências de degradação, cujos dados foram processados via Google Earth Engine e analisados estatisticamente.

É importante destacar que a observação das séries históricas evidenciou que a implantação dessas infraestruturas alterou significativamente a paisagem local. Embora essa transformação seja detalhada e comprovada pelas análises quantitativas apresentadas na sequência, a consolidação de cicatrizes duradouras na cobertura florestal é visualmente perceptível já na etapa de interpretação e detecção das pistas nas imagens de satélite.

Estudos recentes como de Pereira-Chagas (2024) demonstraram que essas estruturas não registradas costumam anteceder a instalação de atividades ilícitas. Este estudo analisou a influência das pistas de pouso sem registro em áreas próximas de terras indígenas (Pereira-Chagas, 2024), revelou que as pistas agiram como catalisadores para o garimpo ilegal e outros crimes. Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram essa hipótese, evidenciando um *modus operandi* de invasão territorial facilitado pela logística aérea.

Diante desse contexto, será aprofundada a análise com a sistematização e a

discussão dos resultados organizadas por território. A estrutura de análise para cada TI prioriza, inicialmente, o exame detalhado das duas pistas selecionadas como estudo de caso, apresentando seus mapas de localização, gráficos de tendência, validação visual por meio das imagens dinâmicas e a diferença da vegetação no recorte temporal. Por fim, discute-se a relação desses dados com a pressão minerária. Após a discussão específica sobre os impactos observados nessas amostras, apresenta o inventário tabulado completo de todas as infraestruturas mapeadas na respectiva área de estudo.

3.1. DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS PISTAS DE POUSO NAS TERRAS INDÍGENA

3.1.1. Terra Indígena Aripuanã (Cinta Larga)

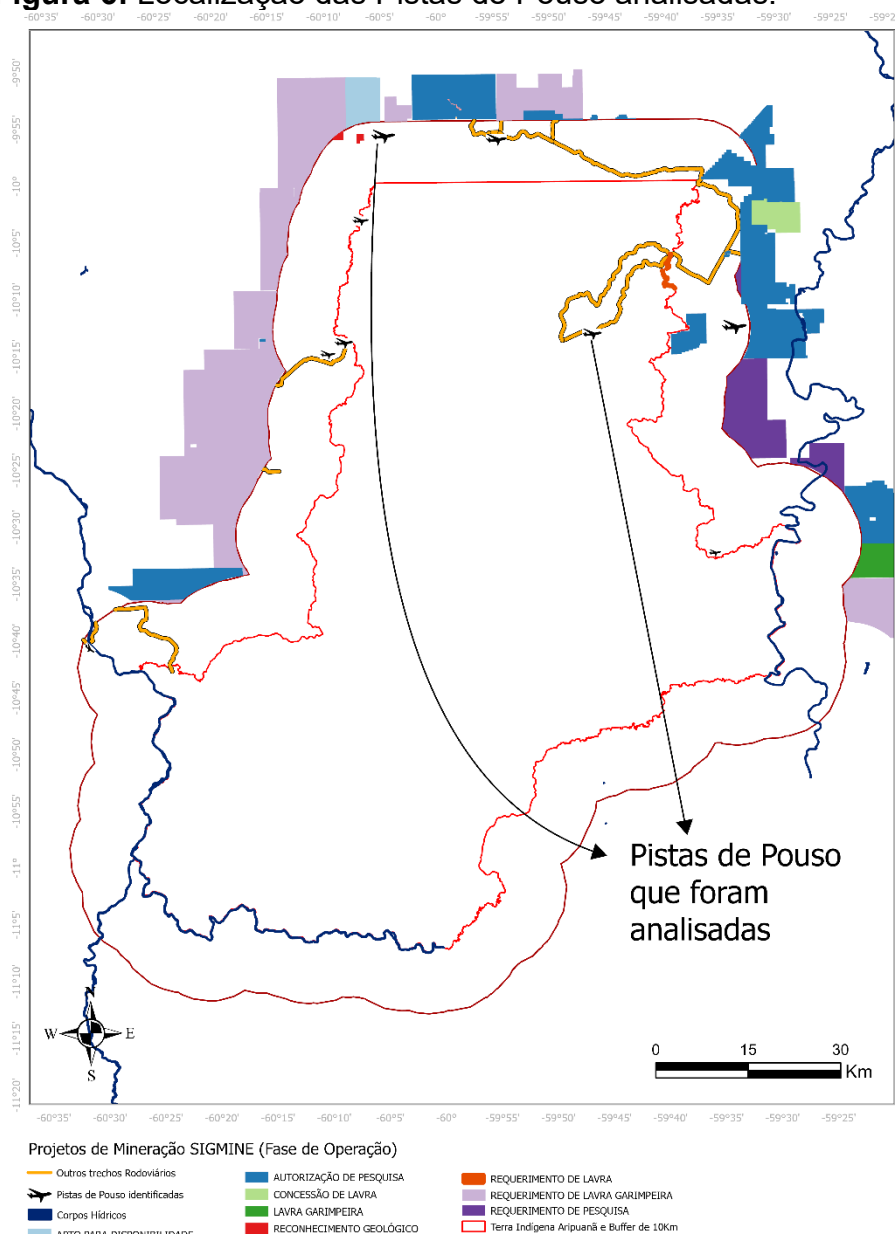
Conforme dados compilados pelo Instituto Socioambiental (2025), a Terra Indígena Aripuanã localizada no estado de Mato Grosso, abrange partes dos municípios de Aripuanã (24,8% da área do município) e Juína (5,28%). Conforme os dados do Instituto Socioambiental (ISA, 2026) em parceria com a Operação Amazônia Nativa (OPAN), o território possui uma extensão de aproximadamente 751 mil hectares e abriga uma população estimada em 381 indígenas, composta pelo povo Cinta Larga, há também registros oficiais da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI, 2025) de povos isolados, denominados Isolados do Rio Tenente Marques. Do ponto de vista jurídico, a regularização fundiária encontra-se concluída, sendo que a área foi declarada em 1979 e homologada somente em 2010.

No contexto ambiental, a TI pertence à bacia hidrográfica do Rio Madeira, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017). A cobertura vegetal predominante é a Floresta Ombrófila Aberta, que ocupa cerca de 57,83% do território (ISA, 2026). A fitofisionomia presente em sua maioria na TI é caracterizada por uma vegetação de transição entre a Floresta Amazônica e outras áreas, apresentando um clima com período de seca de dois a quatro meses, resultando em uma vegetação menos densa e mais aberta. Apesar da proteção legal, o território enfrenta riscos consolidados, os Relatórios do Conselho Indigenista Missionário (Cimi) apontaram a ocorrência de exploração ilegal de recursos naturais, especificamente a atividade

garimpeira e a extração madeireira, como as principais ameaças à integridade dos povos Indígenas da região.

A **Figura 6** demonstrou a localização das duas pistas de pouso selecionadas para a análise, ambas com as mesmas características identificadas em 1985, em uma área de vegetação densa. O mapa destaca que surgiu posteriormente uma estrada e os polígonos em azul, correspondem a autorizações de pesquisa mineral registrados no sistema SIGMINE.

Figura 6: Localização das Pistas de Pouso analisadas.



Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: SIGMINE 2024

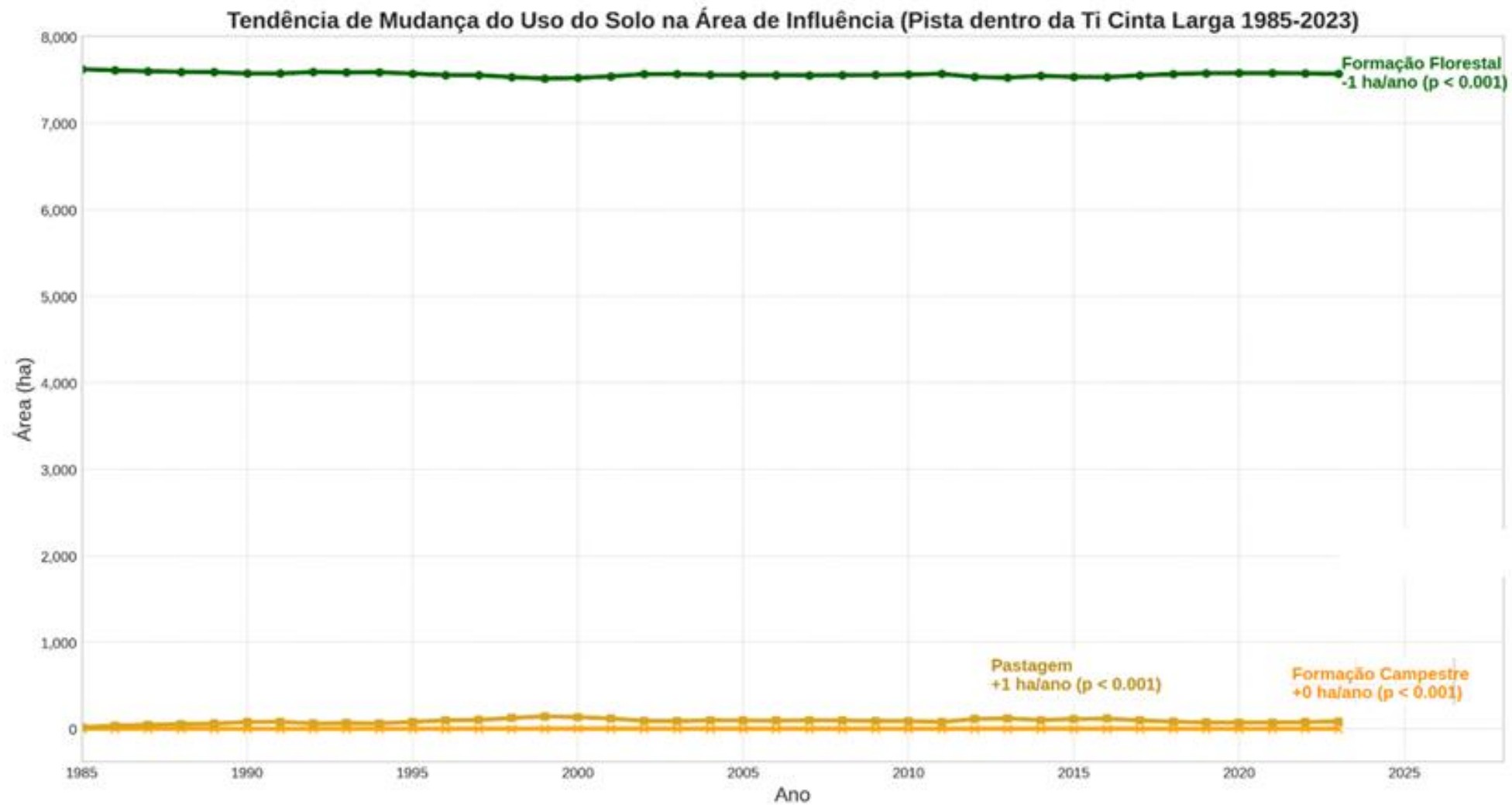
Fonte: Buzatto (2025).

A comparação da cobertura vegetal, realizada pela subtração do NDVI entre 1985 e 2025, no buffer de 5 Km da pista, demonstra que a alteração na paisagem foi diferente entre uma pista dentro e a outra no buffer. Enquanto a área da pista externa (**ID 8**) registrou uma perda de 21,2% de vegetação, a pista interna (**ID 14**), apresentou uma redução de 1,5%. Esses dados indicam que a supressão vegetal no entorno é significativamente mais expressiva. As transformações ocorridas na paisagem e na ocupação do solo referentes à pista de **ID 14** estão demonstradas nas **figuras 7 e 8**.

A **Figura 7** apresenta a análise de tendência temporal para o uso e cobertura do solo na área de influência da pista **ID 14** ao longo da série histórica de 1985 a 2023 (dados disponíveis do Mapbiomas). O gráfico mostrou um comportamento de alteração gradual na paisagem, com significância estatística ($p < 0.001$), onde a supressão da vegetação nativa ocorre na mesma proporção do incremento de classes antrópicas. Os dados indicam uma perda de 1 hectare ao ano de *Formação Florestal* (τ -0.28, apontando uma consistência moderada nessa supressão), correlacionada diretamente ao aumento de 1 hectare ao ano classificado como *Pastagem*. Os dados do Mapbiomas não apontaram a ocorrência da classe de mineração, apesar do banco de dados do INPE (2022).

A interpretação das imagens dinâmicas (validação visual deste processo) apresentado na **Figura 8**, permitiu compreender a dinâmica da pista **ID 14**. Podendo ser observado que esta infraestrutura serviu como vetor primário para o estabelecimento da atividade garimpeira e em sequência para a abertura de uma estrada em direção ao leste, projetando-se para fora da Terra Indígena. O desaparecimento do sinal da pista na série temporal coincide com a consolidação deste acesso terrestre, sugerindo que a infraestrutura aérea foi desativada assim que a rota por terra se tornou viável para o escoamento e abastecimento da localidade.

Figura 7 - Tendência da Pista de Pouso - ID 14.



Fonte: Buzatto (2025).

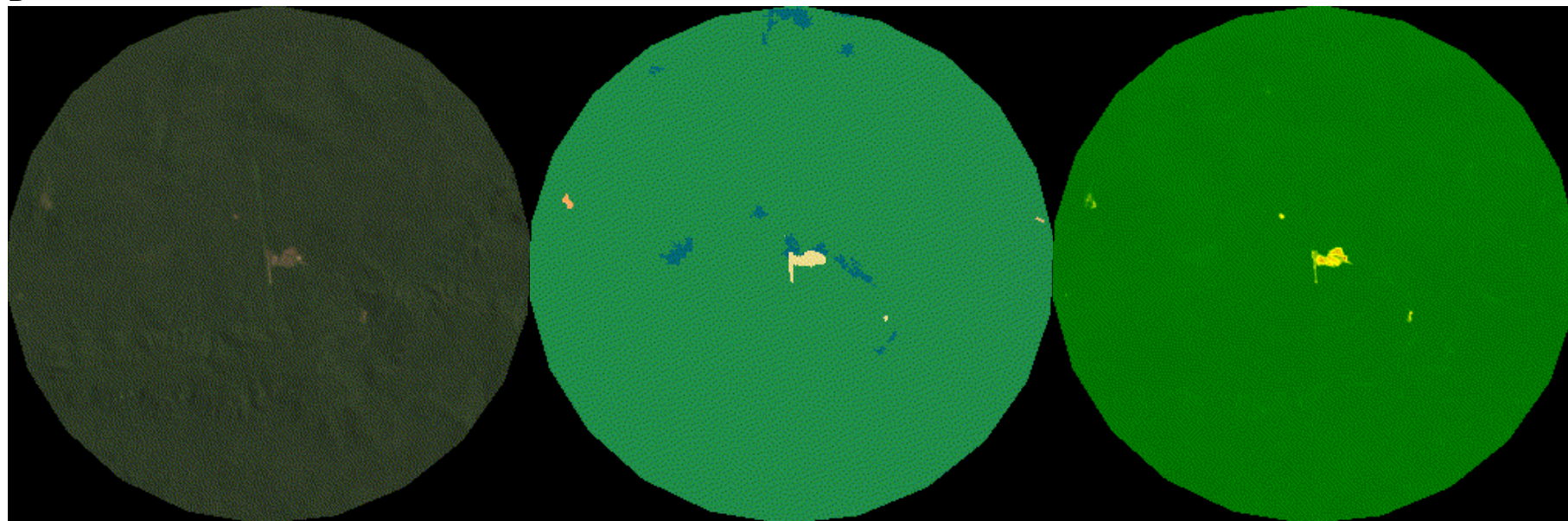
Figura 8: Monitoramento integrado da Pista de Pouso ID 14: Análise de tendência, dinâmica espacial e série histórica multitemporal (Landsat, NDVI e MapBiomas).

A

Tabela-Resumo da Análise de Tendência (Pista dentro da Ti Cinta Larga 1985-2023)

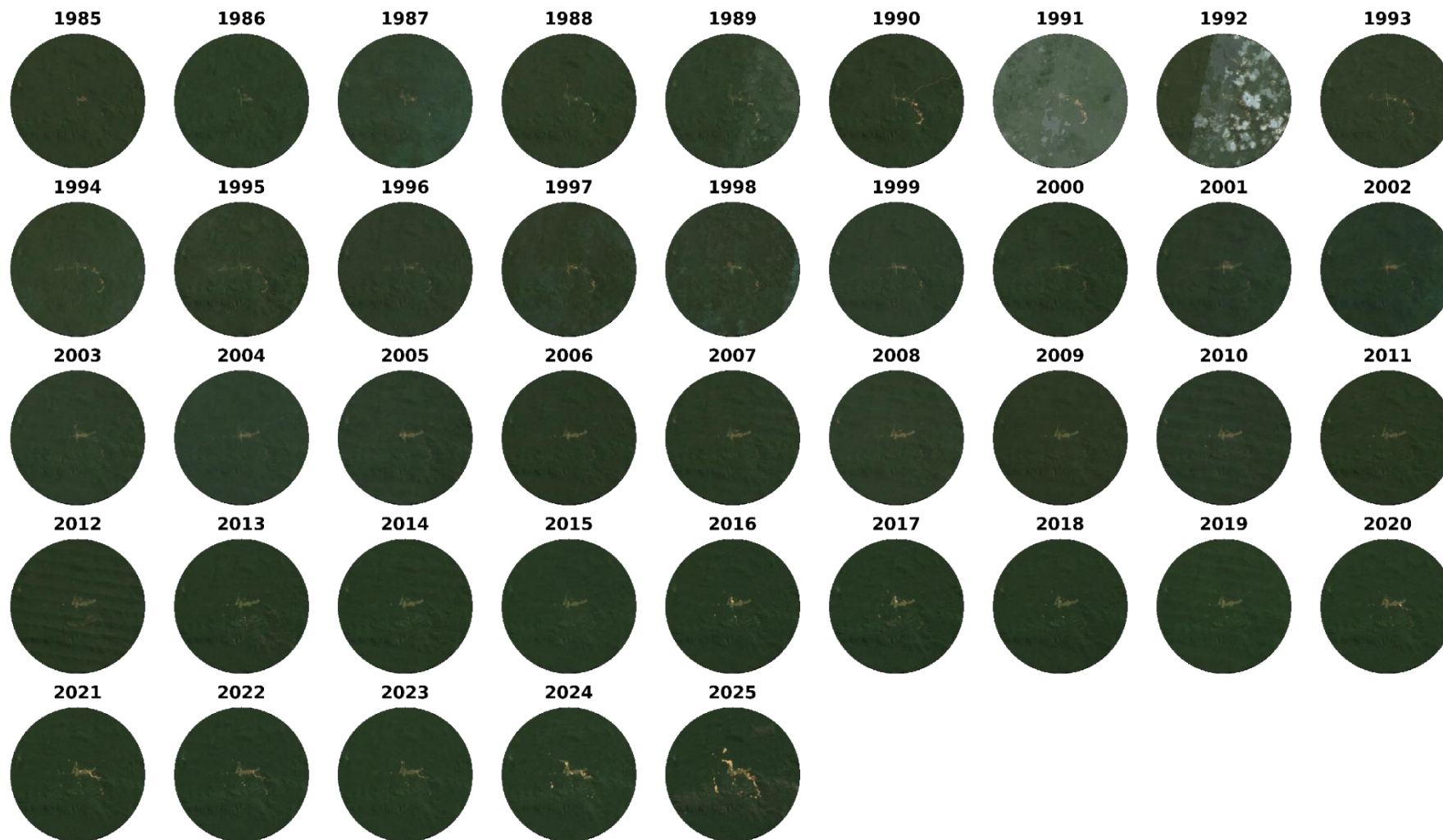
	Classe	Tendência	z-score	Tau de Kendall	P-valor	Slope de Sen (ha/ano)
0	Formação Florestal	decreasing	-2.47	-0.28	0.01360	-0.98
1	Formação Campestre	increasing	4.08	+0.53	0.00004	0.00
2	Pastagem	no trend	1.89	+0.21	0.05915	0.85

B



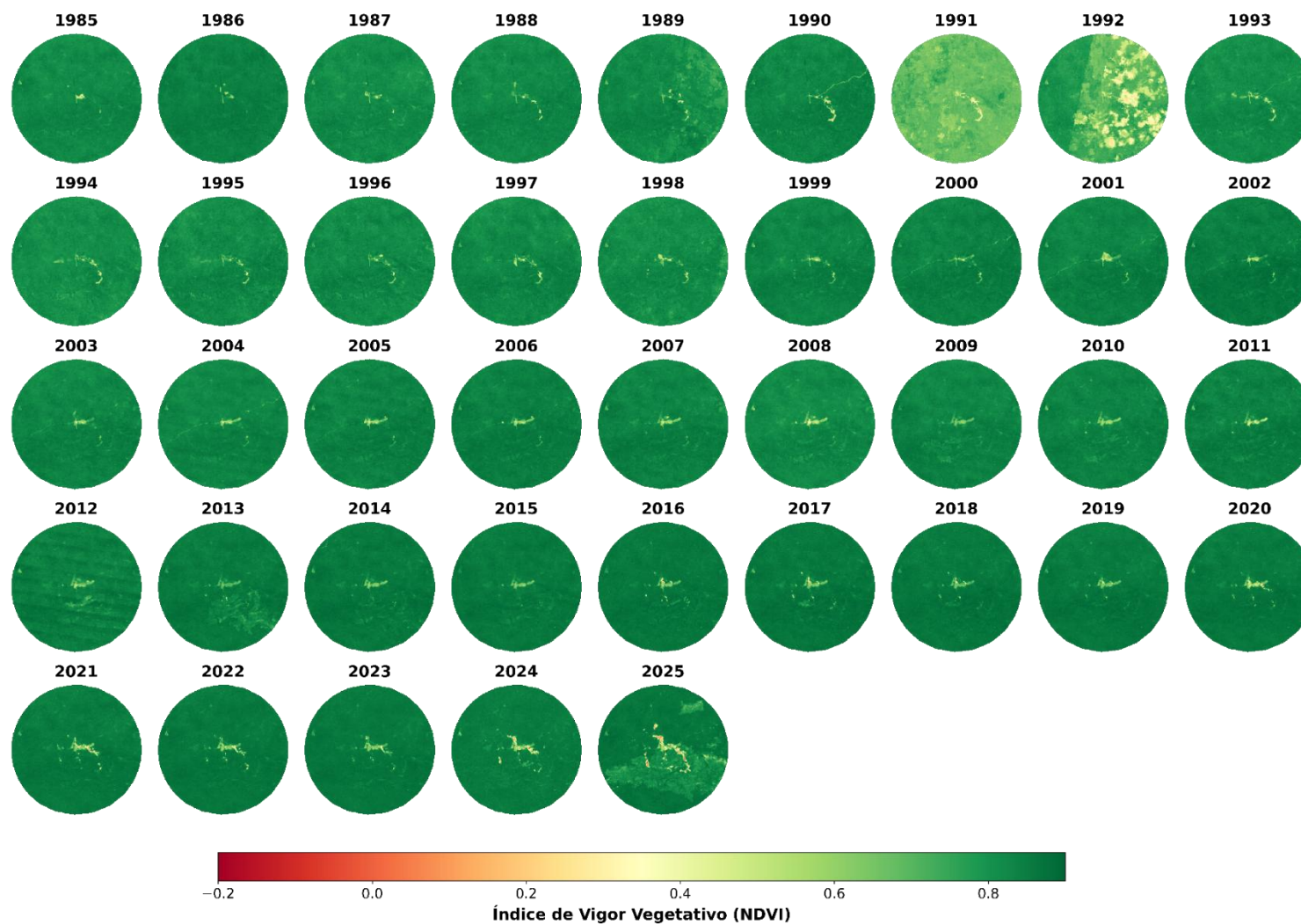
C

Evolução Temporal - Landsat 8 (RGB)



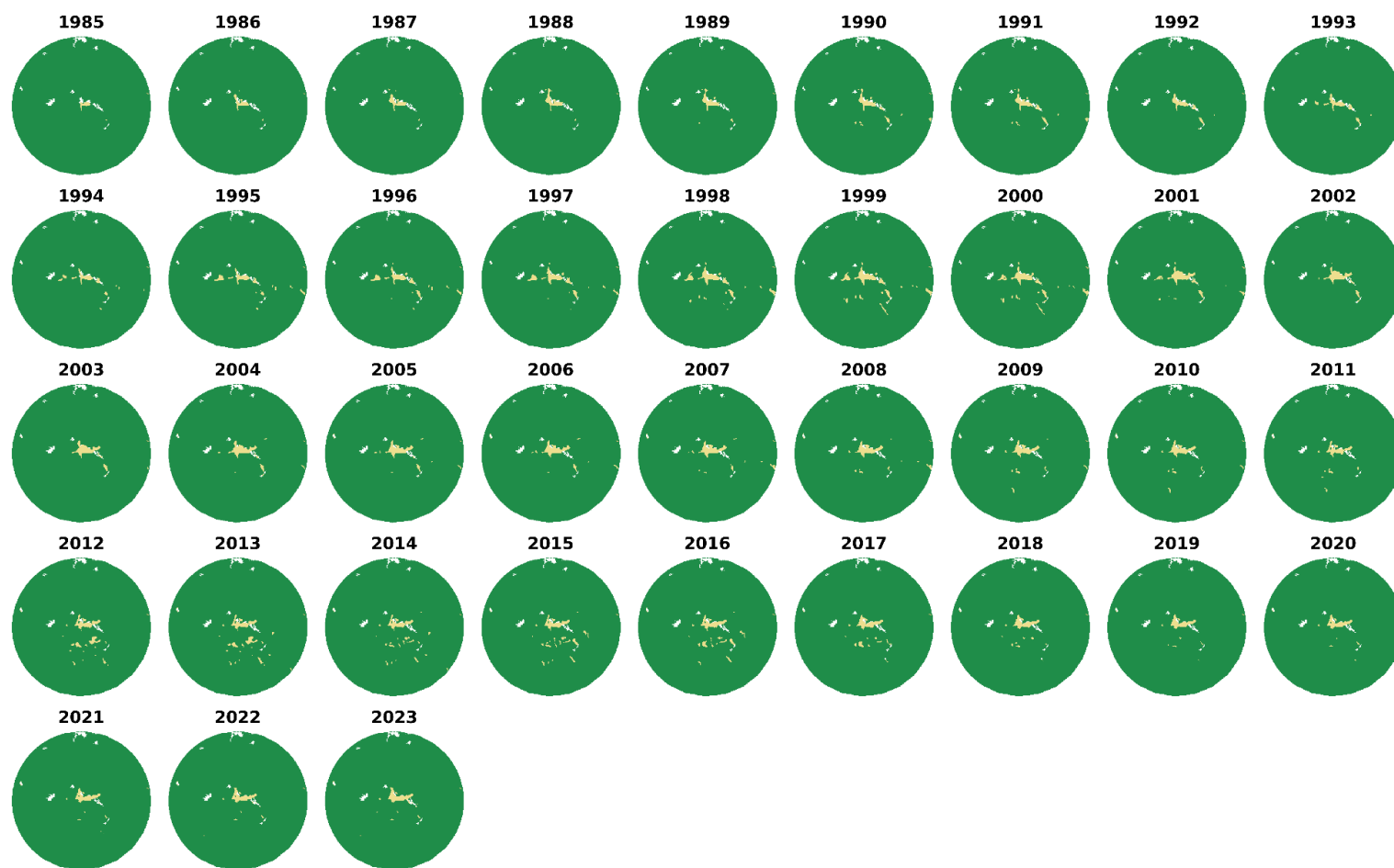
D

Evolução Temporal - Índice NDVI



E

Evolução Temporal - MapBiomias (Col. 9)



■ Formação Florestal
 ■ Formação Savânica
 ■ Campo Alagado
 ■ Formação Campestre
 ■ Pastagem
 ■ Área Urbanizada
 ■ Mineração / Garimpo
 ■ Corpo D'água

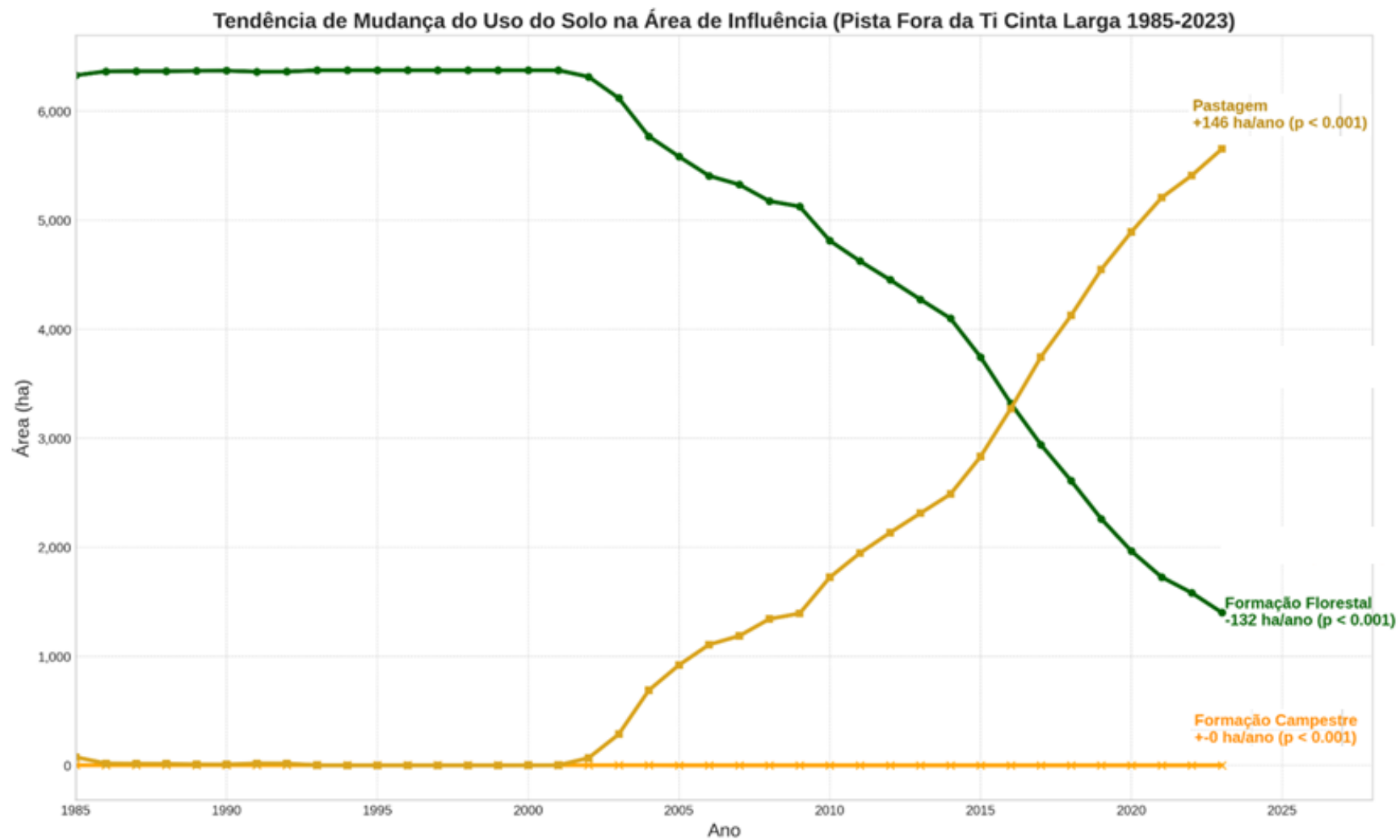
Fonte: Buzatto (2026).

Nota: (A) Gráfico de análise de tendência; (B) Imagem dinâmica (GIF) da evolução local; (C) Painel cronológico Landsat 8 (RGB); (D) Painel de Índice de Vigor Vegetativo (NDVI); (E) Painel de classificação de uso e cobertura da terra (MapBiomias - Col. 9).

Em contrapartida, a ocupação na zona de amortecimento, situada na parte norte da TI, apresentou um padrão acelerado, conforme demonstrado na **Figura 9**. O gráfico de tendência da pista **ID 8** revelou uma mudança rápida no uso do solo a partir do ano 2000, em uma área bem preservada, tendo apenas a pista como meio de acesso àquela localidade. A alta consistência dessa transformação foi corroborada pelos valores de τ (-0.73 para floresta e +0.72 para pastagem), e os dados indicaram um aumento de 146 hectares ao ano de áreas antrópicas, contra uma perda anual de 132 hectares de floresta.

A **Figura 10** detalhou esse processo através das imagens dinâmicas. O índice de vegetação NDVI deixou clara a estratégia de ocupação nesse local de difícil acesso. A configuração espacial sugere que a chegada ao local ocorreu pelo rio, permitindo a abertura da pista de pouso próxima à margem para consolidar a ocupação. Essa estrutura serviu de base para a expansão, resultando na abertura de diversas estradas pelo buffer em direção ao leste.

Figura 9 - Tendência da Pista de Pouso - ID 8.

