



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

Guilherme Breder da Mota Dias

**ANÁLISE DO APORTE DE SEDIMENTOS POR MEIO DE MODELAGEM
HIDROSEDIMENTOLÓGICA: O CASO DA REGIÃO DO ALTO RIO JURUENA -
MT**

BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

2024

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ANÁLISE DO APORTE DE SEDIMENTOS POR MEIO DE MODELAGEM
HIDROSEDIMENTOLÓGICA: O CASO DA REGIÃO DO ALTO RIO
JURUENA - MT**

Guilherme Breder da Mota Dias

Orientadora: Dra. Potira Meirelles Hermuche

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharel/licenciatura em Geografia.

BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

DIAS, GUILHERME BREDER DA MOTA

**ANÁLISE DO APORTE DE SEDIMENTOS POR MEIO DE MODELAGEM
HIDROSEDIMENTOLÓGICA: O CASO DA REGIÃO DO ALTO RIO JURUENA -
MT.** 44 páginas.

Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas - Universidade de Brasília – UnB, 2023.

1. Políticas públicas – 2. Uso e cobertura da terra – 3. Geoprocessamento

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Guilherme Breder da Mota Dias

Setembro de 2024

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**ANÁLISE DO APORTE DE SEDIMENTOS POR MEIO DE MODELAGEM
HIDROSEDIMENTOLÓGICA: O CASO DA REGIÃO DO ALTO RIO JURUENA - MT**

Guilherme Breder da Mota Dias

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de bacharel e licenciado em Geografia

Aprovado por:

Potira Hermuche, Doutora (GEA-UNB)

(Orientadora)

Maria Rita Fonseca (GEA-UNB)

(Examinador interno)

Matheus Denezine (GEA-UNB)

(Examinador interno)

Brasília-DF, 18 de setembro de 2024

SUMÁRIO

RESUMO.....	08
1. INTRODUÇÃO.....	08
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1. Área de estudo.....	10
2.2. Procedimentos metodológicos.....	12
2.3. Simulação do cenário de conservação.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.1 Comparação dos resultados.....	26
4. PANORAMA DO CONTEXTO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	31
4.1 Principais Impactos da Bacia em Estudo.....	31
4.2 Contexto Político da Área de Estudo.....	34
5. CONCLUSÃO.....	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1: Mapa de localização da Sub-bacia do alto rio Juruena.....	11
Figura 2: Fluxograma.....	22
Figura 3: Mapa de erosividade da chuva.....	22
Figura 4: Mapa de erodibilidade do solo.....	23
Figura 5: Mapa do Modelo Digital de Elevação.....	24
Figura 6: Mapa de declividade.....	25
Figura 7: Mapa de uso e cobertura da terra.....	26
Figura 8: Compartimentos da paisagem.....	27
Figura 9: Resultados da USLE para o cenário atual e simulado. Fonte elabora pelo autor.....	28
Figura 10: Desmatamento acumulado nas sub-bacias do Alto Juruena e Papagaio...31	
Figura 11: Aumento de empreendimentos hidrelétricos de 2019 a 2023.....	33
Tabela 1: Valores do Fator P e Fator C.....	15
Tabela 2: Valores do Fator K correspondente a cada classe de solo.....	17
Tabela 3: Valores dos parâmetros adicionados pós calibração.....	20
Tabela 4: Valores do Fator P e Fator C para o cenário simulado de conservação.....	21
Tabela 5: Resultados das médias dos compartimentos. Fonte: elaborado pelo autor.	27
Tabela 6: Resultados do cenário atual e simulado.....	30
Tabela 7: Tabela de distanciamento da Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015.....	37

Resumo

A gestão sustentável das Terras Indígenas (TI) no Brasil é crucial para a preservação dos ecossistemas e a proteção dos recursos naturais. A TI Enawenê-Nawê, situada na alta Bacia do Rio Juruena, Mato Grosso, enfrenta ameaças significativas devido à expansão agropecuária e ao desenvolvimento hidrelétrico, que impactam negativamente as comunidades indígenas. Este estudo teve como objetivo analisar a produção de sedimentos na bacia a montante da TI Enawenê-Nawê utilizando o modelo InVEST, especificamente o Sediment Delivery Ratio (SDR). Foram comparados dois cenários de uso do solo: cenário atual e um cenário simulado com vegetação nativa predominante. Os resultados indicaram que a produção anual de sedimentos exportados no cenário atual foi de 177,188 t/ha/ano, enquanto o cenário otimista mostrou uma redução significativa, alcançando 133,122 t/ha/ano. Isso representa uma diferença de aproximadamente 33,10%, destacando a eficácia das práticas de conservação que podem ser promovidas por uma Zona de Amortecimento (ZA). A análise evidencia a necessidade de políticas públicas eficazes para a gestão do território e a proteção do modo de vida das comunidades indígenas. A implementação de ZAs ao redor das TI's poderia ser uma ação efetiva para prevenir o aumento de sedimentos na bacia. Estas zonas atuam como barreiras naturais, mitigando os impactos das atividades antrópicas e contribuindo para a sustentabilidade ambiental da região.

Palavras-chave: Conservação ambiental; erosão do solo; territórios indígenas; produção de sedimentos; bacias hidrográficas.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios ambientais atuais paira sobre a perspectiva de como implementar medidas sustentáveis de desenvolvimento, ao mesmo tempo em que haja prudência em relação à consciência ecológica, social e cultural. Nesse sentido, a gestão adequada das áreas no entorno de comunidades tradicionais, como as Terras Indígenas - TI no Brasil, é de suma importância, especialmente quando se trata das discussões sobre o planejamento do uso do território, buscando alcançar uma gestão eficiente, pois

de acordo com Soares (2021), a proteção dos recursos naturais também deve englobar as TI e adjacências.

Essas áreas, de uso exclusivo dos povos indígenas, desempenham um papel crucial na preservação dos recursos naturais, bem como no reconhecimento de suas organizações sociais, línguas, costumes, crenças e tradições, com base no direito originário à terra (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988). Atualmente, as TI totalizam 13,75% do território brasileiro, englobando 736 áreas protegidas distribuídas nas classes de: estudo, delimitada, declarada, homologada e regularizada (FUNAI, 2021).

Segundo o Instituto Socioambiental - ISA (2016), as TIs funcionam como "ilhas de florestas" termo utilizado para caracterizar áreas em que a biodiversidade está cercada por comunidades humanas, onde espécies nativas sobrevivem em meio à fragmentação de habitats causados pelo uso antrópico. Assim como as Unidades de Conservação – UC, espaços onde o uso e manejo de recursos naturais precisam de normas que garantam a conservação, tanto em termos de proteção integral quanto de uso sustentável, essas áreas assumem importância fundamental na preservação dos ecossistemas. Entretanto, essa preservação está cada vez mais ameaçada pela expansão agropecuária e de empreendimentos para geração de energia elétrica, principalmente na região Amazônica, mas também em outras áreas.

Pensando nisso, os gestores públicos têm buscado garantir a participação das comunidades na tomada de decisões que afetam seu território, uma vez que a gestão feita de maneira adequada contribui para a proteção dessas comunidades, proporcionando-lhes autonomia, respeito e valorização de seus conhecimentos ancestrais e, promovendo assim, a sustentabilidade e o equilíbrio socioambiental.

Mas esse contexto demanda o planejamento das áreas que circundam as comunidades. Como exemplo, pode-se observar que diversas TIs sofrem as consequências desses usos que ocorrem dentro das bacias hidrográficas nas quais estão inseridas, promovendo degradação em seu interior, e isso é acelerado pelo fato de que, diferentemente das UCs, as TIs não possuem áreas definidas no entorno das unidades que desempenham um papel fundamental na preservação de ecossistemas e na mitigação de impactos ambientais conhecidas como Zonas de Amortecimento (ZA) determinadas por normativas que possam minimizar esses efeitos.

Nesse sentido, Carneiro (2009) exemplifica que as macrobacias dos rios Madeira, Tapajós e Xingu formam um conjunto bastante pressionado do ponto de vista socioambiental e abrigam as maiores áreas desflorestadas da Amazônia Legal, apesar de terem em seu interior diversas TIs. Embora a extensão total de desmatamento varie

entre as três macrobacias, suas taxas de desmatamento são semelhantes, indicando que todas elas estão perdendo florestas a um ritmo alarmante. A expansão do "arco do desmatamento" nessa região aumenta a demanda por obras de infraestrutura, o que implica em agravamento das pressões e a retirada da cobertura florestal e a subsequente degradação das cabeceiras dos rios podem ter impactos de longo alcance, como o assoreamento, mudanças nos ciclos hidrológicos, qualidade e vazão da água.

O autor afirma que as maiores pressões e ameaças sobre o Bioma Amazônico estão concentradas em sua região sul, nos afluentes da margem direita do Rio Amazonas na forma de grandes empreendimentos agropecuários e hidrelétricos, e o estado do Mato Grosso desempenha um papel estratégico nesse contexto, abrigando as nascentes dos afluentes mais importantes, como Araguaia, Madeira, Tapajós e Xingu. Entretanto, muitos desses empreendimentos encontram-se nas bordas das TIs, afetando diretamente a biodiversidade nas áreas protegidas, além de outras consequências (CARNEIRO, 2009).

O aumento de sedimentos na bacia hidrográfica, combinado com a retirada da vegetação, pode causar assoreamento dos rios, piorar a qualidade da água e prejudicar ecossistemas aquáticos, impactando diretamente a vida das comunidades indígenas. A retirada da vegetação também eleva o risco de queimadas, degradando ainda mais o solo e os recursos naturais da região. Esses sedimentos podem carregar poluentes, afetar a pesca, a agricultura de subsistência e reduzir o acesso a água potável. Além disso, o aumento de desastres naturais, como inundações, deslizamentos e incêndios florestais, ameaça a segurança dessas populações, que dependem fortemente dos recursos naturais para seu sustento e qualidade de vida.

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC - Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Terras Indígenas não são consideradas UCs, entretanto são notoriamente preservadas, pois as práticas sustentáveis desempenham um papel fundamental na visão de mundo de muitas sociedades indígenas, destacando sua habilidade na conservação de seus territórios, as quais abraçam uma ideologia onde "nada se perde, tudo se recicla" (CHAUMEIL, 1983). Sob essa perspectiva, esses povos indígenas tendem a adotar uma postura de exploração moderada dos recursos naturais, reconhecendo os seres humanos como guardiões do equilíbrio cósmico (CHAUMEIL, 1983).

Esse é o cenário evidenciado na região da alta Bacia do Rio Juruena, no Mato Grosso, na qual estão inseridas diversas TIs convivendo com grande expansão agropecuária e do setor hidrelétrico, impactando diretamente diversos povos, como os

Enawenê-Nawê, que sofrem as consequências dos impactos não apenas em seu território, mas em seu modo de vida, pois vivenciam o que os usos inadequados no entorno da TI têm causado, contando como uma das únicas formas de minimizar esses impactos as políticas públicas de gestão.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o aporte de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica localizada no Alto Juruena a montante da TI Enawenê-Nawê e os impactos potenciais no modo de vida da população da TI. O foco é discutir os impactos na qualidade da água do Alto Rio Juruena em relação à quantidade de sedimentos e seu rebatimento no território indígena por meio de Geoprocessamento. Como objetivos específicos têm-se:

- Realizar análise por meio de modelagem hidrossedimentológica a partir das áreas fonte críticas de sedimentos por meio da metodologia InVEST/SDR (SHARP et al., 2016);

- Comparar o cenário atual de produção de sedimentos com um cenário simulado de conservação das classes de vegetação nativa no lugar das classes atuais de uso antrópico. Essa comparação permite avaliar como práticas de conservação podem influenciar na redução da produção e na quantidade de sedimentos no rio, sendo crucial para compreender os impactos ambientais das diferentes práticas de uso do solo, especialmente no entorno de áreas protegidas.

- Discutir a importância de uma política pública que vise a determinação de uma ZA em TI como estratégia de conservação.

O estudo visa apresentar dados quantitativos que permitem discutir os impactos potenciais para a TI em relação à produção de sedimentos pelo uso da terra; como tem sido organizada a gestão e as políticas públicas e; de que forma o uso e ocupação da terra dentro da bacia tem aumentado a taxa de erodibilidade do solo, compreendendo como todas essas variáveis afetam o modo de vida dos indígenas.

1. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Juruena, localizada no noroeste do estado de Mato Grosso, é caracterizada por uma rede de rios que nascem na Chapada dos Parecis, situada no Cerrado. O rio Juruena, ao se unir ao rio Teles Pires, forma o rio Tapajós, contribuindo com cerca de 58% de suas águas. Esta região apresenta mais de uma dezena de povos indígenas, cada um com suas culturas e línguas próprias, incluindo os

Apiaká, Bakairi, Haliti (Paresi), Kawaiwete (Kayabi), Kajkwakratxi (Tapayuna), Kawahiva, Manoki (Irantxe), Myky, Munduruku, Nambikwara, Rikbaktsa, além dos Enawenê-Nawê (Salumã) e povos isolados (CARVALHO 2024).

