

## ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLOS EM ÁREA DESFLORESTADA DO INTERIOR DO PARÁ, BACIA DO BAIXO RIO XINGU

Dr. Alyson Bueno Francisco <sup>1</sup>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7632-9249>

<sup>1</sup>Professor do Centro Paula Souza, Faculdade de Tecnologia, São Paulo, Brasil  
[\\*alysonbueno@gmail.com](mailto:*alysonbueno@gmail.com)

Recebido em: 13/01/2024; Aceito em: 04/06/2024; Publicado em: 30/07/2024  
DOI:

### RESUMO

A Região do Baixo Rio Xingu, na localidade de Altamira na área central do Pará, teve transformações na paisagem desde a abertura da rodovia Transamazônica e frentes de desflorestamento com a introdução da pecuária extensiva, situação que foi agravada com a implantação da hidrelétrica de Belo Monte. A Amazônia Oriental possui um clima quente tropical úmido com alta erosividade e solos suscetíveis à erosão, sendo o desflorestamento preocupante para a produção de sedimentos. Esta pesquisa visa apresentar uma estimativa de perdas de solo, com aplicação da Equação Universal, ao considerar a erosividade da chuva, a erodibilidade dos solos, as classes de cobertura da terra, os aspectos topográficos e o uso das práticas conservacionistas, na Bacia do Baixo Rio Xingu, região central do Pará. Para aplicação da metodologia, foi elaborado um banco de dados em sistema de informação geográfica, com dados vetorizados de imagens de sensoriamento remoto e modelo digital de elevação. A partir das áreas das parcelas pela pesquisa, foi estimado que a área de Argissolo contribui para 83% da perda de solo; sendo a área de pastagem correspondente a 95% da perda de solo na bacia analisada. Em síntese, na bacia do Baixo Rio Xingu com 10,8 milhões de hectares a taxa de perda de solo é estimada em 178 t/ha/ano, com a produção de 192 milhões de toneladas de sedimentos ao ano.

**Palavras-chave:** erosão; hidrelétrica; solos; Altamira

### *ESTIMATION OF SOIL LOSSES IN A DEFORESTED AREA IN PARÁ, BASIN OF LOWER RIVER XINGU*

### ABSTRACT

The Lower Xingu River Region, in the town of Altamira in the central area of Pará, has had transformations in the landscape since the opening of the Transamazonian highway and deforestation fronts with the introduction of extensive cattle ranching, a situation that was aggravated with the implementation of the Belo Monte hydroelectric plant. The Eastern Amazon has a hot tropical and wet climate with high erosivity and soils susceptible to erosion, and deforestation is a concern for sediment production. This research aims to present an estimate of soil losses, with application of the Universal Equation, when considering rainfall erosivity, soil erodibility, land cover classes, topographic aspects and the use of conservation practices, in the Lower Xingu River Basin, central region of Pará. To apply the methodology, a database was elaborated in a geographic information system, with vectorized data from remote sensing images and digital elevation model. From the areas of the plots by the survey, it was estimated that the Ultisol area contributes to 83% of the soil loss; and the pasture area corresponds

to 95% of the soil loss in the analyzed basin. In summary, in the Lower Xingu River basin with 10.8 million hectares, the rate of soil loss is estimated at 178 t/ha/year, with the production of 192 million tons of sediments per year.

**Keywords:** erosion; Hydroelectric; Soils; Altamira

## ***ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE SUELO EN UN ÁREA DEFORESTADA EN EL INTERIOR DE PARÁ, CUENCA BAJA DEL XINGÚ***

### **RESUMEN**

La Región del Bajo Río Xingú, en la localidad de Altamira, en la zona central de Pará, ha tenido transformaciones en el paisaje desde la apertura de la carretera Transamazónica y frentes de deforestación con la introducción de la ganadería extensiva, situación que se agravó con la implementación de la central hidroeléctrica de Belo Monte. La Amazonía oriental tiene un clima tropical con alta erosividad y suelos susceptibles a la erosión, y la deforestación es una preocupación para la producción de sedimentos. Esta investigación tiene como objetivo presentar una estimación de las pérdidas de suelo, con aplicación de la Ecuación Universal, al considerar la erosividad de las precipitaciones, la erodibilidad, las clases de cobertura del suelo, los aspectos topográficos y el uso de prácticas de conservación, en la cuenca del Bajo Xingú, región central de Pará. Para aplicar la metodología, se elaboró una base de datos en un sistema de información geográfica, con datos vectorizados de imágenes de teledetección y modelo digital de elevación. A partir de las áreas de las parcelas por el relevamiento, se estimó que el área de Ultisol contribuye con el 83% de la pérdida de suelo; y el área de pastizales corresponde al 95% de la pérdida de suelo en la cuenca analizada. En resumen, en la cuenca baja del río Xingú, con 10,8 millones de hectáreas, la tasa de pérdida de suelo se estima en 178 t/ha/año, con la producción de 192 millones de toneladas de sedimentos por año.