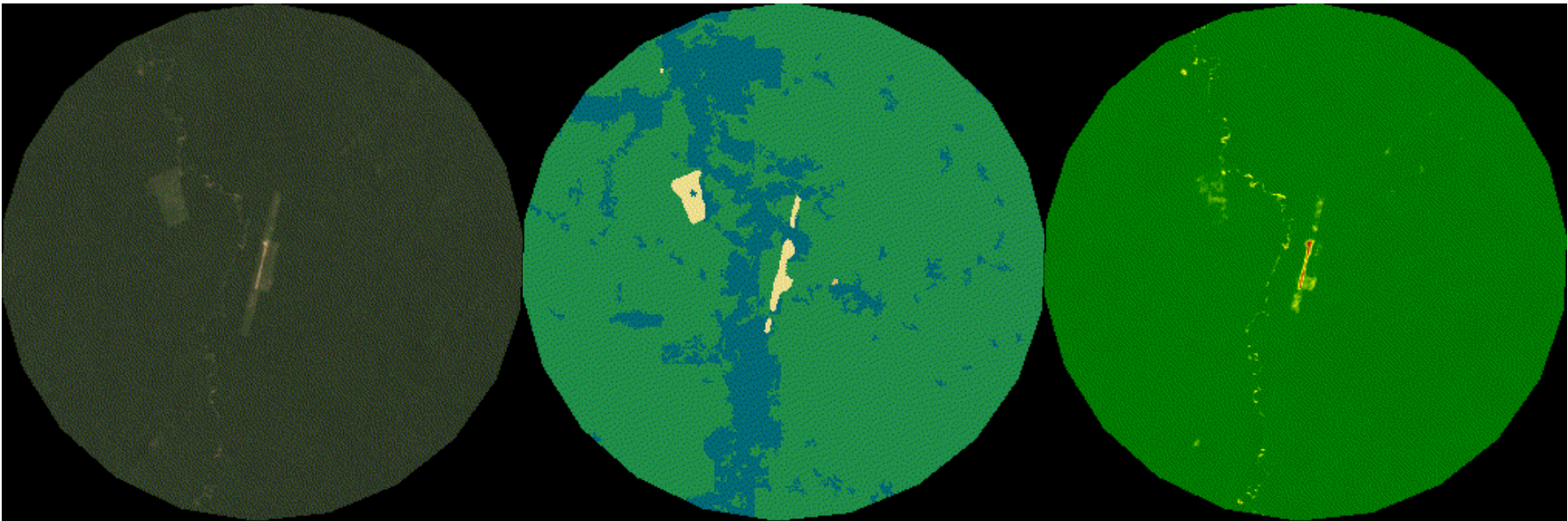


Fonte: Buzatto (2025)

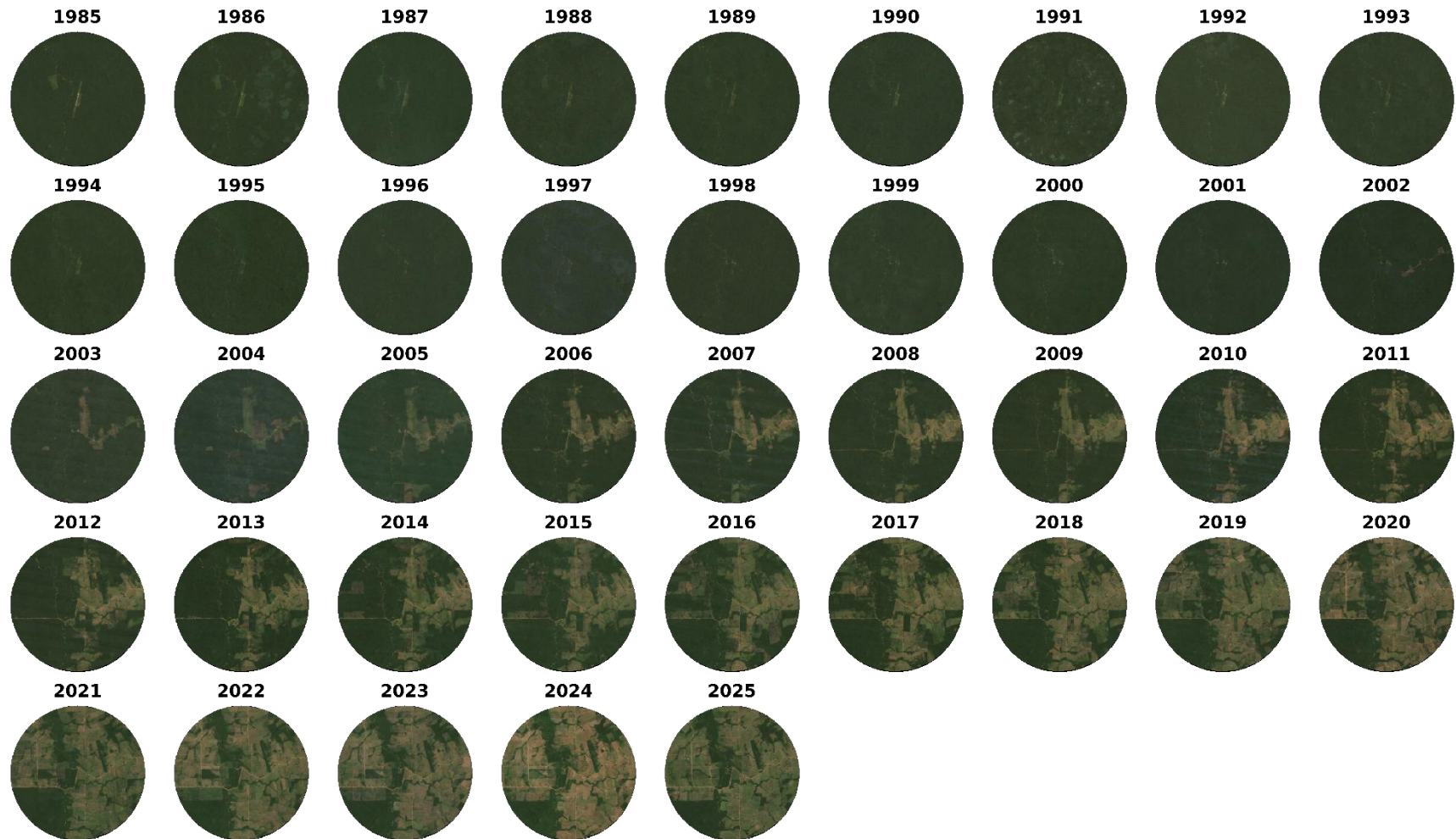
Figura 10: Monitoramento integrado da Pista de Pouso **ID 8**: Análise de tendência, dinâmica espacial e série histórica multitemporal (Landsat, NDVI e MapBiomas).

Análise de Tendência (Pista Fora da Ti Cinta Larga 1985-2023)

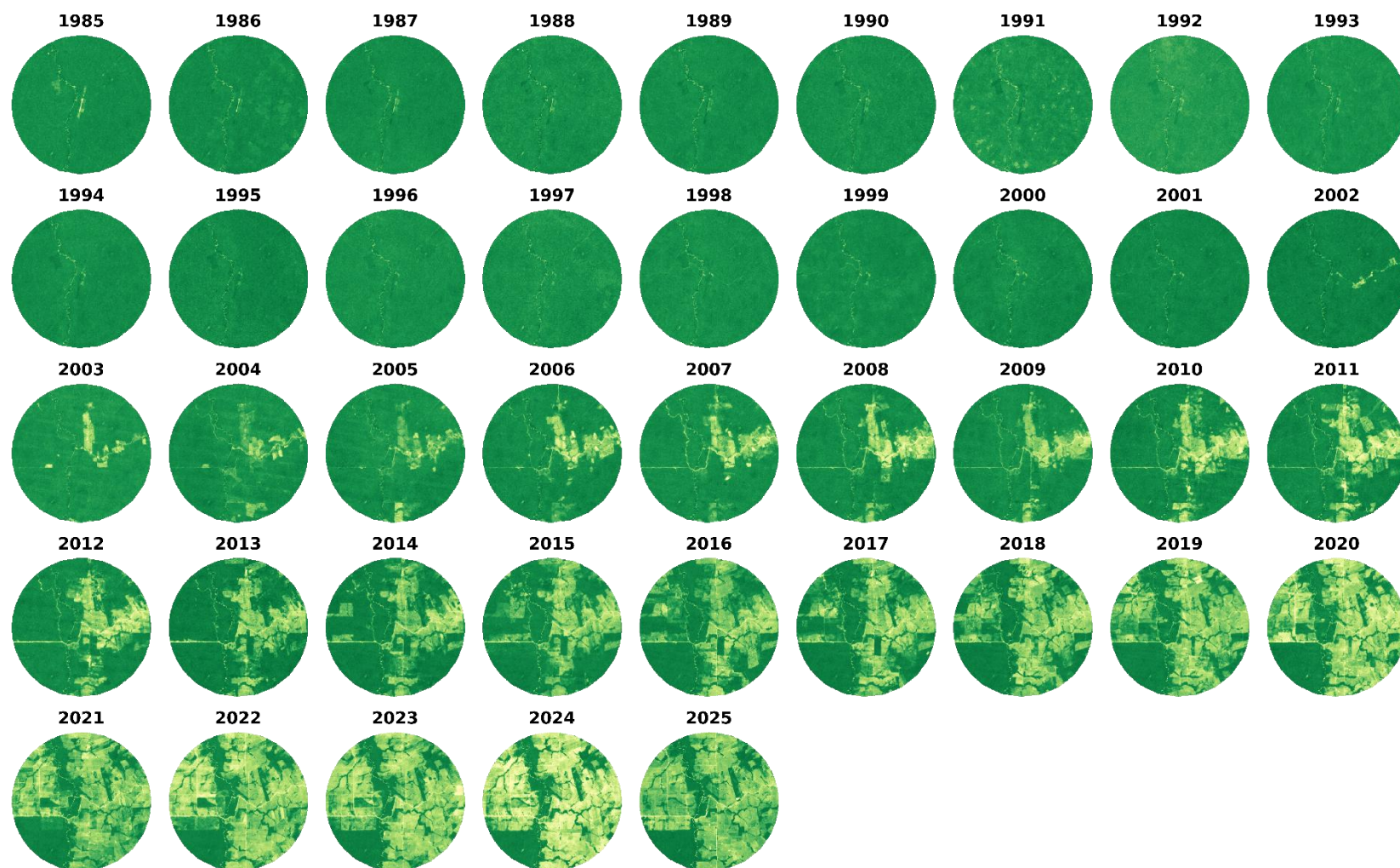
	Classe	Tendência	z-score	Tau de Kendall	P-valor	Slope de Sen (ha/ano)
0	Formação Florestal	decreasing	-6.47	-0.73	0.00000	-132.45
1	Formação Campestre	decreasing	-5.52	-0.73	0.00000	-0.03
2	Pastagem	increasing	6.41	+0.72	0.00000	146.27



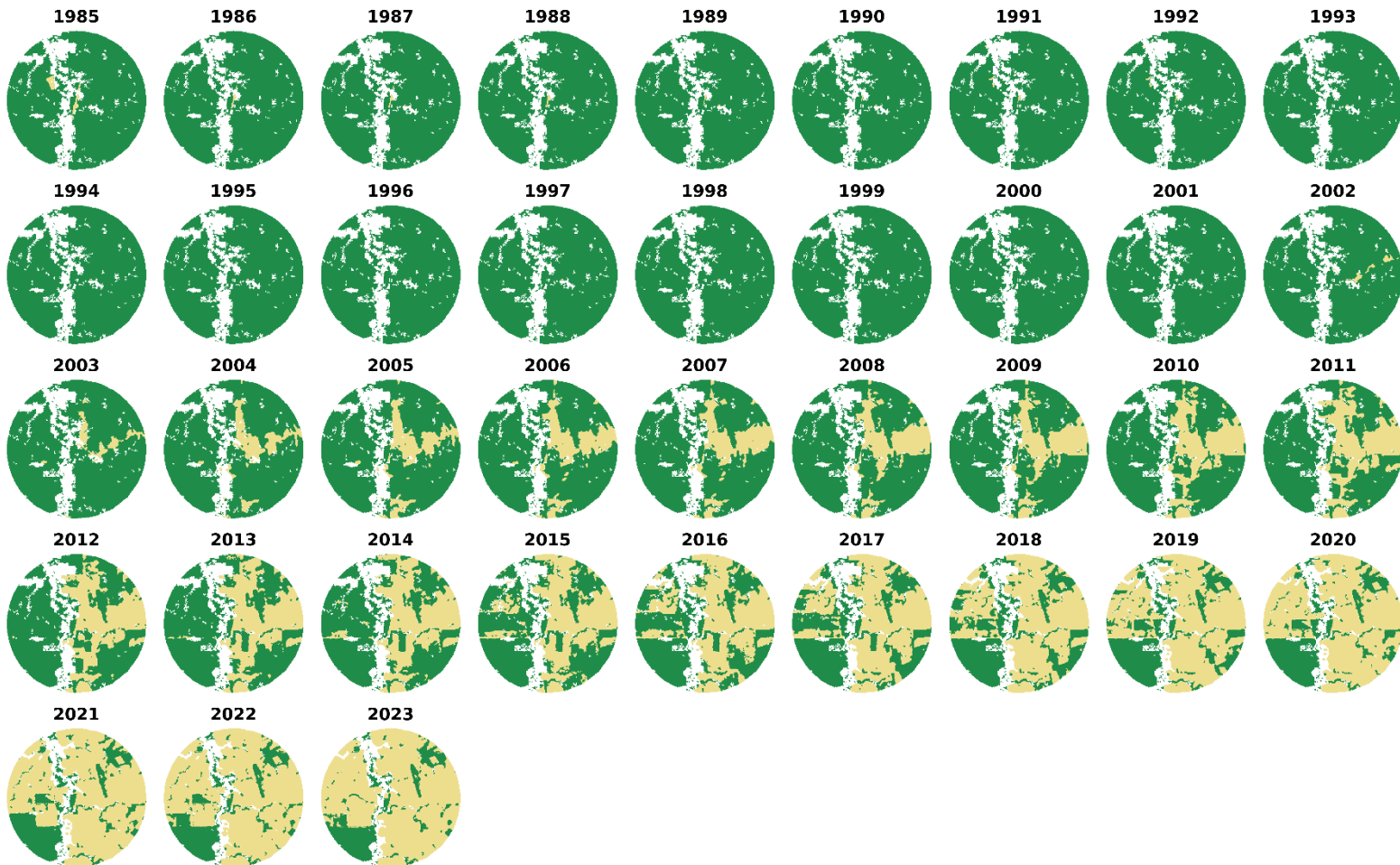
Evolução Temporal - Landsat 8 (RGB)



Evolução Temporal - Índice NDVI



Evolução Temporal - MapBiomas (Col. 9)



■ Formação Florestal
 ■ Formação Savânica
 ■ Campo Alagado
 ■ Formação Campestre
 ■ Pastagem
 ■ Área Urbanizada
 ■ Mineração / Garimpo
 ■ Corpo D'água

Fonte: Buzatto (2026).

Além das análises específicas apresentadas nas figuras anteriores, o **Quadro 4** sistematizou o levantamento completo das estruturas identificadas na região de estudo. A interpretação visual de cada alvo permitiu descrever a síntese do histórico de ocupação e as mudanças na paisagem associadas às 11 pistas mapeadas na Terra Indígena Cinta Larga. No interior ou limites da terra indígena foram identificadas três pistas com dinâmicas distintas. A pista **ID 14** (mencionada anteriormente), detectada em 1985 em meio à vegetação densa, desapareceu em 2005, substituída por uma área de garimpo. De forma similar, a pista **ID 96** permaneceu ativa entre 1985 e 2014 em área remota de difícil detecção, as margens de um rio, não sendo identificada pelo Mapbiomas e nem registrada na ANAC, imagens recentes de satélite indicam que sua desativação foi sucedida pela implementação de uma estrada e pela expansão de garimpo no local da onde existiu a pista.

A pista **ID 82** teve uso de curta duração entre 1995 e 2010, seguido por desmatamento acelerado. Já a pista **ID 37**, situada entre a zona de amortecimento da TI Zoró e a TI Cinta Larga, consistia numa estrutura de terra em local preservado, a sua instalação serviu de suporte imediato para a abertura de uma estrada e o avanço da ocupação. Na zona de amortecimento, as observações indicaram diferentes perfis de ocupação. As pistas **ID 8** e **ID 9**, ambas de 1985, antecederam alterações significativas no entorno, como o surgimento de estradas, pastagens e clareiras. A pista **ID 1** mostrou uma dinâmica temporária, localizada em área antropizada que atualmente apresenta estágio de recuperação.

As estruturas mais recentes ou ativas no buffer, como as pistas **ID 27** e **ID 34**, estão ligadas a imóveis rurais e vilas, tendo sido detectado pelo MapBiomas. Por fim, a pista **ID 81** representa um registro recente (2021-2024) próximo ao limite da Terra Indígena, onde a imagem de satélite revelou diversas clareiras de desmatamento ao redor a partir da implementação da pista.

Quanto à situação cadastral, o inventário revelou que apenas a pista **ID 4** possuía registro na ANAC. Localizada em imóvel rural na zona de amortecimento, esta estrutura situa-se próxima às **pistas ID 9** e **ID 27**. A ausência de registro nas demais pistas aponta para a possibilidade de irregularidade na infraestrutura logística predominante na região analisada. Para complementar a análise descrita no **Quadro 4**, a **Figura 11** apresenta a

localização espacial de todas as pistas de pouso identificadas. A representação cartográfica exibe os números de identificação (ID), permitindo a visualização integrada da distribuição das estruturas situadas tanto no interior da TI quanto na sua zona de amortecimento.

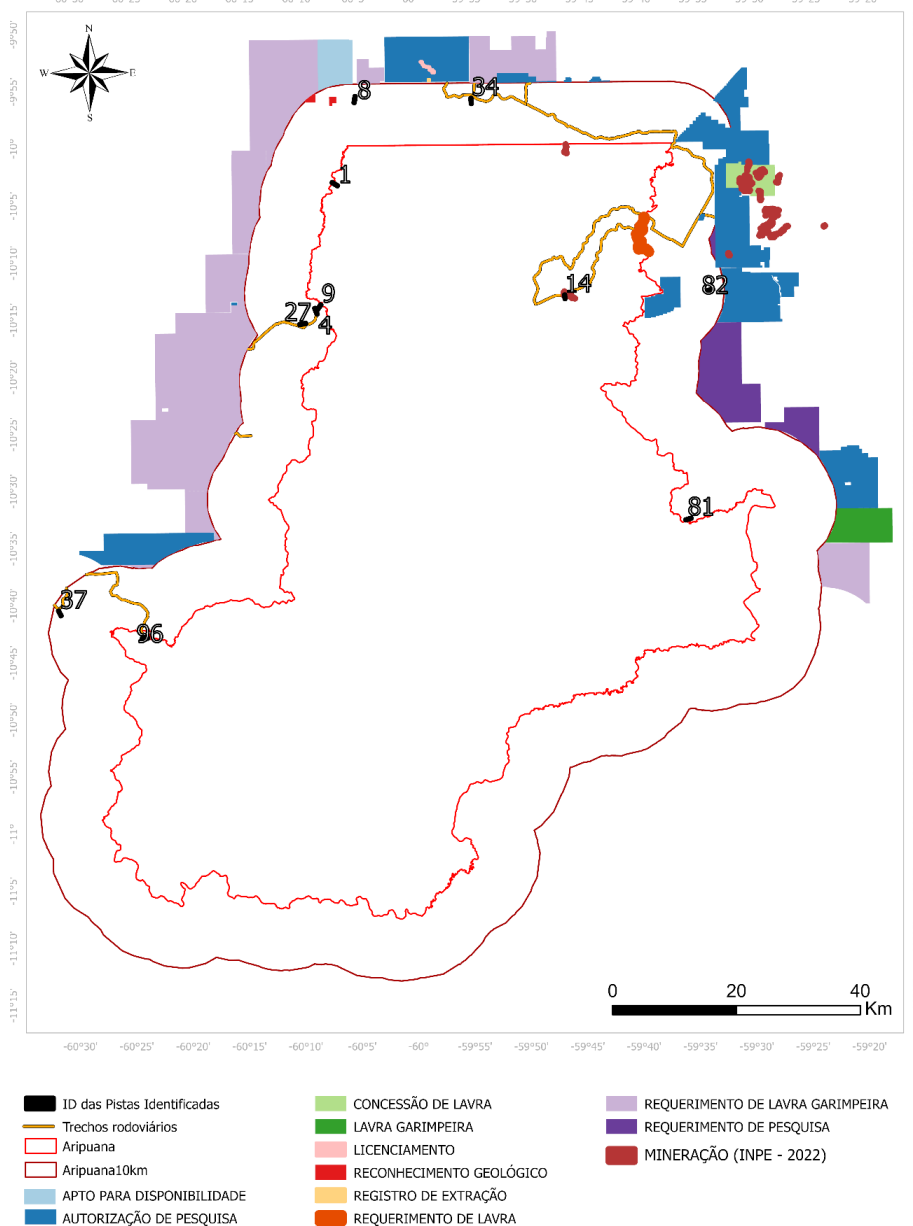
Quadro 4. Inventário das pistas identificadas na Terra Indígena Cinta Larga.

ID Pista	Nome Ti	Ano da Detecção	Ano de desaparecimento	Localização Geográfica	Registro na ANAC	Detectada pelo MAPBIOMAS	Observações
1	Cinta Larga	1985	2005	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista identificada temporariamente em área antropizada que atualmente apresenta estágio de recuperação
4	Cinta Larga	2000	2010	Fora da TI (Buffer)	Sim	Não	Pista localizada em imóvel rural ao lado da pista de ID 9
8	Cinta Larga	1985	2000	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista aberta em floresta densa próxima a curso d'água precedendo avanço de estradas, agropecuária e desmatamento
9	Cinta Larga	1985	2005	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Corte retilíneo na vegetação nativa seguido de abertura radical de clareiras nos anos seguintes
14	Cinta Larga	1985	2005	Dentro da TI	Não	Não	Pista improvisada de terra em meio a vegetação densa e bem preservada, que desapareceu e deu origem a um garimpo (SIGMINE)
27	Cinta Larga	2010	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Sim	Pista localizada em imóvel rural próximas as pistas de ID 9 e ID 4

34	Cinta Larga	2005	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Sim	Pista de pouso dentro de uma vila
37	Zoró	1985	1990	Dentro da TI	Não	Não	Pista improvisada de terra em meio a vegetação densa e bem preservada, que serviu de suporte para abertura de estrada
81	Cinta Larga	2021	2024	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista próxima ao limite da Terra Indígena com várias clareiras de desmatamento
82	Cinta Larga	1995	2010	Dentro da TI	Não	Não	Abertura em área particular preservada com uso de curta duração seguida por desmatamento acelerado
96	Cinta Larga	1985	2014	Dentro da TI	Não	Não	Pista improvisada de terra, na margem do rio e em meio a vegetação densa, bem preservada, que desapareceu e deu origem estrada e a um garimpo visível nas imagens de satélite

Fonte: Buzatto (2025).

Figura 11 - Localização das Pistas de Pouso e Número de Identificação (ID).



Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: SIGMINE 2024
 Fonte: Buzatto (2025).

3.1.2. Terras Indígenas Kayabi e Apiaká do Pontal e Isolados

Segundo as informações disponibilizadas pelo Instituto Socioambiental (ISA, 2026), a Terra Indígena Kayabi localizada nos estados de Mato Grosso e Pará, abrange partes dos municípios de Apiacás (23,36% da área do município) e Jacareacanga (10,88%). O território possui uma extensão de aproximadamente 1.053 mil hectares (ISA, 2026) e

abriga uma população de 1.229 indígenas segundo dados recentes do IBGE (2022), composta pelos povos Apiaká, Kawaiwete (Kayabi) e Munduruku. Assim como na TI Aripuanã do povo Cinta Larga, na TI Kayabi também há registros oficiais de povos isolados neste território. Do ponto de vista jurídico, a demarcação legal foi concluída com a homologação da TI via Decreto Presidencial (Brasil, 2013 p. 11), encerrando um ciclo iniciado na década de 1980. O decreto de 2013 consolidou os limites do território, o que significa que a Terra Indígena Kayabi se encontra regularizada há mais de uma década.

No contexto ambiental, a TI pertence à bacia hidrográfica do Rio Tapajós e está inserida integralmente (100%) no bioma Amazônia. A cobertura vegetal predominante é o Contato Savana Floresta Estacional, que ocupa cerca de 51,31% do território, seguida pela Floresta Ombrófila Aberta com 23,23% (ISA, 2026). A fitofisionomia presente é caracterizada por uma região de transição ecológica relevante para a biodiversidade. Apesar da proteção legal, o território enfrenta riscos constantes, os dados apontam a ocorrência de exploração ilegal de recursos naturais, especificamente a atividade madeireira, a atividade garimpeira e a pressão de fazendeiros por meio da disputa de terras e grilagens, sendo as principais ameaças à integridade dos povos indígenas da região.

A Terra Indígena Apiaká do Pontal e Isolados localizada integralmente no estado de Mato Grosso, representa uma porção expressiva do município de Apiacás, correspondendo a aproximadamente 48,10% da área do município. O território possui uma extensão de 982 mil hectares, e conta com a presença de povos isolados, além de abrigar comunidades dos povos Apiaká e Munduruku (ISA, 2026). Embora dados do Sistema de Informação da Saúde Indígena (Sesai, 2013) indicassem uma população de 262 pessoas, levantamentos mais recentes citados em relatório técnico da Operação Amazônia Nativa (OPAN, 2021) apontaram um crescimento demográfico significativo, estimando a presença de 395 indígenas na área.

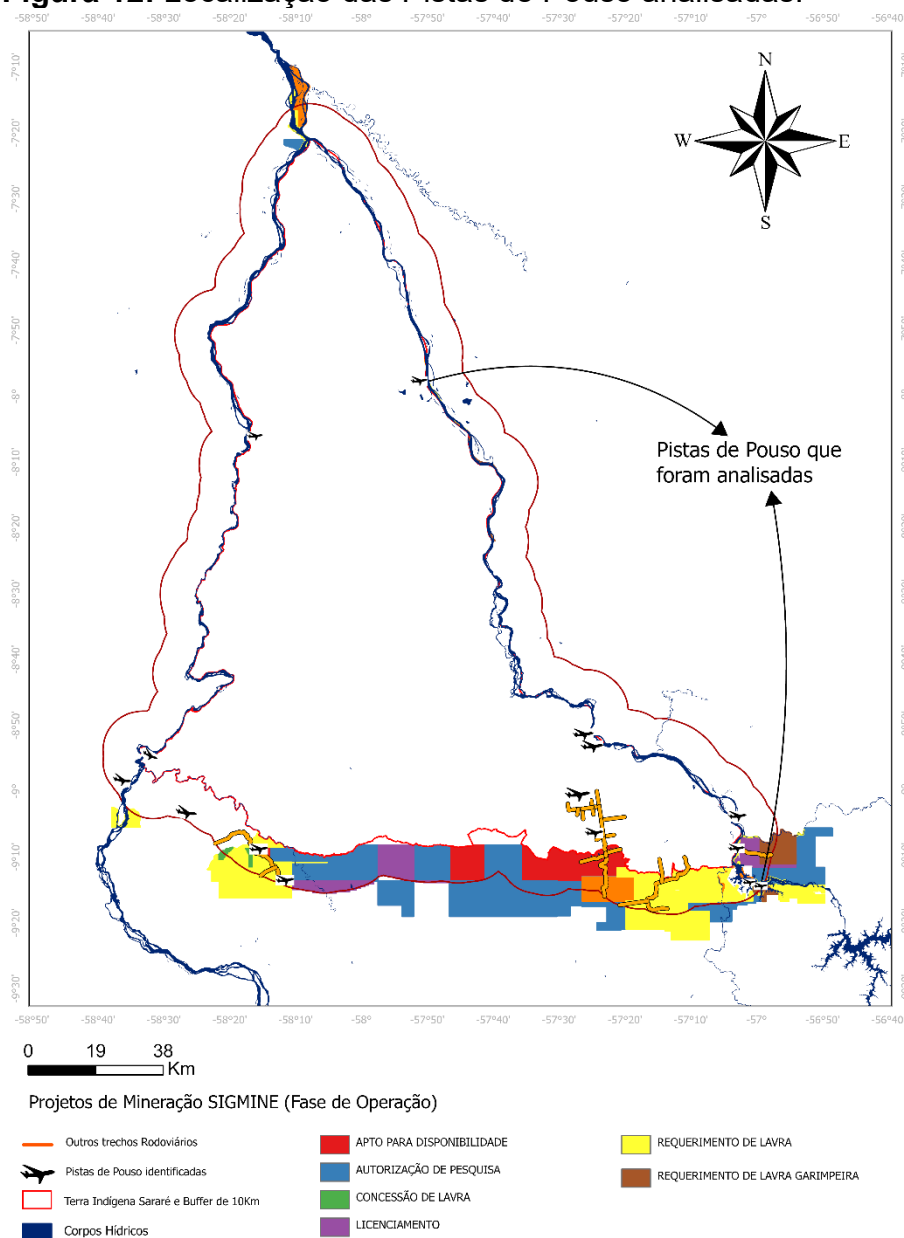
Do ponto de vista jurídico, a situação fundiária da terra encontra-se na fase Declarada, status consolidado recentemente pela Portaria nº 771, de 05 de setembro de 2024 (Brasil, 2024b). Estudos de identificação e delimitação da TI feitos pela FUNAI, relatam a ocupação tradicional da região pelos Apiaká com registros históricos que remontam ao século XVIII. No contexto ambiental, a cobertura vegetal predominante é a

Floresta Ombrófila Aberta, que ocupa 72,84% do território de acordo com o IBGE. Um aspecto importante destacado pelo relatório da OPAN, discutiu os efeitos de sobreposição com o Parque Nacional do Juruena (OPAN, 2021). A análise técnica ressaltou que o aumento populacional evidenciou a necessidade urgente de estratégias que protejam os modos tradicionais dos Apiaká com as regras de preservação incidentes sobre a unidade de conservação sobreposta.

A interpretação visual identificou um total de 19 pistas de pouso na região de estudo demonstrados na **Figura 12**, sendo onze localizadas na Terra Indígena Kayabi e sete na Terra Indígena Apiaká do Pontal e Isolados. O mapeamento evidenciou que diversos processos minerários, representados pelos polígonos do sistema SIGMINE, ameaçavam a integridade de ambas as terras indígenas, pressionando seus limites e zonas de amortecimento, na parte de baixo do mapa.

A análise espacial das pistas selecionadas (**ID 51** e **ID 53**) destacou uma característica geográfica comum com outras pistas identificadas nas áreas de estudo, algumas delas surgiram nas margens dos rios, situadas em áreas de vegetação densa e de difícil acesso. A instalação destas infraestruturas parece repetir uma estratégia de ocupação dessas áreas bem preservadas, onde o acesso fluvial provavelmente auxiliou na construção dessas pistas e em seguida a ocupação nestes pontos remotos.

Figura 12: Localização das Pistas de Pouso analisadas.



Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: SIGMINE 2024

Fonte: Buzatto (2025).

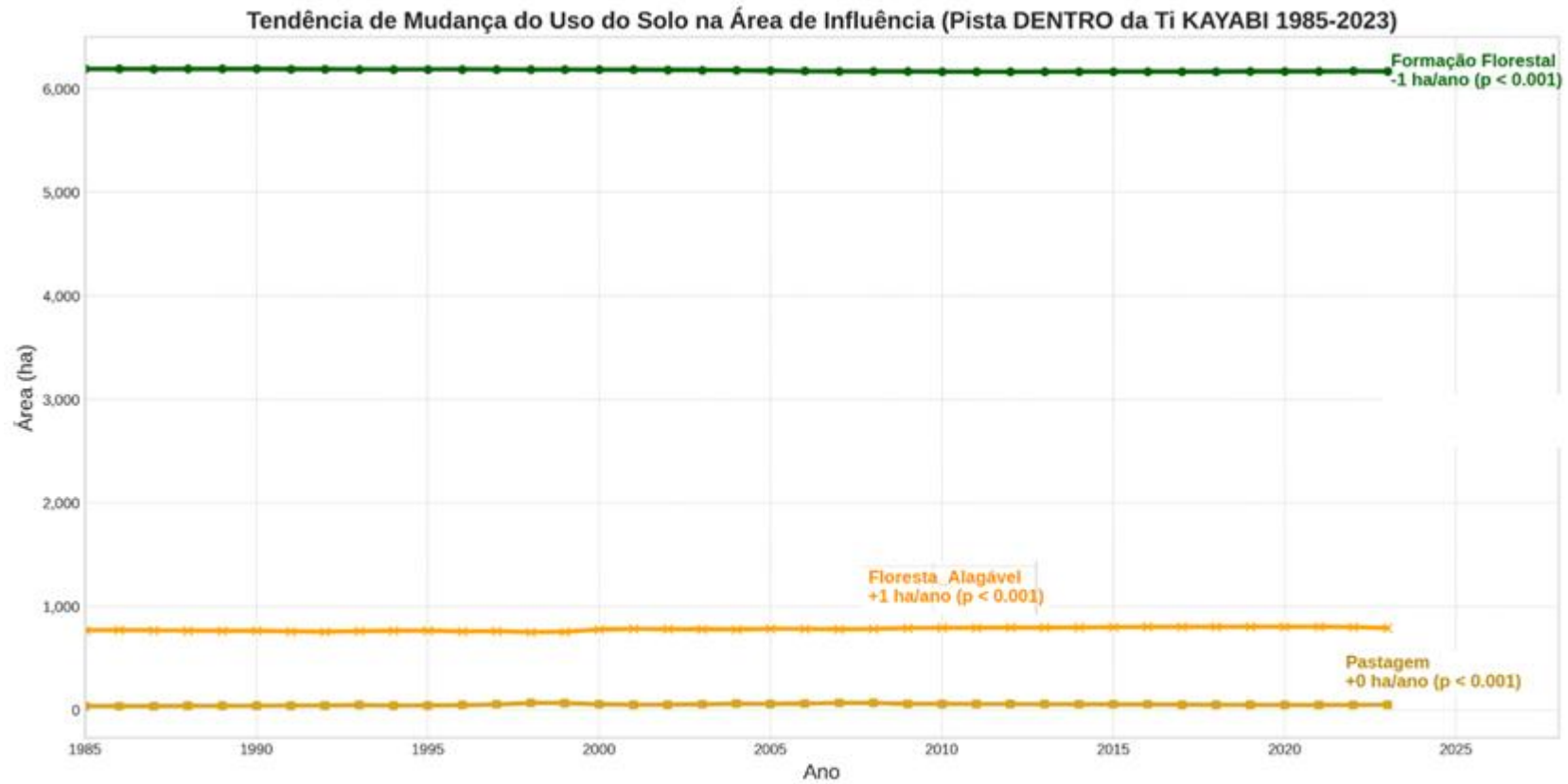
Novamente, a comparação da cobertura vegetal, realizada pela subtração do NDVI entre 1985 e 2025, no buffer de 5 Km da pista, demonstrou que a alteração na paisagem foi diferente entre uma pista dentro da TI e a outra localizada fora da TI. A pista interna (ID 51) apresentou estabilidade na paisagem, registrando uma variação positiva mínima de 0,11% na cobertura vegetal, passando de 7.000 hectares para 7.008 hectares, sendo em vista que pode ser uma pista que serve de infraestrutura para os povos daquela

localidade. Já a pista do Buffer (**ID 53**) registrou uma perda expressiva de 24,13% de vegetação, caindo de 7.134 hectares para 5.412 hectares, evidenciando o impacto direto da pressão externa na zona de amortecimento.