Para o presente estudo foi selecionada uma bacia hidrográfica a montante da TI Enawenê-Nawê (Figura 1), que possui uma área de aproximadamente 742 ha e está localizada nos municípios de Comodoro, Juína e Sapezal, na região noroeste de Mato Grosso. A sub-bacia do Alto do rio Juruena apresenta uma área de cerca de 6.600 km² e sua escolha deveu-se à disponibilidade de dados desde 1983, utilizados posteriormente para calibração do modelo hidrossedimentológico utilizado.

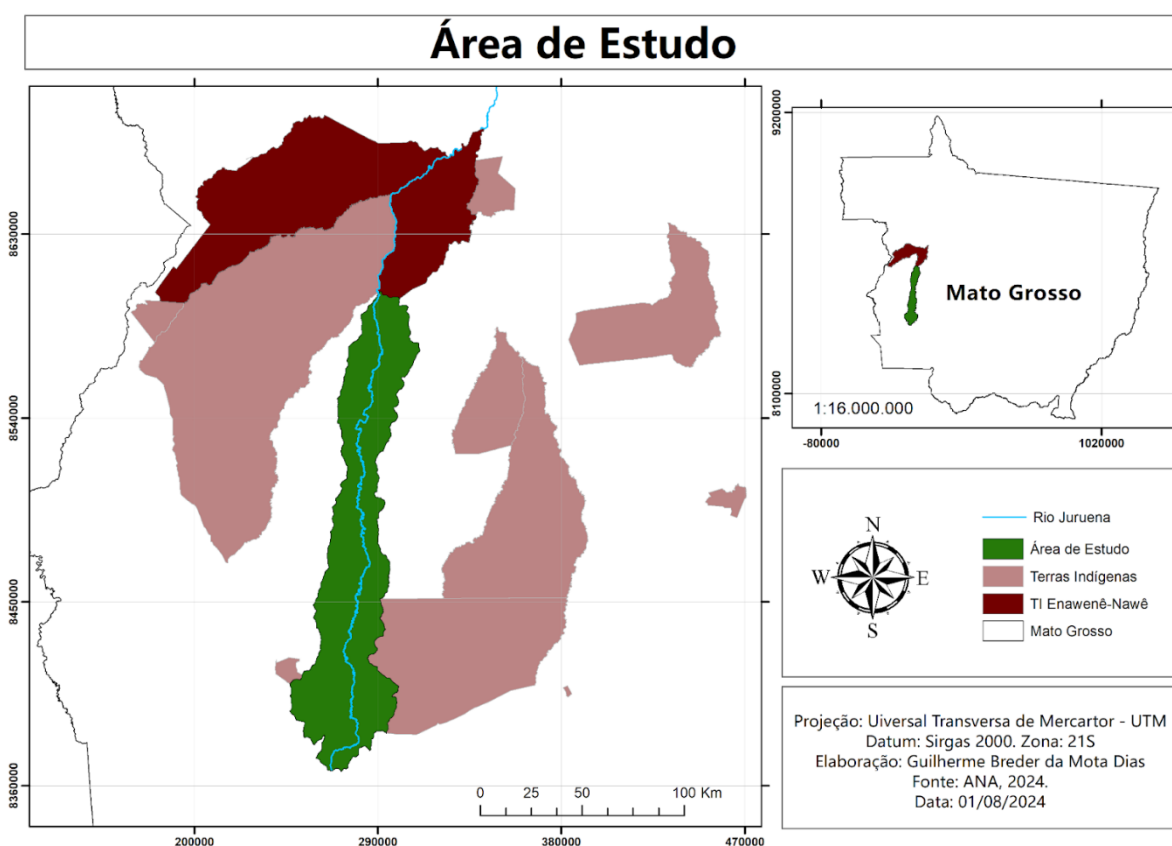


Figura 1 – Mapa de localização da Sub-bacia do alto rio Juruena. Fonte: elaborado pelo autor

A presença do quantitativo elevado de TIs ressalta a importância de um manejo adequado dos recursos naturais da área, uma vez que as atividades realizadas podem afetar diretamente a vida e o bem-estar dos povos indígenas que habitam a região.

A sub-bacia do Alto Juruena é composta pelos rios Juruena, Camararé, Doze de Outubro, Iquê, Canoas, Juína, Formiga, Primavera, entre outros. A região é predominantemente formada por solos arenosos e é coberta por vegetação de transição entre a Amazônia e o Cerrado. Esta sub-bacia drena o território tradicional do povo

Enawên-Nawê e, nesse sentido, todo o uso a montante da TI pode impactar e alterar os recursos disponíveis em seu território.

Na parte alta, o rio Juruena e seus principais afluentes abrigam diversas lagoas do tipo "ferradura", que se conectam periodicamente ou durante as cheias. Estes ecossistemas servem como viveiros e criadouros naturais para comunidades de peixes, contribuindo para a alta produtividade biológica da região (CARVALHO 2024).

De acordo com dados obtidos pelo IBGE (2002) e por Novais (2023), a parte norte da área de estudo apresenta um clima equatorial marcado por altos índices de umidade relativa, com apenas três meses secos ao longo do ano. As temperaturas médias são relativamente altas, excedendo 18°C em todos os meses, caracterizando um regime térmico equatorial.

Em contraste, a parte sul da bacia possui um clima tropical central, classificado como semi-úmido. Nesta região, o período seco se estende por quatro a cinco meses, enquanto as temperaturas médias permanecem acima de 18°C durante todo o ano. Estas características climáticas influenciam diretamente a hidrologia e a dinâmica ambiental da bacia. É importante entender que a principal causa da degradação da terra é a erosão dos solos, a qual consiste nos processos de desprendimento e arraste de suas partículas, causados principalmente pela ação da água e este tipo de erosão é influenciado por uma ampla gama de agentes naturais e antrópicos, destacando-se a precipitação como um fator determinante na intensidade e frequência do fenômeno (MACHADO e VETORAZZI, 2003).

Em relação à geomorfologia, regionalmente a área de estudo divide-se entre o Planalto e a Chapada dos Parecis, distribuídos à leste do Mato Grosso até o sudeste de Rondônia. A principal diferença entre as duas formações está em sua topografia: enquanto a Chapada dos Parecis possui uma superfície relativamente plana a suavemente ondulada, o Planalto dos Parecis apresenta uma topografia mais elevada e plana a levemente ondulada (IBGE, 2009)

A área de estudo foi escolhida devido à disponibilidade de dados adequados para análise. Um dos desafios para a realização do estudo em outras bacias foi a falta de dados de medição *in loco*, o que limitou a possibilidade de expandir a pesquisa para outras áreas. Embora houvesse interesse em realizar o estudo em bacias ligadas a terras indígenas, isso não foi viável devido à ausência de aquisição dos dados necessários, o que inviabilizou a análise nessas regiões. Assim, a escolha da área se

baseou na facilidade de acesso a dados confiáveis, fundamentais para a execução da pesquisa e calibração dos dados coletados.

2.2 Procedimentos metodológicos

Diversos softwares baseados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são utilizados em modelagens hidrossedimentológicas, como o InVEST, desenvolvido como parte do “Projeto Capital Natural”, uma parceria entre a Universidade de Stanford, The Nature Conservancy (TNC) e World Wildlife Fund (WWF), entre outras instituições (AZEVEDO, 2017). De acordo com Sharp et al. (2016), o InVEST visa apoiar a tomada de decisão na gestão de recursos naturais, fornecendo informações sobre alterações nos ecossistemas, a fim de evitar prejuízos ao bem-estar da população. Este software possui um conjunto de ferramentas de modelagem matemática destinadas ao mapeamento, quantificação e valoração econômica de serviços ambientais, sendo constituído por 20 módulos.

O InVEST foi designado como metodologia por fornecer abordagem modular e multifuncional robusta, mas que não precisa de quantidades enormes de dados de entrada na geração das modelagens, é uma plataforma eficaz e gratuita que utiliza dados abertos de fácil acesso para explorar os resultados potenciais de diferentes cenários de gestão, variações climáticas, manejo de terras, costas e áreas marinhas, entre outros, a fim de proporcionar uma variedade de benefícios desejados para a sociedade.

O modelo aplicado no estudo para obtenção da análise sedimentar da bacia foi o Sediment Delivery Ratio (SDR), inserido no pacote InVEST. Para estimar a quantidade de solo erodido em determinada bacia hidrográfica por meio de SIG, a modelagem utiliza a Equação já consolidada de Perda de Solos, ou Universal Soil Loss Equation - USLE (WISCHMEIER e SMITH, 1965; 1978), composta originalmente por seis fatores a partir da seguinte equação:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Onde:

A = Perda de solo (toneladas por hectare por ano).

R = Chuva e Escoamento: Representa as características climáticas, como a quantidade de chuva e a intensidade das chuvas, que afetam a erosão do solo.

K = Erodibilidade do Solo: Refere-se às características do solo que determinam sua suscetibilidade à erosão, como textura, estrutura e permeabilidade.

LS = Fator Topográfico: modela a influência do relevo na erosão. Produto dos fatores Comprimento do Declive¹ (L) e Inclinação do Declive² (S).

C = Uso e Cobertura do Solo: Reflete as práticas de manejo, uso e cobertura do solo, levando em conta como elas afetam a exposição do solo à erosão.

P = Práticas Conservacionistas: Avalia o impacto das práticas de conservação do solo na redução da erosão.

Diversos estudos no Brasil e no mundo (Adediji et al., 2010; Pulido Gómez, 2012; Farhan, Zregat e Farhan, 2013; Marques, 2013) destacam que a USLE é uma ferramenta valiosa para a conservação dos solos devido à sua precisão na estimativa de perdas médias anuais de solo sob determinadas condições ecológicas (R, K, L, e S) e fatores antrópicos (C e P).

O SDR Utiliza os fatores da USLE para calcular a produção de sedimentos e adiciona parâmetros específicos para a entrega desses sedimentos, como:

- SDR: Proporção de sedimentos erodidos que chegam aos cursos d'água.
- IC: Índice de conectividade, que considera a topografia e o caminho do fluxo.
- Limiar do fluxo acumulado: Usado para definir a rede de drenagem no modelo.

Desta forma o SDR vai além da perda de solo, modelando como os sedimentos se deslocam pela bacia hidrográfica e quanto deles chega efetivamente aos rios e lagos. Os resultados incluem a quantidade anual de sedimentos entregues aos cursos d'água, bem como a quantidade de sedimentos erodidos na bacia hidrográfica e retidos pela vegetação e características topográficas (SHARP et al., 2016), expresso pela fórmula a seguir. O valor total de exportação de sedimentos da bacia é a soma dos valores de exportação de todos os pixels.

$$E_i = USLE_i \cdot SDR_i$$

Onde:

E_i = Representa a exportação de sedimentos de um determinado pixel na bacia hidrográfica.

1

2

SDR_i: É o fator de entrega de sedimentos, que indica a proporção de sedimento erodido em um pixel que realmente chega a um corpo d'água.

Enquanto a USLE estima a perda potencial de solo em uma área, o SDR ajusta essa estimativa com base na capacidade do sedimento de ser entregue aos corpos hídricos. É importante ressaltar que o SDR se concentra na erosão superficial e não modela ravinas, margens ou erosão em massa, sendo os resultados de natureza biofísica (SHARP *et al.*, 2016). Uma descrição detalhada do Modelo InVEST pode ser observada em Sharp *et al.*, 2016).

Assim, os dados de entrada do modelo InVEST são: mapa de uso e cobertura da terra, tabela biofísica contendo os parâmetros principais de entrada da USLE, Modelo Digital de Terreno, o limite vetorial da bacia de estudo, mapa de erosividade e erodibilidade, além de dados relacionados à rede de drenagem como valores do limiar do fluxo acumulado, parâmetro Borselli, parâmetro Borselli IC0, valor máximo de SDR e valor Máximo de Comprimento da Inclinação

O Mapa de Uso e Cobertura da Terra deve ser no formato raster, no qual cada célula representa uma classe de uso e cobertura da terra com código segundo MapBiomas. Para o presente trabalho foi utilizado o mapeamento de uso e cobertura da terra de 2022 disponibilizado pelo Projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas, 2024). O dado é baseado em uma classificação de imagens do sensor Landsat com resolução espacial de 30 metros.

A Tabela Biofísica deve estar em formato *Comma Separated Values* (CSV), na qual cada linha representa uma classe de uso e cobertura da terra e suas colunas devem conter obrigatoriamente: Código único para cada classe de uso; o fator de manejo de cobertura da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) – Fator C, entre 0 e 1; Fator de práticas de suporte da USLE – Fator P, entre 0 e 1. Apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores do Fator P e Fator C.