**Palabras clave:** erosión; Hidroeléctrico; Suelos; Altamira

### **1. INTRODUÇÃO**

A erosão de solos tornou-se um dos principais problemas diante das condições de degradação ambiental, incluindo a insegurança alimentar, assoreamento de cursos d'água e perdas de nutrientes para a biodiversidade. Os processos erosivos são intensos em áreas de clima equatorial, devido aos índices pluviométricos que ultrapassam 2.000 mm anuais. A respeito da vulnerabilidade climática, os processos erosivos são mais intensos em anos sob influência do El Niño, com aumento das cheias e intensidades relacionadas à erosão marginal dos cursos d'água pelo fenômeno das terras caídas (GOMES et al., 2021).

A Depressão Amazônica possui uma tendência erosiva na escala geológica dos processos de erosão e sedimentação, com processo fluvial de dissecação para esculpir os sedimentos terciários e quaternários (ROSS, 2005).

A grande porção territorial da Bacia do Rio Amazonas possui processos erosivos naturais pela remoção de sedimentos da Cordilheira dos Andes, principalmente no Peru, sendo os processos induzidos e acelerados de perdas de solos e transporte de sedimentos ocasionados nas áreas de desflorestamento, principalmente no Brasil, no norte do Estado de Mato Grosso,

sudeste e centro do Estado do Pará, Estado de Rondônia, leste do Acre e sul do Amazonas (GOLOSOV; WALLING, 2019).

A Floresta Amazônica apresenta fragilidades dos solos, visto que a dinâmica pedológica em áreas de clima equatorial depende da concentração de matéria orgânica na superfície. A supressão da floresta impacta diretamente na pedogênese, com perda qualitativa e quantitativa, com redução de nutrientes e produção de sedimentos. A aplicação do método da Equação Universal de Perda de Solos, proposta por Wischmeier e Smith (1978), apresenta uma estimativa científica diante do fenômeno de degradação ambiental do desflorestamento, da compactação do solo pelo pisoteio do rebanho bovino e perdas de solos na Região Amazônica.

A ocupação da região de Altamira, no interior do Pará, está relacionada à abertura da rodovia Transamazônica durante a década de 1970, com a implantação de áreas desflorestadas para uma pecuária extensiva nas margens da estrada. Além da ação do desflorestamento, a partir da década de 2000, foram implantados os projetos das novas hidrelétricas na Região Amazônica, como Belo Monte no Pará, Samuel e Jirau em Rondônia. Além da perda da biodiversidade, inundação de solos férteis e eliminação da mata florestal, populações indígenas foram migradas forçadamente (BECKER, 2012).

Diante dos impactos na superfície das bacias dos rios amazônicos pelas mudanças de cobertura da terra, o escoamento superficial sofre alterações ao induzir a maior intensidade das perdas de solo. Francisco (2024) apresenta uma estimativa de produção de 16 milhões de toneladas de sedimentos em uma bacia da região Amazônica que sofre desflorestamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

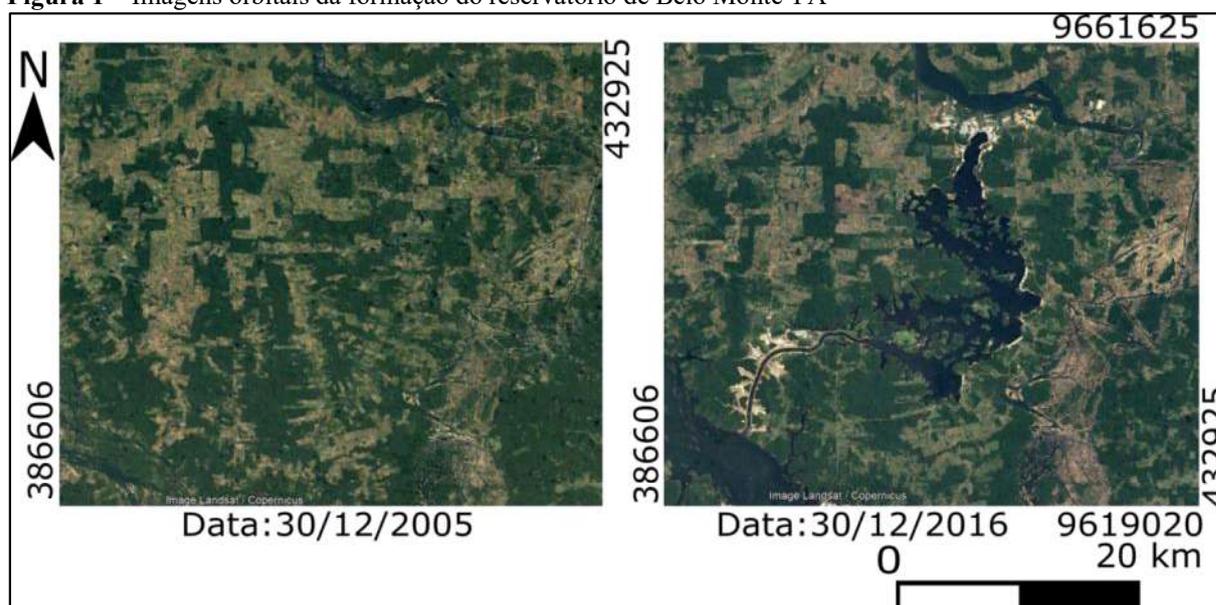
A região central do Estado do Pará possui frentes de desflorestamento induzidas pela existência da rodovia Transamazônica, aberta durante a Ditadura Militar, cuja região possui um município batizado com o nome do ex-presidente Emílio Garrastazu Médici (Medicilândia-Pará) e implantação de hidrelétricas de Tucuruí e Belo Monte.