A **Figura 13** refere-se à pista **ID 51**, situada no interior da TI Kayabi. Esta infraestrutura, detectada como ativa desde 2005, foi aberta em uma área de floresta densa próxima a um curso d'água. A análise da paisagem no entorno demonstrou que, apesar da abertura logística, a cobertura vegetal adjacente permaneceu preservada ao longo do período monitorado, sem a expansão radial de desmatamento comumente associada a outras tipologias de uso. A figura apontou um cenário de conservação, com valores de $p < 0,001$ para as três classes analisadas. Houve uma alteração ínfima caracterizada pela perda de apenas 1 hectare ao ano de *Formação Florestal* ($\tau -0.72$), indicando uma consistência estatística alta nessa leve transição, compensada pelo ganho de 1 hectare ao ano de *Floresta Alagável* ($\tau +0.67$), enquanto a classe de *Pastagem* manteve-se estagnada em zero.

A Imagem Dinâmica da paisagem apresentada na **Figura 14** reafirmou a mudança indicada pelos dados da pista **ID 51**. As três imagens revelaram que, embora a pista tenha sido construída na beira do rio, aproveitando o acesso fluvial, a área circundante permaneceu preservada. O índice de vegetação NDVI e as imagens de satélite confirmaram a ausência de estradas ou aumento de corte raso na vegetação, mantendo a camada florestal intacta ao longo da série histórica.

Figura 13 - Tendência da Pista de Pouso - ID 51.

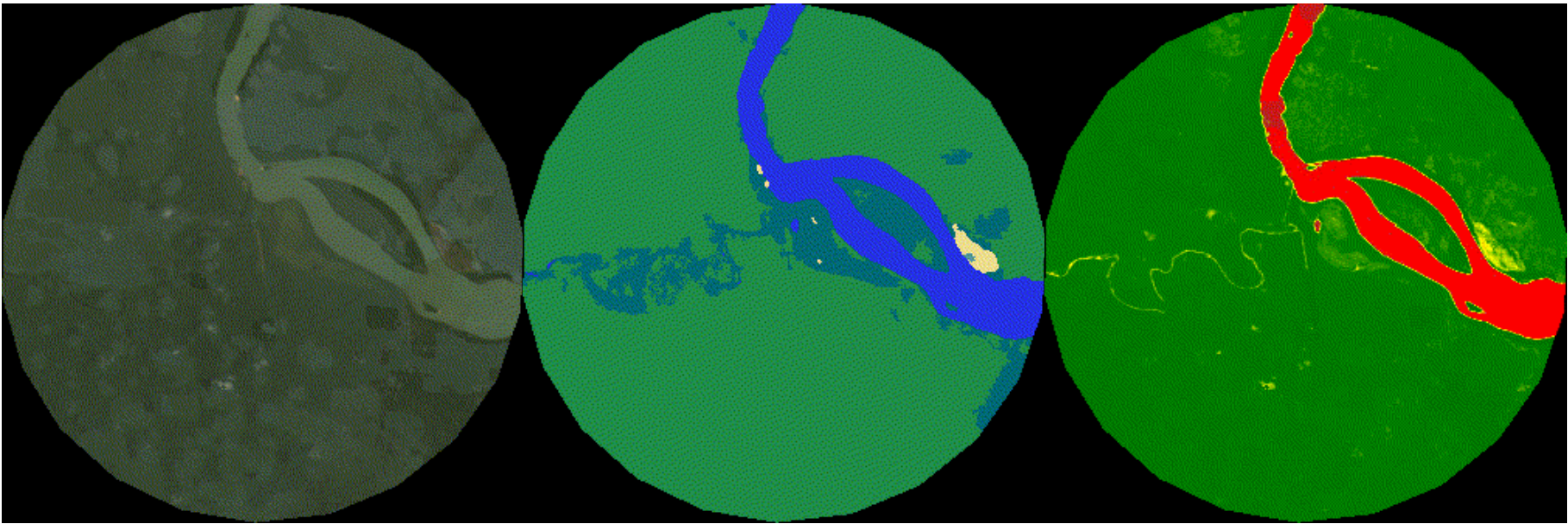


Fonte: Buzatto (2025).

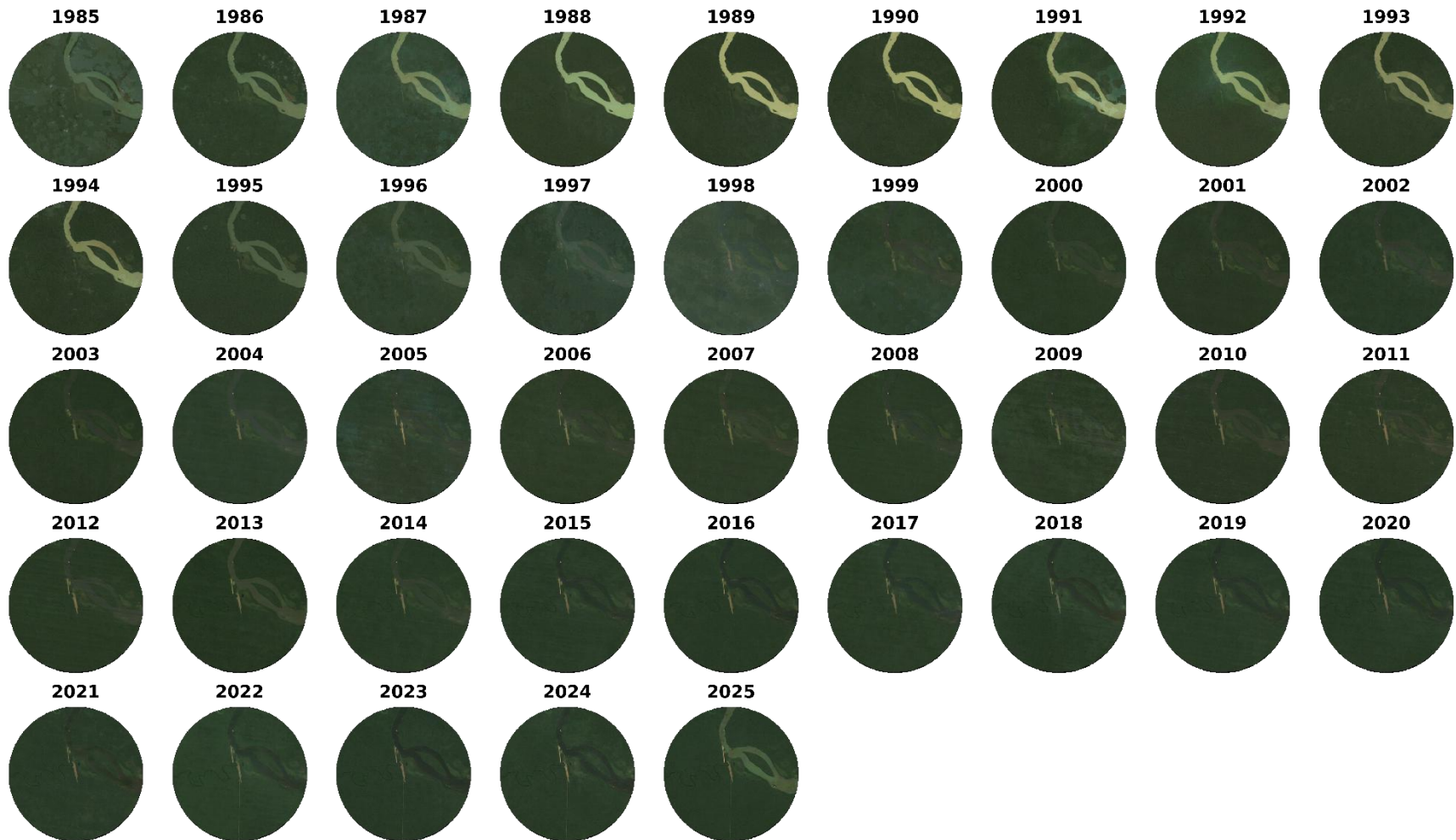
Figura 14: Monitoramento integrado da Pista de Pouso ID 51: Análise de tendência, dinâmica espacial e série histórica multitemporal (Landsat, NDVI e MapBiomas).

Análise de Tendência (Pista DENTRO da Ti KAYABI 1985-2023)

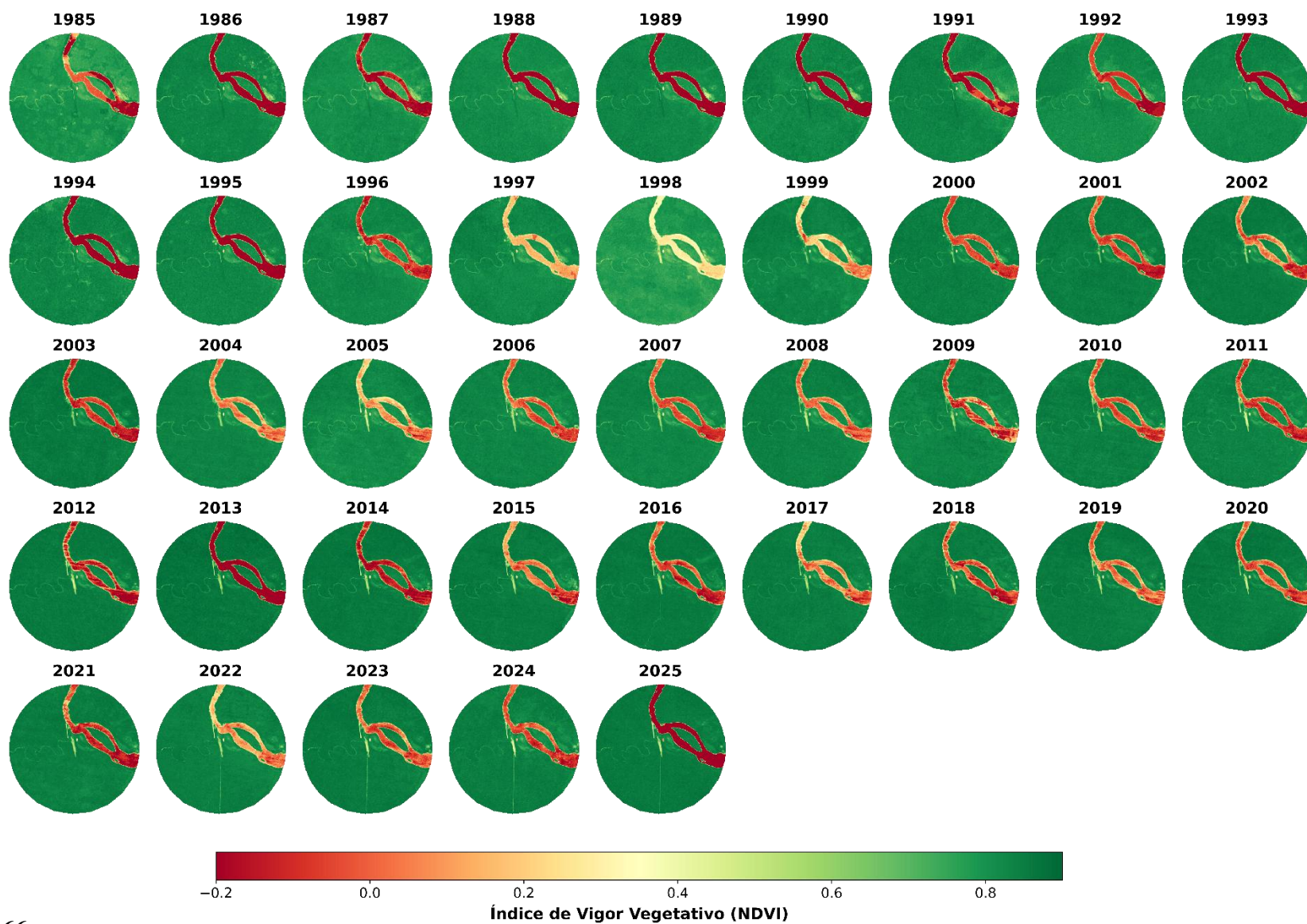
	Classe	Tendência	z-score	Tau de Kendall	P-valor	Slope de Sen (ha/ano)
0	Formação Florestal	decreasing	-6.46	-0.72	0.00000	-0.79
1	Floresta_Alagável	increasing	6.02	+0.67	0.00000	1.31
2	Pastagem	increasing	2.52	+0.28	0.01186	0.36



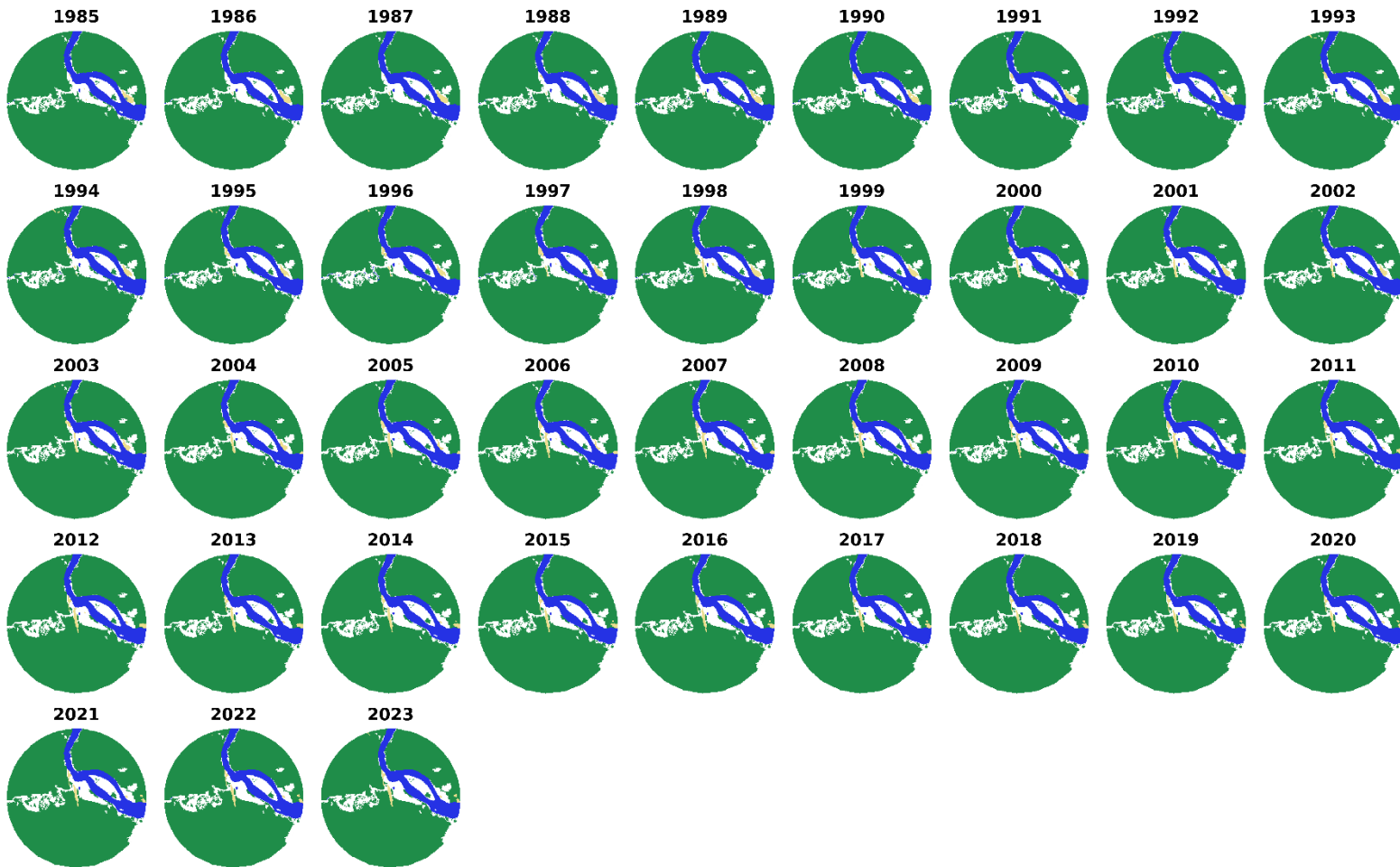
Evolução Temporal - Landsat 8 (RGB)



Evolução Temporal - Índice NDVI



Evolução Temporal - MapBiomas (Col. 9)



■ Formação Florestal
 ■ Formação Savânica
 ■ Campo Alagado
 ■ Formação Campestre
 ■ Pastagem
 ■ Área Urbanizada
 ■ Mineração / Garimpo
 ■ Corpo D'água

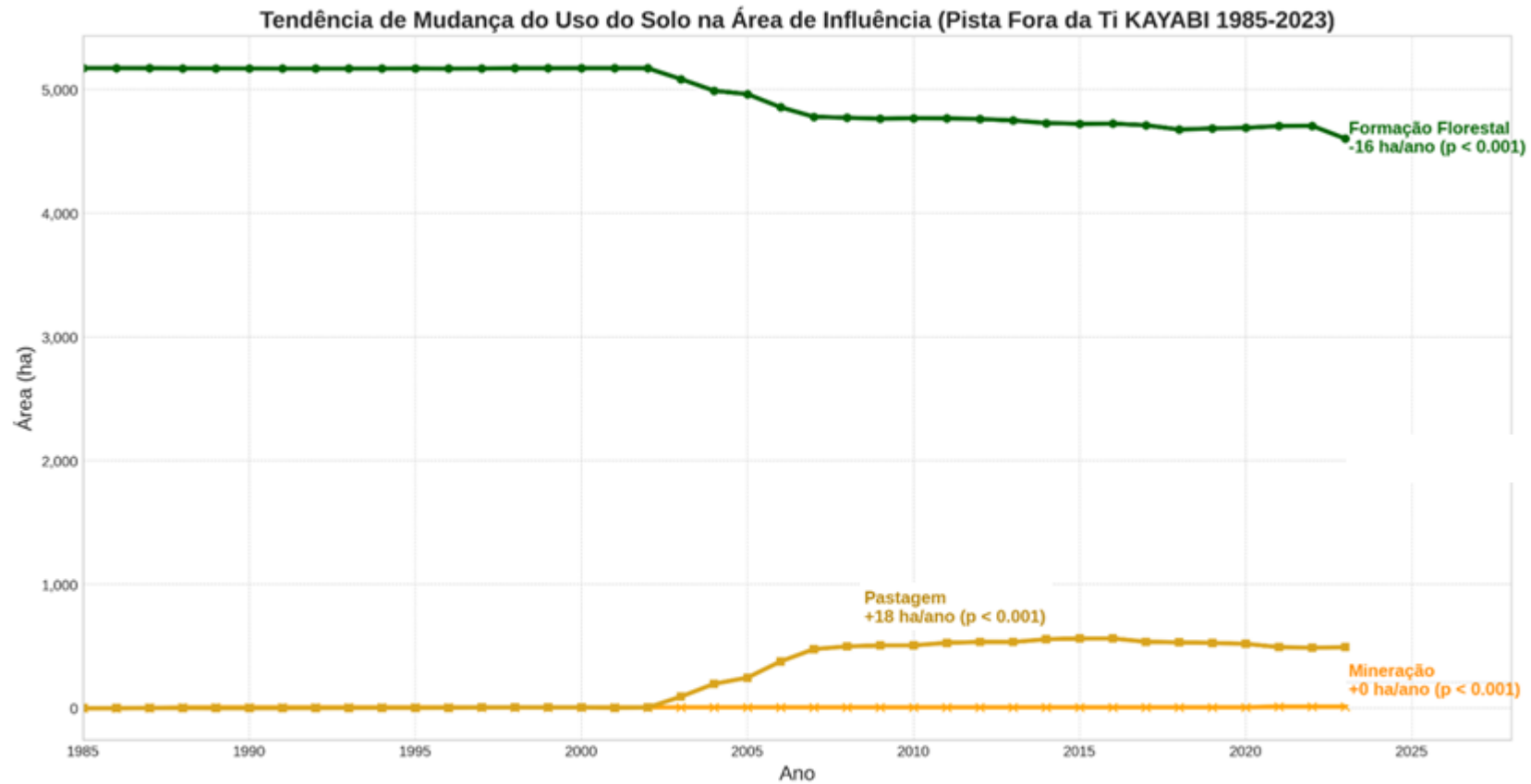
Fonte: Buzatto (2026).

Em contrapartida, a dinâmica na zona de amortecimento apresentou um padrão de degradação acelerada, conforme demonstrado na **Figura 15** referente à pista **ID 53**. O gráfico de tendência indicou uma queda significativa da vegetação entre 2000 e 2005, consolidando uma perda média de 16 hectares ao ano de *Formação Florestal*. O teste de Mann-Kendall confirmou a significância estatística dessa dinâmica, apontando uma tendência negativa para a classe de Formação Florestal e tendências positivas para as classes de Pastagem. A gravidade dessa perda é reforçada pelo coeficiente τ de -0.76, que demonstra uma tendência negativa consistente ao longo da série. Simultaneamente, houve um incremento de 18 hectares ao ano classificados como *Pastagem* (Tau +0.76). Nesse caso, nessa pista não existiu dados de mineração para a série.

A detecção deste alvo ocorreu em 2014, com o desaparecimento da estrutura visível em 2017, momento em que a área foi inundada, caracterizando o abandono da pista associado à dinâmica de cavas de garimpo. Embora a estrutura não tenha sido identificada nas bases oficiais da ANAC ou nas detecções do MapBiomias, a análise visual e a série histórica revelaram um aumento progressivo da atividade de garimpo no local.

A explicação para essa discrepância nos dados automáticos foi obtida através da **Figura 16**. A análise das imagens dinâmicas revelou um evento peculiar não captado pela classificação do MapBiomias (LULC), que teve um erro de omissão na classificação, confundindo a área como pastagem. A inspeção visual do NDVI e das imagens de satélite *Landsat* permitiu identificar claramente a presença de cavas de garimpo. A exploração mineral na localidade intensificou-se a ponto de ocasionar um provável rompimento de barragem ou alteração drástica do curso d'água, resultando na inundação completa da área. As imagens confirmaram que a água cobriu toda a infraestrutura, inclusive a pista de pouso, caracterizando possivelmente um abandono forçado da atividade naquele local devido ao colapso ambiental provocado pela própria mineração (Buzattto; Mengue; Scottá, 2026).

Figura 15 - Tendência da Pista de Pouso - ID 53.

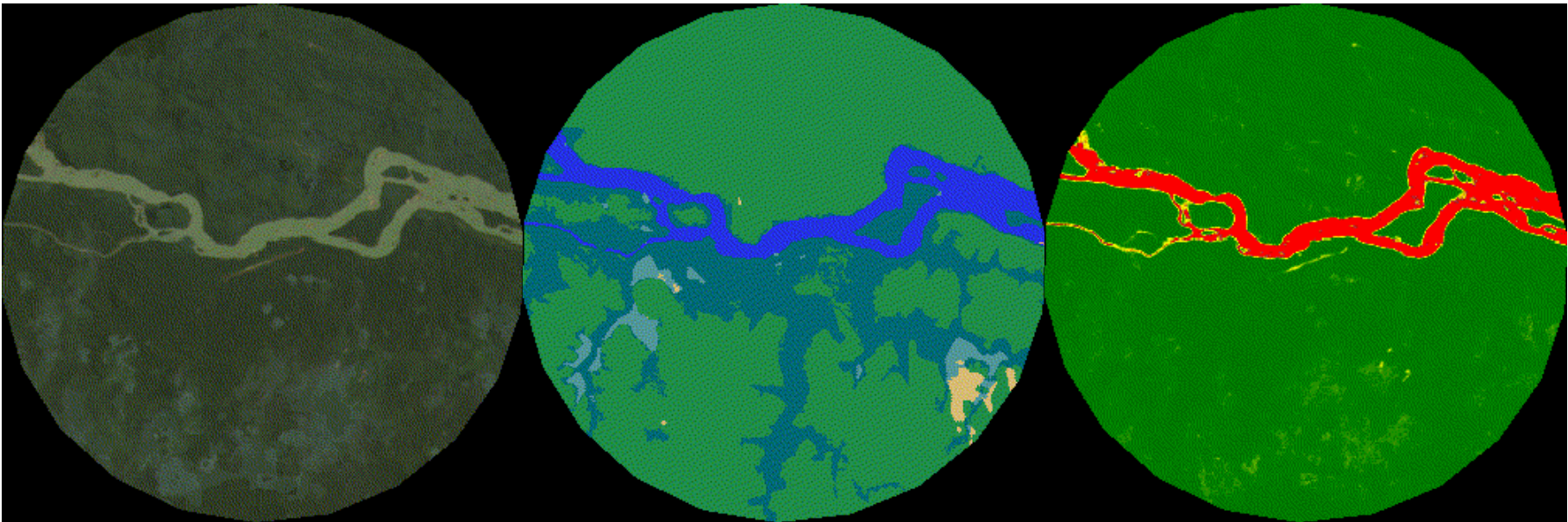


Fonte: Buzatto (2025).

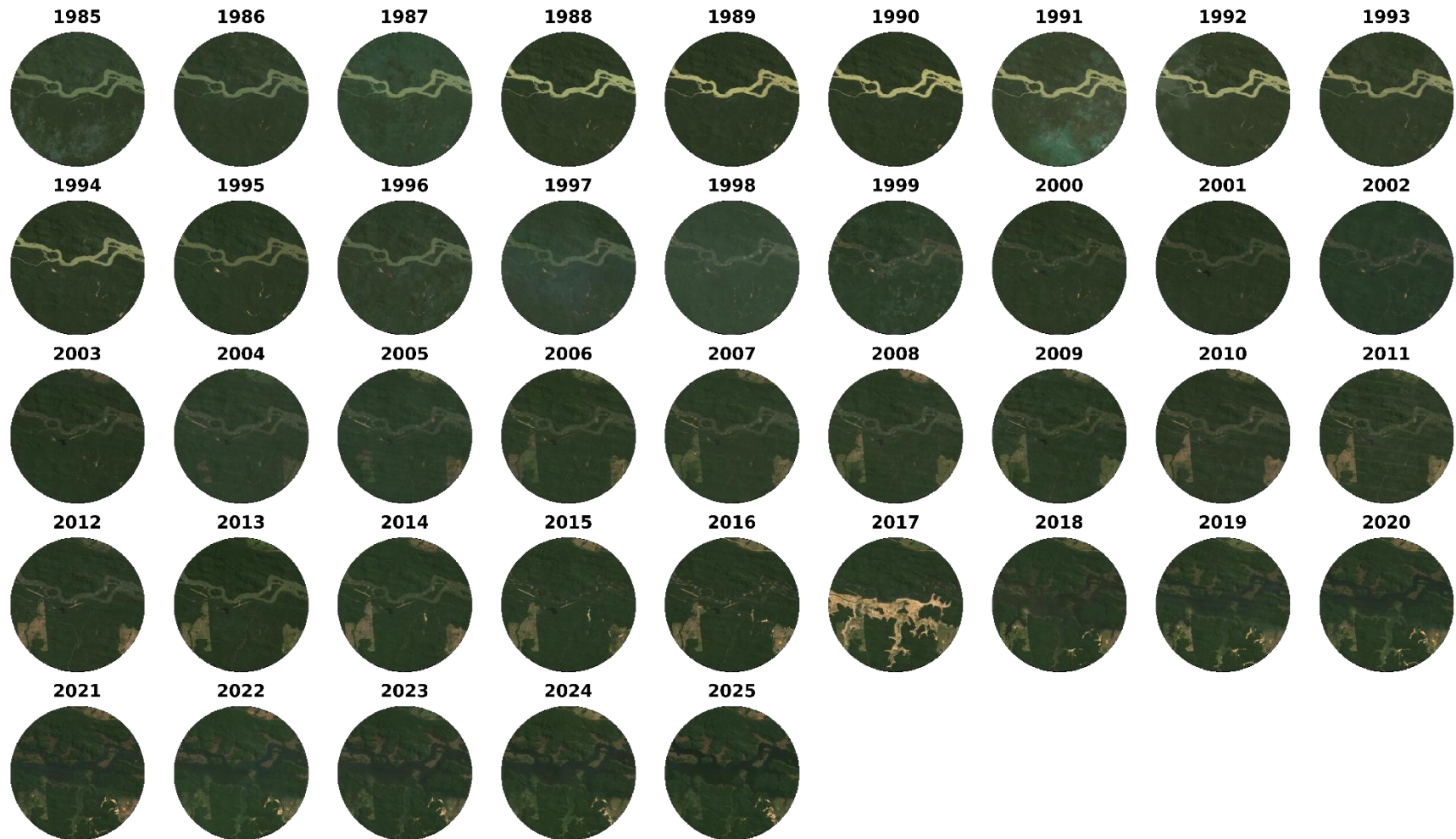
Figura 16: Monitoramento integrado da Pista de Pouso ID 53: Análise de tendência, dinâmica espacial e série histórica multitemporal (Landsat, NDVI e MapBiomás).