Tabela Biofísica Cenário Atual				
Classe	Área ocupada (%)	Código	Fator C	Fator P
Formação Florestal	12,31%	3	0.01	1
Formação Savânica	38,28%	4	0.06	1
Silvicultura	0,28%	9	0.08	1
Campo Alagado	0,13%	11	0.04	1

Formação Campestre	19,45%	12	0.05	1
Pastagem	1,89%	15	0.1	1
Cana	0,16%	20	0.15	1
Mosaico de Usos	2,93%	21	0.1	1
Áreas não vegetadas	0,88%	25	0.2	1
Rio, Lago e Oceano	0,32%	33	0.0	1
Soja	19,37%	39	0.15	1
Lavouras Temporárias	3,99%	41	0.2	1

No modelo InVEST/SDR, o dado do limite da bacia hidrográfica deve ser um shapefile vetorial em forma de polígono o qual deve ter uma coluna na tabela de atributos chamada “ws_id” com valor inteiro único para cada bacia (no presente caso, uma coluna que continha o valor igual a 1). A bacia hidrográfica foi selecionada com base nos dados das ottobacias nível 4 da Agência Nacional de Águas – ANA (ANA, 2024).

De acordo com Costa (2019), a estimativa da precipitação feita a partir de observações remotas e locais é atualmente a opção mais eficaz para obter dados de precipitação distribuídos globalmente com resolução espacial relativamente alta. Conjuntos de dados como o Merged Analysis of Precipitation (CMAP), Climate Research Unit (CRU), Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) e o Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS) são obtidos através de observações tanto locais quanto remotas, sendo amplamente utilizados especialmente em análises regionais devido à suas resoluções espaciais de média escala.

No presente estudo foram utilizados dados globais mensais do ano de 2022 do CHIRPS (2022) para cálculo, no software Arcgis 10.8 (ESRI, 2024), da média anual de precipitação em milímetros.

Para o cálculo do fator R (erosividade anual da chuva) foi utilizada a seguinte equação com base em Silva (2004), desenvolvida especialmente para o bioma Cerrado, predominante na área de estudo.

$$R=89.6+89.8\log (R \text{ annual})$$

Onde: R annual = precipitação anual média em milímetros.

O fator K é uma medida da erodibilidade do solo, considerando suas

propriedades físicas e químicas (SHARP *et al.*, 2016), e representa a suscetibilidade das partículas do solo ao desprendimento e transporte pela ação da chuva e do escoamento superficial.

Para o presente trabalho o dado de solos na escala 1:250.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2024). Os dados foram classificados conforme os valores de K obtidos na literatura, de acordo com o trabalho de BATISTA, 2021; CHAVES, 2008 e CARVALHO, 1994, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores do Fator K correspondente a cada classe de solo de acordo com BATISTA, 2021; CHAVES, 2008; CARVALHO, 1994.

Solo	Fator K
Latossolo Vermelho	0,012
Latossolo Vermelho-Amarelo	0,014
Gleissolo Háptico	0,028
Neossolo Quartzarênico	0,029
Organossolo Háptico	0,6
Neossolo Háptico	0,049

O dado de elevação foi baseado no Modelo Digital de Elevação (MDE), que consiste em uma representação tridimensional da superfície terrestre (BRANDÃO, 2009). No trabalho foi utilizado o dado da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), uma missão realizada em fevereiro de 2000 por várias agências, com o objetivo de mapear o relevo da Terra usando interferometria de radar de abertura sintética (InSAR) (BRANDÃO, 2009). O SRTM de 30 metros de resolução foi extraído por meio do plugin OpenTopographyDEM Downloader instalado no software Qgis 3.34 e recortado para área de estudo.

Com base no MDE é calculado o Fluxo Acumulado, que define o número de pixels ascendentes que devem fluir para um pixel. Essa variável afeta diretamente a conectividade hidrológica e a exportação de sedimentos. Essa variável também pode ser utilizada para a definição da rede de drenagem da área de estudo.

Outras variáveis também são necessárias para a funcionalidade do InVEST/SDR,

e aqui foram utilizados inicialmente os valores padrão definidos pelo modelo (INVEST/SDR, 2024), são elas:

- Limiar do Fluxo Acumulado: é um parâmetro para a definição da rede de drenagem em uma bacia hidrográfica. Este parâmetro determina o número de pixels a montante que precisam contribuir com fluxo para que um pixel seja classificado como parte da rede de fluxo, ou seja, para que seja considerado um fluxo. O InVEST/SDR indica iniciar com o valor 1000.
- Parâmetro Borselli K: utilizado para calcular o Índice de Conectividade (IC), possui um valor padrão igual a 2. Este parâmetro influencia a forma da relação entre o IC e o SDR, ajustando a sensibilidade do modelo às variações no Índice de Conectividade. Determina a proporção de sedimento que realmente chega ao canal de drenagem em comparação com a quantidade que é erodida, usado para ajustar a sensibilidade do modelo às mudanças na conectividade da paisagem.
- Parâmetro Borselli IC0: utilizado para calcular o Índice de Conectividade (IC), possui um valor padrão igual a 0,5. Ele ajusta a contribuição dos fatores que influenciam a conectividade, como a distância ao canal mais próximo, a declividade do terreno, e as características do solo e uso da terra. Um IC0 mais alto indica maior facilidade de transporte dos sedimentos, enquanto um valor menor sugere que o transporte é mais restrito.
- Valor Máximo de SDR: valor padrão igual a 0,8. Este valor é uma função da textura do solo e é usado para limitar o SDR calculado, ajudando na calibração do modelo e na garantia de que os resultados estejam dentro de limites realistas.
- Valor Máximo de Comprimento de Inclinação (L): responsável por definir o valor máximo permitido para o parâmetro de comprimento de inclinação (L) no fator LS. Possui um valor padrão de 122. É responsável por limitar valores extremos do parâmetro L, garantindo que o modelo funcione dentro de limites realistas e que os resultados sejam consistentes com estudos anteriores.

Após a primeira rodada com os valores padrão do modelo, os valores foram ajustados com base em rodadas de calibração com o objetivo de certificar que o modelo apresenta um resultado próximo da realidade. Esses ajustes são necessários para garantir resultados mais precisos e realistas, garantindo a qualidade dos dados de entrada para geração de resultados confiáveis. O procedimento utilizado aqui foi o

mesmo adotado no estudo de Bendito (2023) intitulado “Modelagem hidrossedimentológica e dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Rio Pardo (MG) em função do uso e cobertura do solo e do clima”.

Para isso é necessário conhecer o valor real do Aporte de Sedimentos a partir de dados monitorados *in loco*. Desta forma, foram compilados dados da estação fluviométrica da ANA nº 17.091.000, nomeada “Fazenda Tucunaré” (ANA, 2024).

Os dados compilados foram a vazão diária (m^3/s) e os sólidos totais suspensos (g). A partir destes dados primários foi obtida a carga de sedimentos utilizando a seguinte equação:

$$C = Q_s \times STS$$

Onde: C - carga de sedimentos (g/s)
Q_s - vazão diária (m^3/s)
STS - sólidos totais suspensos (g).

De posse dos dados, foi obtida uma relação linear entre Q_s e STS com $R^2 > 80\%$, resultando na seguinte equação:

$$C = 32,63 * Q_s - 569,53$$

Onde: C - carga de sedimentos (g/s);
Q_s - vazão diária (m^3/s).

Posteriormente, para ajuste dos dados, foi utilizada a equação a seguir para obtenção da carga anual, ou seja, o aporte de sedimentos em t/ha/ano, unidade de medida resultante do InVEST - SDR.

$$SY = QS \times 3600 \times 24 \times 365 / 10^6$$

Onde: SY - aporte de sedimentos (t/ha/ano);
Q_s - vazão diária (m^3/s).

O resultado final da calibração indicou o aporte anual de sedimentos no exutório da bacia hidrográfica do rio Juruena e foi utilizado como base para ajustar o modelo que, após cinco rodadas de testes, permitiu que os valores padrões dos parâmetros indicados pelo InVEST fossem substituídos, aproximando-se das condições reais indicadas e resultando na modelagem tanto do cenário atual quanto do simulado, pudessem estar alinhados com as condições reais.

Tabela 3 – Valores dos parâmetros adicionados pós calibração. Fonte: elaborado pelo autor.

Parâmetros Calibrados	
Acumulação de Fluxo Limite	5000
Parâmetro de Borseli K	2
Parâmetro de Borseli IC0	1,75
SDR máximo	0,8
L máximo	50

Todos os dados utilizados no InVEST foram transformados, quando necessário, em arquivos raster utilizando o software ArcGIS 10.8. É necessário atentar-se à consistência de dados, portanto todos os dados espaciais (rasters e shapefiles) devem estar no mesmo sistema de projeção espacial para evitar erros. A precisão do MDE também é crucial, pois influencia diretamente a derivação dos mapas derivados, como aqueles relacionados à USLE (declividade e comprimento de rampa) e o fluxo acumulado, fundamentais para o cálculo do transporte de sedimentos.

Quanto à integridade da Tabela Biofísica, é importante certificar-se de que todas as classes do mapa de uso e cobertura tenham um código correspondente e que os valores dos Fatores C e P estejam corretamente atribuídos.

2.3 Simulação de cenário de conservação

Após o cálculo do aporte de sedimentos para o contexto atual de uso e cobertura da terra, foi simulado um cenário em que as classes de uso antrópico foram substituídas pela fitofisionomia predominante na região, a formação savânica. Essa escolha foi feita porque essa formação é a cobertura natural mais representativa na bacia hidrográfica,

ocupando 38,28% de sua área total. Essa comparação permite avaliar como práticas de conservação podem influenciar na redução da produção e na quantidade de sedimentos em suspensão no rio, sendo crucial para compreender os impactos ambientais das diferentes práticas de uso do solo, especialmente no entorno de áreas protegidas.

O primeiro passo para esta etapa foi reclassificar o arquivo do MapBiomas, convertendo os códigos dos pixels das classes de uso antrópico (silvicultura, pastagem, cana mosaico de usos, outras áreas não vegetadas, soja e outras lavouras temporárias) para o código de formação savânica no ArcMap 10.8. Posteriormente, a tabela biofísica também foi atualizada, excluindo as classes de uso antrópico (Tabela 4), ajustando assim o modelo às novas condições de uso do solo simuladas para rodar novamente os dados.

Tabela 4 – Valores do Fator P e Fator C para o cenário simulado de conservação.

Tabela Biofísica do Cenário Simulado				
Classe	Área ocupada (%)	Código	Fator C	Fator P
Formação Florestal	12,32%	3	0.01	1
Formação Savânica	68,09%	4	0.06	1
Campo Alagado	0,13%	11	0.04	1
Formação Campestre	19,46%	12	0.05	1

Para apresentar de forma clara e objetiva o processo de aquisição dos principais dados supracitados e a calibração dos mesmos, foi elaborado um fluxograma (Figura 2) que ilustra cada etapa envolvida. Este fluxograma detalha desde os dados de entrada necessários para o modelo até a calibração que disponibilizou a base para os ajustes dos resultados finais.

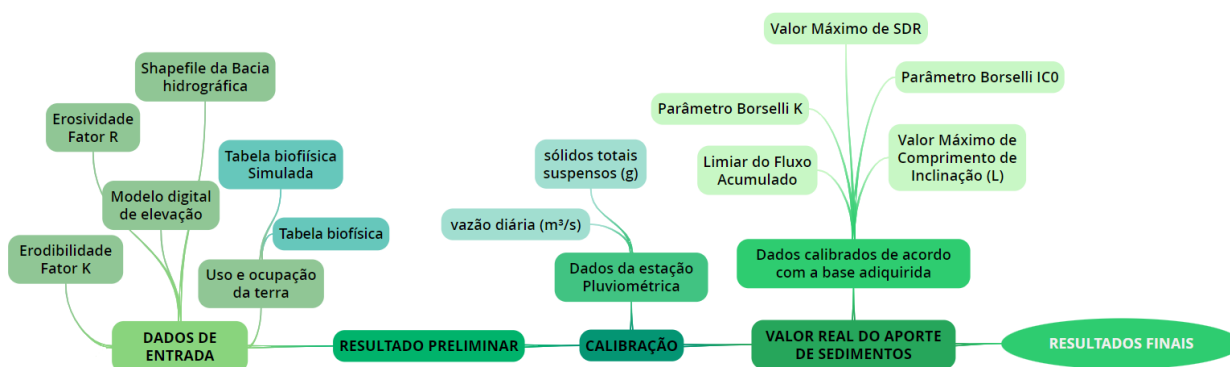


Figura 2 – Fluxograma. Fonte: elaborado pelo autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de erosividade da chuva, expresso pelo Fator R (Figura 3), mostra que a precipitação média na bacia varia de 10.2 a 20.5 mm. A parte sul da bacia apresenta menores valores de Fator R, indicando menor intensidade erosiva da chuva, enquanto a parte norte apresenta valores mais elevados, sugerindo maior intensidade erosiva da precipitação. Isso significa que a área norte é mais propensa à erosão causada pela chuva, o que pode resultar em uma maior perda de solo.