Os rios amazônicos estão localizados em planícies e depressões com baixas declividades, cuja decisão de implantação das hidrelétricas não possui base científica e provoca impactos ambientais severos nas áreas de influência. Em 2002, os impactos ambientais e sociais provocados pela formação do reservatório de Belo Monte foram discutidos no Congresso Nacional, mas as obras foram executadas mesmo sem licença ter sido promulgada pelo IBAMA, sendo publicada em 2011, quando estava praticamente concluída a construção das barragens

(SANTANA; BRZEZINSKI, 2018). O reservatório das barragens de Belo Monte, no Pará, deixou 33 mil hectares submersos. Em decorrência da errônea decisão sobre a localização da hidrelétrica de Belo Monte, tendo duas barragens próximas das cidades de Altamira e Senador José Porfírio, foi necessário construir um canal para transpor as águas do Rio Xingu, do primeiro para o segundo reservatório.

As imagens da Figura 1 apresentam a localização dos reservatórios de Belo Monte com a existência do canal artificial.

**Figura 1** – Imagens orbitais da formação do reservatório de Belo Monte-PA



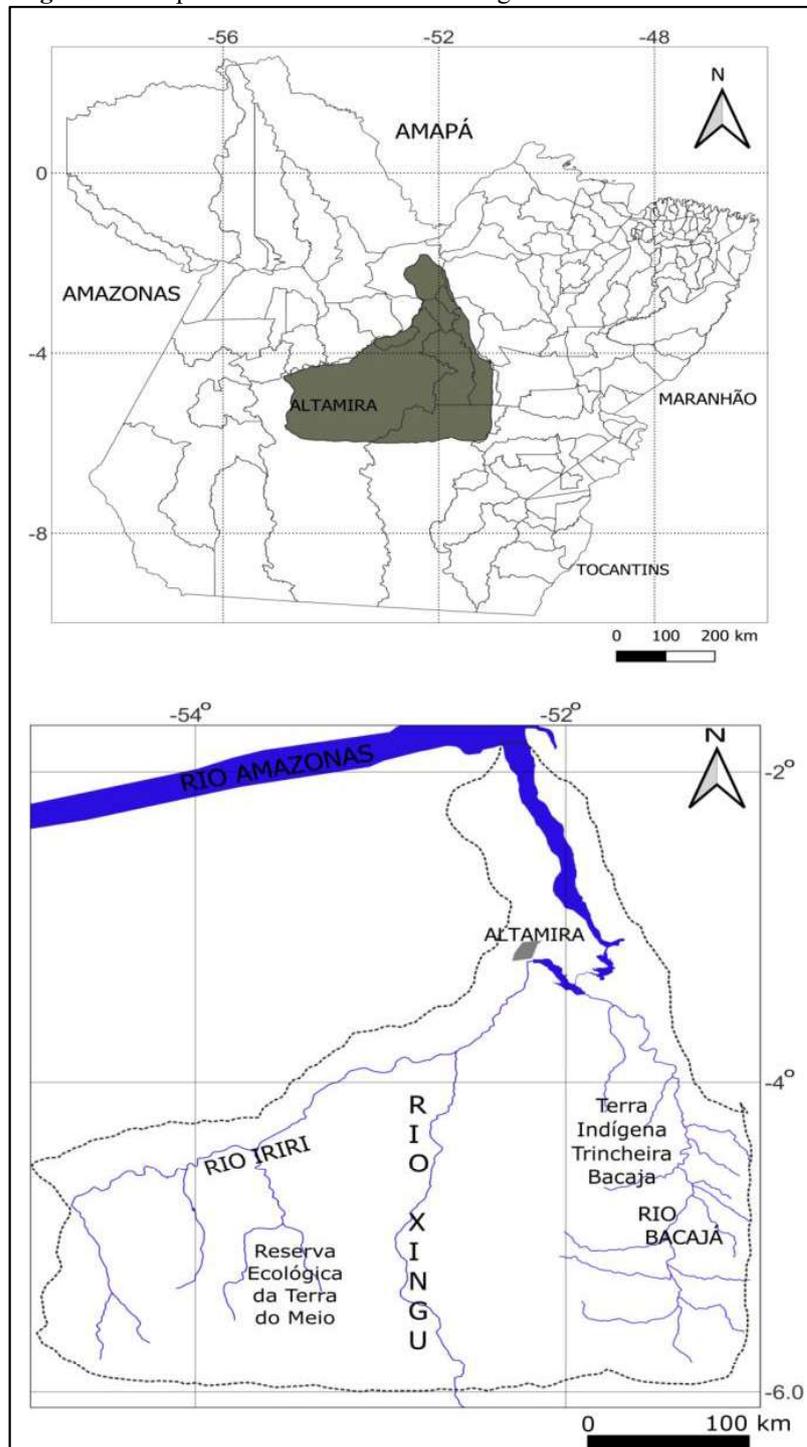
**Fonte:** Organizado por Francisco (2024)