Análise de Tendência (Pista Fora da Ti KAYABI 1985-2023)

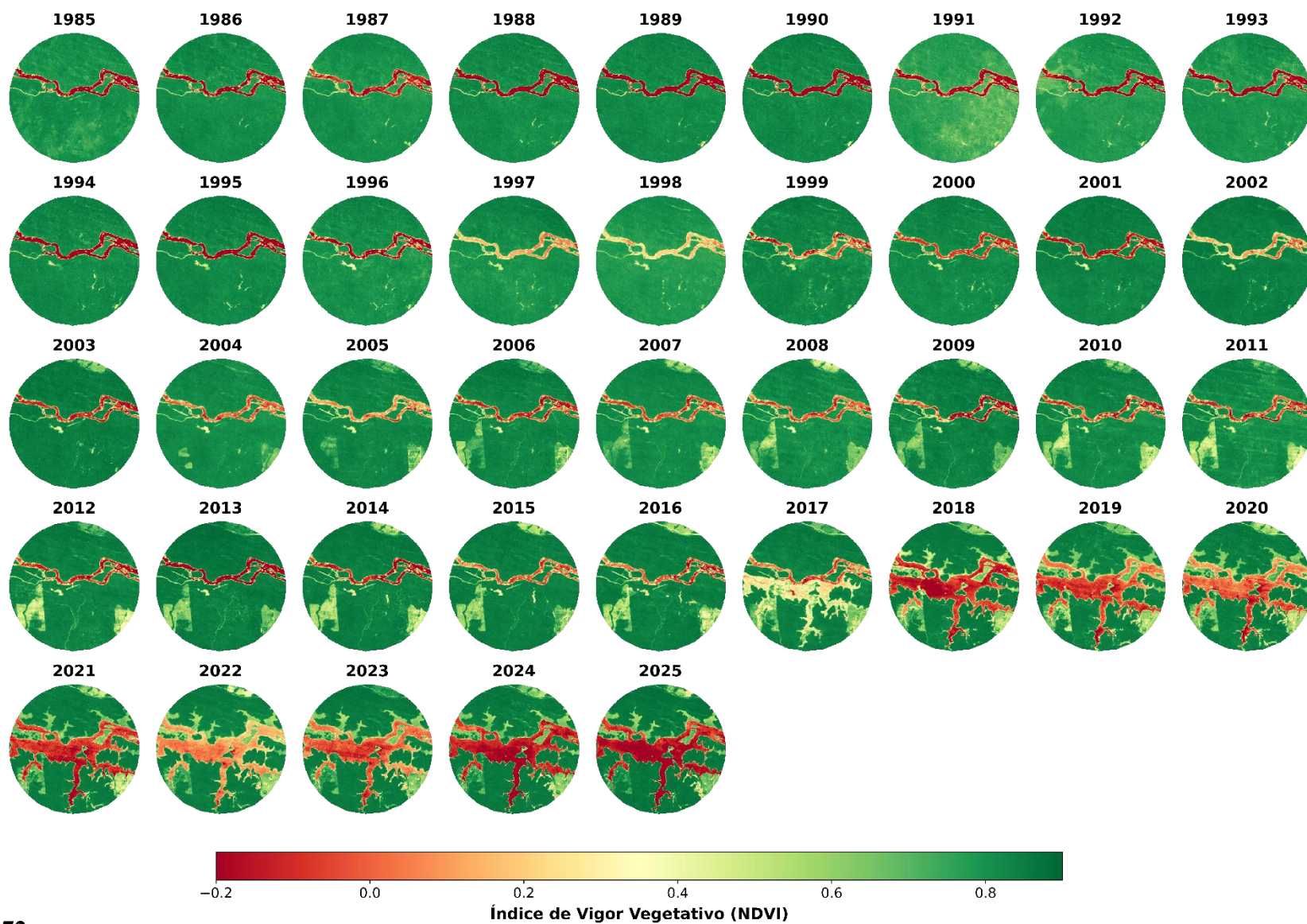
	Classe	Tendência	z-score	Tau de Kendall	P-valor	Slope de Sen (ha/ano)
0	Formação Florestal	decreasing	-6.82	-0.76	0.00000	-15.96
1	Mineração	increasing	6.08	+0.76	0.00000	0.00
2	Pastagem	increasing	6.84	+0.76	0.00000	17.52



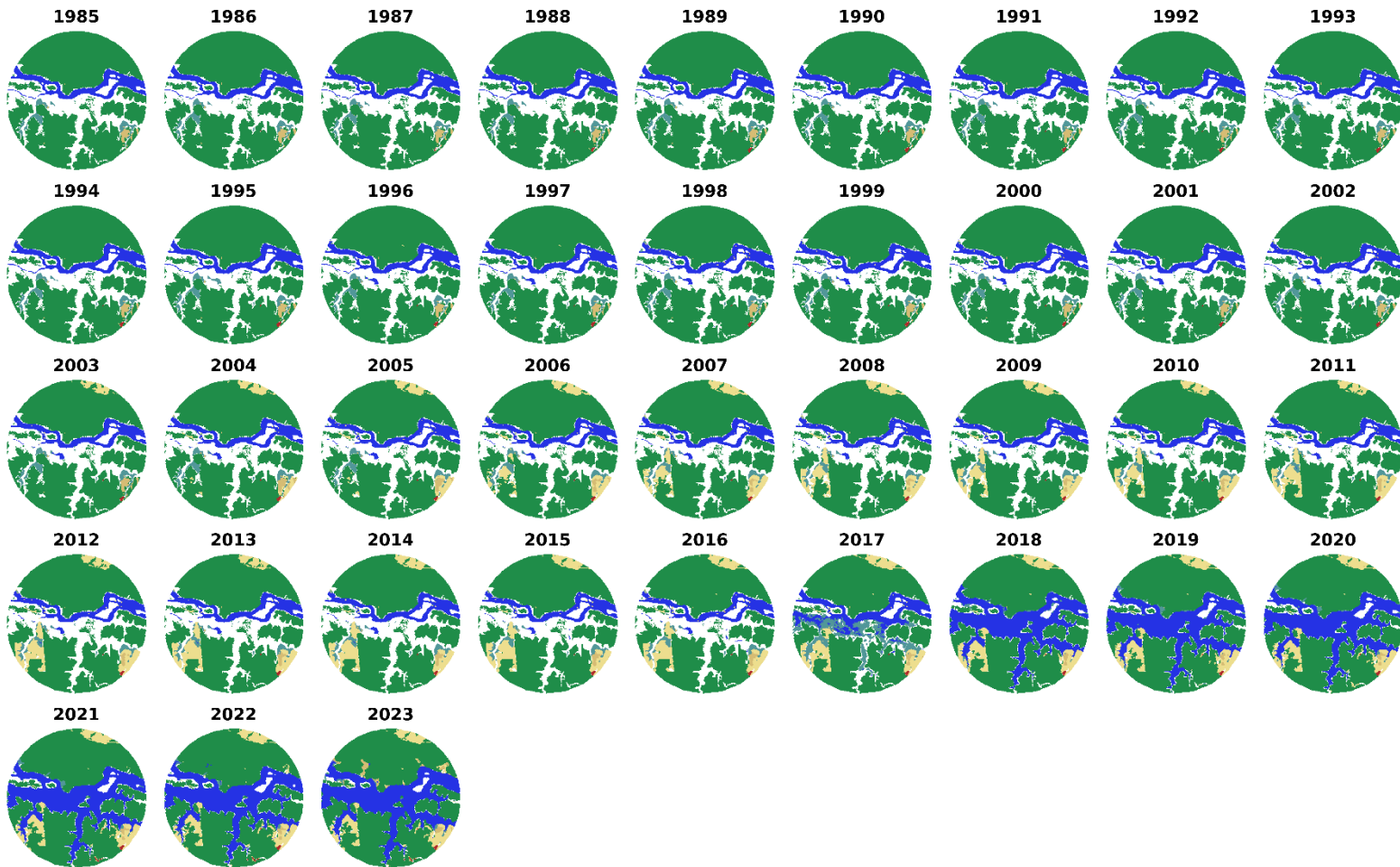
Evolução Temporal - Landsat 8 (RGB)



Evolução Temporal - Índice NDVI



Evolução Temporal - MapBiomas (Col. 9)



■ Formação Florestal
 ■ Formação Savânica
 ■ Campo Alagado
 ■ Formação Campestre
 ■ Pastagem
 ■ Área Urbanizada
 ■ Mineração / Garimpo
 ■ Corpo D'água

Fonte: Buzatto (2026).

Para complementar a análise detalhada das pistas, o **Quadro 5** apresenta a síntese das 17 estruturas identificadas nas Terras Indígenas Kayabi e Apiaká do Pontal e Isolados. A interpretação visual de cada alvo permitiu classificar as pistas segundo a sua função na dinâmica de ocupação e o estado de conservação do entorno da pista.

Um conjunto expressivo de pistas (**ID 7**, **ID 50**, **ID 52** e **ID 90**) reiterou a estratégia logística de aproveitar a margem dos rios para acessar áreas remotas das florestas densas. Estas infraestruturas, juntamente com a **ID 51**, apresentaram um padrão de estabilidade na paisagem, mantendo a vegetação preservada ao redor, o que coincide com o fato de algumas possuírem registro na ANAC, indicando possível uso para apoio logístico a comunidades indígenas ou fiscalização.

Também situada à margem do rio, a pista **ID 98** (Buffer) apresentou uma dinâmica distinta. Apesar de não apresentar desmatamento acentuado no seu entorno, os dados do SIGMINE demonstram que existem processos minerários de ouro na região. A incidência de fases de Autorização de Pesquisa, Requerimento e Lavra Garimpeira sugere que a infraestrutura pode ter sido implementada para atender à logística da mineração no local. As pistas de **ID 99** e **ID 100**, identificadas na TI Kayabi em 2017 e 2005 respectivamente, também apresentam conservação da vegetação no entorno e localização à margem do rio. Por estarem situadas próxima a pequenos vilarejos e não apresentarem registros na ANAC ou processos minerários no SIGMINE, podemos inferir que as estruturas sejam utilizadas para o suporte logístico de agentes de saúde no atendimento à população indígena local.

Por outro lado, a relação direta com a exploração predatória ficou evidente em outras estruturas. A instabilidade associada ao garimpo, exemplificada pelo colapso ambiental na pista **ID 53**, repetiu-se na pista **ID 40**, que também deixou de ser utilizada após ser inundada pela água. Já as pistas **ID 21** e **ID 22** representam ciclos de extração encerrados, onde o abandono da atividade permitiu a regeneração natural da vegetação sobre a infraestrutura. Semelhante a pista **ID 97**, identificada na TI Kaiabi (período 1985-2000). Embora localizada à margem do rio, a área encontra-se degradada e abandonada, apresentando estágios de regeneração que indicam o cessar da exploração daquele local.

A análise detectou ainda vetores de pressão fundiária distintos do garimpo. As

pistas **ID 2**, **ID 48** e **ID 49** funcionaram como precursoras do desmatamento, onde a abertura da pista em floresta densa antecedeu o surgimento de clareiras e estradas. Um cenário mais crítico foi observado nas pistas **ID 88** e **ID 89**, situadas no interior da TI Kayabi. A interpretação das imagens indicou que estas estruturas surgiram associadas à expansão de projetos de loteamento irregular dentro do território protegido, caracterizando uma tentativa de consolidação de posse por meio da grilagem. Apenas quatro pistas possuíam registro na ANAC, todas localizadas no interior das Terras Indígenas. A ausência de registro nas demais treze estruturas identificadas apontam para a possibilidade de irregularidade nessas infraestruturas.

Para consolidar a análise descrita, a **Figura 17** apresenta o mapa de localização de todas as pistas de pouso monitoradas. A representação cartográfica exhibe os números de identificação (ID) correspondentes ao **Quadro 5**, permitindo a visualização integrada da distribuição geográfica das estruturas situadas tanto no interior das Terras Indígenas quanto nas suas zonas de amortecimento.

Quadro 5 - Inventário das pistas identificadas na Terra Indígena Kayabi

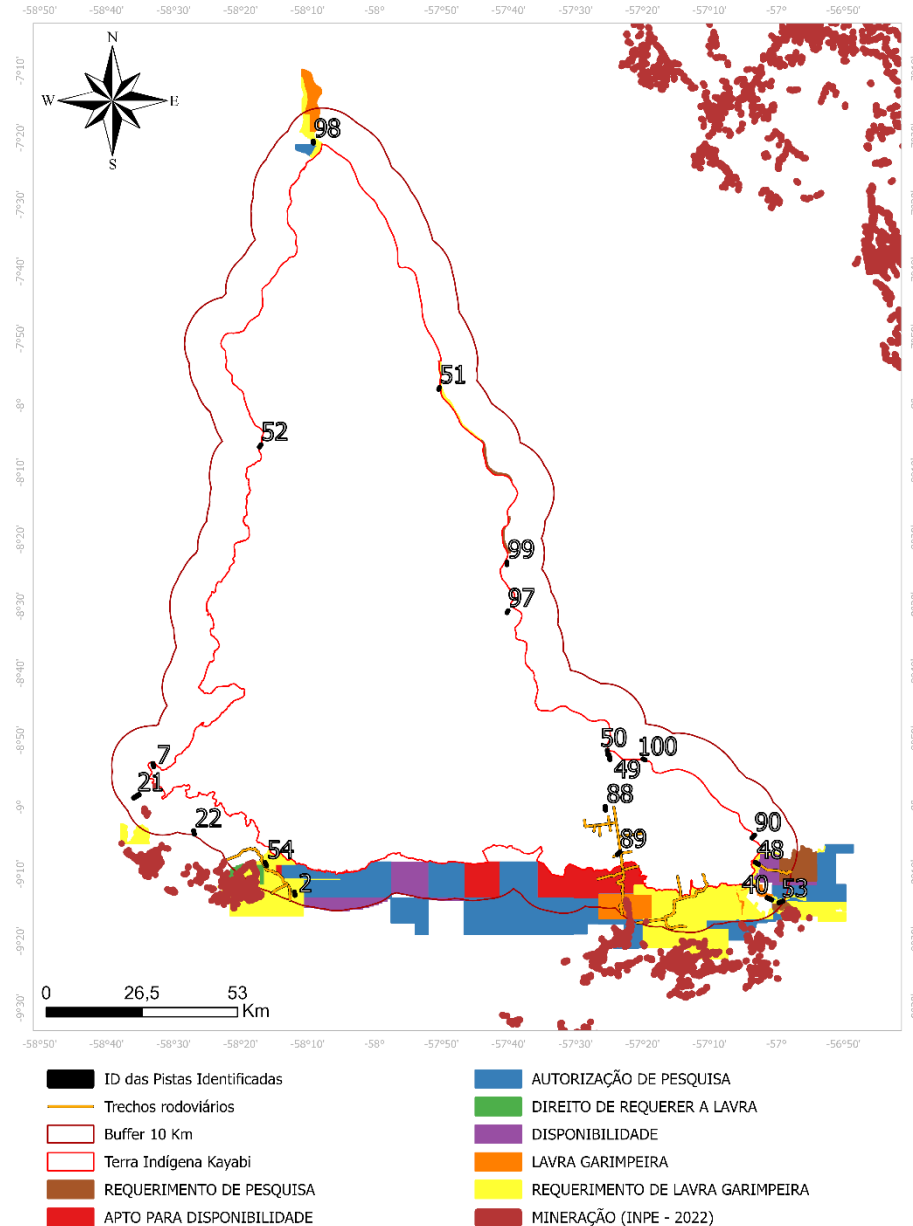
ID Pista	Nome Ti	Ano da Detecção	Ano de desaparecimento	Localização Geográfica	Registro na ANAC	Detectada pelo MAPBIOMAS	Observações
2	Isolados, Apiaká	1985	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Sim	Pista aberta em floresta densa antes do surgimento das clareiras de desmatamento
7	Isolados, Apiaká	2000	ativa	Dentro da TI	Não	Sim	Pista aberta em floresta densa sem sinal de desmatamento em volta
21	Isolados, Apiaká	1985	2021	Fora da TI (Buffer)	Não	Sim	A pista foi abandonada e recoberta pela vegetação
22	Isolados, Apiaká	2005	2021	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista próxima a garimpo que deixou de ser utilizada e foi recoberta pela vegetação
40	Kaiabi	2005	2021	Fora da TI (Buffer)	Não	Sim	Pista próxima a garimpo que deixou de ser utilizada e foi inundada pela água
48	Kaiabi	1990	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista aberta em floresta densa antes do surgimento de clareiras de desmatamento
49	Kaiabi	2000	ativa	Dentro da TI	Sim	Sim	Pista aberta em floresta densa, seguido de abertura de estradas e clareiras de desmatamento
50	Kaiabi	2005	ativa	Dentro da TI	Sim	Sim	Pista aberta em floresta densa, próximo ao rio

51	Kaiabi	2005	ativa	Dentro da TI	Sim	Sim	Pista aberta em floresta densa, próximo ao rio e a vegetação permaneceu preservada
52	Isolados, Apiaká	1990	ativa	Dentro da TI	Sim	Sim	Pista aberta em floresta densa, próximo ao rio
53	Kaiabi	2014	2017	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista próxima a garimpo que deixou de ser utilizada e foi inundada pela água
54	Isolados, Apiaká	2017	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista surgiu após a expansão do garimpo
88	Kaiabi	2010	ativa	Dentro da TI	Não	Não	Pista surgiu após a expansão do projeto de loteamento dentro da Terra Indígena
89	Kaiabi	2005	ativa	Dentro da TI	Não	Não	Pista surgiu após a expansão do projeto de loteamento dentro da Terra Indígena
90	Kaiabi	1990	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista aberta em floresta densa, próximo ao rio
97	Kaiabi	1985	2000	Dentro da TI	Não	Não	Pista a margem do rio, porém em uma área degradada abandonada em estágios de regeneração
98	Isolados, Apiaká	1985	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista a margem do rio, em uma área de difícil acesso e bem preservada e que não

							houve um desmatamento acelerado nos anos seguintes, porém há diversas solicitações para exploração de minérios
99	Kaiabi	2017	ativa	Dentro da TI	Não	Não	Pista a margem do rio, em uma área de difícil acesso, em uma área bem preservada e próxima a um vilarejo.
100	Kaiabi	2005	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista a margem do rio, em uma área de difícil acesso, em uma área bem preservada e próxima a um vilarejo.

Fonte: Buzatto (2025).

Figura 17 - Localização das Pistas de Pouso e Número de Identificação (ID).



Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: SIGMINE 2024

Fonte: Buzatto (2025).

3.1.3. Terra Indígena Sararé (Nambikwara)

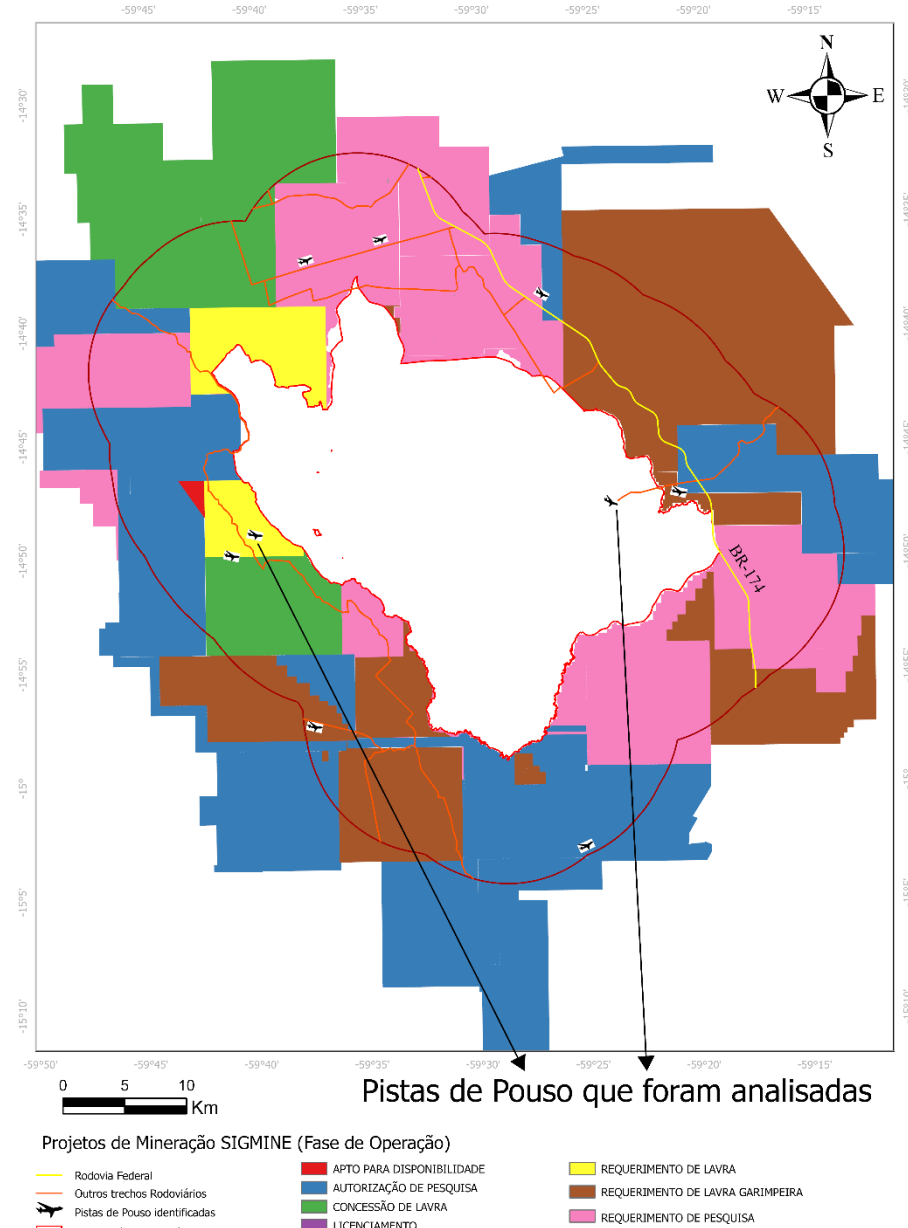
Situada na região da Amazônia Legal, no estado de Mato Grosso, a TI Sararé é habitada majoritariamente pelo povo Nambikwara. O território abrange uma área aproximada de 67 mil hectares, localizada entre os municípios de Conquista D'Oeste e Pontes e Lacerda. Segundo dados recentes do último censo do IBGE (2023) a população

residente na TI é composta por 201 pessoas. A regularização fundiária da área foi consolidada através do Decreto n.º 91.209, de 29 de abril de 1985 (Brasil, 1985). Este dispositivo legal homologou a demarcação feita pela FUNAI, reconhecendo a área de posse imemorial do grupo indígena Nambikwara e Katitauru. A delimitação geográfica utiliza as confluências naturais entre o rio Sararé e rio Verde, além de faixas de domínio da Rodovia BR-174 (Brasil, 1985).

Do ponto de vista ambiental, a TI Sararé está inserida na bacia hidrográfica do Rio Madeira e caracterizada como uma área de ecótono, representando uma zona de transição entre o bioma Amazônia e o Cerrado. Esta condição confere ao território uma alta relevância para a biodiversidade, sendo a fitofisionomia predominante a Floresta Estacional Semidecidual, que cobre cerca de 69,84% da área (ISA, 2026).

O território enfrenta pressões históricas e atuais decorrentes da exploração econômica ilegal. O histórico de ocupação não indígena na região é antigo, com registros de estradas e pistas existentes desde 1985 (ISA, 2026). Conforme apontado pelo Cimi (2024), a TI Sararé está em destaque como a área mais desmatada da Amazônia Legal no estado de Mato Grosso em 2024 em decorrência do garimpo, como pode ser visto na **Figura 18**, os números de pedidos de exploração minerária no SIGMINE cercam a TI. Os dados apontam uma área devastada de 2. 780 mil hectares sendo quase metade dessa área tomada pelo garimpo (CIMI, 2024).

Figura 18 - Localização das Pistas de Pouso analisadas.



Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: SIGMINE 2024

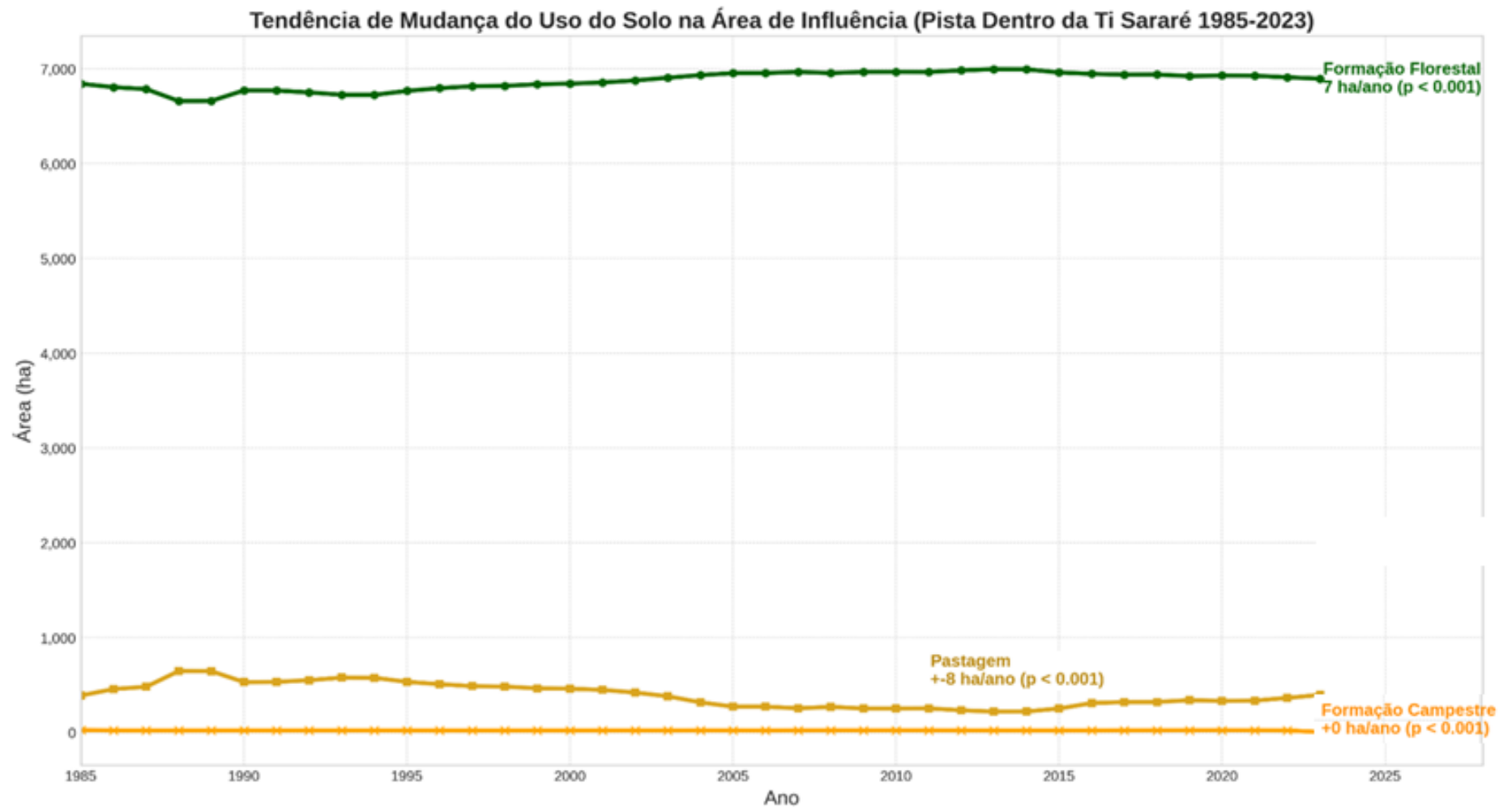
Fonte: Buzatto (2025).

Na Terra Indígena Sararé, a interpretação visual identificou um total de nove pistas de pouso na Terra Indígena Sararé, conforme demonstrado na localização espacial da **Figura 18**. O mapeamento evidenciou que este território, historicamente pressionado pela atividade minerária, possui uma infraestrutura logística consolidada antes mesmo de 1985. Diferentemente de outras áreas onde a pista de pouso precede a infraestrutura terrestre, na TI Sararé já possuía estradas próximas ao entorno da TI.

Recentemente o impasse fundiário e a insegurança jurídica aumentaram ainda mais na região, por causa da Terra Indígena Uirapuru, habitada pelo povo Paresí, ligada à TI Sararé. Embora sujeita a pressões similares de invasão e garimpo, esta área não foi incluída no escopo detalhado desta análise espacial devido à sua regularização muito recente, efetivada pelo Decreto n.º 12.721, de 17 de novembro de 2025 (Brasil, 2025). A homologação federal enfrenta agora contestação judicial por parte do governo estadual (SECOM, 2025). Este embate político e jurídico intensifica as disputas territoriais e estimula o conflito direto entre garimpeiros e indígenas, ampliando o cenário de instabilidade fundiária existente nesta zona de transição entre o Cerrado e a Amazônia.

A análise comparativa da cobertura vegetal, calculada pela subtração do NDVI entre 1985 e 2025 no raio de 5 Km da pista, revelou cenários distintos entre os ambientes. A área de influência da pista interna (**ID 85**) apresentou estabilidade na paisagem, registrando uma variação negativa mínima de 0,54%, com a vegetação passando de 7.614 hectares para 7.573 hectares. Em contrapartida, com os dados do Mapbiomas (1985 a 2023), a pista situada na zona de amortecimento (**ID 87**) registrou um incremento de 18,14% na cobertura vegetal, aumentando de 3.735 hectares para 4.413 hectares. Este dado sugere que o entorno da pista externa já se encontrava bastante antropizado no início da série histórica, passando posteriormente por um processo de regeneração florestal.

Figura 19 - Tendência da Pista de Pouso - ID 85.

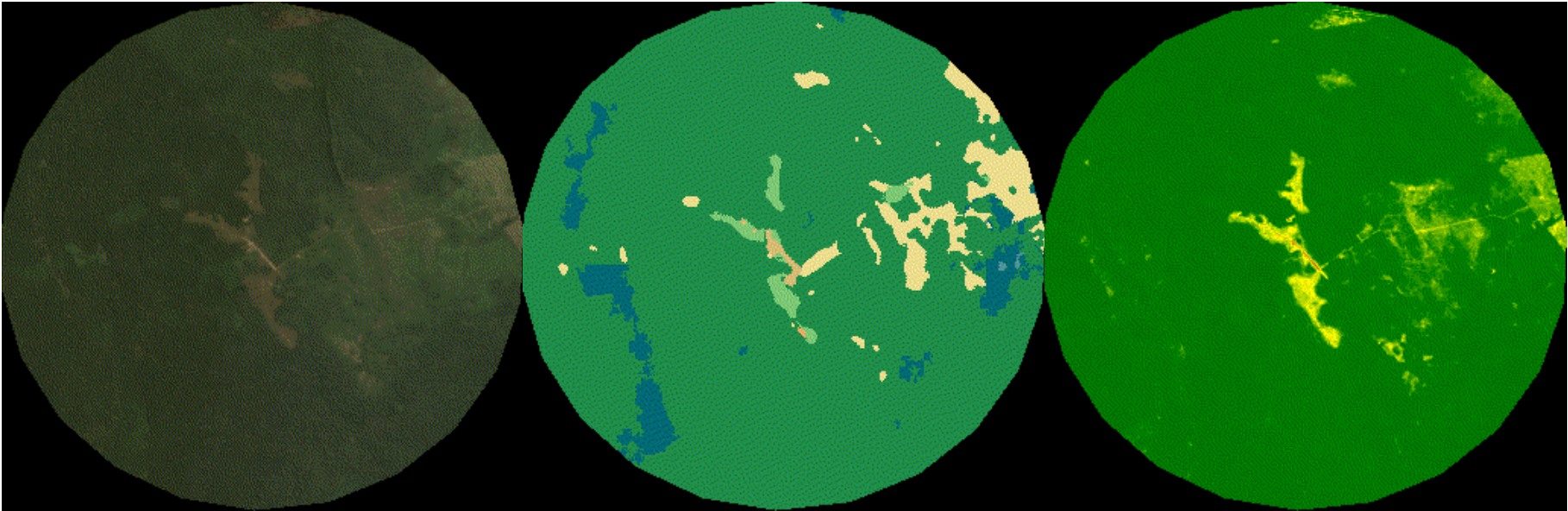


Fonte: Buzatto (2025).

Figura 20: Monitoramento integrado da Pista de Pouso ID 85: Análise de tendência, dinâmica espacial e série histórica multitemporal (Landsat, NDVI e MapBiomas).