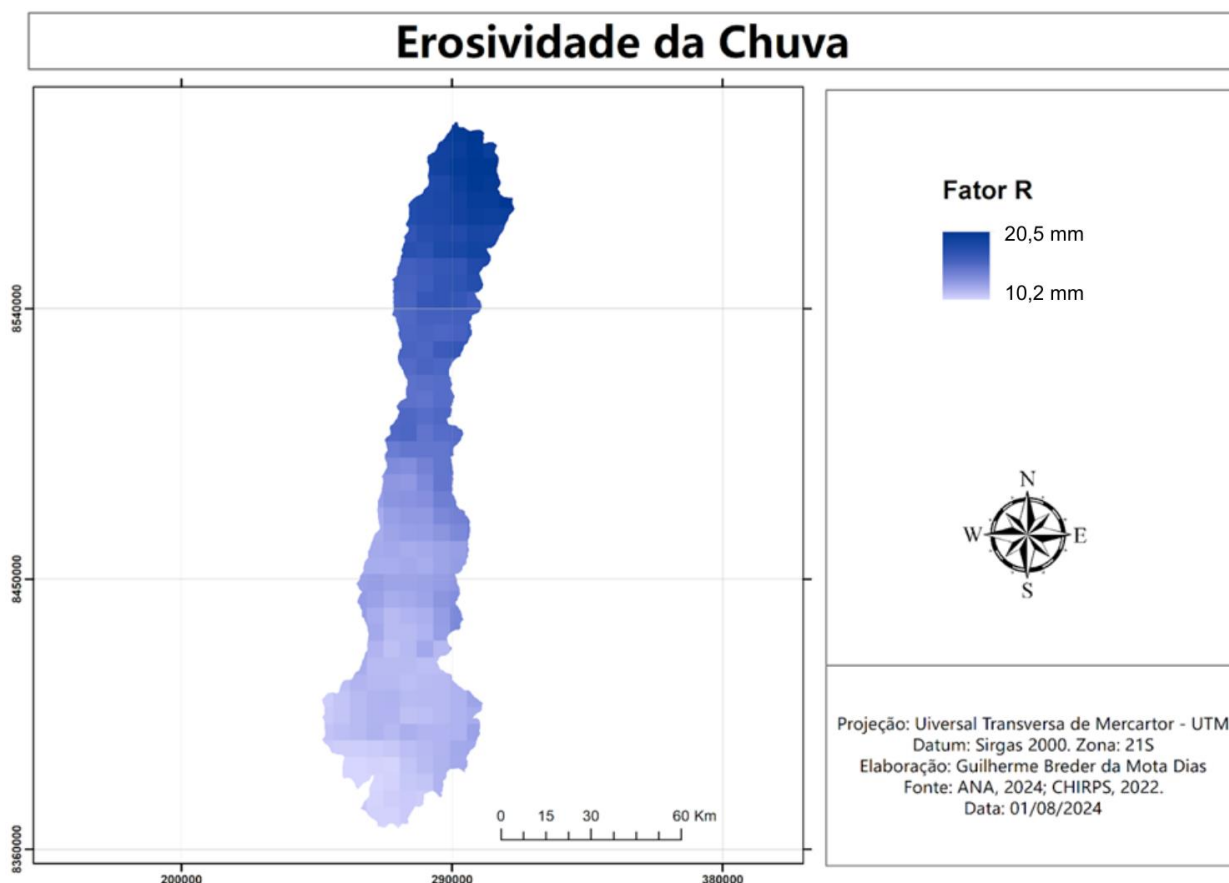


Figura 3 – Mapa de erosividade da chuva. Fonte: elaborado pelo autor.

O fator K do solo (Figura 4) representa a suscetibilidade das partículas do solo ao desprendimento e transporte pela ação da chuva e do escoamento superficial. No modelo SDR, o fator K é uma medida dessa erodibilidade, considerando propriedades físicas e químicas do solo (SHARP et al., 2016).

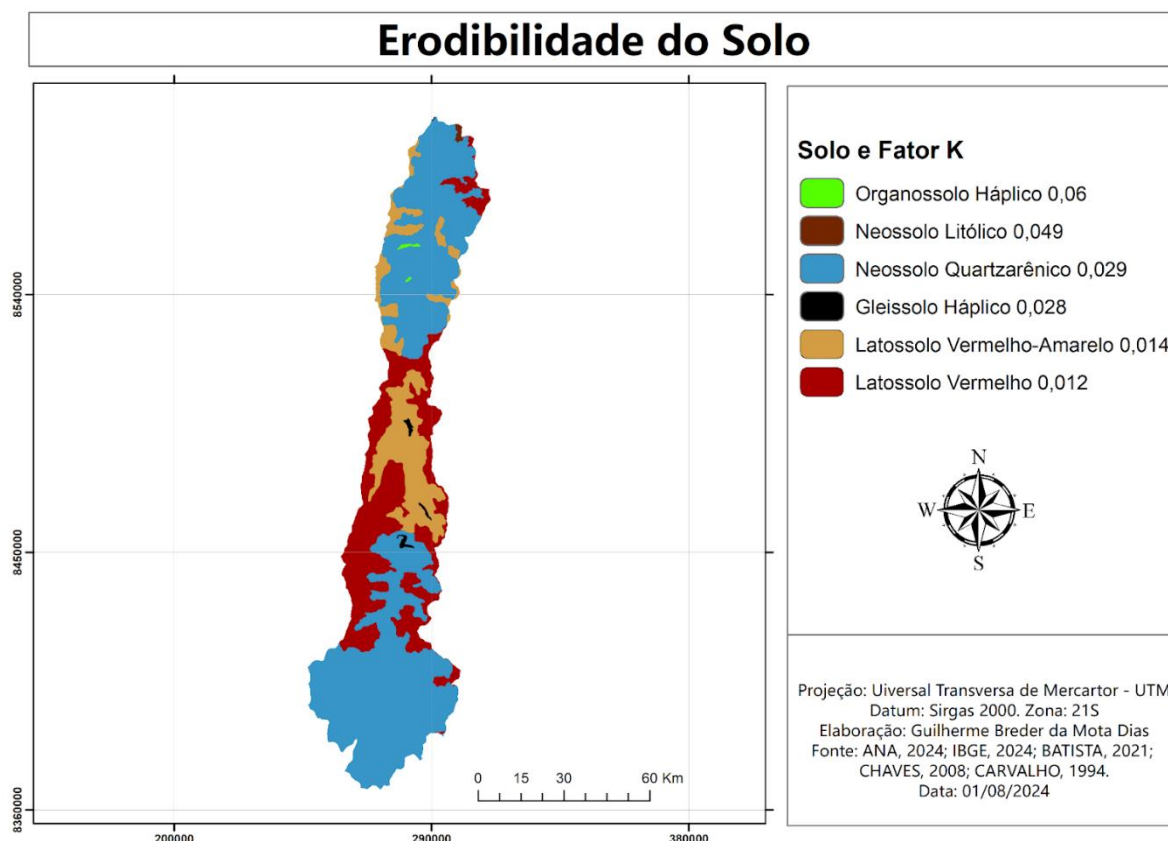


Figura 4 – Mapa de erodibilidade do solo. Fonte: elaborado pelo autor.

Este mapa destaca diferentes tipos de solo na bacia, associados a seus respectivos valores de erodibilidade. O Fator K varia de 0,012 a 0,6, os solos mais erodíveis com valores mais altos. No mapa, os Organossolos Háplicos, representados pela cor preta, apresentam o maior valor de Fator K (0,6), indicando que são mais suscetíveis à erosão. Por outro lado, os Latossolos Vermelhos, representados pelas cores azul e amarela, têm os menores valores de Fator K (0,012 e 0,014), o que indica uma menor suscetibilidade à erosão.

O MDE (Figura 5) revela que a elevação na bacia varia de 262 a 795 metros. A parte norte da bacia é significativamente mais elevada que a parte sul. Este é um fator crucial para a dinâmica de fluxos de água e sedimentos. Áreas mais elevadas contribuem para o escoamento superficial que flui em direção às áreas mais baixas. Isso

reforça a importância de práticas de manejo em áreas a montante para controlar o fluxo de água e reduzir o impacto erosivo nas áreas a jusante, mais baixas.

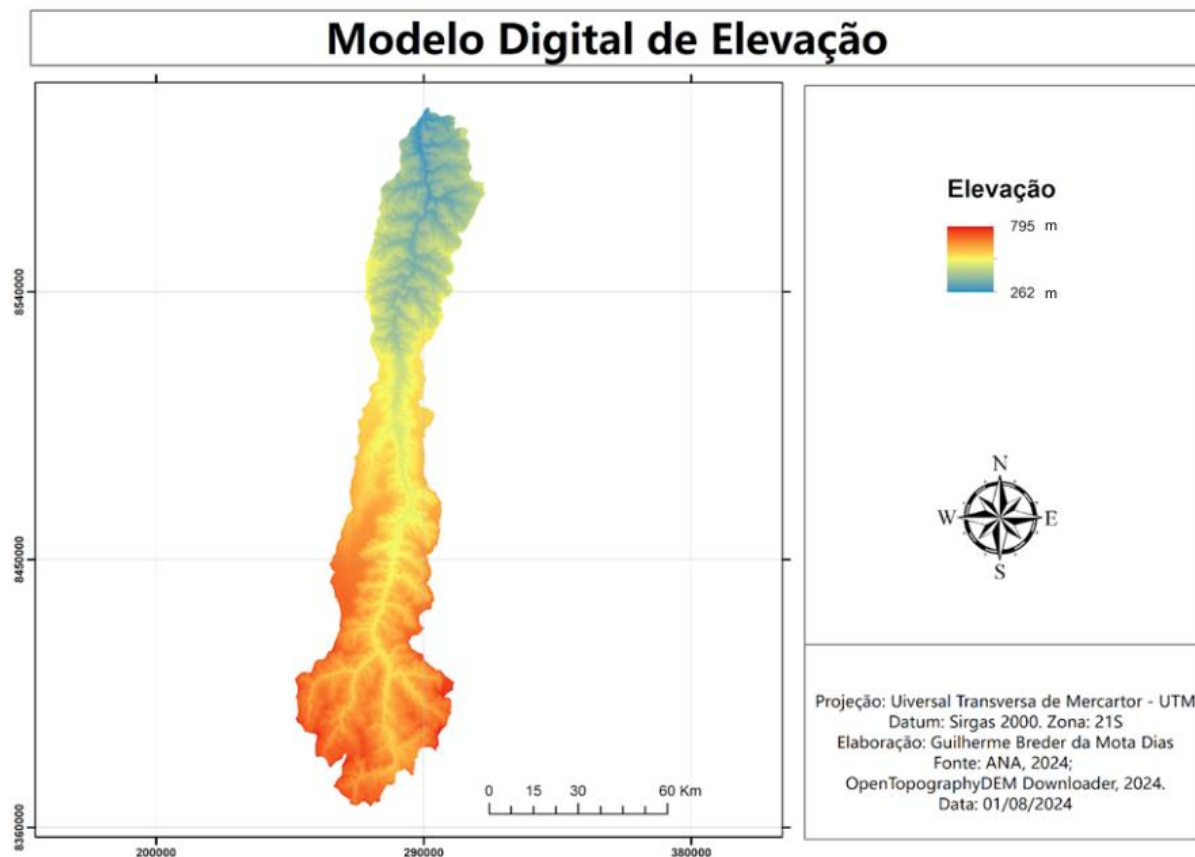


Figura 5 – Mapa do Modelo Digital de Elevação. Fonte: elaborado pelo autor.

Entre os fatores mais importantes para a presente análise encontra-se a declividade, que na área apresenta uma inclinação que varia entre 0° e 32° , mantendo ao longo de sua extensão um relevo predominantemente plano, como pode ser observado na Figura 6.

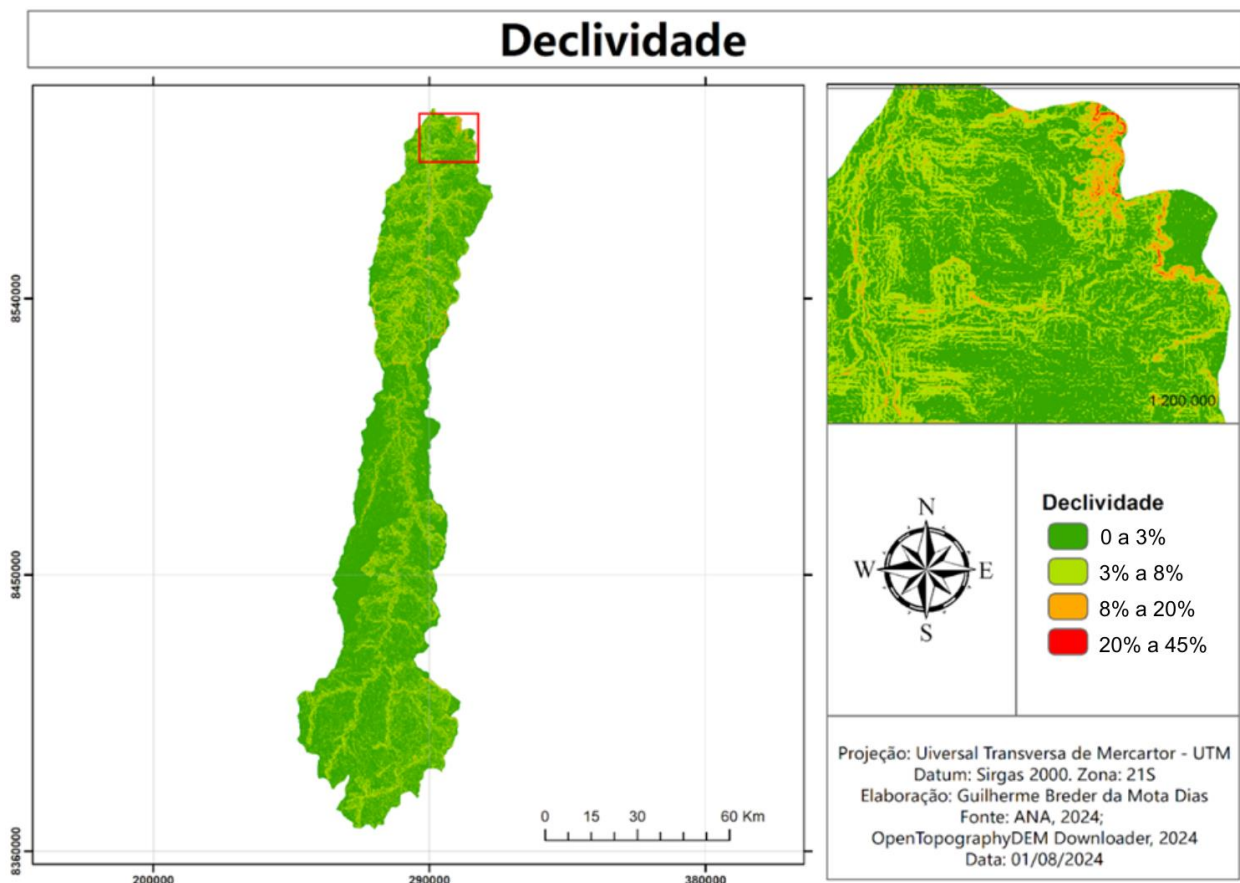


Figura 6 – Mapa de declividade. Fonte: elaborado pelo autor.

A predominância de áreas verdes escuras e claras indica que a maior parte da bacia é caracterizada por terrenos planos e suave ondulados, com inclinações baixas, o que sugere que as áreas mais planas são menos suscetíveis à erosão superficial, mas podem ser mais propensas ao acúmulo de sedimentos. As áreas com cores mais intensas destacadas pelo zoom indicam declives mais acentuados, com maior vulnerabilidade à erosão, especialmente em casos de precipitação intensa ou manejo inadequado do solo.

O mapeamento de uso e ocupação da terra é fundamental para a análise dos sedimentos em uma bacia hidrográfica, pois as diferentes formas de uso da terra influenciam diretamente os processos de erosão e deposição de sedimentos. Ao avaliar cenários como o "Cenário Atual" e o "Cenário Simulado" (Figura 7), é possível identificar como o desenvolvimento na dinâmica de usos podem aumentar ou diminuir o aporte de sedimentos nos corpos d'água.

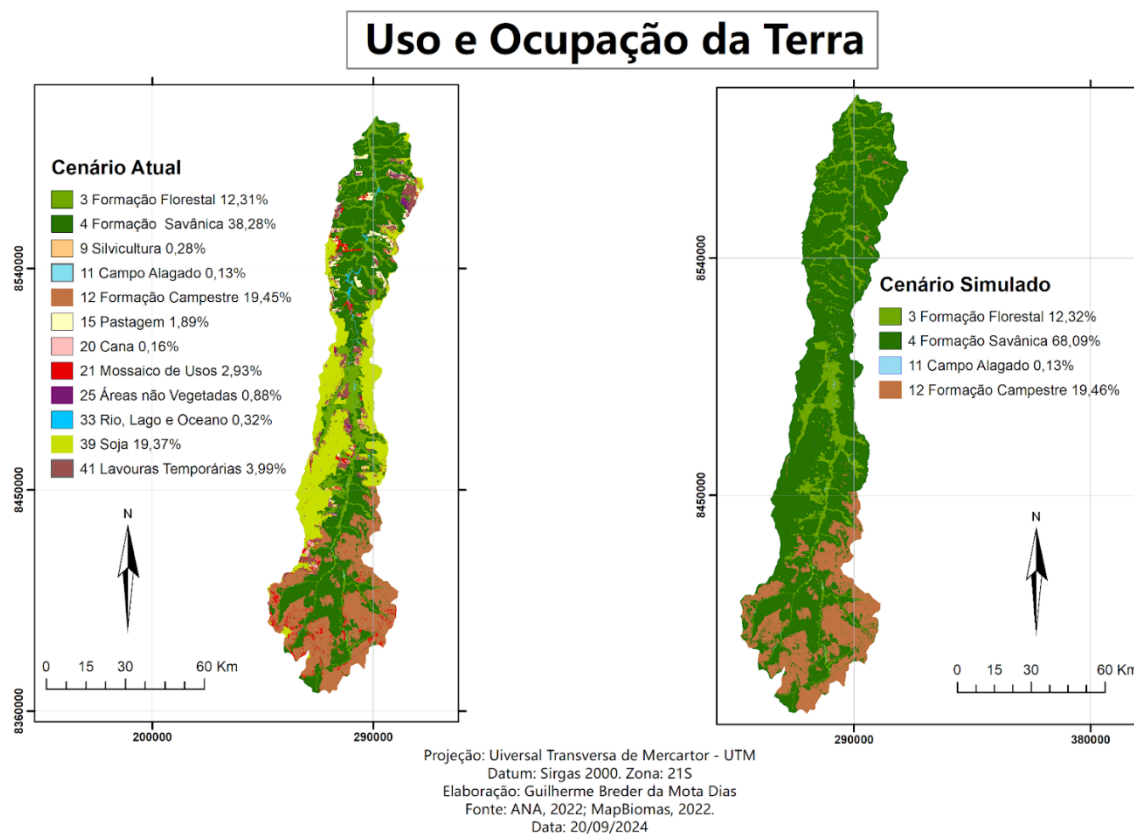


Figura 7 – Mapa de uso e cobertura da terra. Fonte: elaborado pelo autor

No Cenário Atual, a diversidade de usos do solo reflete uma área altamente fragmentada onde há uma disputa entre as classes naturais e modificadas. As classes de uso predominantes, como a soja e outras lavouras temporárias, indicam uma pressão significativa sobre os recursos naturais, com implicações diretas para o aporte de sedimentos e a qualidade da água na bacia.

No cenário simulado, as classes de uso são simplificadas, predominando as formações naturais como Florestais ocupando 12,32%, Savânicas 68,09%, Campos Alagados 0,13% e Campestre 19,46%. O cenário usado no modelo aponta para um ambiente mais resiliente, com menor risco de erosão e menor impacto nos corpos d'água. A redução das áreas antropizadas sugere uma estratégia de conservação que prioriza as fitofisionomias naturais e a sustentabilidade a longo prazo.

3.1 Comparação dos resultados

De posse dos resultados do cenário atual e cenário simulado, a partir dos dados supracitados, foi feita a comparação dos resultados relacionadas à conservação de áreas no entorno de TI associadas ao aporte de sedimentos nas drenagens e o papel

fundamental de uma política pública que aborde as ZA de TI. Entretanto, para garantir melhor forma de apresentação dos resultados obtidos, foi utilizado como base a análise sistêmica de todos os fatores, mas especialmente, o Modelo Digital de Terreno – MDT, a declividade e a hidrografia (Figura 8).

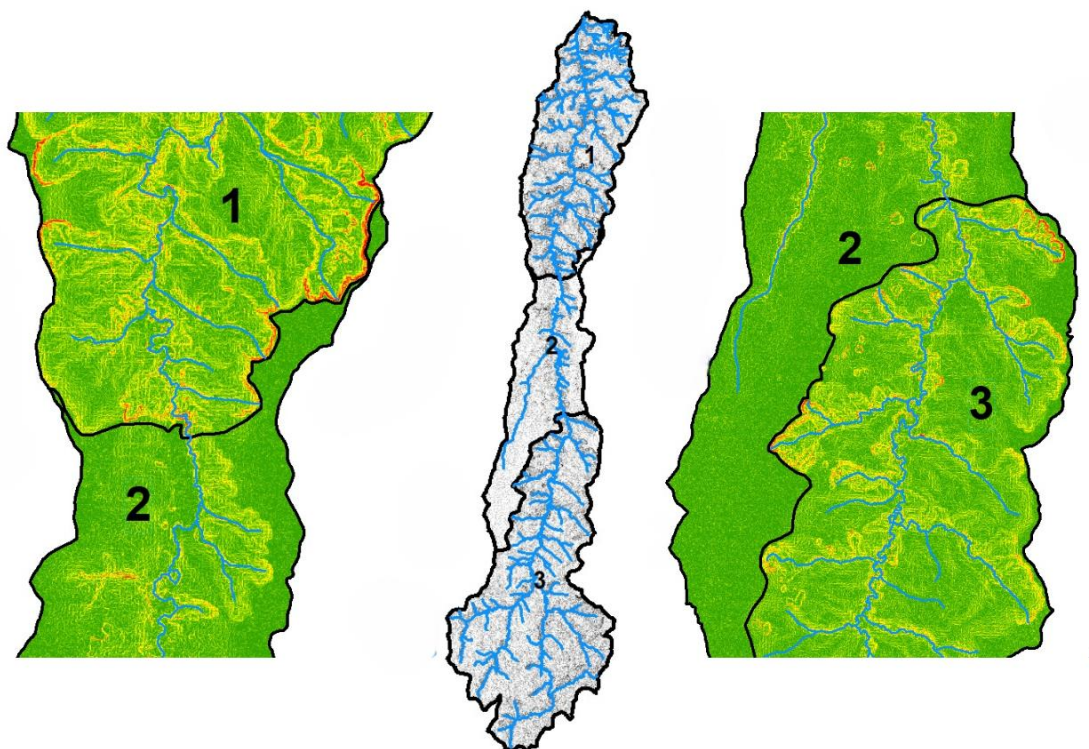


Figura 8 –Compartimentos da paisagem. Fonte: elaborado pelo autor

O MDT revelou diferenças significativas na especificidade do terreno, onde as áreas mais ao norte possuem a maior taxa de declividade sendo potencialmente maiores geradoras de sedimentos, enquanto área central da bacia possui declividade predominantemente plana, atuando como área mais propícia a deposição dos sedimentos. O padrão de drenagem é mais ramificado na zona do exultório (compartimento nº 1) e se torna mais espaçado nos compartimentos de deposição (compartimento nº 2) a zona de cabeceira (Compartimento nº 3) volta a refletir uma dinâmica ramificada com padrão de drenagens mais robusto.

Em relação à perda de solo calculada pela USLE, uma característica importante é a erosão *on-site*, que se refere à perda de solo no próprio local onde ocorre a erosão (GOMES *et al.*, 2019; FAO, 2015). Essa perda pode resultar em uma redução da produtividade agrícola e um aumento na degradação do solo (GOMES *et al.*, 2019; FAO, 2015). A erosão tolerável *on-site* é o limite de perda de solo que ainda permite

que ele mantenha sua capacidade produtiva e funções ecológicas, incluindo a sustentabilidade agrônômica. No Brasil, esse limite varia de 2 a 15 (t/ha/ano), dependendo da profundidade e textura do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014).

Os resultados da USLE mostraram que a produção de sedimentos na bacia foi diretamente proporcional à intensidade das chuvas e inversamente relacionada à quantidade de vegetação nativa, conforme relatado em outros estudos (BORSELLI; CASSI; TORRI, 2008; VIGIAK et al., 2012). A análise do cenário atual (Figura 8) mostra que a produção de sedimentos variou de 0 a 64,83 t/ha/ano, com uma média dos compartimentos em 1,8, 0,6 e 0,8 t/ha/ano (Figura 8).