Análise de Tendência (Pista Dentro da TI Sararé 1985-2023)

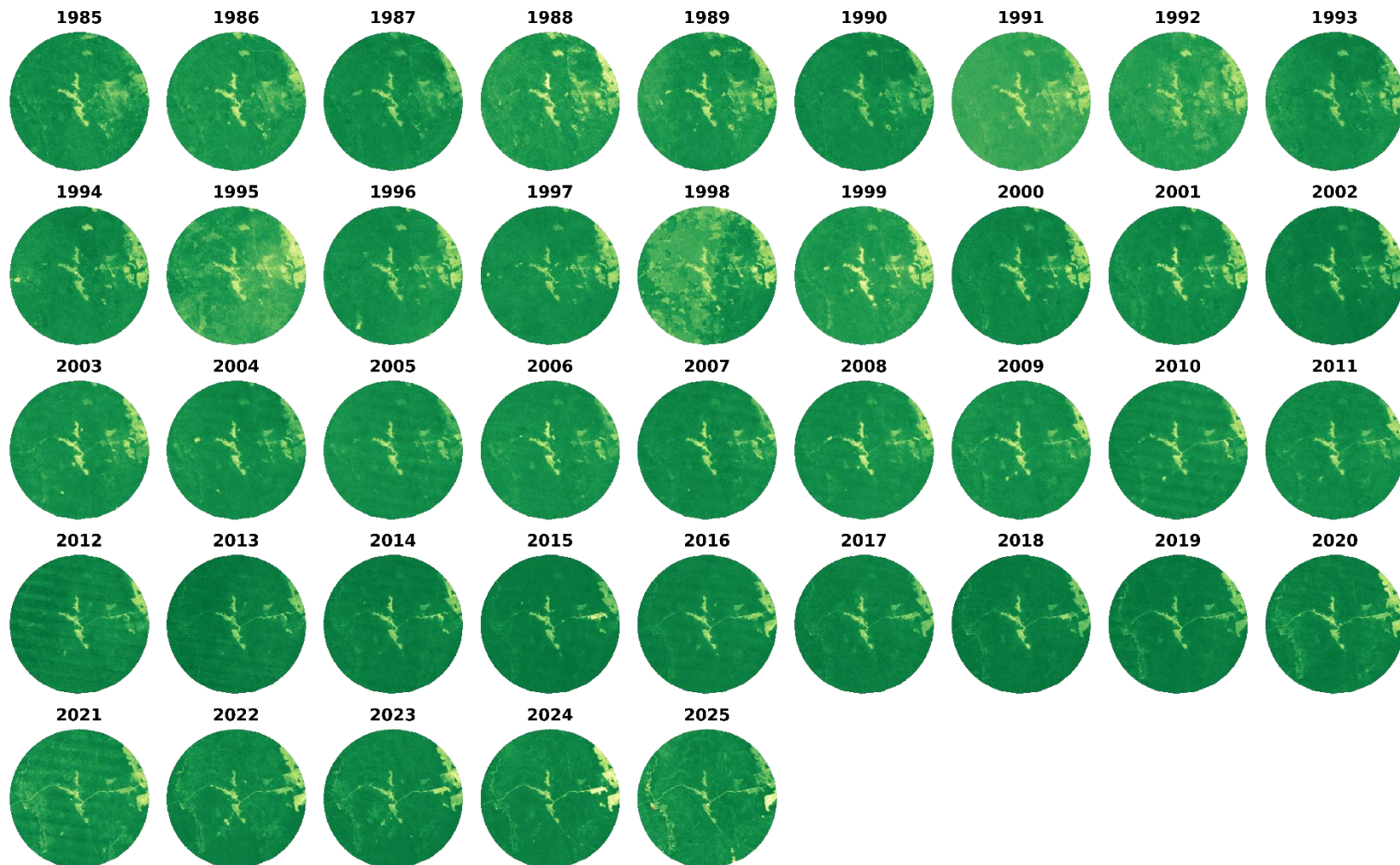
	Classe	Tendência	z-score	Tau de Kendall	P-valor	Slope de Sen (ha/ano)
0	Formação Florestal	increasing	4.69	+0.52	0.00000	6.61
1	Formação Campestre	increasing	3.17	+0.36	0.00153	0.02
2	Pastagem	decreasing	-4.50	-0.50	0.00001	-8.34



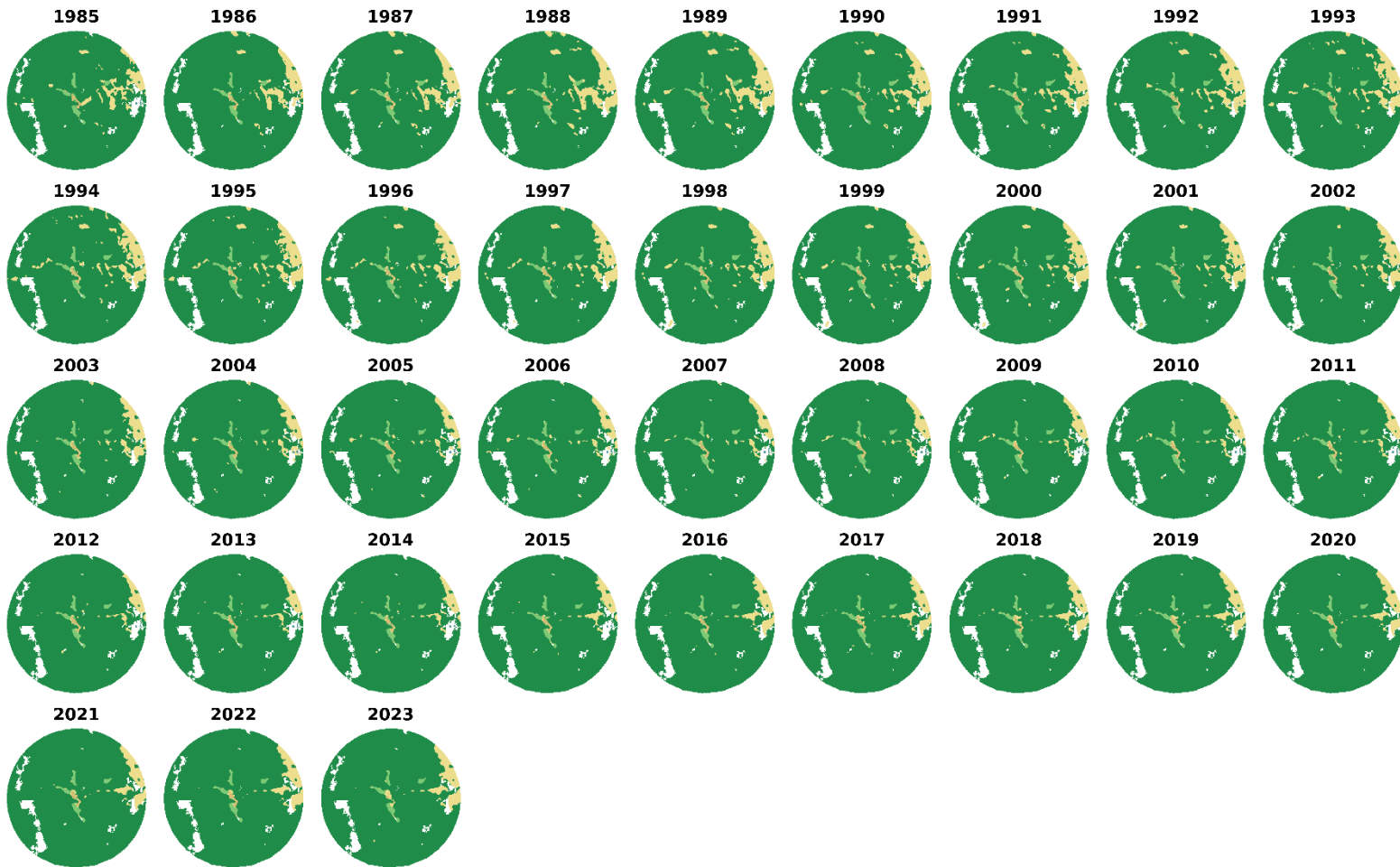
Evolução Temporal - Landsat 8 (RGB)



Evolução Temporal - Índice NDVI



Evolução Temporal - MapBiomas (Col. 9)



■ Formação Florestal
 ■ Formação Savânica
 ■ Campo Alagado
 ■ Formação Campestre
 ■ Pastagem
 ■ Área Urbanizada
 ■ Mineração / Garimpo
 ■ Corpo D'água

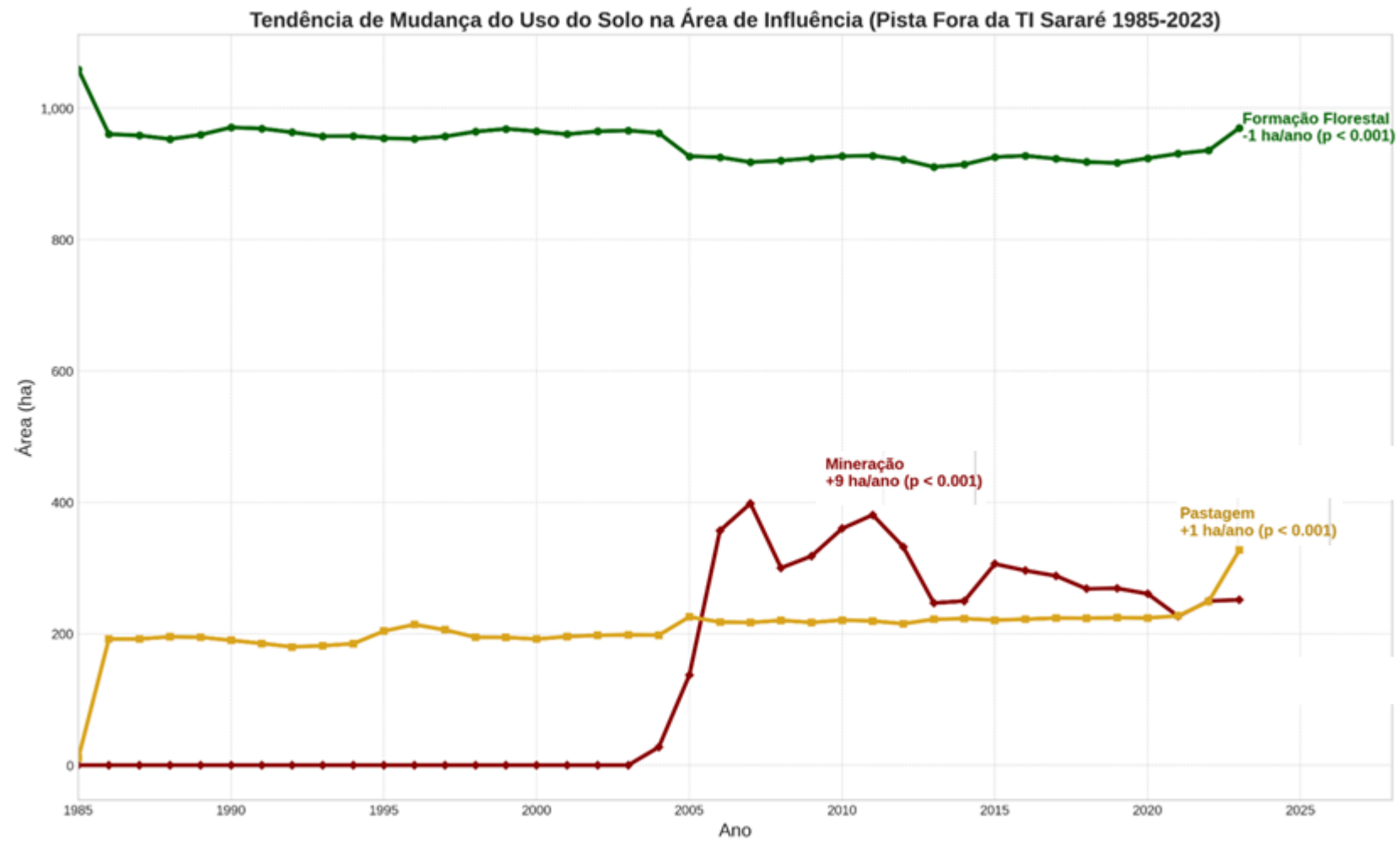
Fonte: Buzatto (2026).

A **Figura 19** apresentou o gráfico de tendência da pista de pouso **ID 85**, situada no interior da TI Sararé. Esta pista desapareceu depois da abertura da estrada que leva ao interior da TI. No raio de 5 Km da pista não foi identificado a classe de garimpo, ou mesmo de pastagem. A estatística da tendência temporal da pista **ID 85** entre 1985 e 2023, indicou um comportamento estatístico de regeneração da cobertura vegetal ($p < 0,001$), registrando um incremento anual de 7 hectares de *Formação Florestal*, em contraste com a redução de 8 hectares ao ano da classe de *Pastagem*. A classe *Formação Campestre* manteve-se estável.

A validação visual apresentada na **Figura 20** permitiu contextualizar os dados estatísticos da pista ID 85. Embora o coeficiente τ (+0,52) para a classe de *Formação Florestal* indicasse uma tendência moderada de regeneração, as imagens dinâmicas do NDVI revelaram uma dinâmica de pressão, a abertura de uma estrada avançando para o oeste, penetrando o interior da TI. Essa evidência visual sugere que o incremento vegetal detectado estatisticamente refere-se provavelmente à recomposição de vegetação secundária em áreas antigas, mascarando a degradação linear recente causada pela nova via de acesso ao território.

Por sua vez, a **Figura 21** ilustra a tendência de mudança do solo da pista de **ID 87**. A análise visual e a série histórica indicaram a expansão das áreas degradadas no entorno desta estrutura, confirmando o padrão de uso do solo voltado para a mineração. A presença destas pistas, somada à grande quantidade de cavas abertas, reforça a vulnerabilidade do território frente à pressão garimpeira. A Tendência histórica da pista **ID 87**, apresentou alta significância ($p < 0,001$), evidenciando a consolidação da atividade extrativista com um aumento expressivo de 9 hectares ao ano na classe de *Mineração*. Essa expansão ocorreu simultaneamente à perda anual de 1 hectare de *Formação Florestal* e ao leve incremento de 1 hectare ao ano de *Pastagem*, corroborando a análise visual da degradação progressiva nesta área externa à TI Sararé.

Figura 21 - Tendência da Pista de Pouso - ID 87.

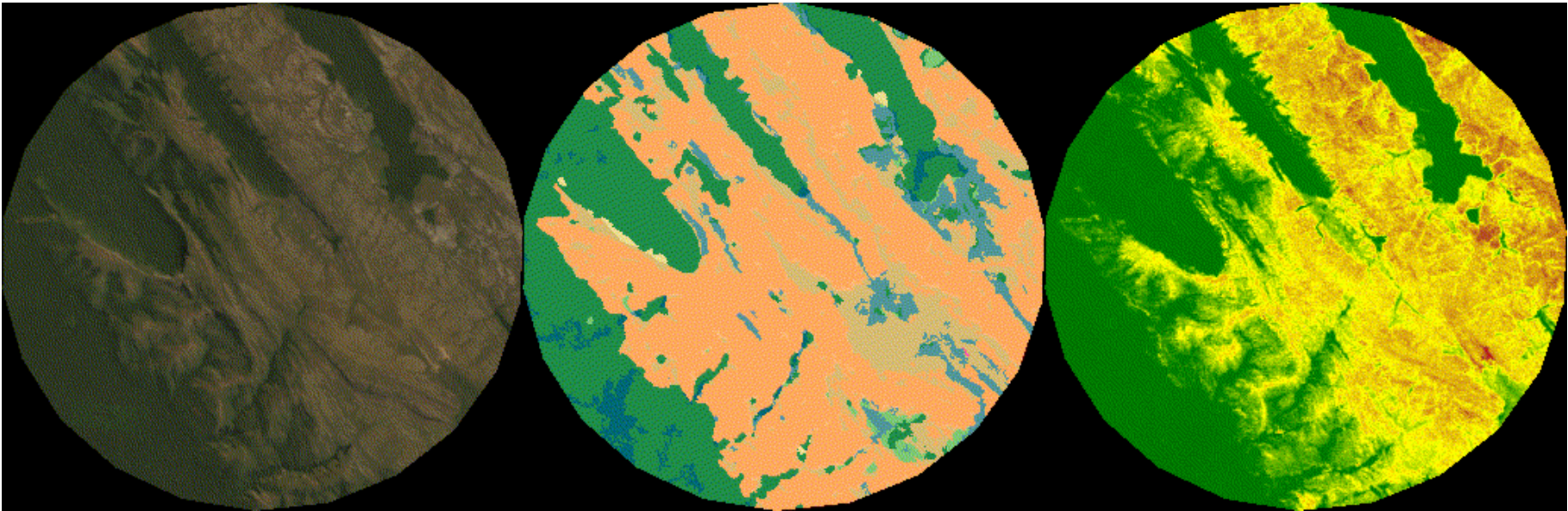


Fonte: Buzatto (2025).

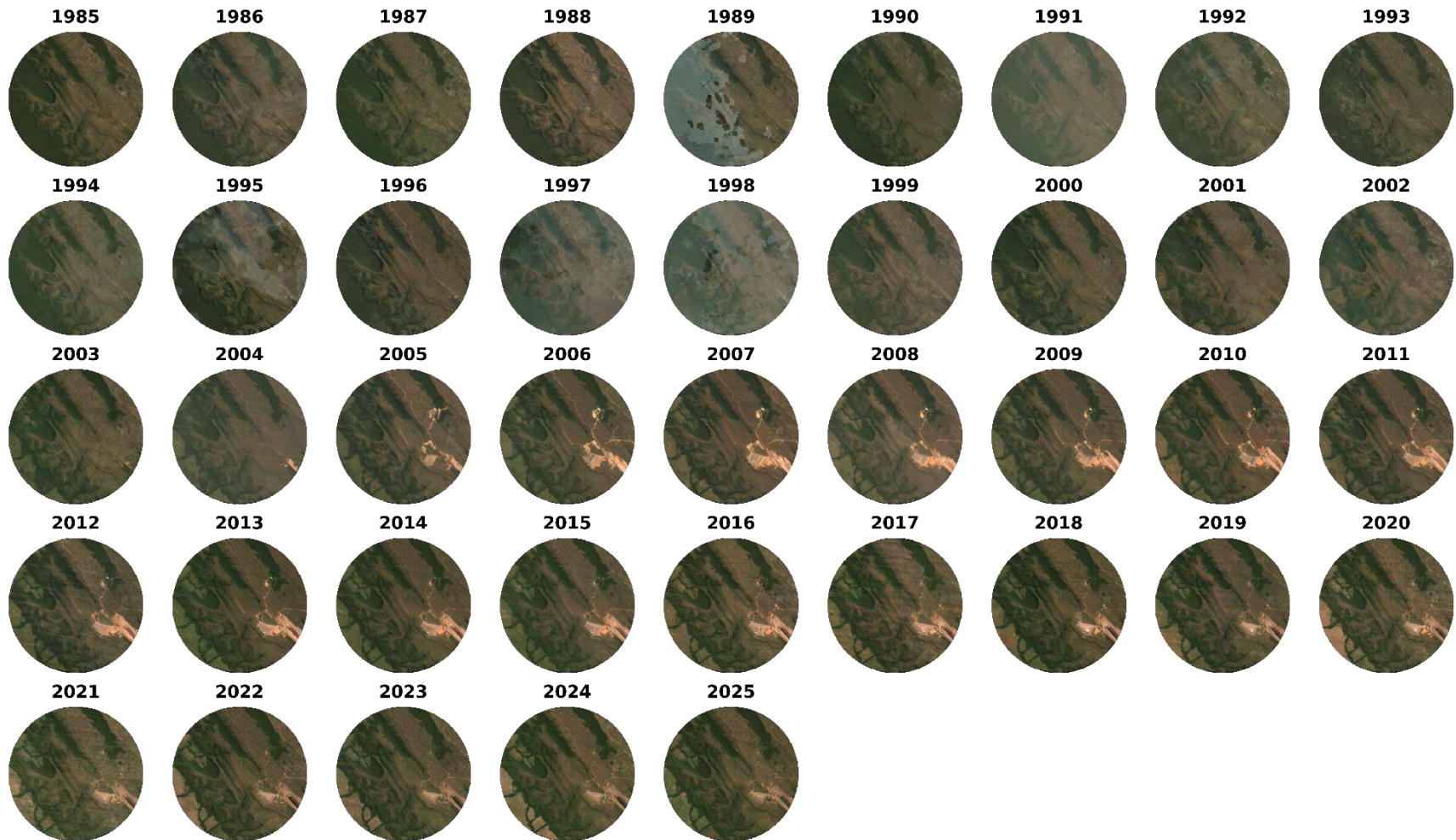
Figura 22: Monitoramento integrado da Pista de Pouso ID 87: Análise de tendência, dinâmica espacial e série histórica multitemporal (Landsat, NDVI e MapBiomas).

Análise de Tendência (Pista Fora da TI Sararé 1985-2023)

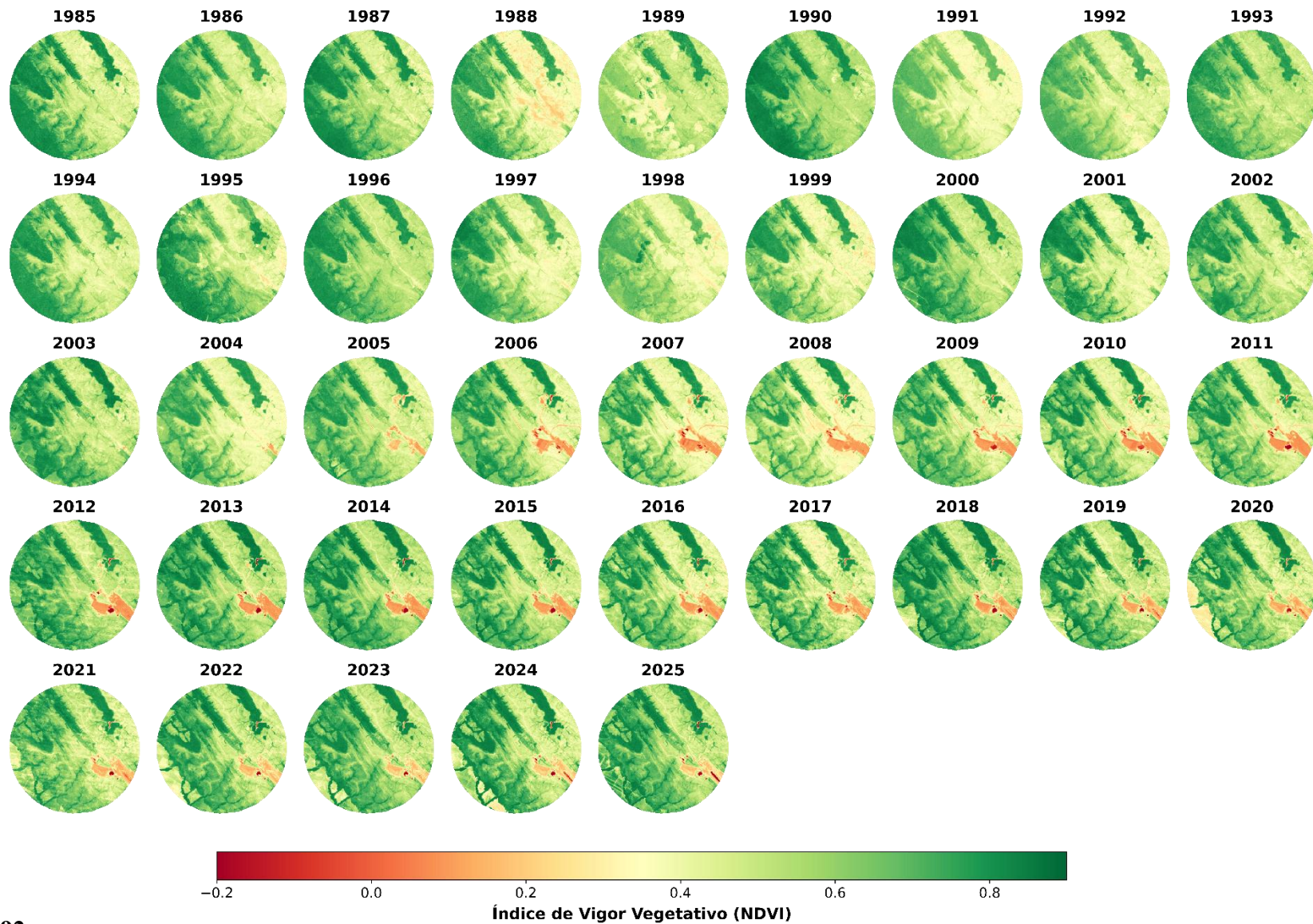
	Classe	Tendência	z-score	Tau de Kendall	P-valor	Slope de Sen (ha/ano)
0	Formação Florestal	decreasing	-3.65	-0.41	0.00026	-1.38
1	Mineração	increasing	4.22	+0.50	0.00002	8.57
2	Pastagem	increasing	6.65	+0.74	0.00000	1.39



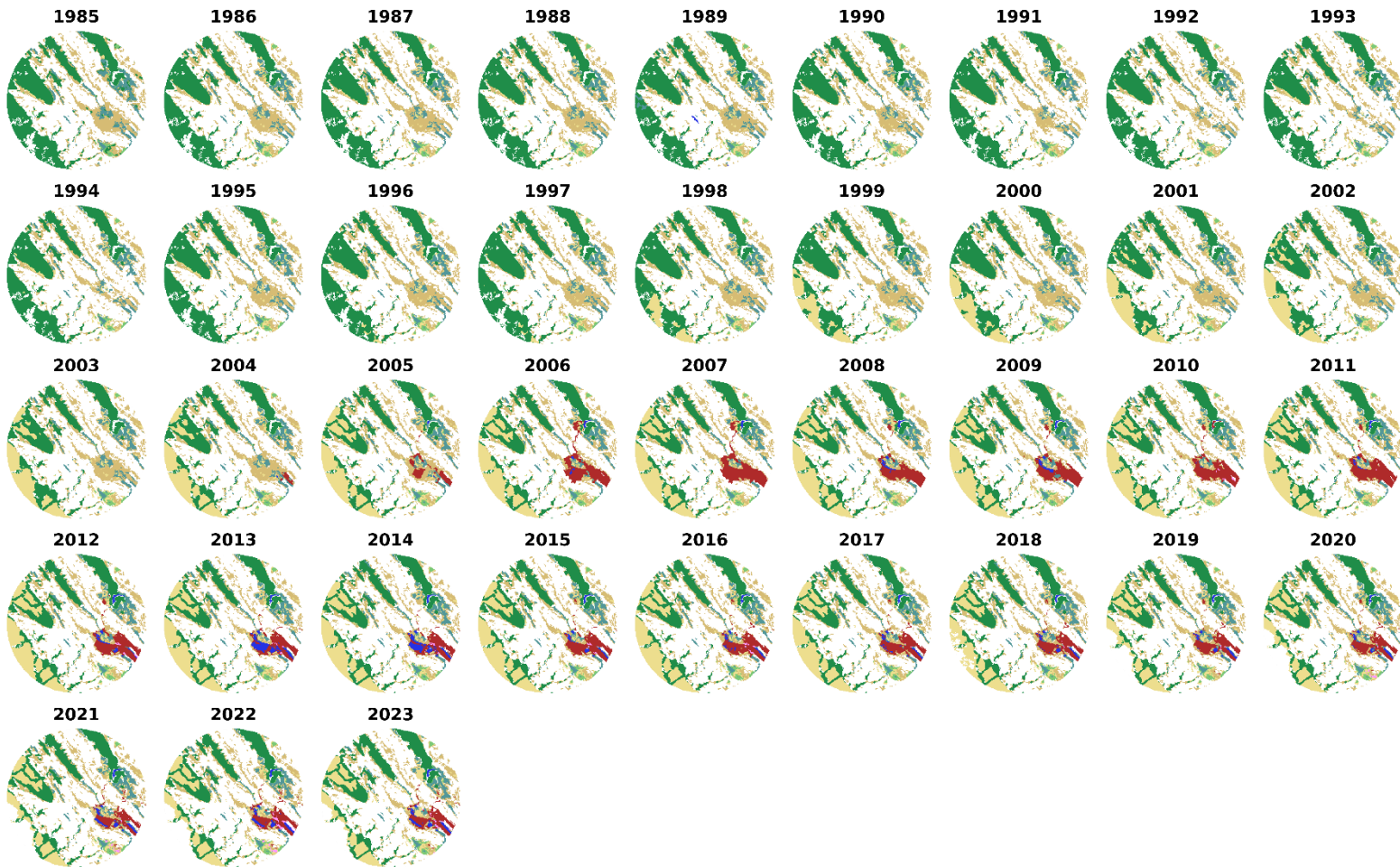
Evolução Temporal - Landsat 8 (RGB)



Evolução Temporal - Índice NDVI



Evolução Temporal - MapBiomas (Col. 9)



■ Formação Florestal
 ■ Formação Savânica
 ■ Campo Alagado
 ■ Formação Campestre
 ■ Pastagem
 ■ Área Urbanizada
 ■ Mineração / Garimpo
 ■ Corpo D'água

Fonte: Buzatto (2026).

A análise da **Figura 22** reforçou a severidade da ocupação referente à pista **ID 87**. A tendência estatística de expansão da mineração ($\tau +0,50$) materializou nas imagens dinâmicas, que demonstraram a consolidação de uma frente de exploração de escala industrial. A inspeção visual destacou que essa atividade intensa ocorre sobre um relevo acidentado, com cobertura vegetal de características típicas do Cerrado, diferente da paisagem das outras regiões estudadas. A consistência da perda florestal ($\tau -0,41$) observada nos dados alinhou-se perfeitamente à supressão da vegetação nativa para dar lugar às cavas de extração.

Para complementar a análise, o **Quadro 6** sistematizou o inventário das nove pistas identificadas na região da Terra Indígena Sararé. A classificação revelou um cenário de ocupação distinto das áreas anteriormente descritas, indicando que a ocupação nessa área se consolidou há muito mais tempo, o que se reflete também na quantidade significativa de pistas registradas na ANAC.

A pista **ID 85**, única detectada no interior da TI, apresentou um ciclo característico de vetor de desmatamento, a abertura em floresta densa em 1985, serviu de base logística antes da expansão das estradas na região. Na zona de amortecimento, a pista **ID 86** demonstrou dinâmica similar, evoluiu de uma estrutura improvisada de terra para uma área de garimpo ativo. Já a pista **ID 87**, embora situada no buffer e associada à mineração, destaca-se por possuir registro oficial.

Quanto à situação da homologação dessas pistas, foi observado uma inversão do padrão encontrado nas outras áreas de estudo. Das nove pistas mapeadas, sete possuem registro na ANAC. A predominância de pistas pavimentadas (**ID 91**, **ID 92**, **ID 93** e **ID 94**) ou de uso privado regularizado na zona de amortecimento sugere que o entorno da TI Sararé possui uma malha logística bem estabelecida, possivelmente ligada ao agronegócio ou à mineração empresarial. Essa infraestrutura consolidada pode estar relacionada ao aumento das frentes de garimpo ilegal que pressionam os limites do território.

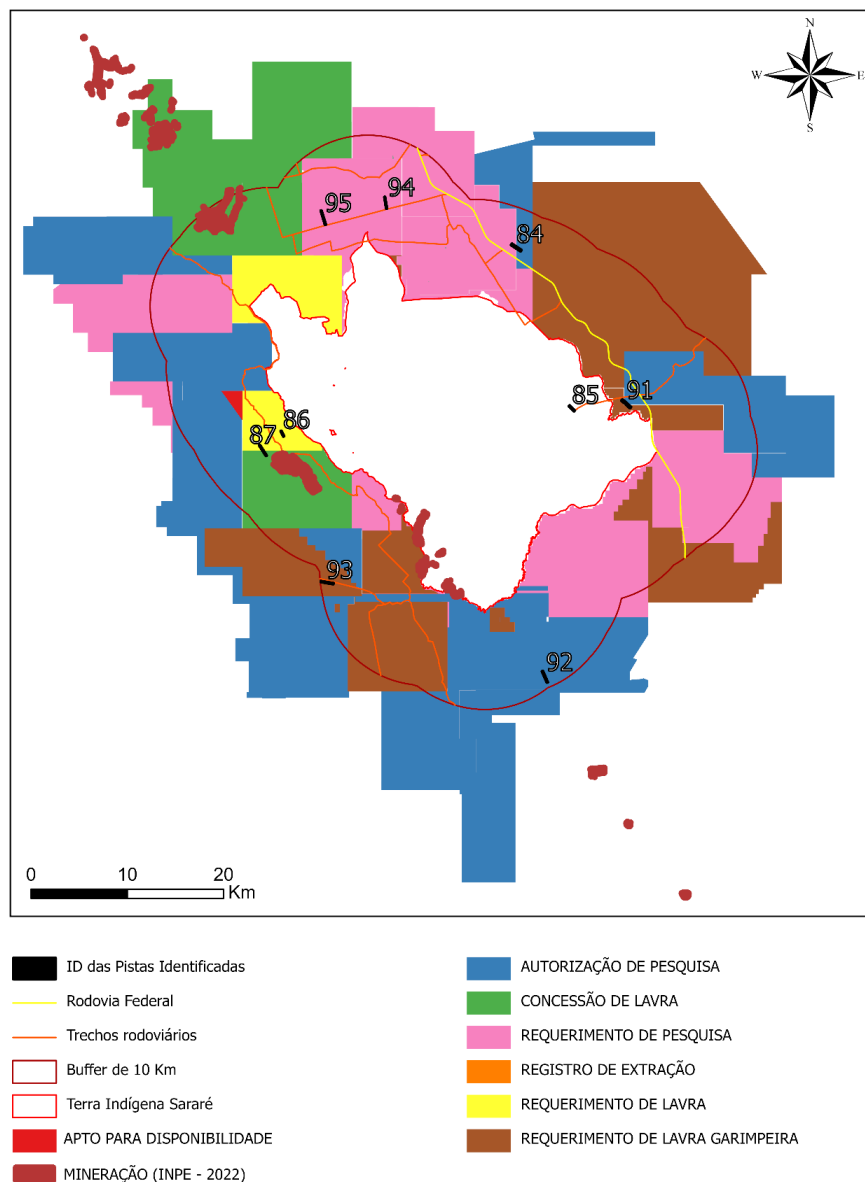
Quadro 6 - Inventário das pistas identificadas na Terra Indígena Sararé

ID Pista	Nome Ti	Ano da Detecção	Ano de desaparecimento	Localização Geográfica	Registro na ANAC	Detectada pelo MAPBIOMAS	Observações
84	Saráré	1985	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Sim	Pista de pouso de uso privado sem pavimentação
85	Saráré	1985	2005	Dentro da TI	Não	Não	Pista aberta em floresta densa, surgindo antes da expansão de estradas e desmatamento
86	Saráré	1985	ativa	Fora da TI (Buffer)	Não	Não	Pista improvisada de terra que desapareceu e deu origem a um garimpo
87	Saráré	2005	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Não	Pista de terra usada para Mineração e próxima da pista ID 86
91	Saráré	1985	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Sim	Pista de pouso de uso privado pavimentada
92	Saráré	1990	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Sim	Pista de pouso de uso privado pavimentada
93	Saráré	1995	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Sim	Pista de pouso de uso privado pavimentada
94	Saráré	2024	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Não	Pista de pouso de uso privado pavimentada
95	Saráré	1990	ativa	Fora da TI (Buffer)	Sim	Não	Pista de pouso de uso privado sem pavimentação

Fonte: Buzatto (2025).

Para consolidar a análise espacial, a **Figura 23** apresenta a distribuição geográfica das pistas listadas no **Quadro 6**, permitindo visualizar a pressão exercida pela grande quantidade de infraestruturas já consolidadas em sua maioria no buffer da TI.

Figura 23: Localização das Pistas de Pouso e Número de Identificação (ID).