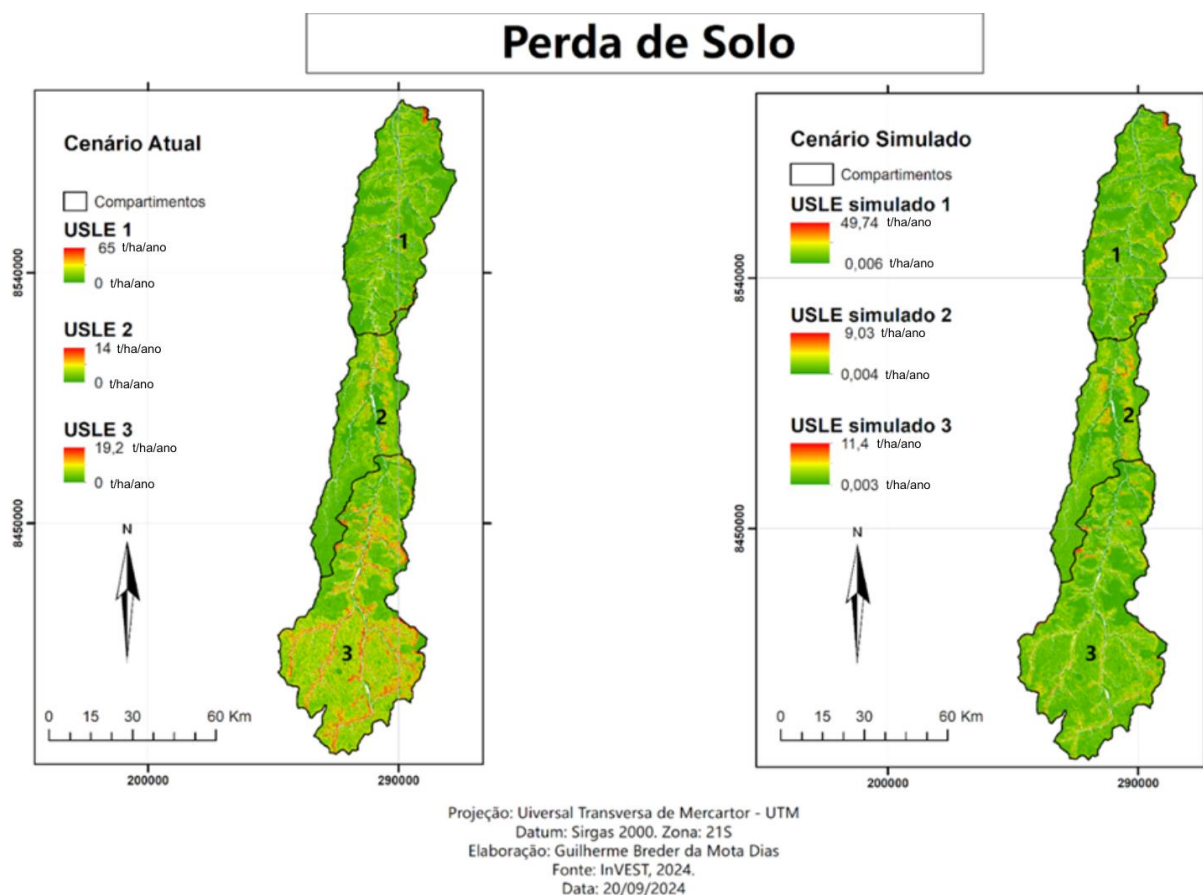


Figura 9 – Resultado da USLE para o cenário atual e simulado. Fonte elabora pelo autor.

Em relação ao cenário simulado foi observada uma variação entre 0,003 e 49,74 t/ha/ano (Figura 8) com uma taxa de produção média reduzida em cada compartimento da paisagem atingindo 1,4, 0,2 e 0,7 t/ha/ano (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados das médias dos compartimentos. Fonte: elaborado pelo autor.

MÉDIA DE PERDA DE SOLO		
Compartimentos da Paisagem	Média atual	Média Simulada
compartimento 1	1,8	1,4
compartimento 2	0,6	0,2
compartimento 3	0,8	0,7

Em ambos cenários é possível notar a diferença na produção de sedimentos, principalmente na parcela sul da bacia, onde a atividade de chuvas é mais intensa, e na parte central, onde grande parte da vegetação nativa foi transformada em plantações de soja. Assim, infere-se que áreas com maior cobertura vegetal sofrem menos perda de solo *in-situ*, enquanto áreas antropizadas apresentam maiores valores de perda de solo, sendo responsáveis pelo aumento na produção de sedimentos.

Desse modo, a expansão de áreas antropizadas ao longo do tempo aumenta os impactos negativos na paisagem, resultando em um aumento da erodibilidade do solo (GASHAW et al., 2021; JAMSHIDI; DRAGOVICH; WEBB, 2014b; TERRADO et al., 2014a; VAUGHAN et al., 2017; VIGIAK et al., 2012; ZHOU et al., 2019).

A probabilidade de partículas de solo serem transportadas depende da disponibilidade de água, que pode ser gerada localmente ou proveniente das encostas (BORSELLI; CASSI; TORRI, 2008). O modelo InVEST/SDR foi aplicado em uma sub-bacia do rio Juruena, todavia o estudo dos impactos está relacionado à TI Enawenê Nawê. Desse modo, entende-se que o modelo também produz resultados de erosão off-este (GOMES et al., 2019; FAO, 2015), que se refere ao estudo dos sedimentos transportados de um local para outro, causando problemas como o assoreamento e a deterioração da qualidade da água dos corpos hídricos a jusante (FOX et al., 2016; MORGAN, 2005; VERHEIJEN et al., 2009). Os resultados da modelagem indicam a quantidade de sedimentos depositados no exutório do rio, refletindo o impacto *off-site* nos diferentes cenários analisados.

No cenário atual, o sedimento exportado foi de 177.188 T/ha/ano e no cenário simulado, a quantidade de sedimentos exportados foi de 133.122 T/ha/ano, representando um aporte aproximadamente 33% maior numa situação de uso antrópico intenso quando comparado a um contexto de conservação das formações savânicas (Tabela 5).

Tabela 6 – Resultados do cenário atual e simulado. Fonte: elaborado pelo autor.

Cenário Atual		Cenário Simulado	
Sedimento exportado	177.188 T/ha/ano	Sedimento exportado	133.122 T/ha/ano

O transporte específico de sedimentos ou produção específica de sedimentos representado como Y específico, é utilizado para padronizar e comparar diferentes bacias hidrográficas, de maneira justa, já que o tamanho da área das bacias variam muito. Para resolver essa questão, o valor total de sedimentos exportados pela bacia é dividido por sua área, de modo que os resultados reflitam o transporte de sedimentos por Km^2 . Esse método torna a comparação mais precisa e equitativa, eliminando o efeito do tamanho da bacia na análise.

No cenário atual, a quantidade de sedimentos que entra no rio por km^2 por ano no contexto de uso intensivo antrópico, é de aproximadamente $26,87 t/km^2/ano$. Já no cenário simulado essa quantidade é de aproximadamente $20,19 t/km^2/ano$, uma diferença de aproximadamente $6,7 t/km^2/ano$.

Considerando o fato do exutório da bacia analisada estar dentro dos limites da Terra Indígena, significa que, a ausência de controle específico do uso da terra no entorno da TI, especialmente dentro da bacia analisada, permitindo o uso intenso para agropecuária juntamente com a atividade sistêmica de todos os outros fatores apresentados está diretamente ligada ao aumento da quantidade de sedimentos que chega às drenagens. Esse aumento na produção de sedimentos tem um impacto direto na qualidade da água, assoreamento da drenagem e na sustentabilidade ambiental da bacia hidrográfica, afetando negativamente o território protegido. A entrega de sedimentos para o rio compromete os Serviços Ecossistêmicos (SE) relacionados ao solo e à água, além de ameaçar a integridade ecológica da TI. Portanto, é essencial implementar práticas de conservação e manejo sustentável do solo para mitigar esses impactos e proteger tanto a bacia hidrográfica quanto às áreas indígenas.

Dado o exposto, a implementação de políticas públicas que estabeleçam ZA ao redor de Terras Indígenas poderia ser uma das possíveis ações eficazes para conservar o entorno dessas áreas como uma zona tampão. Essas zonas de amortecimento funcionariam como barreiras naturais, promovendo a retenção de sedimentos e controlando a erosão, além de preservar a vegetação nativa, contribuindo para muitos outros serviços ecossistêmicos.

4. PANORAMA DO CONTEXTO DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

4.1 Principais Impactos da Bacia em Estudo

De acordo com Carvalho (2024) o estado de Mato Grosso está entre os principais responsáveis pela perda de florestas no Brasil em 2021. Dados do MapBiomias (2023) indicam que nos últimos 12 anos a Amazônia Legal, que inclui Mato Grosso, sofreu uma perda de 189.880 hectares, representando 11,5% da área devastada. Nas sub-bacias do Alto Juruena e Papagaio, o desmatamento acumulado atingiu 7.605 hectares e 2.096 hectares, respectivamente, com picos desde 2013 e um aumento notável a partir de 2019 (Figura 9). Entre as principais causas estão a pecuária, agricultura mecanizada, mineração, indústria madeireira, infraestrutura e expansão urbana, que interagem de forma cumulativa, contribuindo para o desmatamento, incluindo o das matas ciliares (CARVALHO, 2024).

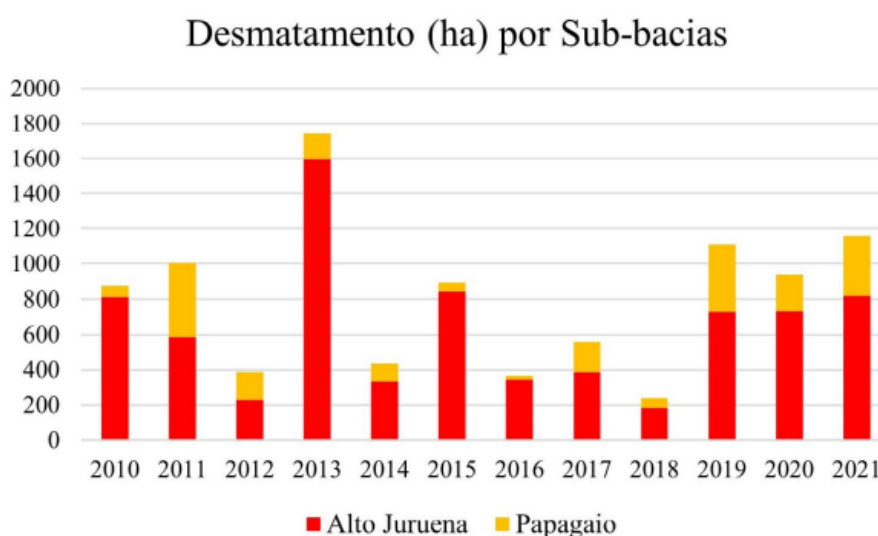


Figura 10 – Desmatamento acumulado nas sub-bacias do Alto Juruena e Papagaio
Fonte: Monitoramento de pressões e Ameaças. (CARVALHO, 2024).

A expansão da atividade agrícola, especialmente da soja, em áreas anteriormente utilizadas para pastagem, também contribui significativamente para o desmatamento. A monocultura e o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes aceleram a perda de vegetação, podendo aumentar a carga de sedimentos nos rios, prejudicando os recursos pesqueiros essenciais para a subsistência e sobrevivência das populações locais (CARVALHO, 2024).

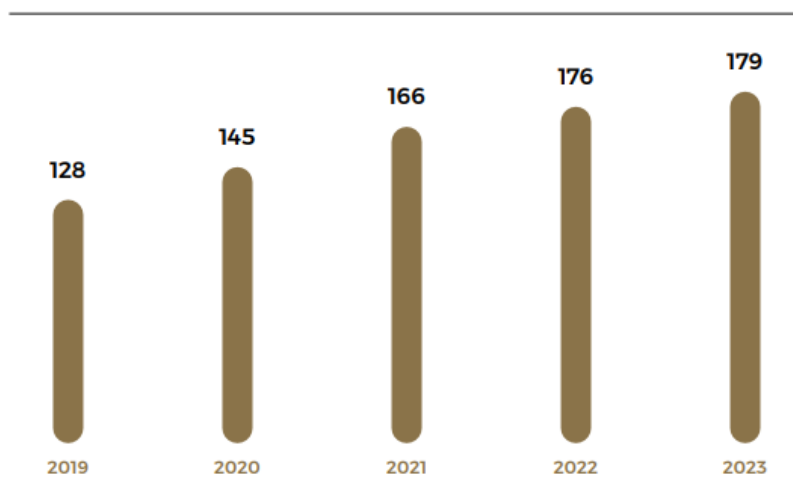
Além das áreas convertidas em agricultura, segundo o “Boletim de Pressões e

Ameaças às Terras Indígenas na Bacia do Rio Juruena” estudo realizado por Pereira (2024), até fevereiro de 2024 a área acumulada dos processos minerários em Mato Grosso atingiu aproximadamente 21.500 milhões de hectares. Para contextualizar, essa área é mais que o dobro da área total de Portugal. Comparada à área territorial de Mato Grosso, que é de 90.320.700 hectares, os processos minerários abrangem aproximadamente 23,82% do estado (PEREIRA, 2024).