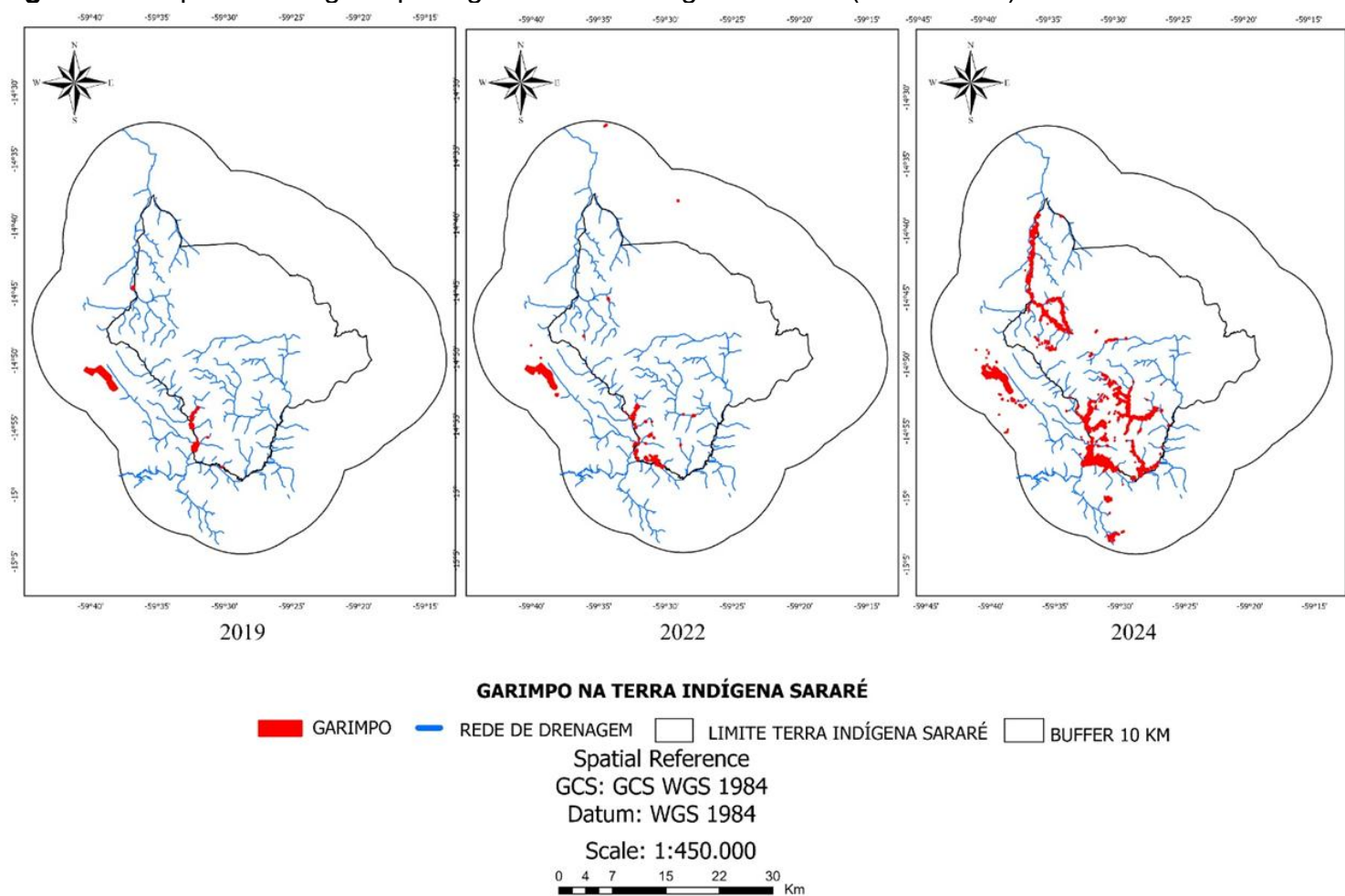
Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator / Fonte: SIGMINE 2024

Fonte: Buzatto (2025).

Diferente das demais áreas estudadas, a Terra Indígena Sararé apresenta uma ocupação considerada antiga e consolidada. Das nove pistas identificadas no levantamento de 1985, oito estão localizadas em áreas de propriedades privadas já estabelecidas, o que sugere que, nesse contexto, tais infraestruturas não parecem ter sido as responsáveis pela modificação inicial da paisagem local.

Como adendo à análise, a **Figura 24** apresenta o comportamento da atividade extrativa em um recorte temporal recente. O incremento observado entre 2019 e 2024 sinaliza uma intensificação abrupta da exploração minerária sobre o território, devido a migração em massa de garimpeiros provenientes de outras regiões amazônicas, onde aconteceu o processo de desintrusão de invasores, principalmente da TI Yanomami. De acordo com Santos (2025) esse cenário está associado à valorização expressiva do ouro e à existência de uma infraestrutura consolidada há décadas na região, fator que facilitou o acesso e a expansão célere das atividades em períodos de maior demanda econômica.

Figura 24: Expansão do garimpo ilegal na Terra Indígena Sararé (2019–2024).



Fonte: Barros; Buzatto, 2025⁵.

⁵ BARROS, L. C. A.; BUZATTO, J. L. **Análise geoespacial de garimpo ilegal na Terra Indígena Sararé-MT pós-desintrusão na TI Yanomami-RR.** Trabalho apresentado no Fórum Internacional sobre a Amazônia (FIA), Brasília, 2025. Congresso sem publicação em anais.

4. DINÂMICA DA PRESSÃO MINERÁRIA E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS

4.1. Projetos de Mineração (SIGMINE)

Enquanto os dados anteriores mapearam o impacto físico e visível na paisagem das alterações do uso do solo e da cobertura vegetal, o **Quadro 7** mostra a intenção de exploração sobre o subsolo da Terra indígena Aripuanã do povo Cinta Larga, evidenciando uma diversidade de substâncias que abrangem desde minério de ferro, chumbo, diamante, cassiterita e etc. Porém se destaca a predominância do ouro, que contabiliza 30 processos minerários ativos ou em tramitação na área, considerando este território como crítico para o extrativismo mineral predatório e um foco nas disputas territoriais.

A análise temporal das ocorrências aponta picos de solicitações que coincidem com períodos de fragilidade na fiscalização ambiental e valorização das *commodities* no mercado internacional. Destacam-se os anos de 2008, com 9 registros; 2014 e 2015, ambos com 4 ocorrências; e os anos recentes de 2024 e 2025, com 5 registros cada. Contudo, o cenário mais crítico é observado em 2021, que totaliza 23 processos, em sua maioria requerimentos de lavra garimpeira para a extração de ouro. Este volume expressivo reflete a intensificação das tentativas de regularização de atividades ilícitas em áreas protegidas durante a pandemia. Tal dinâmica foi potencializada durante o combate ao COVID-19, período em que a redução da fiscalização e o desmonte deliberado das políticas ambientais favoreceram o avanço sobre as Terras Indígenas (Ascema Nacional, 2020).

Quadro 7 - Projetos de Mineração da Terra Indígena Aripuanã (**Cinta Larga**)

ANO	AREA_HA	FASE	SUBS
1992	3639,88	CONCESSÃO DE LAVRA	MINÉRIO DE CHUMBO
2008	2,57	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	5,39	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	0,04	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	0,74	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	9,85	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	2,23	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	0,02	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	10,65	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
2008	0,09	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO

2014	3633,76	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO
2014	6240,47	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO
2014	263,87	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO
2014	5191,38	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE FERRO
2015	50	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	DIAMANTE
2015	461,12	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE CHUMBO
2015	7326,6	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE ESTANHO
2015	4380,45	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE CHUMBO
2016	4270,37	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE CHUMBO
2018	2638,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2019	49,22	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	GRANITO
2019	48,69	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	GRANITO
2019	2985,59	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	3,96	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2020	4,98	REGISTRO DE EXTRAÇÃO	CASCALHO
2020	7241,68	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2020	965,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE MANGANÊS
2020	1,15	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2021	5964,1	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	6958,09	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	1398,67	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	CASSITERITA
2021	6435,7	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	5673,54	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	6493,91	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	8525,07	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	CASSITERITA
2021	7254,21	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	4208,18	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE OURO
2021	191,26	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	7163,59	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	5355,78	LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	7275,87	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	2673,9	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO

2021	9652,47	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	7250,82	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	79,28	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	5465,03	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	6632,65	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE CHUMBO
2021	87,71	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE ESTANHO
2021	163,85	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE ESTANHO
2021	187,85	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	44	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2022	9899,37	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2022	48,53	LICENCIAMENTO	AREIA
2024	455,99	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO
2024	8610,28	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2024	78,91	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO
2024	0,19	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
2024	0,1	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
2025	147,7	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO
2025	68,88	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO
2025	63,79	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO
2025	75,23	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO
2025	24,14	RECONHECIMENTO GEOLÓGICO	DADO NÃO CADASTRADO

Fonte: SIGMINE (2025) adaptado pelo autor.

O **Quadro 8** revela a quantidade de projetos de mineração no entorno da TI Kayabi. A década entre 2010 e 2020 concentrou o maior volume de solicitações minerárias da série histórica. O ano de 2017 destacou-se com 11 registros, seguido por 2016 e 2024, ambos com 8 ocorrências. Outros períodos de intensa atividade administrativa foram 1996 e 2014, com 7 registros cada, além de 2018, 2019 e 2025, que apresentaram entre 5 e 6 processos anuais.

A predominância de fases como requerimento de lavra garimpeira e autorização de

pesquisa, especialmente nos picos de 2016 e 2017, demonstra um esforço contínuo para legitimar a extração em áreas de conservação. Este volume de solicitações coincide com a transição política (2015-2019), período em que houve uma mudança no projeto de governo com apoio da bancada ruralista. Segundo Moizés e Mitidiero Junior (2022), esse contexto favoreceu a celeridade de proposições legislativas voltadas ao agronegócio e ao extrativismo, resultando em conquistas para esses setores em detrimento dos marcos de proteção ambiental e dos direitos territoriais indígenas. A persistência desses pedidos até o ano de 2025 reforça que a TI Kayabi permanece sob vigilância de grupos econômicos que buscam explorar a riqueza mineral do subsolo amazônico de forma sistemática.

A TI Kayabi apresenta o cenário mais crítico em termos de ocupação minerária entre as áreas analisadas, detendo a maior extensão territorial de empreendimentos. Os registros extraídos do sistema SIGMINE indicam uma pressão constante sobre o território, com uma malha de processos que abrange uma vasta área de influência. Embora o ouro seja a substância predominante, contabilizando 69 processos vinculados, observa-se também um interesse estratégico em minério de cobre e zinco.

Quadro 8 - Projetos de Mineração da Terra Indígena Kayabi

ANO	AREA_HA	FASE	SUBS
1996	755,35	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1996	27,29	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1996	71,85	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1996	379,52	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1996	50	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
1996	10,76	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
1996	7715,69	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2005	8086,03	DIREITO DE REQUERER A LAVRA	OURO
2007	9736,9	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE ZINCO
2008	59,79	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2008	389,51	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2008	791,61	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2009	6251,54	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2010	1859,69	LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2010	26,2	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO

		GARIMPEIRA	
2010	282,68	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2010	62,35	DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE OURO
2011	46,18	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2011	710,57	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2011	5264,08	LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2011	5595,88	DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE OURO
2012	9331,16	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2012	13,82	LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2012	1,14	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2012	6,49	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2012	24,01	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2013	630,95	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2013	557,08	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	392,5	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	659,13	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	181,53	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	0,06	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	2931,02	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	133,03	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2014	201,17	DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE OURO
2015	48,13	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2015	1,16	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2015	144,32	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2016	0,65	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	9686,27	REQUERIMENTO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO

		GARIMPEIRA	
2016	2826,94	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	9976,49	LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	4961,1	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	6935,81	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	8822,45	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	6081,97	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2017	9551,02	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2017	9694,26	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE COBRE
2017	6494,56	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE COBRE
2017	9188,6	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2017	7813,89	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2017	7678,9	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE COBRE
2017	5872,75	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2017	7932,1	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE COBRE
2017	9808,66	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2017	7210,36	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2017	691,33	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE COBRE
2017	1764,61	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2018	14,45	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2018	544,06	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2018	4,19	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2018	0,34	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2018	0,04	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2018	0,01	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2019	5689,19	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	5125,93	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	9332,97	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	4960,98	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	44,99	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2019	9686,28	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2020	1172	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE

2021	6083,08	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2021	9976,49	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2021	34,62	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2022	662,74	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2022	49,42	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2023	7194,17	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2023	3900,85	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2024	9923,73	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2024	5418,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2024	9926,17	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE COBRE
2024	1822,66	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2024	9253,3	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2024	3263,21	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2024	474,49	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2024	1069,46	DISPONIBILIDADE	DADO N CADASTRADO
2024	24,99	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2024	41,99	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2025	1292,85	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
2025	46,72	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2025	312,9	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO

Fonte: SIGMINE (2025), adaptado pelo autor.

Seguindo para o **Quadro 9**, os dados minerários na Terra Indígena Sararé revelam um histórico interesse econômico. Desde o início de 1979 a TI é marcada por concessões de lavra de ouro em grandes extensões territoriais que totalizam dezenas de milhares de hectares. Esse padrão histórico confirma a ameaça estrutural de longa data que busca converter sistematicamente o patrimônio indígena e florestal em ativos minerários.

O cenário torna-se agudo a partir de 2016, ano em que o volume de novos requerimentos apresenta um crescimento exponencial, com destaque para a

predominância de pedidos de lavra garimpeira e autorização de pesquisa de ouro. Essa aceleração nas tentativas de ocupação administrativa pode ter relação direta com o desmonte da governança ambiental e o retrocesso dos marcos regulatórios de proteção no Brasil. Conforme analisa Schlindwein (2022), esse processo é reflexo de um projeto político que implementou a destruição da legislação ambiental existente, favorecendo a exploração predatória do bioma Amazônia. A similaridade da grande quantidade de requerimentos a partir de 2016 em todos os quadros é o indicador mais contundente de uma correlação entre a instabilidade política nacional e o avanço sobre áreas protegidas.

Quadro 9: Projetos de Mineração da Terra Indígena Sararé

ANO	AREA_HA	FASE	SUBS
1979	10000	CONCESSÃO DE LAVRA	OURO
1979	10000	CONCESSÃO DE LAVRA	OURO
1979	10000	CONCESSÃO DE LAVRA	OURO
1982	138,23	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MAGNETITA
1982	6385,09	REQUERIMENTO DE LAVRA	MAGNETITA
1982	185,19	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MAGNETITA
1982	8368,51	CONCESSÃO DE LAVRA	MINÉRIO DE OURO
1982	3321,76	REQUERIMENTO DE LAVRA	OURO
1985	73,24	REQUERIMENTO DE PESQUISA	CASSITERITA
1989	49,83	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1993	9697,46	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1993	2378,35	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1994	9891,01	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
1994	9404,91	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
1994	9594,22	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
1994	4044,77	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
1994	8799,99	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
1995	8447,38	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
1995	10000	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
1995	9227,34	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
2005	9282,92	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
2006	5018,76	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2006	9273,69	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2007	222,26	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2008	803,44	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2008	10000	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2010	31,04	LICENCIAMENTO	AREIA
2010	2097,57	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2012	321,43	APTO PARA DISPONIBILIDADE	MINÉRIO DE OURO
2013	42,95	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO

2013	46,73	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2015	299,58	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2015	199,78	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	1728,74	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2016	45,48	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	CASSITERITA
2016	94,42	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2016	7101,31	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	895,37	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	9895,15	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE ESTANHO
2016	8828,65	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	5775,96	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	6403,31	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2016	9978,93	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
2016	5889,47	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2016	3409,52	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2016	9492,71	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2018	7822,43	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	3072,24	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	9978,93	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	OURO
2019	21,95	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	4,24	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2019	2712,22	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2020	39,8	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2020	0,59	REGISTRO DE EXTRAÇÃO	CASCALHO
2020	1,29	REQUERIMENTO DE REG. DE EXTRAÇÃO	CASCALHO
2020	0,5	REQUERIMENTO DE REG. DE EXTRAÇÃO	CASCALHO
2020	0,4	REGISTRO DE EXTRAÇÃO	CASCALHO
2020	2473,59	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2020	1560,83	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2021	128,62	AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA	OURO
2021	10,79	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO

2022	3,93	REQUERIMENTO DE REG. DE EXTRAÇÃO	CASCALHO
2023	9812,98	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2023	9211,03	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2023	61,92	REQUERIMENTO DE PESQUISA	DADO N CADASTRADO
2023	28,68	REQUERIMENTO DE PESQUISA	DADO N CADASTRADO
2023	4,53	REQUERIMENTO DE PESQUISA	DADO N CADASTRADO
2023	0,86	REQUERIMENTO DE PESQUISA	DADO N CADASTRADO
2024	4044,63	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	OURO
2024	7822,43	REQUERIMENTO DE LAVRA GARIMPEIRA	MINÉRIO DE OURO
2024	9928,54	REQUERIMENTO DE PESQUISA	MINÉRIO DE OURO
2024	9329,15	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
2025	3,05	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
2025	1,36	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
2025	6,19	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO
2025	668,14	REQUERIMENTO DE PESQUISA	OURO

Fonte: SIGMINE (2025), adaptado pelo autor.

Comparando os quadros dos projetos minerários, podemos notar que o ouro permanece como o eixo central de interesse em todos os territórios, somando 175 processos ativos ou em tramitação. A semelhança nos quadros revela que a ocupação administrativa não é fragmentada, mas segue uma lógica de cerco territorial onde a TI Kayabi detém a maior extensão de áreas requeridas, enquanto a TI Sararé apresenta o registro histórico mais antigo. O vácuo de fiscalização parece ter encorajado o protocolo de pedidos na expectativa de uma flexibilização futura do ordenamento jurídico. Assim, os dados do SIGMINE deixam de ser meros registros técnicos para se tornarem um inventário de intenções de invasão cronologicamente ajustado às crises institucionais do Estado.

4.2. Análise dos registros de conflitos socioambientais nas Terras Indígenas

Para dar continuidade à análise da dinâmica de pressão sobre os territórios, este tópico apresentou o levantamento documental realizado a partir do acervo do ISA e da Hemeroteca Digital Brasileira. Os dois arquivos públicos reúnem registros históricos de diversas fontes, incluindo o Ministério Público Federal (MPF), o Conselho Indigenista

Missionário (Cimi), veículos de imprensa como O Globo, Folha de São Paulo e O Estado de São Paulo e mídias independentes com bastante credibilidade dentro da área socioambiental. Esses documentos permitiram resgatar eventos históricos que marcaram as tensões territoriais nas áreas de estudo. O **Quadro 10** iniciou essa sistematização focando na Terra Indígena Aripuanã dos povos Cinta Larga, para a qual o banco de dados do ISA e da Hemeroteca foram encontradas mais de 300 notícias de conflitos e ameaças ao território.

Quadro 10 - Número de Ocorrências na Terra Indígena Aripuanã (Cinta Larga)

Terra Indígena	Ano	Tipo da Ocorrência	Fonte da Ocorrência	Síntese do Conflito
Parque Indígena do Aripuanã	2025	Garimpo Ilegal	Ibama	Operação Xapiri desativou garimpo com destruição de maquinário pesado. A TI registra desmatamento, contaminação hídrica por mercúrio e impactos diretos ao modo de vida do povo Cinta Larga.
Parque Indígena Aripuanã / Ti Sararé	2024	Crime Organizado / Lavagem de Dinheiro	O Globo (Relatório CNJ)	Relatório do CNJ mapeou sofisticação financeira na exploração de diamantes na TI, identificando uma rede de empresários, advogados e políticos (desdobramento da Lava-Jato) financiando o crime.
Terra Indígena Aripuanã	2023	Invasão	Funai	Lideranças do povo Cinta Larga denunciaram invasões constantes de não indígenas e solicitaram à presidência da Funai ações urgentes de proteção territorial e reforço da fiscalização local.
Terra Indígena Aripuanã	2021	Queimadas / Pressão em Isolados	InfoAmazonia (dados INPE)	A TI figurou entre as dez terras indígenas com presença de povos isolados mais afetadas por focos de calor durante o período de seca (julho a setembro).
Terra Indígena Aripuanã	2020	Desmatamento	Diário de Cuiabá (Imazon)	A TI foi classificada entre as 10 áreas protegidas mais ameaçadas de MT. Monitoramento do sistema SAD identificou vetores de pressão (madeira e garimpo) e risco iminente de desflorestamento.

Terra Indígena Aripuanã	2010	Roubo de Madeira / Coação	Polícia Federal	Operação "Fazenda Brasil" desarticulou organização criminosa. Investigação apontou furto industrial de madeira (10 caminhões flagrados) e táticas de coação contra indígenas e ameaças a fiscais.
Terra Indígena Aripuanã	2008	Impacto de Grandes Obras	Cimi	Relatório recomendou anulação de licenças das UHEs do Rio Madeira (Santo Antônio e Jirau). O EIA previu aumento de conflitos e invasões em sete TIs afetadas, incluindo a Aripuanã, além de ignorar povos isolados.
Terra Indígena Aripuanã	2006	Roubo de Madeira / Fraude	Folha de S.Paulo	Operação pós-Curupira identificou fraude no sistema de transporte (ATPF/GF) e uso de serrarias móveis ("pica-paus") dentro da mata. Relata a cooptação de indígenas vulneráveis por madeireiros.
Terra Indígena Aripuanã	2004	Garimpo Ilegal (Diamante)	O Globo (via ISA)	Governo federal instituiu grupo operacional para repressão ao contrabando de diamantes e tensão armada na região habitada pelos Cinta Larga, em resposta ao massacre de 29 garimpeiros ocorrido meses antes.
Terra Indígena Aripuanã	1990	Crise Sanitária / Pressão Madeireira	Jornal do Commercio (RJ)	Reportagem da FGV denuncia taxas de mortalidade infantil (35%) e desnutrição. O médico Carlos Coimbra aponta explicitamente a atividade madeireira e a introdução de novas culturas agrícolas como causadoras das doenças na região.
Terra Indígena Parque Aripuanã	1982	Massacre	jornal Porantim - Cimi	Índios Cinta Larga são massacrados no Aripuanã. Dezenove anos após o Massacre do Paralelo 11, os Cinta Larga voltam a ser atacados.
Terra Indígena Aripuanã	1963	Genocídio	Jornal O Mensageiro (PA)	Massacre do Paralelo 11: Aldeia dizimada a mando de empresa seringalista (Arruda-Junqueira) com uso de dinamite e veneno.

Fonte: ISA (2026)⁶, Hemeroteca Digital (2026)⁷, adaptado pelo autor.

As notícias do quadro a cima estão concentradas em grande parte nos conflitos registros voltados à exploração ilegal de recursos naturais, com destaque para o garimpo mecanizado de diamantes. Apareceram com frequência notícias sobre episódios de violência extrema, variando de massacres históricos e genocídios a tensões armadas, além de denúncias recorrentes de invasões territoriais. Também foram expressivos os registros de crises sanitárias, marcadas por altos índices de mortalidade infantil e desnutrição, e os impactos socioambientais decorrentes de grandes obras de infraestrutura e pressões do crime organizado na região. Também apareceram com frequência registros sobre o roubo de madeira nobre, como o mogno, e a precariedade do atendimento à saúde em períodos de crise. Na sequência, o **Quadro 11** apresentou o levantamento referente à Terra Indígena Kayabi e Pontal dos Isolados, que possui em seu banco de dados mais de 435 notícias catalogadas no acervo consultado.

Quadro 11: Número de Ocorrências na Terra Indígena Kayabi e Pontal dos Isolados

Terra Indígena	Ano	Tipo da Ocorrência	Fonte da Ocorrência	Síntese do Conflito
Terra Indígena Kayabi	2024	Pressão Minerária (Ouro e Cobre)	OPAN	Boletim de monitoramento identificou processos minerários da ANM sobrepostos aos limites da TI. A mineração ameaça a qualidade da água de mais de um terço dos rios da bacia do Juruena.
Terra Indígena Kayabi	2023	Expansão de Pastagem / Grilagem	InfoAmazonia	Reportagem denuncia explosão de pastagens ilegais (2018-2021) e lavagem de gado. STF reabriu conciliação com invasores (Agropecuária Vale do Ximari), gerando insegurança jurídica.
Terra Indígena Kayabi	2016	Vazamento de Óleo / Contaminação	Mongabay	Vazamento de óleo no Rio Teles Pires, próximo à UHE São Manoel, impactou mais

⁶ O ISA possui no seu banco de dados 177 notícias sobre a TI Aripuanã. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/noticias/3603/TI/20/1>. Acesso em: 18 fev. 2026.

⁷ A Hemeroteca Digital Brasileira (Biblioteca Nacional) possui 34 notícias entre o período de 1980 a 1999. Disponível em: <https://bndigital.bn.gov.br/hemeroteca-digital/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

				de 300 indígenas com contaminação da água e morte de peixes.
Terra Indígena Kayabi	2012	Garimpo Ilegal / Fraude Financeira	G1	Operação Eldorado feita pela PF desarticulou organização que extraía ouro das TIs Kayabi e Munduruku para venda como ativo financeiro em SP.
Terra Indígena Kayabi	2012	Desmatamento / Trabalho Escravo	G1 - MT	Operação do Ibama flagrou desmate de 800 hectares, apreendeu gado irregular e denunciou uso de trabalho escravo na área de ampliação da TI.
Terra Indígena Kayabi	2010	Corrupção / Lavagem de Madeira	O Eco	Operação Jurupari prendeu ex-secretário de Meio Ambiente de MT por esquema no Sisflora que "esquentava" madeira roubada da TI Kayabi.
Terra Indígena Kayabi	2007	Desmatamento / Pressão do Agronegócio	O Eco	Pico de desmatamento na TI (3,59 km ² em um mês) associado à alta nos preços da soja e da carne e expectativa de biocombustíveis.
Terra Indígena Kayabi	2006	Desmatamento Ilegal / Grilagem	Midianews - Cuiabá-MT	Operação Kayabi multou fazendeiros em R\$ 34 milhões. O desmatamento aumentou após a demarcação de 2002 devido à especulação por indenizações.
Terra Indígena Kayabi	2005	Extração de Madeira / Mineração	Cimi	Indígenas detiveram 32 madeireiros na aldeia Kururuzinho. Texto cita tensão anterior com fazenda ligada à mineradora multinacional Brascan.
Terra Indígena Kayabi	2002	Garimpo Ilegal / Invasão	Gazeta de Cuiabá	Megaoperação da PF prendeu garimpeiros e apreendeu mercúrio na época da publicação da portaria de demarcação.
Terra	2001	Campanha por	Jornal O	Campanha nacional exige a

Indígena Kayabi		Demarcação / Garimpo	Mensageiro	demarcação da área no Baixo Teles Pires. Lideranças denunciam invasão massiva de garimpeiros desde a década de 80 e contaminação por mercúrio comprovada pela UnB.
TI Mundurucânia (Alto Tapajós)	1991	Epidemia de Malária / Garimpo	Jornal do Brasil (via CEDI)	Surto de malária atingiu 2 mil indígenas Munduruku. Lideranças Indígenas atribuem o surto da doença ao contato com garimpeiros e missionários.
Terra Indígena Kayabi	1985	Hidrelétrica	Correio Braziliense	Kayabi e Apiaká ameaçaram impedir a construção de usina da Cemat no Salto Kayabi (Rio dos Peixes), local sagrado. Carta feita para o presidente Tancredo Neves denunciou o risco de etnocídio.
Terra Indígena Kayabi	1985	Invasão de Seringueiros / Grilagem	Correio Braziliense	Denúncia feita por lideranças Indígenas, de que o governo de MT loteou e vendeu terras indígenas para colonização desde 1957. Relatou o Cacique Yupuriup que se recusou a ser transferido para o Xingu, enfrentando seringueiros e fazendeiros.
Terra Indígena Kayabi	1980	Conflito Territorial (BR-080)	Correio Braziliense	Expedição da Funai investigou conflito armado. Reportagem cita os Kayabi (junto a Suya e Juruna) participando de ataques em retaliação à perda territorial causada pela alteração dos limites do Parque do Xingu para a rodovia BR-080.
Terra Indígena Kayabi	2024	Pressão Minerária (Ouro e Cobre)	OPAN - Mídia Independente	Boletim de monitoramento identificou processos minerários da ANM sobrepostos aos limites da TI. A mineração ameaça a qualidade da água de mais

				de um terço dos rios da bacia do Juruena.
Terra Indígena Kayabi	2023	Expansão de Pastagem / Grilagem	InfoAmazonia - Mídia Independente	Reportagem denuncia explosão de pastagens ilegais (2018-2021) e "lavagem de gado". STF reabriu conciliação com invasores (Agropecuária Vale do Ximari), gerando insegurança jurídica.

Fonte: ISA (2026)⁸, Hemeroteca Digital (2026)⁹, adaptado pelo autor.

No caso da TI Kayabi, o levantamento documental identificou uma predominância de registros voltados ao desmatamento e à grilagem de terras, processos frequentemente associados à expansão da fronteira agropecuária e à especulação fundiária no entorno do território. Foram identificadas com regularidade notícias sobre a atividade de garimpo ilegal e a crescente pressão minerária por ouro e cobre, as quais estiveram relacionadas a episódios de contaminação hídrica e ao surgimento de surtos epidemiológicos. Outro caso recorrente envolveu a exploração ilegal de madeira e operações de fiscalização contra redes criminosas de lavagem de produtos florestais. Por fim, apareceram registros expressivos sobre os impactos socioambientais de grandes projetos de infraestrutura, como hidrelétricas na bacia do Teles Pires e rodovias federais, que motivaram resistências em defesa de locais sagrados e da integridade territorial ao longo das décadas. As fontes destacaram o histórico de resistência e luta da comunidade para impedir ameaças a integridade do território. Por fim, o **Quadro 12** detalhou os eventos relacionados à Terra Indígena Sararé, área que acumulou um grande volume de registros para um território bem menor comparado as outras TIs, com 356 notícias identificadas.

Quadro 12: Número de Ocorrências na Terra Indígena Sararé.

Terra Indígena	Ano	Tipo da Ocorrência	Fonte da Ocorrência	Síntese do Conflito
TI Sararé	2025	Garimpo Ilegal / Narcotráfico	G1 MT	A Operação Xapiri enfrentou o Comando Vermelho em três embates armados. A ação revelou túneis, bunkers com explosivos e

⁸ O ISA possui no seu banco de dados 389 notícias sobre as TIs Kayabi (340) e Apiaká do Pontal e Isolados (49). Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/noticias/3984/> / <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/noticias/5001>. Acesso em: 18 fev. 2026.

⁹ A Hemeroteca possui no seu banco de dados 46 notícias sobre a TI Kayabi entre o período de 1980 a 1999. Disponível em: <https://bndigital.bn.gov.br/hemeroteca-digital/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

				internet Starlink, além de destruir mais de 160 escavadeiras em uma área com mais de 3 mil hectares devastados.
TI Sararé	2025	Violação de Direitos	DPU	A DPU classificou a TI como a mais impactada pelo garimpo no Brasil em 2024. A instituição alertou para o risco de morte dos indígenas e ingressou na Justiça exigindo a desintrusão imediata e reparação de danos.
TI Sararé	2024	Contrabando de Mercúrio / Condenação Judicial	G1 MT	A PRF prendeu dois homens transportando 100 kg de mercúrio oriundo de Rondônia, destinado ao abastecimento de garimpos ilegais na TI. A reportagem citou a condenação judicial da União, Funai e cooperativas de garimpeiros em 2023.
TI Sararé	2019	Invasão / Exploração Ilegal	G1 MT (Relatório Cimi)	Relatório do Cimi apontou a TI Sararé entre as áreas atingidas por invasões e exploração ilegal em 2018. O documento listou crimes recorrentes como contaminação por metais pesados, arrendamento e abertura de rotas para o tráfico de drogas.
TI Sararé	2009	Narcotráfico / Queda de Aeronave	Repórter News	Indígenas encontraram uma aeronave boliviana caída no interior da reserva contendo cocaína, armas e dinheiro. O incidente expôs a vulnerabilidade na fronteira e o uso do território indígena como rota aérea consolidada do narcotráfico.
TI Sararé	2008	Crise Sanitária	Só Notícias	O Exército preparou um plano de ocupação militar na fronteira. O general responsável diagnosticou uma situação desoladora na aldeia, onde a presença de não indígenas provocou quadros de desnutrição, alcoolismo e disseminação de Aids.
TI Sararé	2002	Roubo de Madeira	Folha do Estado	Operação conjunta da Funai e PF apreendeu maquinário pesado usado no furto de madeiras nobres. A fiscalização constatou extensa degradação e a Funai admitiu a

				inviabilidade de monitoramento constante por falta de recursos.
TI Sararé	2002	Ameaça Legislativa (PL 1.610)	Correio Braziliense	Reportagem denunciou a pressão de grandes mineradoras para aprovar lei liberando mineração em TIs. O texto identificou milhares de pedidos de pesquisa mineral e apontou que a alta do ouro intensificava a tensão.
TI Sararé	2001	Roubo de Madeira	Diário de Cuiabá	Reportagem avaliou o cenário cinco anos após a desintrusão, constatando a persistência de madeireiros que aliciaram indígenas com motocicletas e exploração sexual. O DNPM estimou em 40 anos o tempo de recuperação ambiental devido ao mercúrio.
TI Sararé	1997	Garimpo Ilegal	A Gazeta (MT)	Reportagem revelou que o garimpo devastou mais de 40% da reserva, abrindo crateras de 20 metros de profundidade. A invasão estabeleceu uma currutela com tráfico de drogas e prostituição, onde se estimava a extração de 350 kg de ouro por mês.
TI Sararé	1997	Garimpo Ilegal	Diário de Cuiabá	A Operação Sararé II expulsou 8 mil invasores para cumprir exigência do Banco Mundial (Prodeagro). A ação destruiu uma infraestrutura completa (200 dragas, farmácias, bordéis) instalada ilegalmente na reserva.
TI Sararé	1995	Homicídio / Garimpo Ilegal	Hoje em Dia	Funcionário da Funai foi fuzilado com mais de 15 tiros em uma emboscada preparada por 40 garimpeiros armados. O delegado da PF criticou a operação como "precipitada", expondo a desarticulação entre os órgãos, enquanto a Funai alegou falta de verbas para segurança policial.
TI Sararé	1995	Contrabando de Mogno / Aliciamento	Jornal do Brasil	Reportagem denunciou a exportação de mogno e cerejeira com guias falsas. Madeireiros exerciam "poder absoluto" sobre a

				aldeia, trocando madeira por álcool e prostitutas, enquanto a Funai classificava a repressão como "operação impossível".
TI Sararé	1993	Prevaricação Policial / Invasão	Folha do Sul (RO)	A Funai iniciou operação de vigilância contra invasores e deteve máquinas pesadas, mas a ação foi sabotada por policiais militares que avisaram os garimpeiros e facilitaram a fuga.
TI Sararé	1991	Invasão em Massa / Conflito Armado	Povos Indígenas no Brasil	Cerca de 2 mil garimpeiros invadiram a área do Córrego Água Suja. Um grupo de 100 guerreiros Nambikwara tentou confrontar os invasores, mas recuou pela desvantagem numérica. O garimpo alargou o leito do rio de 5 metros para 1 km.
TI Sararé	1990	Roubo de Mogno / Impunidade	Correio do Brasil	Índios denunciaram o roubo de mil metros cúbicos de mogno ocorrido em janeiro, envolvendo madeireiro local que utilizou a estrutura de uma agropecuária vizinha para escoar a madeira. A reportagem destacou o acúmulo de processos parados no MPF sobre furtos anteriores.
TI Sararé	1983	Demarcação / Proteção Territorial	Revista Interior	A Diretoria do Serviço Geográfico do Exército conduziu a demarcação dos 68 mil hectares da reserva. A ação visou assegurar a sobrevivência dos Nambikwara e conter a degradação provocada por empresas agropecuárias.
TI Sararé	1972	Epidemia (Gripe) / Remoção Forçada	O Estado de S. Paulo	Sertanista Antônio Cotrim Neto denunciou que um surto de gripe, causado pelo contato com invasores, dizimou toda a população infantil (abaixo de 15 anos) dos grupos Galera e Sararé. A Funai ordenou a transferência forçada dos indígenas para terras estéreis visando liberar a área fértil para grandes empresas agropecuárias (Vale do Guaporé, Nomura, etc.).

Fonte: ISA (2026)¹⁰, Hemeroteca Digital (2026)¹¹, adaptado pelo autor.

Essa pesquisa documental refletiu um histórico marcado por epidemias e expulsões de grupos indígenas nas décadas de 1970 e 1990, ao mesmo tempo que aconteceram diversas invasões para extrair ouro e madeira, que resultou na devastação de extensas áreas e na alteração profunda da drenagem local. As notícias mais recentes (2021 a 2025) descreveram a existência atividades ilícitas, incluindo o narcotráfico e embates armados com facções criminosas no interior do território. Apareceram com frequência relatos de crises humanitárias e sanitárias graves, marcadas por epidemias, desnutrição e disseminação de doenças infecciosas, além de episódios de violência contra funcionários de órgãos indigenistas e aliciamento de indígenas. Estes dados documentais expuseram a recorrência de pressões territoriais que afetaram a integridade física e cultural do povo Nambikwara ao longo das últimas décadas.

4.3. Intersecção entre os Dados do SIGMINE e dos Conflitos Socioambientais

Os documentos analisados se complementaram ao evidenciar que os projetos de mineração mapeados no SIGMINE e os conflitos socioambientais são duas faces de uma mesma lógica administrativa e criminosa de cerco territorial, cujo cerne das ameaças é a intenção sistemática de invasão para a exploração predatória do subsolo, liderada de forma hegemônica pelo interesse no ouro, que se aproveita do vácuo de fiscalização e das crises institucionais do Estado. Analisando essa dinâmica em conjunto por décadas, foi notado que, entre 1970 e 1980, as imensas concessões de lavra concedidas pelo poder público alinharam-se a invasões agropecuárias que resultaram em genocídios, remoções forçadas e mortes maciças por epidemias de gripe e malária.

Na década de 1990, o aumento acentuado de novos requerimentos de pesquisa mineral coincidiu com a invasão física de milhares de garimpeiros e o saqueio de madeiras nobres, estruturando uma rede ilícita marcada por prevaricação policial, prostituição e violência armada. Já nas décadas de 2000 e 2010, os expressivos picos

¹⁰ O ISA possui no seu banco de dados 339 notícias sobre a Terra Indígena Sararé. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/noticias/3802>. Acesso em: 18 fev. 2026.

¹¹ A Hemeroteca possui no seu banco de dados 17 notícias sobre a Terra Indígena Sararé entre o período de 1980 a 1999. Disponível em: <https://bndigital.bn.gov.br/hemeroteca-digital/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

de solicitações de exploração (especialmente em 2008 e 2016-2017) acompanharam um cenário de fortes pressões causadas pelas grandes obras de infraestrutura (como hidrelétricas) e pela expansão do agronegócio, gerando grilagem, vazamentos de óleo e corrupção na lavagem de madeira.

Por fim, na década de 2020, o recorde de pedidos de lavra garimpeira (com um pico brutal em 2021 impulsionado pelo desmonte ambiental durante a pandemia) conectou-se com a sofisticação da criminalidade, unindo o garimpo ilegal ao uso de maquinário pesado financiado pelo narcotráfico e redes de lavagem de dinheiro. O padrão que mais se repete historicamente e que unifica todos os períodos analisados é a intrínseca relação entre a corrida administrativa e ilegal pelo ouro, manifestada continuamente através de contaminação hídrica por mercúrio, desmatamento intenso e a reiteração de gravíssimas crises sanitárias e violações de direitos humanos contra os povos indígenas.

5. VALIDAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO E EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA PAISAGEM

Esta seção aborda o entendimento da dinâmica de mudança da paisagem no entorno das pistas de pouso, utilizando uma abordagem experimental que integra o processamento digital e a análise histórica. O fluxo metodológico baseou-se na utilização das plataformas Google Earth Engine e Google Colab para o processamento de imagens dos satélites Landsat 5 e 9. Aplicou-se a classificação supervisionada através dos RF e GTB, configurados com 100 árvores de decisão e uma divisão amostral de 70% para treinamento e 30% para teste. Para assegurar a confiabilidade técnica, os modelos foram submetidos a testes de desempenho, cujos resultados são apresentados de forma unificada no **Quadro 13**.

Quadro 13: Avaliação de Desempenho dos Classificadores GTB e RF (1985, 2005 e 2025).

Ano	Modelo	Acurácia de Treino	Acurácia Global (Teste)	Índice Kappa	Erro OOB*
1985	GTB	1,000	0,893	0,866	-
1985	RF	0,992	0,885	0,855	6,15%
2005	GTB	1,000	0,952	0,940	-
2005	RF	0,997	0,921	0,900	5,79%
2025	GTB	1,000	0,994	0,993	-
2025	RF	0,997	0,983	0,979	3,26%

Fonte: Buzaztto (2026).

* O OOB é uma métrica exclusiva de validação interna do algoritmo Random Forest.

Os índices sugerem um nível de concordância satisfatório, com acurácia global e Kappa superiores a 0,85 em todos os períodos. Estes valores indicam que o mapeamento da classe SOLO, (unificação de solo alta refletância e solo de baixa refletância) identificadas visualmente. Nota-se que a acurácia para o ano de 2025 atingiu patamares superiores a 98%, o que parece estar associado à maior sensibilidade radiométrica do sensor OLI, favorecendo a distinção de alvos com alta reflectância em comparação ao sensor TM de 1985. A estabilidade do modelo RF é também indicada pelo erro OOB, que se manteve entre 3,2% e 6,1%, sugerindo que as árvores de decisão operaram com boa capacidade de generalização e sem evidências de overfitting.

Esta automatização é uma tentativa experimental de mensurar o tamanho do impacto, embora se reconheça que a análise estatística isolada não captura a natureza multifatorial da mudança da paisagem, que é influenciada por diversas variáveis para além da presença das pistas. A interpretação desses resultados ganha profundidade quando confrontada com o registro histórico da paisagem. As imagens de satélite indicam que, antes do início das mudanças mais drásticas, a paisagem era caracterizada por uma cobertura vegetal densa e pouco alterada, onde existia apenas a presença isolada de uma pista de pouso. O ranking de degradação apresentado no **Quadro 14** individualiza as estruturas que parecem exercer maior pressão atual.

Quadro 14: Evolução da degradação no raio de 10 Km das principais Pistas de Pouso (1985-2005-2025)

ID da Pista	Situação ANAC	Ano 1985		Ano 2005		Ano 2025	
		Área de Solo (ha)	Proporção da TI (%)	Área de Solo (ha)	Proporção da TI (%)	Área de Solo (ha)	Proporção da TI (%)
34	Não	34,14	0,11%	2.301,50	3,14%	10.311,77	6,68%
88	Não	12,01	0,04%	5.783,47	7,88%	8.790,72	5,70%
89	Não	115,74	0,38%	7.678,93	10,46%	8.700,09	5,64%
8	Não	23,26	0,08%	806,74	1,10%	6.889,44	4,47%
82	Não	10,21	0,03%	3.829,59	5,22%	5.320,33	3,45%
81	Não	21,80	0,07%	710,64	0,97%	4.065,36	2,63%
99	Não	570,56	1,88%	265,70	0,36%	3.700,81	2,40%
48	Não	238,04	0,79%	1.571,15	2,14%	3.209,14	2,08%
40	Não	254,99	0,84%	1.571,96	2,14%	3.047,72	1,98%
54	Não	0,35	0,00%	704,10	0,96%	3.033,87	1,97%
53	Não	220,59	0,73%	1.374,27	1,87%	2.437,83	1,58%

Fonte: Buzatto (2026).

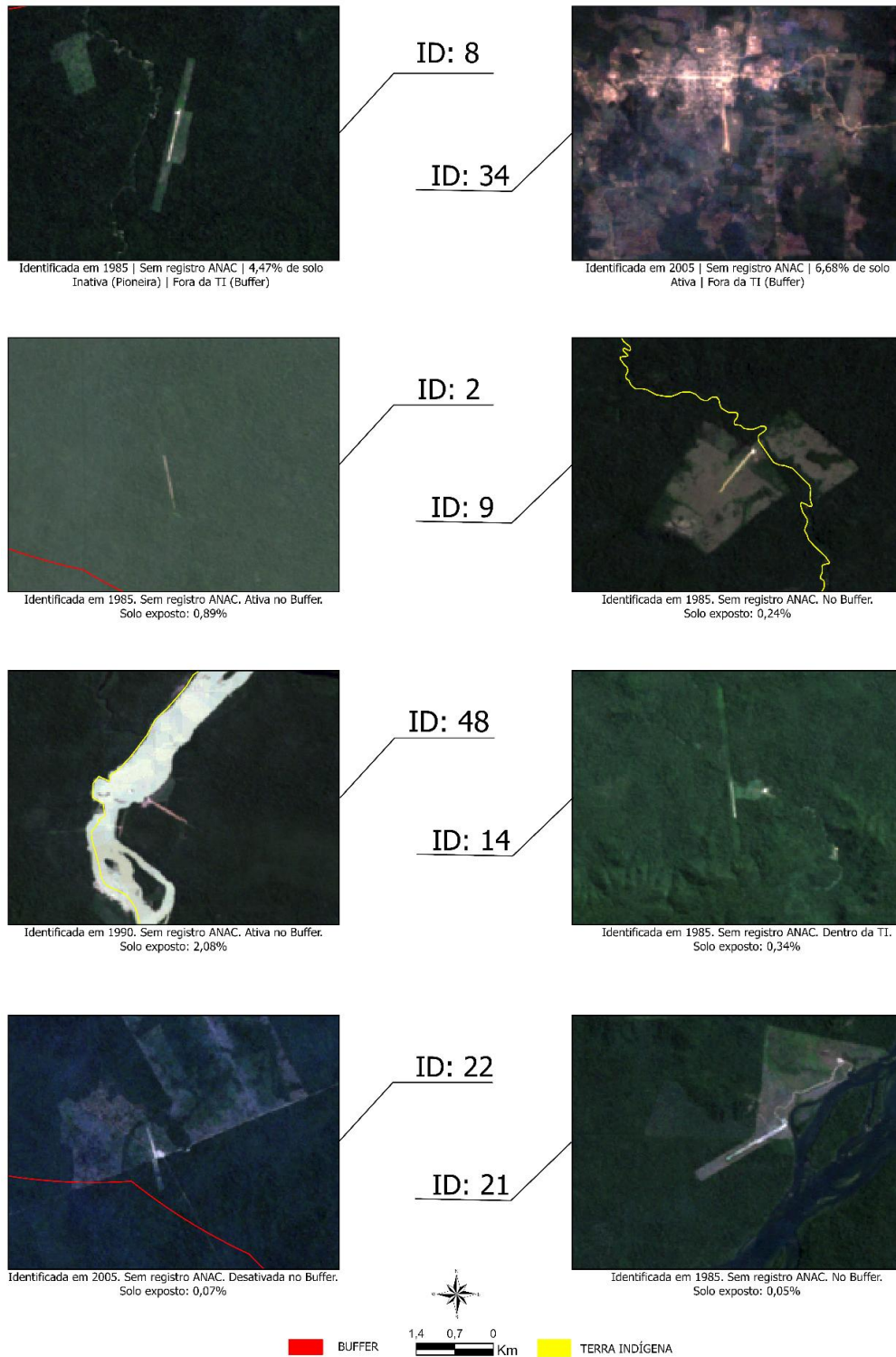
*Nota: A proporção foi calculada em relação à área total de solo exposto na Terra Indígena para cada ano específico.

**Totais de referência da degradação das duas TIs: 1985 (30.305,63 ha) | 2005 (73.379,80 ha) | 2025 (154.285,65 ha)

Esse cenário sugere que o ranking do percentual de solo em cada pista reflete o estágio acumulado de um processo de saturação da paisagem. Enquanto os números de 2025 indicam a Pista **ID 34** como a área com maior concentração de solo, a análise multitemporal parece apontar que pistas pioneiras desempenharam um papel importante de iniciar a consolidação nas ocupações mais remotas nas TIs. Pistas como a **ID 89** e a **ID 88**, por exemplo, apresentaram picos de proporção em 2005, com a primeira chegando a concentrar, isoladamente, 10,46% de toda a área de solo identificada nas Terras Indígenas naquele período. Já a Pista **ID 8** ilustra o comportamento de uma ocupação que se expande gradualmente: o que em 1985 era uma pequena abertura de 23,26 hectares em meio à vegetação densa, atingiu 6.889,44 hectares em 2025.

Para além dos números apresentados no ranking de degradação, a análise visual dos registros originais permite identificar o ponto de partida do processo de mudança na cobertura vegetal. A **Figura 25** reúne as imagens de satélite que capturam o estado da paisagem no ano exato em que cada pista foi identificada pela primeira vez na série histórica. Estes registros orbitais são fundamentais para a investigação, pois demonstram que, no momento de sua instalação, a maioria dessas infraestruturas encontrava-se em florestas bem preservadas e de difíceis acessos, com baixíssima ou nenhuma alteração antrópica ao redor.

Figura 25: Registro Inicial das pistas de pouso no ano de identificação.

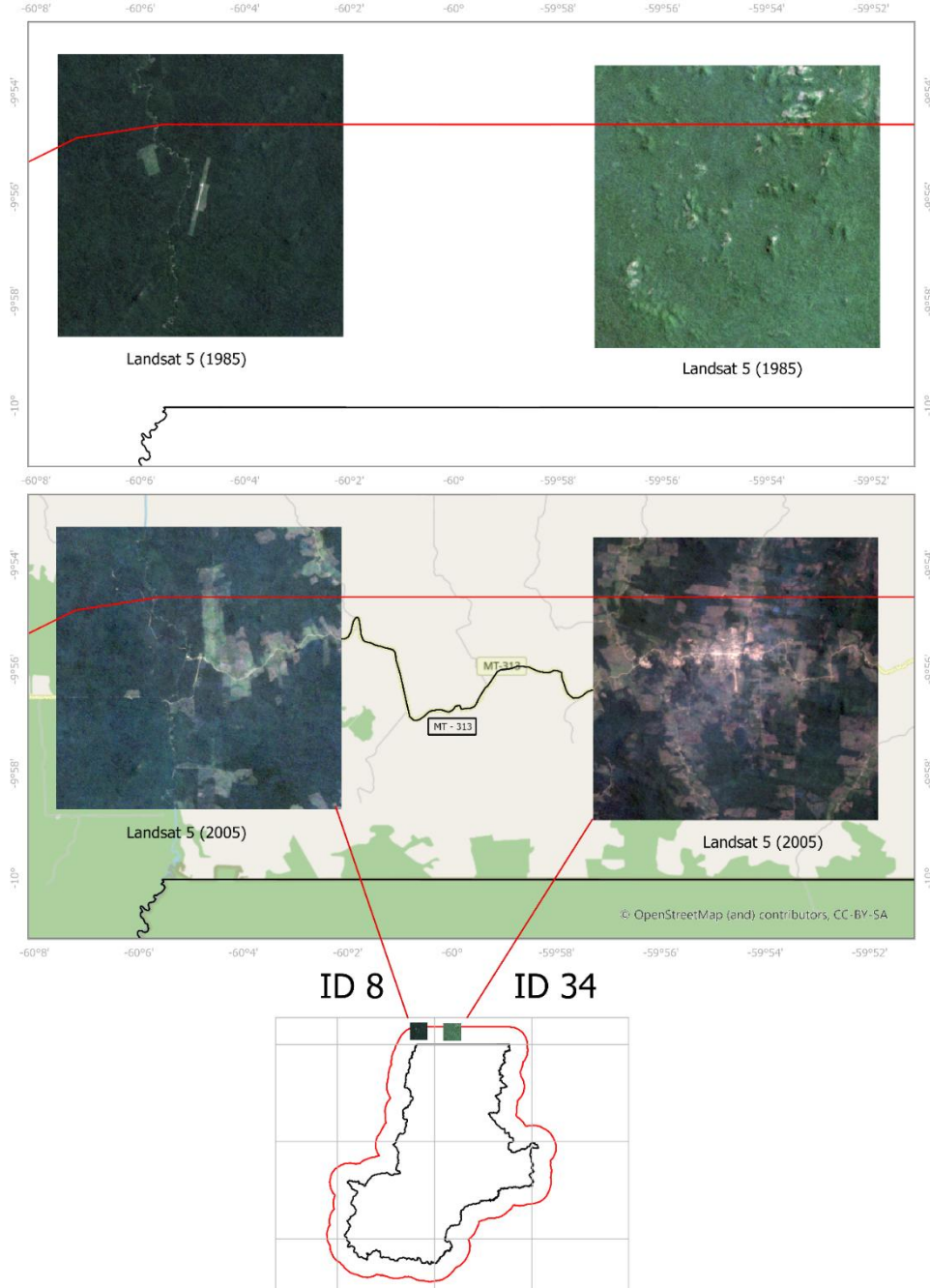


Fonte: Buzatto (2026)

Essas imagens são provas factuais de que estas pistas funcionaram como os vetores iniciais de rompimento da integridade da floresta. O fato de a maioria não possuir registro junto à ANAC, somado ao isolamento geográfico observado nos registros iniciais, constitui um forte indício da natureza irregular de suas operações, voltadas ao apoio logístico de atividades não autorizadas no interior e no entorno das Terras Indígenas.

De acordo com a **Figura 26**, a Pista **ID 8** é um dos exemplos mais contundentes de ocupação inicial desse ponto remoto por via aérea e que precedeu a chegada de qualquer outra alteração da paisagem ocasionada por alteração humana. Identificada em 1985 em meio à vegetação densa, parece ter atuado como o vetor inicial de mudança, precedendo a malha viária terrestre. Esta infraestrutura deu origem a um eixo viário que se consolidou nas rodovias MT-313 e MT-208. Ao longo deste eixo viário, surgiu um distrito localizado dentro do município de Aripuanã, onde atualmente se encontra a Pista **ID 34**, que hoje lidera o ranking de área de *so/o*. Este padrão sugere uma cronologia onde pistas pioneiras viabilizam o acesso necessário para outras infraestruturas, e assim décadas depois, apresentarem índices maiores de alteração da paisagem.

Figura 26: Transformação da paisagem no entorno da Pista ID 8



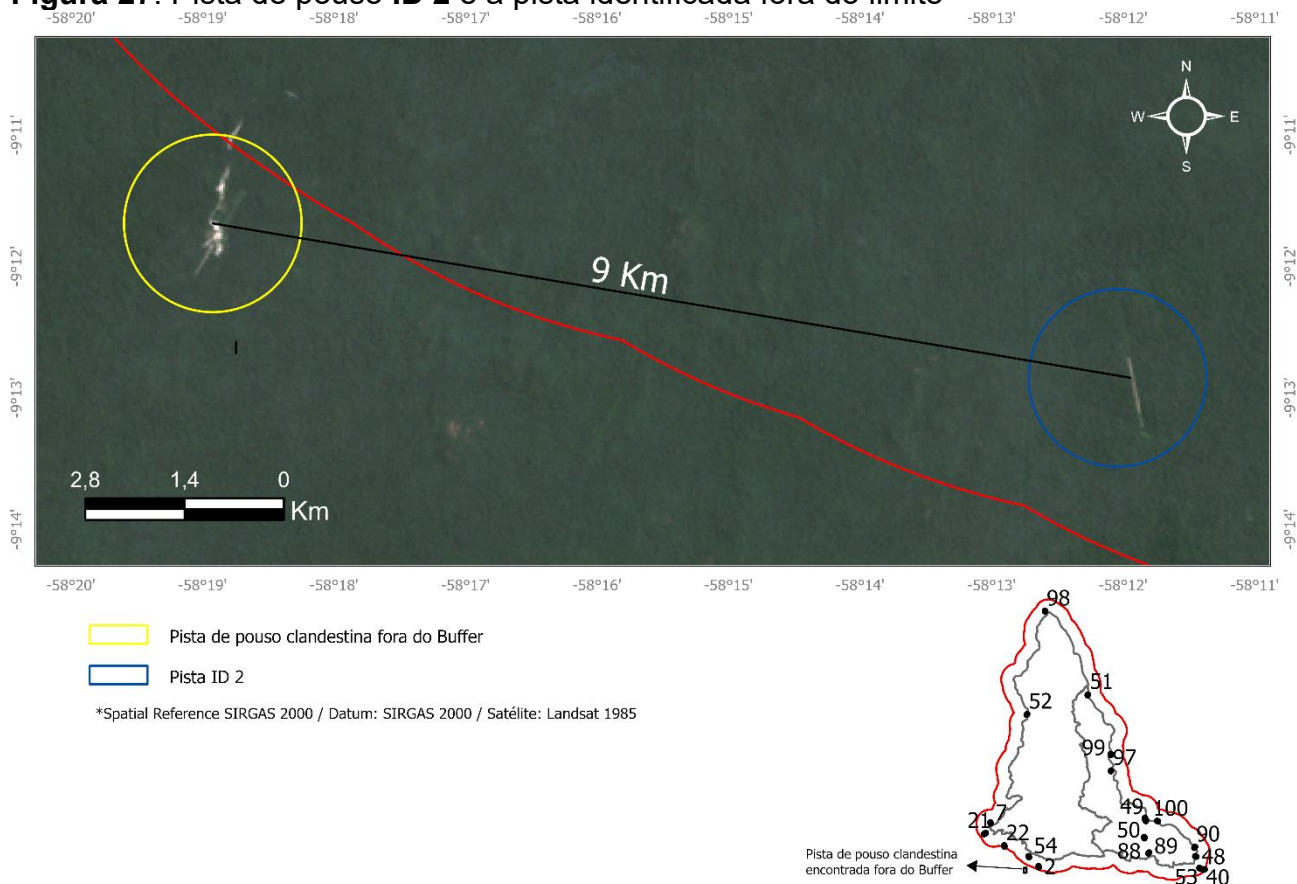
Spatial Reference: SIRGAS 2000 / Datum: SIRGAS 2000 / Projection: Transverse Mercator

Fonte: Buzatto (2026).

De forma parecida, a Pista **ID 2** ilustra um padrão de expansão voltado para área externa ao buffer da TI Kayabi. Embora figure em posição intermediária no **Quadro 14**, sua trajetória sugere um papel estratégico na dinâmica regional, conforme observado na **Figura 27**. O registro de 1985 descreve a infraestrutura como um elemento isolado em meio à vegetação densa e preservada, e próxima dela foi encontrada recentemente fora

do Buffer outra pista com garimpo em volta. A análise conduzida anteriormente com o buffer restrito a 10 quilômetros não possibilitou a visualização total da pressão antrópica exercida por esta infraestrutura, ocultando a dimensão de um grande complexo de garimpo situado nas proximidades da área protegida.

Figura 27: Pista de pouso ID 2 e a pista identificada fora do limite



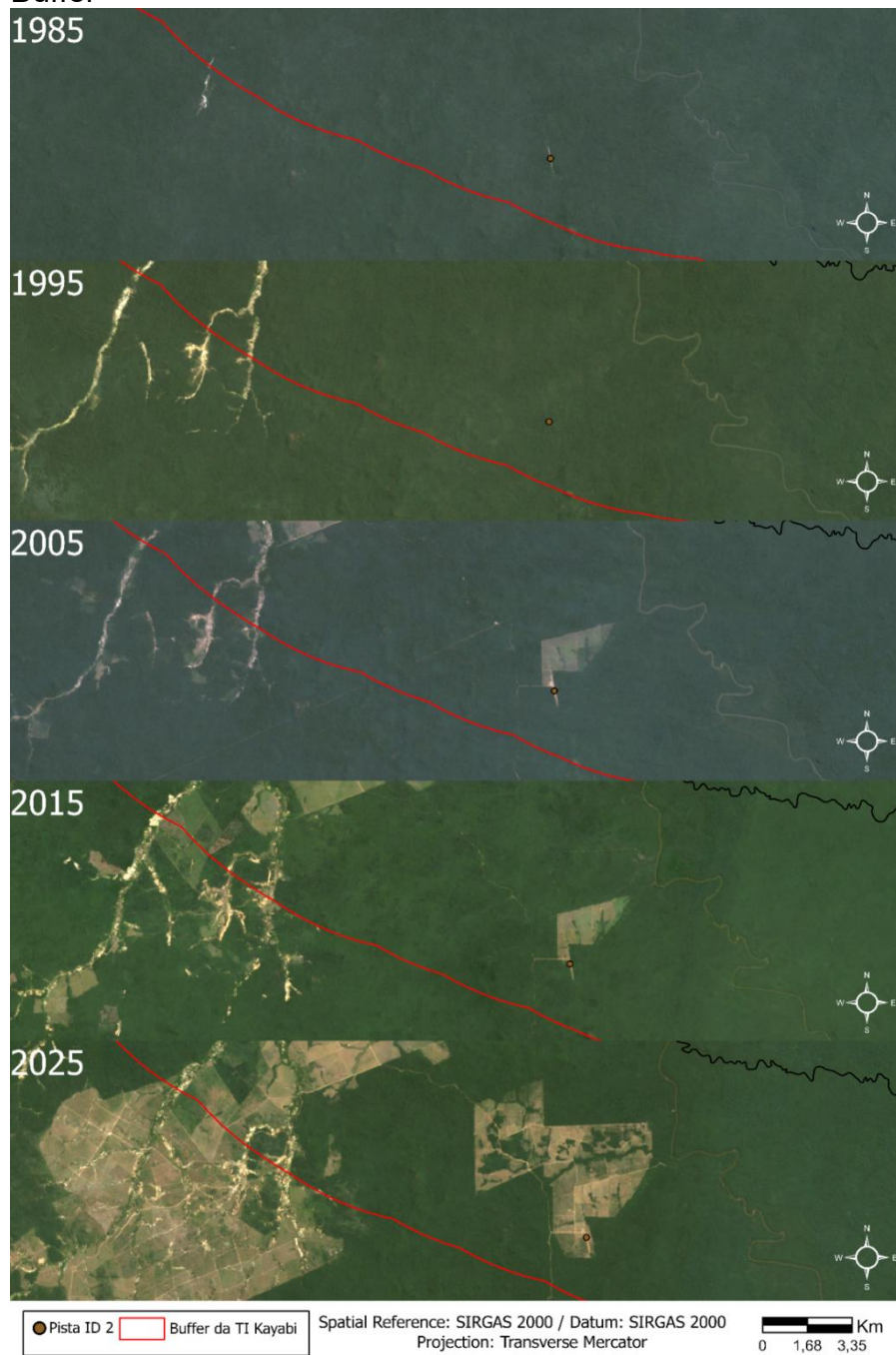
Fonte: Buzatto (2026).

A **Figura 28** apresenta a sequência temporal dessa evolução, cobrindo um raio maior de observação para contextualizar a dinâmica de avanço sobre a floresta. O monitoramento multitemporal indicou que as duas pistas estão servindo como acesso de garimpeiros para o garimpo localizado a 9 km de distância da pista **ID 2**. Como não foram identificadas outras vias nas imagens de satélite naquela região, os dados sugerem uma provável ligação entre esses dois pontos e posteriormente confirmado pela estrada que surgiu após a expansão, conectando as duas pistas.

No entanto, o buffer da Terra Indígena de 10 km dificultou a observação completa da evolução desse garimpo, pois o crescimento da atividade começou fora desse raio.

Entre 2015 e 2025, como ilustra na figura, os registros apontaram que o garimpo triplicou de tamanho, ultrapassou o limite do buffer e atingiu os limites da TI Kayabi. A mancha de solo exposto aberta pelas cavas de garimpo, avançou tanto que atualmente encontra-se no limite do território protegido, levantando a suspeita de que pistas de pouso isoladas podem atuar como vetores iniciais para o avanço de frentes extrativas sobre áreas remotas e bem preservadas.

Figura 28: Transformação da paisagem no entorno da Pista ID 2 e a outra pista fora do Buffer



Fonte: Buzatto (2026).

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados sustentaram a hipótese de que as pistas de pouso clandestinas atuaram não apenas como infraestruturas convencionais, mas como

elementos estratégicos para a invasão de áreas protegidas. A presença dessas feições em 1985, sem degradação associada, seguida por sucessivas fases de supressão da vegetação, sugeriram que sua instalação precedeu e facilitou a expansão de outras formas de impacto, incluindo a abertura de estradas e a instalação de equipamentos de garimpo. Porém, é fundamental ressaltar que a pista de pouso não é a única razão da degradação ambiental nessas TIs, mas foi em alguns casos o vetor inicial de um processo multifatorial. Como demonstrado pelas análises estatísticas, a proximidade da infraestrutura explica apenas parte do fenômeno, o que evidenciou que a alteração da paisagem foi influenciada por múltiplos *drivers* de fragmentação. Por esse motivo, a análise de cada Terra Indígena exigiu uma abordagem multifatorial e que a presença dessas pistas são um sinal de alerta que é preciso olhar com muita atenção dentro de cada período histórico, pois algumas dessas pistas são como sinalizadores de pressões de agentes tentando usurpar do território.

Além disso, a interpretação das imagens de satélite permitiu fazer uma distinção clara entre as infraestruturas detectadas. Ficou evidente que as pistas de **ID 14**, **ID 8**, **ID 96** e **ID 81** são categoricamente clandestinas e atuam como vetores diretos de exploração predatória na TI Aripuanã do povo Cinta Larga. As demais pistas identificadas, embora apresentem indícios de irregularidade, parecem servir em muitas ocasiões como infraestrutura de deslocamento e apoio logístico para as próprias comunidades ou agentes de saúde em áreas remotas dessa TI. Na análise das TIs Kayabi e Apiaká do Pontal e Isolados, ficou evidente que as pistas de **ID 53**, **ID 40**, **ID 21**, **ID 22**, **ID 2**, **ID 48**, **ID 88**, **ID 89** e **ID 98** são clandestinas, foram essenciais para materializar diferentes frentes de invasão, revelando que a logística aérea atende a interesses criminosos variados em um mesmo território.

Na Terra Indígena Sararé, a presença de pistas de pouso não foi determinante para a modificação da paisagem, visto que as nove pistas identificadas em 1985, oito estavam inseridas em propriedades privadas consolidadas. A única identificada dentro do território, a pista **ID 85**, leva a crer que se tratou de uma infraestrutura voltada para o deslocamento da população indígena local.

Ademais, embora o monitoramento tenha constatado diversas frentes de exploração e um aumento expressivo da atividade no território nos últimos anos, os dados

não permitiram comprovar que as pistas de pouso foram o fator determinante para esse processo. Essa intensificação atípica entre 2019 e 2024 indicou a possibilidade de o fenômeno ter sido impulsionado pela valorização do ouro e pela provável migração de frentes de garimpo provenientes de áreas sob desintrusão.