Ao aumentar a escala cartográfica, é observado que na sub-bacia do Alto Juruena foram registrados 92 processos minerários sobre uma área de pouco mais de 19,7 mil hectares. Entre esses processos, nove são Requerimentos de Lavra Garimpeira (RLG), abrangendo quase 10 mil hectares. Embora a maioria dos processos (68%) esteja relacionada a substâncias usadas na construção civil, como areia e cascalho, essas substâncias representam apenas 6% do total das áreas requisitadas. Em contraste, as áreas mais extensas requisitadas (58% do total) são destinadas à extração de ouro (CARVALHO, 2024).

Importante salientar que ambos os empreendimentos alteram significativamente as características ambientais da área, principalmente na extração do minério de ouro, que gera o aumento de sedimentos com potencial de impactar áreas além dos seus limites territoriais diretos. Esses empreendimentos frequentemente operam em larga escala, envolvendo a remoção de grandes volumes de material natural, contribuindo como mais um dos fatores que explicam a quantidade de sedimentos que chegam ao exutório observado pelo modelo proposto no estudo. Portanto, é crucial considerar não apenas os impactos locais dessas atividades, mas também os efeitos cumulativos e a longo prazo que podem se estender para além das fronteiras das operações.

No que diz respeito às hidrelétricas, de acordo com o mais recente boletim denominado “ II Boletim de monitoramento de pressões e ameaças às terras indígenas na Bacia do rio Juruena.” (PEREIRA, 2023), Até 31 de maio de 2023, a bacia do rio Juruena abrigava 179 empreendimentos hidrelétricos, representando um aumento de 51 usinas desde 2019 (Figura 10).



Fonte: Monitoramento de Pressões e Ameaças, OPAN.

Figura 11 – Aumento de empreendimentos hidrelétricos de 2019 a 2023. Fonte: Monitoramento de pressões e Ameaças, OPAN (PEREIRA, 2023).

Na sub-bacia do Alto Juruena, que drena quase a totalidade do território Enawenê-Nawê, 13 das hidrelétricas já estão em operação, sendo que 11 delas operam no leito do rio Juruena. Há a previsão de operação de seis grandes usinas hidrelétricas nos rios que formam essa sub-bacia, incluindo a UHE Juruena, que já está em construção (CARVALHO, 2024).

Para se compreender o impacto dessas atividades para as populações indígenas que vivem ali, de acordo com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 2018), os Enawenê-Nawê possuem diversas técnicas de pesca, que incluem barragens, entre outras, definidas de acordo com as condições ambientais e também ritualísticas. A decisão inclui a escolha de locais, instrumentos e técnicas de pesca, levando em consideração fatores como os níveis dos rios, a diversidade de espécies de peixes e seus movimentos sazonais (IPHAN, 2018).

Durante a seca, nas lagoas marginais, eles utilizam linhada, pesca com anzol e anzol de espera. Nas lagoas de médio e grande porte, quando o nível da água diminui, recorrem ao uso de venenos e substâncias tóxicas feitas a partir de cipós e cascas de árvores. Nos riachos recém-alagados, durante a cheia, usam armadilhas cônicas para capturar pequenas espécies. Nas áreas alagadas no final da enchente, além das armadilhas, realizam pesca com arco e flechas, facões e/ou arpões. Em rios de médio porte, constroem barragens sazonais (IPHAN, 2018).

De acordo com o IPHAN (2018), o ritual do Yãkwa, realizado na época da vazante, é especialmente importante, pois homenageia os espíritos subterrâneos e celebra o fim de catástrofes passadas que ameaçavam a sobrevivência do grupo.

Oferecer uma grande quantidade de peixes durante esse ritual é fundamental para manter a ordem e a sobrevivência física da comunidade, estabelecendo uma conexão profunda entre os Enawenê-Nawê e os espíritos detentores dos recursos naturais.

Assim, os Enawenê-Nawê são conhecidos por sua relação harmoniosa e espiritual com o ambiente aquático, onde a pesca vai muito além de apenas uma atividade econômica, mas também uma expressão profunda de sua cultura e cosmovisão. O Yãkwa, por exemplo, é um componente vital do complexo sócio-cosmológico deste povo e foi reconhecido como patrimônio da humanidade, destacando sua importância cultural e espiritual. Entretanto a dinâmica natural do rio tem mudado e lideranças do povo, em alguns depoimentos registrados no documento “Monitoramento da Atividade Pesqueira na Terra Indígena Enawenê-Nawê” (CARVALHO 2024), afirmam sobre a escassez de peixes na sub-bacia do Alto Juruena.

“Está muito difícil pra nós, pois as PCHs fecharam os rios e os peixes ficaram. Nós tentamos pescar nos lagos da PCH, mas não deixaram. O empregado da PCH, acho que por ordem da empresa... Não pode pescar aqui! Eles disseram, logo que construíram a PCH: - Depois que construir vai ter muito peixe aqui e vocês poderão pescar. Poderão pescar, não é difícil, vão pegar peixes.”(CARVALHO 2024)

Os fatores acima descritos são apontados como as principais causas desse impacto, principalmente pela diminuição da vazão, além da turbidez e contaminação da água, colocando o modo de vida tradicional em constante ameaça devido ao cenário atual e futuro que se constrói no entorno do território da TI.

“Antes havia muitos peixes, e não diminuía a quantidade. O Yaokwa vinha e sempre pegava muito. O Yaokwa ficava três meses na pescaria. Ficava, pegava um pouco, depois mais, e voltavam para aldeia com o Yaokwa. Hoje, com as construções das PCHs os peixes diminuíram muito a quantidade. No rio Juruena é que os peixes faziam os seus filhos e foi diminuindo aos poucos.”(CARVALHO 2024)

4.2 Contexto Político da Área de Estudo

A Constituição do Brasil (BRASIL, 1988) impôs condições específicas e restritivas para a pesquisa e lavra mineral em territórios indígenas, reconhecendo o impacto altamente negativo que tais atividades podem ter sobre o meio ambiente e às populações indígenas, potencialmente causando danos irreversíveis (CURI, 2005). Além da lavra, outras modalidades de empreendimentos exigem um rito processual que visa, acima de tudo, a proteção dos direitos dos povos indígenas.

De acordo com a Resolução nº26 de 2007, do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA de Mato Grosso, são obrigatórios o Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para qualquer atividade potencialmente poluidora na área entorno das TI, compreendidas como “Zonas de Amortecimento”, aos moldes das Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que definiam inicialmente uma área de 10 km a ser considerada para licenciamento de empreendimentos potencialmente poluidores no entorno de Unidades de Conservação (CONAMA, 1990), passando posteriormente para 3 e 2 km (CONAMA, 2010).

A Resolução estabeleceu que projetos públicos ou privados em licenciamento que afetem TIs ou seus arredores, e que possam causar impactos ambientais, devem realizar o EIA/RIMA. Esta exigência, em vigor desde 24 de julho de 2007, visa garantir uma proteção mais rigorosa, alinhada à Constituição Federal de 1988 e tratados internacionais, devido ao potencial significativo de impactos ambientais dessas atividades. Contudo, seu parágrafo primeiro permite, excepcionalmente, que a SEMA recomende a dispensa desses estudos se, após avaliação técnica, o projeto apresentar baixo potencial de impacto ambiental, simplificando o licenciamento com estudos menos complexos (MATTA, 2023).

Segundo Matta (2023), embora a Resolução tivesse o papel de ampliar a proteção das TIs exigindo estudos ambientais abrangentes, a análise dos dados revela que sua aplicação não tem sido tão rigorosa quanto previsto. Desde 2014, com a Resolução CONSEMA nº 102/14, a dispensa de EIA/RIMA para empreendimentos em áreas rurais é analisada pelo conselho estadual, enquanto em áreas urbanas a decisão cabe ao corpo técnico da Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), por meio de relatórios trimestrais, sugerindo que muitos empreendimentos no entorno das TIs não foram devidamente analisados, facilitando sua aprovação sem os estudos técnicos necessários.

Entre janeiro de 2011 e setembro de 2021, 332 processos de licenciamento foram submetidos ao CONSEMA para deliberação sobre a dispensa de EIA/RIMA. Desses, 197 processos (59,3%) estavam nas ZA de TIs, mas 195 foram dispensados de apresentar EIA/RIMAs, correspondendo a aproximadamente 98,9% dos processos analisados (MATTA, 2023).

Diante desses dados, fica evidente que a obrigatoriedade de apresentação de EIA/RIMA para empreendimentos no entorno de TIs é frequentemente desconsiderada, fazendo com que a dispensa desses estudos seja uma prática, fundamentada na avaliação de baixo impacto ambiental pela SEMA e acatada pelo CONSEMA. Isso indica uma tendência preocupante de substituição da regra pela exceção, resultando em um aumento desproporcional dos riscos ambientais associados ao licenciamento.

Em paralelo à esse quadro foi criada a Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas (PNGATI), estabelecida inicialmente pelo Decreto nº7747 de 2012, e que atualmente encontra-se em processo de transformação para Lei por meio do Projeto de Lei 4347/21 (2021), que proporcionou um quadro legal para a gestão e proteção das terras indígenas, exigindo consultas prévias e específicas para projetos de licenciamento ambiental que possam afetar as TIs. Isso significa que empreendimentos planejados nas proximidades dessas terras devem ser submetidos a um processo rigoroso de avaliação ambiental, mas a normativa não especifica qual estudo e qual a distância que deve ser considerada.

É importante salientar que a ausência do termo e definição de "Zona de Amortecimento" na legislação dificulta a gestão ambiental das TI, uma vez que, embora a SEMA-MT emita ofícios indicando essas áreas do entorno como ZA, tal delimitação não possui respaldo jurídico. Ou seja, não existe uma normativa que estabeleça oficialmente essa zona e tampouco o seu tamanho no entorno de uma TI, fazendo com que, por exemplo, frequentemente, na elaboração de documentos técnicos pela FUNAI, essa delimitação não seja inserida quando se trata dos processos de licenciamento ambiental, uma vez que são regularmente contestados pelos empreendedores pela ausência de normativas legais. Por fim, a Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015, estabelece procedimentos administrativos para a atuação dos órgãos federais em processos de licenciamento ambiental, apresentando como ponto chave a tabela de distanciamento (Tabela 6), que especifica limites para a realização de empreendimentos em relação a terras indígenas, quilombolas e outras áreas sensíveis.

Tabela 7 – Tabela de distanciamento da Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015. Fonte: Procedimentos administrativos para a atuação dos órgãos federais no licenciamento ambiental, BRASIL (2015).

Tipologia	Distância (KM) - Amazônia Legal	Distância (KM) - Demais Regiões
Empreendimentos lineares (exceto rodovias)		
Ferrovias	10 km	5 km
Dutos	5 km	3 km
Linhas de transmissão	8 km	5 km
Rodovias	40 km	10 km
Empreendimentos pontuais (portos, mineração e termoelétricas)	10 km	8 km
Aproveitamentos hidrelétricos (UHEs e PCHs)	40 km* ou reservatório acrescido de 20 km à jusante	15 km* ou reservatório acrescido de 20 km à jusante

A portaria é a única normativa que aborda distâncias mínimas para empreendimentos em relação a terras indígenas, por isso é a principal referência utilizada pelos órgãos licenciadores e pela FUNAI durante os processos de licenciamento ambiental. No entanto, apenas o licenciamento trifásico (Licença Prévia - LP, Licença de Instalação - LI e Licença de Operação - LO) é obrigado a respeitar rigorosamente essas distâncias, criando uma brecha significativa para diversos empreendimentos simplificados que operam sob licença única.

Para demonstrar a alta pressão constante sobre as terras indígenas, foi observado, por meio do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) que, em 2022, o Serviço de Licenciamento Simplificado (SELIS) da FUNAI registrou um total de 2.451 processos em tramitação. Em 2023, esse número foi ligeiramente menor, com 2.433 processos. De 1º de janeiro de 2024 até 31 de julho de 2024, o SELIS já contabilizou 1.662 processos em tramitação.