A análise dos requerimentos minerários do SIGMINE e da pesquisa documental apontou uma cronologia de invasões voltadas à usurpação territorial. Esse processo ocorreu em momentos de fragilidade política e omissão do Estado na proteção das áreas, condições que viabilizaram a prontidão física para a exploração ilícita nos períodos de maior vulnerabilidade institucional. Sendo assim, algumas pistas funcionaram como ferramentas que os criminosos utilizaram para acelerar a usurpação desses territórios. O uso da via aérea permitiu que o roubo de recursos acontecesse de forma mais rápida, o que evitou a detecção e impossibilitou uma resposta imediata do Estado.

Estudos futuros devem expandir a aplicação desta metodologia para a totalidade das Terras Indígenas do bioma Amazônia, visando verificar se o padrão de vetor inicial de invasão identificado nesta pesquisa se repetiu nos demais territórios protegidos da região. Esta ampliação de escala, que abrangeria 110 milhões de hectares e mais de 180 povos indígenas, permitiria confirmar se a pista de pouso atuou como a estratégia pioneira de invasão em nível continental. O levantamento histórico a partir de 1985 em todo o bioma possibilitaria dimensionar o impacto desse modal sobre os 440 mil indígenas da região e sobre as comunidades de seringueiros, quilombolas e ribeirinhos, consolidando o entendimento sobre como a pista de pouso clandestina sustentou a manutenção da fronteira extrativa na Amazônia.

Em relação aos aspectos técnicos, as imagens Landsat de 30 metros de resolução foram eficientes para o mapeamento histórico, pois o contraste entre o corte da pista de pouso e a vegetação densa ficou evidente na paisagem. Essa metodologia validou os resultados, embora o uso futuro de sensores de alta resolução, como Sentinel-2 ou Planet, possa contribuir para entender os detalhes das mudanças na paisagem após a implantação da pista. Essas ferramentas permitiriam visualizar melhor as classes de solo que surgiram e identificar com precisão por qual tipo de uso a vegetação original foi substituída ao longo do processo de degradação que surgiu assim que foi instalado a pista de pouso dentro ou no entorno das Terras Indígenas do bioma Amazônia.

7. CONCLUSÕES

A análise histórica conduzida nesta pesquisa confirmou que as pistas de pouso em Terras Indígenas do bioma Amazônico, no estado de Mato Grosso, atuaram como elementos estratégicos para a invasão e usurpação territorial. O mapeamento identificou **39 pistas de pouso** distribuídas entre as áreas de estudo, sendo 19 na TI Kayabi, 11 na TI Aripuanã (Cinta Larga) e 9 na TI Sararé. Do total, **27 pistas de pouso** (69%) não apresentaram registro na base de dados da ANAC e 24 (62%) permaneceram ativas. A partir do cruzamento de múltiplos indícios, como a proximidade com áreas de garimpo, desmatamento acelerado e entre outros indícios de ilicitude, a pesquisa classificou **13 pistas** (33%) como categoricamente clandestinas, o que reforçou o papel dessas estruturas no suporte logístico a atividades ilícitas.

A identificação de feições já no ano de 1985, em cenários de vegetação ainda preservada no entorno, validou a hipótese de que a pista de pouso foi o vetor inicial da ocupação. Esse modal precedeu e facilitou a expansão de impactos posteriores, como a abertura de estradas e a instalação de garimpos mecanizados. Nas TIs Aripuanã e Kayabi, **a pista de pouso facilitou a invasão territorial** em períodos de fragilidade política e omissão estatal, acelerando o roubo de recursos naturais e dificultando a resposta imediata dos órgãos de fiscalização.

A metodologia baseada em imagens Landsat e processamento no Google Earth Engine mostrou-se eficaz para reconstruir essa cronologia de invasão. O contraste evidente entre o corte das pistas e a floresta densa permitiu a identificação por fotointerpretação precisa das pistas de pouso, superando limitações atmosféricas por meio de mosaicos temporais. Os resultados alcançados fundamentaram a necessidade de expansão desta pesquisa para a totalidade das Terras Indígenas da Amazônia, visando consolidar o entendimento sobre a pista de pouso clandestina como a estratégia inicial de invasão em escala continental.

Portanto, esta dissertação entregou elementos que permitem repensar o processo de ocupação da Amazônia. A pista de pouso clandestina não é apenas uma consequência da degradação, mas a ferramenta que viabilizou a rapidez do crime e a impunidade dos agentes envolvidos. Estes achados contribuem diretamente para o

planejamento de políticas públicas de proteção territorial, indicando que a neutralização dessas infraestruturas aéreas é o passo fundamental para interromper a logística de usurpação dos territórios protegidos.

8. REFERÊNCIAS

ABESSA, D.; FAMÁ, A.; BURUAEM, L. The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. **Nature Ecology & Evolution**, Londres, v. 3, p. 510-511, 2019. DOI 10.1038/s41559-019-0818-z.

AB'SÁBER, A. **Aziz Ab'Sáber: problemas da Amazônia brasileira**. 19. ed. [s.l.] ESTUDOS AVANÇADOS, 2005. v. 53

ALVARENGA, C. O garimpo ilegal na Amazônia e os impactos socioambientais enfrentados pelos povos originários. **Revista de Direitos Humanos e Efetividade**, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 1-20, 2024. DOI 10.26668/IndexLawJournals/2526-0022/2023.v9i2.10001.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Rios: Catálogo de Metadados ANA**. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a01764d3-4742-4f7d-b867-01bf544dde6d>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

ANTHIAS, P.; LÓPEZ FLORES, P. C. (org.). **Neoextractivism and Territorial Disputes in Latin America: Social-ecological Conflict and Resistance on the Front Lines**. Londres: Routledge, 2025. DOI 10.4324/9781003267461.

ARMIN, M.; MAJIDIAN, M.; KHEYBARI, V. G. Land Use/Land Cover Change Detection and Prediction in the Yasouj City Suburbs in Kohgiluyeh Va Boyerahmad Province in Iran. **Arid Ecosystems**, Moscou, v. 10, p. 203-210, 2020. DOI 10.1134/S2079096120030129.

ASCEMA NACIONAL. **Cronologia de um desastre anunciado: ações do Governo Bolsonaro para desmontar as políticas de meio ambiente no Brasil**. Brasília: Ascema Nacional, 2020. Disponível em: <https://iieb.org.br/wp-content/uploads/2021/08/Ascema.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2026.

ASNER, G. P.; HEIDEBRECHT, K. B. Spectral unmixing of vegetation, soil and dry carbon in arid regions: comparing multispectral and hyperspectral observations. **International Journal of Remote Sensing**, Londres, v. 23, n. 19, p. 3939-3958, 2002. DOI 10.1080/01431160110115960.

BAKKER, L. B.; GASPARINETTI, P.; QUEIROZ, J. M.; VASCONCELLOS, A. C. S. Economic impacts on human health resulting from the use of mercury in the illegal gold mining in the Brazilian Amazon: a methodological assessment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basileia, v. 18, n. 22, 11869, 2021. DOI

10.3390/ijerph182211869.

BULLOCK, E. L.; WOODCOCK, C. E.; SOUZA JR., C.; OLOFSSON, P. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon. **Global Change Biology**, Hoboken, v. 26, n. 5, p. 2956-2969, 2020. DOI 10.1111/gcb.15029.

BUZATTO, J. L.; MENGUE, V. P.; SCOTTÁ, F. C. Análise visual na identificação das pistas de pouso e sua relação com garimpo em áreas de Terras Indígenas e Unidades de Conservação no estado de Mato Grosso. **Geografia**, Rio Claro, v. 51, n. 1, p. e-18487, 2026. DOI: 10.5016/geografia.v51i1.18487.

BRASIL. Biblioteca Nacional. **Hemeroteca Digital Brasileira**. Rio de Janeiro: BN, 2026. Disponível em: <https://bndigital.bn.gov.br/hemeroteca-digital/>. Acesso em: 18 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Justiça e Segurança Pública. **Portaria nº 771, de 5 de setembro de 2024. Declara de posse permanente dos Povos Indígenas Apiaká, Munduruku e Isolados a Terra Indígena Apiaká do Pontal e Isolados, localizada no Município de Apiacás, Estado de Mato Grosso**. Diário Oficial da União: Seção 1, Edição Extra, Brasília, DF, n. 172-A, pág. b, 5 set. 2024.

BRASIL. Ministério Público Federal. 4ª Câmara de Coordenação e Revisão. **Mineração ilegal de ouro na Amazônia: marcos jurídicos e questões controversas**. Brasília: MPF, 2020. 259 p. (Série Manuais de Atuação, v. 7). Disponível em: https://www.mpf.mp.br/atuacao/ccr4/publicacoes/manuais-roteiros-e-coletaneas/arquivos/09_19_manual_de_atuacao_mineracao_ilegal-1.pdf. Acesso em: 1 jul. 2026.

BRASIL, Presidência da República. **Decreto de 24 de abril de 2013. Homologa a demarcação administrativa da Terra Indígena Kayabi, localizada nos Municípios de Apiacás, no Estado de Mato Grosso, e Jacareacanga, no Estado do Pará**. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, n. 79, p. 2, 25 abr. 2013.

BRASIL, Presidência da República. **Decreto n.º 12.721, de 17 de novembro de 2025. Homologa a demarcação administrativa da terra indígena Uirapuru, localizada nos Municípios de Campos de Júlio, Nova Lacerda e Conquista D'Oeste, Estado de Mato Grosso**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 18 nov. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2025/com-mais-quatro-homologacoes-sobe-para-20-o-numero-de-terras-homologadas-pelo-presidente-lula/TerraIndgenaUirapuru.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

BRASIL, Presidência da República. **Decreto n.º 91.209, de 29 de abril de 1985. Homologa a demarcação da área indígena que menciona, no Estado do Mato Grosso**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 6600, 30 abr. 1985. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91209-29-abril-1985-441336-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 15 dez. 2025.

BRASIL. **Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do**

Índio. Brasília: Presidência da República, 1973. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm. Acesso em: 18 fev. 2026.

CINAR, T.; AYDIN, A. Exploring the Potential of the Google Earth Engine (GEE) Platform for Analysing Forest Disturbance Patterns with Big Data. **Earth Sciences Research Journal**, Bogotá, v. 27, n. 4, p. 437-448, 2023. DOI 10.15446/esrj.v27n4.110128.

CIMI. Conselho Indigenista Missionário. **Relatório Violência contra os povos Indígenas no Brasil dados de 2023**. Fórum Brasileiro de Segurança Pública. Disponível em: <<https://cimi.org.br/wp-content/uploads/2024/07/relatorio-violencia-povos-indigenas-2023-cimi.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2025.

CIMI. Conselho Indigenista Missionário. **Relatório Violência contra os Povos Indígenas no Brasil: dados de 2024**. Brasília. ISSN 1984-7645. Disponível em: <https://cimi.org.br/wp-content/uploads/2025/07/relatorio-violencia-povos-indigenas-2024-cimi.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

COUTO, A. C. O. Um problema de fronteiras: Amazônia no contexto das redes ilegais do narcotráfico. **Perspectiva Geográfica**, Marechal Cândido Rondon, v. 6, n. 7, 2011. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/9165>. Acesso em: 18 fev. 2026.

COUTO, A. C.; OLIVEIRA, I. S. A geografia do narcotráfico na Amazônia. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 52-64, 2017. Disponível em <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/download/31774/22921>. Acesso em: 18 fev. 2026.

DANIELSSON, P. E. Euclidean distance mapping. **Computer Graphics and Image Processing**, Nova York, v. 14, p. 227-248, 1980. DOI 10.1016/0146-664X(80)90054-4.

DEGBELO, A.; KUHN, W. A conceptual analysis of resolution. In: NAMIKAWA, L. M.; BOGORNY, V. (Ed.). **Anais XIII GeoInfo**. São José dos Campos: INPE, 2012. p. 11-22. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/12.16.18.10/doc/proceedings2012.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2026.

DIAS, F. A.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; GOMES, A. R. Análise de incidência de casos de malária em duas terras indígenas e relação com garimpos em Jacareacanga - PA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20., 2023, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2023. p. 155983. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/analise-de-incidencia-de-casos-de-malaria-em-duas-terras-indigenas-e-relacao-com?lang=pt-br>. Acesso em: 17 fev. 2026.

FURTADO, E. B.; FRANCHI, T.; RODRIGUES, L. B.; SIMÕES, G. F. Asas que devastam a Amazônia: uma análise do cenário de pistas de pouso e voos irregulares que dão suporte ao garimpo ilegal na TI Yanomami. **Revista (RE)DEFINIÇÕES DAS FRONTEIRAS**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 6, p. 16-51, 2024. DOI 10.59731/rdf.v2i6.4.

FRANCHI, T. Sovereignty and the Environment: complaints of environmental crimes and the protection of indigenous peoples as mechanisms of international constraint to Brazil. **The Sovereignty and Climate Center**, Brasília, 2024. 26 p. Disponível em: https://www.academia.edu/125105465/Sovereignty_and_the_Environment_complaints_of_environmental_crimes_and_the_protection_of_indigenous_peoples_as_mechanisms_of_international_constraint_to_Brazil#references. Acesso em: 18 fev. 2026.

LIMA, R. S.; BUENO, S.; COUTO, A. C. (coord.). **Cartografias da violência na Amazônia**. 2. ed. São Paulo: Fórum Brasileiro de Segurança Pública; Instituto Mãe Crioula, 2023. 163 p. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=concertacaoamazonia.com.br/en/estudos/cartografia-s-da-violencia-na-amazonia-2024>. Acesso em: 18 fev. 2026.

https://concertacaoamazonia.com.br/en/estudos/cartografias-da-violencia-na-amazonia-2024/?gad_source=1&gad_campaignid=23547223326&gbraid=0AAAABh7_Y4fM4cFdRVq5RCRX76iPPnr&gclid=CjwKCAiAwNDMBhBfEiwAd7ti1CNvhSJnX3zkIJ3CH0YEOs6KScxTCdoFjD2w2EuHXbgB5vPf0igLhoC430QAvD_BwE. Acesso em: 18 fev. 2026.

LOBO, F. L.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; NOVO, E. M. L. M.; CARLOS, F. M.; BARBOSA, C. C. F. Mapping mining areas in the Brazilian Amazon using MSI/Sentinel-2 imagery (2017). **Remote Sensing**, Basileia, v. 10, n. 8, 1178, 2018. DOI 10.3390/rs10081178.

GHOLAMY, A.; KREINOVICH, V.; KOSHELEVA, O. **Why 70/30 or 80/20 Relation Between Training and Testing Sets: A Pedagogical Explanation**. El Paso: University of Texas at El Paso, 2018. (Technical Report, UTEP-CS-18-09). Disponível em: https://scholarworks.utep.edu/cs_techrep/1209/. Acesso em: 18 fev. 2026.

GOOGLE. **ee.FeatureCollection.distance**. Mountain View: Google Developers, 2026. Disponível em: developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-featurecollection-distance?hl=pt-br. Acesso em: 8 mar. 2026.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 202, p. 18-27, 2017. DOI 10.1016/j.rse.2017.06.031.

GUAJAJARA, S.; SANTANA, C. R.; LUNELLI, I. C.; FERREIRA, B. B. P.; BRAGA, R. F.; GUAJAJARA, L. A. M. B. S. Uma anatomia das práticas de silenciamento indígena: relatório sobre criminalização e assédio de lideranças indígenas no Brasil. **InSURgência: revista de direitos e movimentos sociais**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 380-387, 2021. DOI 10.26512/insurgncia.v8i2.38600.

HELSEL, D. R.; FRANS, L. M. Regional Kendall Test for Trend. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 40, n. 13, p. 4066-4073, 2006. DOI 10.1021/es051650b.

HOROWITZ, L. S.; KEELING, A.; LÉVESQUE, F.; RODON, T.; SCHOTT, S.;

THÉRIAULT, S. Indigenous peoples' relationships to large-scale mining in post/colonial contexts: toward multidisciplinary comparative perspectives. **The Extractive Industries and Society**, Oxford, v. 5, n. 3, p. 404-414, 2018. DOI 10.1016/j.exis.2018.05.004.

HUSSAIN, M.; MAHMUD, I.; pyMannKendall: a python package for non parametric

Mann Kendall family of trend tests. **Journal of Open Source Software**, Dayton, v. 4, n. 39, 1556, 2019. DOI 10.21105/joss.01556.

HUTUKARA, A. Y.; WANASSEDUUME YE'KWANA, A. **Yanomami sob ataque: Garimpo ilegal na terra Indígena Yanomami e propostas para combatê-lo**. Boa Vista, 2022. Disponível em: <<https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/yanomami-sob-ataque-garimpo-ilegal-na-terra-indigena-yanomami-e-propostas-para>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022: indígenas: primeiros resultados do universo: segunda apuração**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3103/cd_2022_indigenas.pdf. Acesso em: 15 dez. 2025.

ISA. Instituto Socioambiental. **Terra Indígena Aripuanã**. São Paulo, Brasil. ISA, 2026. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3603>>. Acesso em: 01 dez. 2025.

ISA. Instituto Socioambiental. **Terra TI Kayabi**. São Paulo, Brasil. ISA, 2026. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3984#noticias>. Acesso em: 19 fev. 2026.

ISA. Instituto Socioambiental. **Terra Indígena Sararé**. São Paulo, Brasil. ISA, 2026. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3802>. Acesso em: 19 fev. 2026.

LAPOLA, D. M.; PINHO, P.; BARLOW, J.; ARAGÃO, L. E. O. C.; BERENGUER, E.; CARMENTA, R.; LIDDY, H. M.; SEIXAS, H.; SILVA, C. V. J.; WALKER, W. S. et al. The drivers and impacts of Amazon forest degradation. **Science**, Washington, v. 379, n. 6630, eabp8622, 2023. DOI 10.1126/science.abp8622.

KAYET, N.; PATHAK, K.; KUMAR, S.; SINGH, C. P.; CHOWDARY, V. M.; CHAKRABARTY, A.; SINHA, N.; SHAIK, I.; GHOSH, A. Deforestation susceptibility assessment and prediction in hilltop mining-affected forest region. **Journal of Environmental Management**, Amsterdã, v. 289, 112504, 2021. DOI 10.1016/j.jenvman.2021.112504.

KOEHNKEN, L.; RINTOUL, M. S.; GOICHOT, M.; TICKNER, D.; LOFTUS, A. C.; ACREMAN, M. C. Impacts of riverine sand mining on freshwater ecosystems: A review of the scientific evidence and guidance for future research. **River Research and**

Applications, Hoboken, v. 36, n. 3, p. 362-370, 2020. DOI 10.1002/rra.3586.

MACLACHLAN, A. Classification II. In: MACLACHLAN, A. **CASA0023 Remotely Sensing Cities and Environments**. Londres: Centre for Advanced Spatial Analysis; UCL, 2025. Disponível em: https://andrewmaclachlan.github.io/CASA0023/7_classification_II.html. Acesso em: 18 fev. 2026.

MAHESH, B. Machine Learning Algorithms - A Review. **International Journal of Science and Research (IJSR)**, v. 9, n. 1, p. 381–386, 5 jan. 2020.

MANZOLLI, B. et al. **Legalidade da produção de ouro no Brasil**. Editora IGC/UFGM, 2021. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2021/Legalidade_da_producao_de_ouro_no_Brasil.pdf> Acesso em: 7 abr. 2025

MAPBIOMAS. **Cerca de um terço das pistas de pouso na Amazônia está dentro de alguma área protegida**. São Paulo: MapBiomass, 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/02/06/cerca-de-um-terco-das-pistas-de-pouso-na-amazonia-esta-dentro-de-alguma-area-protegida/#:~:text=Cerca%20de%20um%20ter%C3%A7o%20das,dentro%20de%20alguma%20%C3%A1rea%20protegida&text=Em%20um%20trabalho%20in%C3%A9dito%2C%20o,contidas%20nos%20registros%20da%20ANAC>. Acesso em: 18 fev. 2026.

MATAVELI, G.; CHAVES, M.; GUERRERO, J.; ESCOBAR-SILVA, E. V.; CONCEIÇÃO, K.; OLIVEIRA, G. Mining is a growing threat within indigenous lands of the Brazilian Amazon. **Remote Sensing**, Basileia, v. 14, n. 16, 4092, 2022. DOI 10.3390/rs14164092.

MEDICI, E. G. **LEI Nº 6.001, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1973**. Casa Civil Brasil, 19 dez. 1973. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm#:~:text=L6001&text=LEI%20N%C2%BA%206.001%2C%20DE%2019%20DE%20DEZEMBRO%20DE%201973.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20Estatuto%20do%20%C3%8Dndio.&text=Art.%201%C2%BA%20Esta%20Lei%20regula,e%20harmoniosamente%2C%20%C3%A0%20comunh%C3%A3o%20nacional. Acesso em: 7 abr. 2025

MENGUE, V. P. **Avaliação da dinâmica espectro-temporal visando o mapeamento da soja e arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://www.repositorioceme.ufrgs.br/handle/10183/87991>. Acesso em: 10 maio 2026.

MOIZÉS, B. C.; MITIDIERO JUNIOR, M. A. As ações legislativas da bancada ruralista no Congresso Nacional para redefinição das leis de proteção socioambiental no Brasil. **Boletim DATALUTA**, João Pessoa, n. 177, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.unb.br/index.php/BD/article/download/52859/39690/179648>. Acesso em: 18 fev. 2026.

MUNTHALI, M. G.; MUSTAK, S.; ADEOLA, A.; BOTAI, J.; SINGH, S. K.; DAVIS, N. Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, Amsterdã, v. 17, 100276, 2020. DOI 10.1016/j.rsase.2019.100276.

NUNES, S.; OLIVEIRA JR., L.; SIQUEIRA, J.; MORTON, D. C.; SOUZA JR., C. M. Unmasking secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 15, n. 3, 034057, 2020. DOI 10.1088/1748-9326/ab76db.

OLIVEIRA, E. C. de. **Mapeamento de uso e cobertura da terra utilizando a plataforma Google Earth Engine**. 2021, Florianópolis, Trabalho de conclusão de Curso (Graduação). UFSC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/225683>. Acesso em: 8 mar. 2026.

PAIVA, R. U. **Algoritmo paralelo para processamento de séries temporais de sensoriamento remoto com aplicação na classificação do uso e cobertura do solo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em: https://ww2.inf.ufg.br/ppgcc/sites/inf.ufg.br/ppgcc/files/uploads/Dissertacoes/dissertacao_RobertoUrzedo.pdf. Acesso em: 8 mar. 2026.

PEREIRA-CHAGAS, R. Narcogarimpo: las afinidades electivas entre los frentes de minería ilegal y la expansión del narcotráfico en la Amazonía brasileira. **URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad**, Quito, n. 38, p. 32-48, 2024. DOI 10.17141/urvio.38.2024.6144.

PÉREZ-CUTILLAS, P.; PÉREZ-NAVVARRO, A.; CONESA-GARCÍA, C.; ZEMA, D. A.; AMADO-ÁLVAREZ, J. P. What is going on within google earth engine? A systematic review and meta-analysis. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, Amsterdã, v. 29, 100907, 2023. DOI 10.1016/j.rsase.2022.100907.

QIN, Y.; XIAO, X.; LIU, F.; SILVA, F. S.; SHIMABUKURO, Y.; ARAI, E.; FEARNSIDE, P. M. Forest conservation in Indigenous territories and protected areas in the Brazilian Amazon. **Nature Sustainability**, Londres, v. 6, p. 295-305, 2023. DOI 10.1038/s41893-022-01018-z.

RORATO, A. C.; CAMARA, G.; ESCADA, M. I. S.; PICOLI, M. C. A.; MOREIRA, T.; VERSTEGEN, J. A. Brazilian amazon indigenous peoples threatened by mining bill. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 15, n. 10, 1040a3, 2020. DOI 10.1088/1748-9326/abb428.

SANTOS, A. M.; SILVA, C. F. A.; ALMEIDA JUNIOR, P. M.; RUDKE, A. P.; MELO, S. N. Deforestation drivers in the Brazilian Amazon: assessing new spatial predictors. **Journal of Environmental Management**, Amsterdã, v. 294, 113020, 2021. DOI

10.1016/j.jenvman.2021.113020.

SANTANCHÉ, A.; MEDEIROS, C. B.; JOMIER, G.; ZAM, M. Challenges of the Anthropocene epoch – supporting multi-focus research. In: NAMIKAWA, L. M.; BOGORNY, V. (Ed.). **Anais XIII GeoInfo**. São José dos Campos: INPE, 2012. p. 1-10. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/12.16.18.10/doc/proceedings2012.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2026.

SECOM, Secretaria de Comunicação de Mato Grosso. **Governador vai à Justiça contra decreto de Lula que amplia terras indígenas em MT**. Cuiabá: Governo de Mato Grosso, 18 nov. 2025. Disponível em: <https://www.secom.mt.gov.br/w/governador-vai-%C3%A0-justi%C3%A7a-contradecreto-de-lula-que-amplia-terras-ind%C3%ADgenas-em-mt>. Acesso em: 15 dez. 2025.

SELMY, S. A. H.; KUCHER, D. E.; MOZGERIS, G.; MOURSY, A. R. A.; JIMENEZ-BALLESTA, R.; KUCHER, O. D.; FADL, M. E.; MUSTAFA, A. A. Detecting, analyzing, and predicting land use/land cover (LULC) changes in arid regions using landsat images, CA-Markov hybrid model, and GIS techniques. **Remote Sensing**, Basileia, v. 15, n. 23, 5522, 2023. DOI 10.3390/rs15235522.

SCHLINDWEIN, M. N. **Meio ambiente, ecologia e o golpe de 2016: provocações e denúncia sobre uma tragédia anunciada**. Curitiba: Appris, 2022.

SILVA, C. F. A.; ANDRADE, M. O.; SANTOS, A. M.; FALCÃO, V. A.; MARTINS, S. F. S. The drivers of illegal mining on Indigenous Lands in the Brazilian Amazon. **The Extractive Industries and Society**, Oxford, v. 16, 101354, 2023. DOI 10.1016/j.exis.2023.101354.

SIQUEIRA-GAY, J.; SÁNCHEZ, L. E. The outbreak of illegal gold mining in the Brazilian Amazon boosts deforestation. **Regional Environmental Change**, Berlim, v. 21, 28, 2021. DOI 10.1007/s10113-021-01761-7.

SLATTERY, Z.; FENNER, R. Spatial analysis of the drivers, characteristics, and effects of forest fragmentation. **Sustainability**, Basileia, v. 13, n. 6, 3246, 2021. DOI 10.3390/su13063246.

SONG, X. P.; HANSEN, M. C.; STEHMAN, S. V.; POTAPOV, P. V.; TYUKAVINA, A.; VERMOTE, E. F.; TOWNSHEND, J. R. Global land change from 1982 to 2016. **Nature**, Londres, v. 560, p. 639-643, 2018. DOI 10.1038/s41586-018-0411-9.

SONTER, L. J.; HERRERA, D.; BARRETT, D. J.; GALFORD, G. L.; MORAN, C. J.; SOARES-FILHO, B. S. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, Londres, v. 8, 1013, 2017. DOI 10.1038/s41467-017-00557-w

SOUZA JR., C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-

FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; FERREIRA NETO, L. C.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, Basileia, v. 12, n. 17, 2735, 2020. DOI 10.3390/rs12172735.

SOUZA JR., C. M.; OLIVEIRA, L. A.; SOUZA FILHO, J. S.; FERREIRA, B. G.; FONSECA, A. V.; SIQUEIRA, J. V. Landsat sub-pixel land cover dynamics in the Brazilian Amazon. **Frontiers in Forests and Global Change**, Lausanne, v. 6, 1294552, 2023. DOI 10.3389/ffgc.2023.1294552.

SANTOS, S. L. **Ouro de sangue: exportações e a escalada do desmatamento e garimpo ilegal em terras Yanomami (2008-2022)**. 2025. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Faculdade de Estudos Sociais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2025. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/8949/3/TCC_ShirleiaSantos.pdf. Acesso em: 06 mai. 2026.

SOUSA, R. L.; VIEIRA, I. M. C. Garimpo ilegal na Amazônia: análise da cobertura jornalística do Portal A Crítica em 2024. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO DA REGIÃO NORTE, 22., 2025, Online. **Anais...** São Paulo: Intercom, 2025. Disponível em: <https://sistemas.intercom.org.br/pdf/submissao/regional/20/3263/042120251751216806afc99e646.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2026.

SRIVASTAVA, S. **Proximity analysis on Google Earth Engine**. [S. l.]: Medium, 2022. Disponível em: medium.com/@sam.21/proximity-analysis-on-google-earth-engine-e41b8eba6bbd. Acesso em: 8 mar. 2026.

SVAMPA, M. **Las fronteras del neoextractivismo en América Latina: conflictos socioambientales, giro ecoterritorial y nuevas dependencias**. Bielefeld: CALAS; CLACSO, 2019. DOI 10.14361/9783839445266.

VALE, M. M.; BERENGUER, E.; MENEZES, M. A.; CASTRO, E. B. V.; SIQUEIRA, L. P.; PORTELA, R. C. Q. The COVID-19 pandemic as an opportunity to weaken environmental protection in Brazil. **Biological Conservation**, Amsterdã, v. 255, 108994, 2021. DOI 10.1016/j.biocon.2021.108994.

VANÇAN, A. C.; RODRIGUES, M. V. O Massacre do Paralelo 11 e os Direitos Fundamentais a partir do Direito de Memória Indígena e a decolonização do Direito Brasileiro. **RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 1, 2021. DOI 10.23899/relacult.v7i1.2135.

VILLÉN-PÉREZ, S.; ANAYA-VALENZUELA, L.; CRUZ, D. C.; FEARNSIDE, P. M.

Mining threatens isolated indigenous peoples in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, Oxford, v. 72, 102398, 2022. DOI 10.1016/j.gloenvcha.2021.102398.

WULDER, M. A.; LOVELAND, T. R.; ROY, D. P.; CRAWFORD, C. J.; MASEK, J. G.; WOODCOCK, C. E.; ALLEN, R. G.; ANDERSON, M. C.; BELWARD, A. S.; COHEN, W. B.; DWYER, J.; ERB, A.; GAO, F.; GRIFFITHS, P.; HELDER, D.; HERMOSILLA, T.; HIPPLE, J. D.; HOSTERT, P.; HUGHES, M. J.; HUNTINGTON, J.; JOHNSON, D. M.; KENNEDY, R.; KILIC, A.; LI, Z.; LYMBURNER, L.; MCCORKEL, J.; PAHLEVAN, N.; SCAMBOS, T. A.; SCHAAF, C.; SCHOTT, J. R.; SHENG, Y.; STOREY, J.; VERMOTE, E.; VOGELMANN, J.; WHITE, J. C.; WYNNE, R. H.; ZHU, Z. Current status of Landsat program, science, and applications. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 225, p. 127-147, 2019. DOI 10.1016/j.rse.2019.02.015.

WULDER, M. A.; ROY, D. P.; RADELOFF, V. C.; LOVELAND, T. R.; ANDERSON, M. C.; JOHNSON, D. M.; HEALEY, S.; ZHU, Z.; SCAMBOS, T. A.; PAHLEVAN, N.; HANSEN, M.; GORELICK, N.; CRAWFORD, C. J.; MASEK, J. G.; HERMOSILLA, T.; WHITE, J. C.; BELWARD, A. S.; SCHAAF, C.; WOODCOCK, C. E.; HUNTINGTON, J. L.; LYMBURNER, L.; HOSTERT, P.; GAO, F.; LYAPUSTIN, A.; PEKEL, J. F.; STROBL, P.; COOK, B. D. Fifty years of Landsat science and impacts. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 280, 113195, 2022. DOI 10.1016/j.rse.2022.113195.

WWF-BRASIL. **Contaminação por mercúrio na Amazônia**. Brasília: WWF-Brasil, 2023. Nota técnica. Disponível em: wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/notatecnica_otca.pdf. Acesso em: 18 fev. 2026.

ZHAI, Y.; ROY, D. P.; MARTINS, V. S.; ZHANG, H. K.; YAN, L.; LI, Z. Conterminous United States Landsat-8 top of atmosphere and surface reflectance tasseled cap transformation coefficients. **Remote Sensing of Environment**, Amsterdã, v. 274, 112992, 2022. DOI 10.1016/j.rse.2022.112992.

9. APÊNDICES - SCRIPTS DESENVOLVIDOS NO GOOGLE EARTH ENGINE

Os algoritmos desenvolvidos e executados na plataforma Google Earth Engine (GEE) para a consolidação geomática desta pesquisa estão disponíveis publicamente no repositório Zenodo. O pacote estruturado em linguagem JavaScript engloba três eixos de processamento multitemporal baseados na série histórica Landsat (1985-2025):

- **Apêndice A:** Rotinas de calibração para aplicação de máscaras unificadas de nuvens e empilhamento de bandas espectrais, destinadas à elaboração dos mosaicos anuais e visualização em *timelapse*.
- **Apêndice B:** Códigos elaborados para o cálculo espacial de subtração da vegetação (diferença percentual baseada no índice NDVI) no raio de influência associado a cada infraestrutura logística.
- **Apêndice C:** Scripts estruturados para a classificação supervisionada de uso e cobertura da terra no entorno das pistas, parametrizados para operar com os algoritmos de aprendizado de máquina *Gradient Tree Boost* e *Random Forest*.

Visando assegurar a total transparência metodológica e a reprodutibilidade desta pesquisa, o conjunto integral dos códigos pode ser acessado, auditado e executado por meio do seguinte endereço permanente (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.21286484>.