As solicitações de licenças simplificadas, como lavras a céu aberto e captações superficiais de água, entre outras, frequentemente ocorrem em áreas adjacentes às Terras Indígenas e mesmo assim não estão sujeitas às mesmas restrições aplicadas a projetos de maior escala. Como resultado, essas atividades podem causar transformações ambientais e socioculturais significativas, como a atração de pessoas para a região, aumentando a pressão sobre os recursos naturais e culturais das áreas, poluição, ampliação de áreas antropizadas, entre outros. Além disso, a construção de infraestruturas como estradas pode facilitar o acesso às áreas protegidas, abrindo espaço para atividades ilegais como caça, pesca, exploração madeireira e mineração. Outro fator negativo é que as atividades humanas associadas aos empreendimentos podem introduzir espécies invasoras que competem com as espécies nativas, alterando os ecossistemas locais.

Como recomendou à época da publicação da Resolução nº 26/07 do CONSEMA de MT a Procuradora da República Márcia Zollinger,

“(…) é preocupante a fixação de uma distância, ainda mais de exíguos três quilômetros, para afirmar que só assim o empreendimento irá causar impacto (...). Sabemos que essa mensuração é equivocada. Um exemplo claro é a implantação PCHs [pequenas centrais hidrelétricas] a 50 quilômetros de distância de terras indígenas e que ainda assim provocam um impacto significativo. A quilometragem não se mostra um critério correto de aferição. E a recomendação do MPF é para que qualquer proposta de alteração na redação da Resolução 26/07 não se restrinja à quilometragem para aferir se o empreendimento vai ou não impactar as terras indígenas” (JUSBRASIL, 2024).

Essa falta de regulamentação permite que operações ocorram sem estudos adequados ou uma compreensão clara dos impactos cumulativos que esses projetos, quando considerados em conjunto, podem ocasionar, além da alteração intensa da cobertura da terra. Deste modo, é fundamental que se pense as atividades que impactam uma TI compreendendo todas as áreas potenciais, especialmente à montante dela, dentro da bacia hidrográfica na qual está inserida, como demonstrado no presente trabalho, que analisou o incremento na quantidade de sedimentos nas drenagens pelo uso antrópico.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo demonstram que, do ponto de vista quantitativo, a bacia analisada, no momento, não possui uma taxa de produção de sedimentos preocupante referente ao contexto brasileiro. No entanto, foi possível evidenciar a importância da vegetação nativa para reduzir o potencial de erosividade das chuvas e, conseqüentemente, o arraste dos materiais desagregados para a rede de drenagem. O objetivo não foi apontar uma atividade em específico como vilão na produção dos sedimentos, existem muitas variáveis que corroboram para o resultado final, sendo a falta de gestão adequada o maior problema.

O contexto de uso na bacia torna-se preocupante caso os empreendimentos continuem a serem efetivados sem a devida atenção ao seu distanciamento e seus impactos principalmente cumulativos. Da mesma maneira, pouco adianta os diversos estudos feitos por empreendedores de licenciamentos ambientais trifásicos que frequentemente citam a ausência de impactos relevantes.

Embora os Planos de Gestão Territorial e Ambiental (PGTAs) das terras indígenas tenham papel importante na definição e implementação de medidas de proteção e uso sustentável dentro dos limites dessas terras, eles não contemplam o controle e a regulamentação do uso das áreas circundantes. A ausência de regulação nas zonas ao redor das TIs é uma promoção ao ambiente vulnerável às pressões externas.

Desta forma o estudo destaca a criação de um instrumento de gestão ambiental específico, que delimite uma ZA nas áreas no entorno das terras indígenas. Diferente dos PGTAs, esse instrumento teria como foco a regulação do uso e ocupação da terra ao redor dos territórios indígenas, de modo a assegurar a proteção dos recursos naturais e a segurança dos povos, evitando que atividades externas interfiram diretamente em seus modos de vida.

A utilização do modelo InVEST - SDR foi eficaz na análise das mudanças hidrossedimentológicas decorrentes do uso e ocupação da terra, considerando variáveis como a precipitação e morfometria. Esse modelo pode ser empregado em iniciativas para reduzir a erosão e o aporte de sedimentos em bacias similares, assim como quantificar em valores monetários diferentes cenários de recuperação. No entanto, o modelo apresenta algumas limitações (Sharp et al., 2016). Por exemplo, a USLE,

amplamente utilizada, calcula apenas a erosão laminar e em sulcos, não abrangendo processos de erosão mais graves como voçorocas e deslizamentos de terra, que têm um impacto significativo na quantificação da erosão em algumas áreas (Wischmeier, 1976).

A bacia hidrográfica selecionada para este estudo foi escolhida devido à qualidade e disponibilidade dos dados de medições *in loco*. Esses dados, coletados a partir de estações, foram fundamentais para a calibração do modelo. Entretanto, a escolha desta bacia para análise do contexto sedimentológico na TI reflete um desafio enfrentado em relação a falta de dados consistentes e contínuos em diversas estações pluviométricas espalhadas pelo Brasil. Muitas estações localizadas ao redor do território indígena apresentaram lacunas, descontinuidade nos registros ou falta total de dados, inviabilizando a utilização de bacias hidrográficas mais apropriadas para o estudo. É fundamental incentivar o monitoramento contínuo e aumentar o rigor na fiscalização das estações pluviométricas e fluviométricas no Brasil, assegurando a qualidade e consistência dos dados obtidos.

Desta forma, os próximos passos devem enfatizar a necessidade de um investimento mais robusto no monitoramento ambiental, com o desenvolvimento de um programa integrado que assegure o monitoramento contínuo e eficiente das estações. Este programa deve incluir não apenas a coleta de dados regulares, mas também sua verificação, garantindo a consistência e a confiabilidade das informações obtidas. Além disso, a replicação desta metodologia em outras terras indígenas e áreas críticas para a conservação ambiental pode fornecer subsídios valiosos para futuros estudos, permitindo uma visão mais abrangente da dinâmica sedimentológica e dos serviços ecossistêmicos. Com isso, será possível identificar regiões que demandam ações imediatas de conservação, otimizando os esforços para a manutenção da integridade dos ecossistemas e sua sustentabilidade a longo prazo.

Os resultados desses estudos devem ser considerados como uma análise preliminar, útil para orientar pesquisas futuras que descrevem com maior precisão os processos erosivos e para fundamentar decisões de gestão da bacia. Além de evidenciar como uma ferramenta de fácil acesso e gratuita como o inVEST, que utiliza dados de fácil aquisição, pode ser aplicada tanto por empreendedores como pelos analistas técnicos para refutar estudos que constantemente apontam a ausência de impactos significativos no ambiente e no modo de vida dos povos tradicionais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEDIJI, A.; TUKUR, A. M.; ADEPOJU, K. A. Assessment of Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in Katsina Area, Katsina State of Nigeria using Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS). *Iranica Journal of Energy & Environment*, v. 1, n. 3, p. 255-264, 2010.

AZEVEDO, L. M. N. Calibração, validação e aplicação do modelo invest para a estimativa de benefícios aos serviços ecossistêmico na bacia do Ribeirão Pipiripau (DF/GO). 2017. xi, 86 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

BATISTA, M. D. R. P. J.; CABRAL, P. Perda de solo no alto curso das bacias hidrográficas dos ribeirões Taquaruçu Grande e Taquaruçuzinho, Palmas (TO). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(01), 332-339, 2021.

BENDITO, B. P. C. Modelagem hidrossedimentológica e dos serviços ecossistêmicos da Bacia do Rio Pardo (MG) em função do uso e cobertura do solo e do clima. 2023. 115 f., il. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *CATENA*, v. 75, n. 3, p. 268–277, nov. 2008.

BRANDÃO, T. F.; SANTOS, R. L.; DE SANTANA-BA-BRASIL, F. O uso de Imagens SRTM na modelagem de fenômenos hidrológicos (escoamento superficial). *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 4663-4670, 2009.

BRASIL. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 19 out. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências. *Diário Oficial da União*,

Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 27 jun. 2024.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 60, de 24 de março de 2015. Estabelece procedimentos administrativos para a atuação dos órgãos federais no licenciamento ambiental. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 56, p. 63, 25 mar. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/portaria-interministerial-60-de-24-de-marco-de-2015>. Acesso em: 27 jun. 2024.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 7.747, de 5 de junho de 2012. Institui a Política Nacional de Gestão Ambiental e Territorial em Terras Indígenas - PNGATI e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 jun. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7747.htm. Acesso em: 27 jun. 2024.

CARNEIRO FILHO, A.; SOUZA, O. B. Atlas de pressões e ameaças às terras indígenas na Amazônia brasileira. 2009.

CARVALHO, N. de O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), 1994, 372 p.

CARVALHO, R. C. Monitoramento da atividade pesqueira na Terra Indígena Enawenê-Nawê, sub-bacia do Alto Juruena. 2024.

CHAUMEIL, J.P. Voir, savoir, Pouvoir. Le chamanisme chez les Yagua du Nord-Est Péruvien. Paris: Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1983.

CHIRPS. Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS) data. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em: 01 Jul. 2024.

COSTA, J.; PEREIRA, G.; SIQUEIRA, M. E.; CARDOZO, F.; SILVA, V. V. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 24, n. 2, p. 228-243, 2019.

CUNHA, M. C.; ALMEIDA, M. W. B. Populações tradicionais e conservação ambiental. In: CAPOIANCO, J. P. R. (org.), et al. Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e distribuição de benefícios. São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental, 2001.

CURI, M. V. Mineração em terras indígenas: caso terra indígena Roosevelt. 2005. Tese de Doutorado. [s.n.].

DA SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. Catena, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

DE RECURSOS NATURAIS, IBGE Coordenação; AMBIENTAIS, Estudos. Manual técnico de geomorfologia. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2009.

FOX, G. A. et al. Reservoir Sedimentation and Upstream Sediment Sources: Perspectives and Future Research Needs on Streambank and Gully Erosion. *Environmental Management*, v. 57, n. 5, p. 945–955, 17 maio 2016.

FUNAI. Sistema Eletrônico de Informações (SEI). Dados de processos de licenciamento ambiental em tramitação no SELIS. Disponível em: <https://sei.funai.gov.br>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GASHAW, T. et al. Evaluating InVEST model for estimating soil loss and sediment export in data scarce regions of the Abbay (Upper Blue Nile) Basin: Implications for land managers. *Environmental Challenges*, v. 5, p. 100381, dez. 2021.

GOMES, L. et al. Agricultural Expansion in the Brazilian Cerrado: Increased Soil and Nutrient Losses and Decreased Agricultural Productivity. *Land*, v. 8, n. 1, p. 12, 8 jan. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2023). *Climatologia*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html>. Acesso em: 10 jul. de 2023.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). “Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) do Povo Indígena do Xingu.”. São Paulo: ISA, 2016. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/galleries/documentos/acervo-projetos-cartilhas-outros/ISA-PNGATI-PGTA-Xingu.pdf>. Acesso em: 10 jul. de 2023.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Ritual Yaokwa do Povo Enawene Nawe. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/dossie_18_ritual_yaokwa.pdf. Acesso em: 24 jul. 2023.

JAMSHIDI, R.; DRAGOVICH, D.; WEBB, A. A. Distributed empirical algorithms to estimate catchment scale sediment connectivity and yield in a subtropical region. *Hydrological Processes*, v. 28, n. 4, p. 2671–2684, 15 fev. 2014a.

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 735-741, 2003.

MATTA, M. J. B. L. A aplicação da resolução Consema nº 26/07 para dispensas de EIA/RIMA no Pleno do Consema no período de 2011 a 2021. 2023.

MORGAN, R. P. C. S. Soil erosion and Conservation. 3. ed. [s.l.] National Soil Resources Institute, Cranfield University, 2005.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. Revista Brasileira de Climatologia, v. 32, p. 1-39, 2023.

PEREIRA, C. F. R. II Boletim de monitoramento de pressões e ameaças às terras indígenas na Bacia do rio Juruena. 2023.

PEREIRA, C. F. R. Boletim de pressões e ameaças às terras indígenas na bacia do Juruena. 2024.

SHARP, R. et al. InVEST 3.11.0. User's Guide. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/index.html>. Acesso em: 25 abril. 2023.

TERRADO, M. et al. Impact of climate extremes on hydrological ecosystem services in a heavily humanized Mediterranean basin. Ecological Indicators, v. 37, p. 199–209, fev. 2014a.

VAUGHAN, A. A. et al. Near- Channel Versus Watershed Controls on Sediment Rating Curves. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, v. 122, n. 10, p. 1901–1923, 23 out. 2017.

VERHEIJEN, F. G. A. et al. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Earth-Science Reviews, v. 94, n. 1–4, p. 23–38, maio 2009.

VIGIAK, O. et al. Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. Geomorphology, v. 138, n. 1, p. 74–88, fev. 2012.

WISCHMEIER, W. A. Use and Misuse of the USLE. Jour. of Soiland Water Conservation, v. 31, p. 5–9, 1976.

ZHOU, M. et al. Identifying the effects of land use change on sediment export: Integrating sediment source and sediment delivery in the Qiantang River Basin, China. Science of the Total Environment, v. 686, p. 38–49, 10 out. 2019.