Ao sul das áreas alteradas pelos reservatórios de Belo Monte e áreas desflorestadas com implantação de uma insipiente pecuária bovina, existem áreas indígenas, na região paraense denominada Terra do Meio. Na parte oeste da Bacia do Baixo Rio Xingu possui as unidades de conservação: Parque Nacional da Serra do Pardo, Reserva Extrativista do Rio Xingu e Estação Ecológica da Terra do Meio; e as unidades territoriais indígenas: Terra Indígena Kararaó, Terra Indígena Cachoeira Seca e Terra Indígena Arara. Na parte leste da Bacia do Baixo Rio Xingu existem: Terra Indígena Trincheira Bacajá, Terra Indígena Apyterewa, Terra Indígena Araweté Igarapé Ipixuna e Terra Indígena Koatinema.

Para delimitação da Bacia do Baixo Rio Xingu foi adotado o critério dos divisores de águas nas sub-bacias dos rios Iriri e Bacajá, com a existência de um extenso meandro na latitude de 6°S. A Figura 2 apresenta a localização da Bacia do Baixo Xingu, entre os municípios de

Altamira, Anapu, Brasil Novo, São Félix do Xingu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, na porção central do Estado do Pará.

**Figura 2 –** Mapa da Bacia do Baixo Rio Xingu



**Elaboração:** Francisco (2024)

A Bacia do Baixo Rio Xingu possui a predominância do Argissolo Vermelho-Amarelo em toda porção sul, com Latossolo Amarelo nas margens da foz do Rio Xingu e uma área estrita próxima da cidade de Altamira com Nitossolo Vermelho (IBGE, 2008).

Sobre o relevo da área, regionalmente a Bacia do Baixo Rio Xingu está localizada na Depressão Marginal Sul-Amazônica e no Planalto da Amazônia Oriental. De acordo com Ross (2005), a Depressão Marginal Sul-Amazônica é caracterizada pela presença de relevos residuais em intrusões graníticas e coberturas sedimentares do Pré-Cambriano, cujas altitudes não ultrapassam 400 m. Em relação ao Planalto da Amazônia Oriental, onde está localizada a foz do Rio Xingu, existem morros tabuleiros dissecados com sedimentos terciários, com altitudes inferiores a 300 m (ROSS, 2005).

A respeito da cobertura da terra na Bacia do Baixo Rio Xingu, como foi apresentado em carta da figura 5 nos resultados, aproximadamente 14% da área foi desflorestada, principalmente em áreas com uma distância de até 100 km do reservatório da hidrelétrica de Belo Monte e 30 km nas margens da rodovia Transamazônica. O município de Altamira é o maior do Brasil em extensão territorial, com 16 milhões de hectares, tendo desmatado 57 mil hectares entre 2018 e 2019 (FRANCISCO, 2021).

## **1.2 Metodologia**

Para a obtenção das áreas correspondentes aos aspectos pedológicos, de cobertura da terra e topográficos da Bacia do Baixo Rio Xingu, foi elaborado um banco de dados geográfico no QGIS, versão 3.28. Foram elaborados os planos de informação com os aspectos relacionados aos parâmetros de aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo.

A estimativa de erosividade das chuvas para o município de Altamira foi obtida de acordo com os indicadores regionais apresentados por Aguiar (2022).

Os tipos de solo foram vetorizados no QGIS, a partir do Mapa de Solos do Estado do Pará (IBGE, 2008).

Para estimativa para cálculo do fator de erodibilidade foram utilizados os parâmetros analisados no município de Altamira-PA, conforme metodologia apresentada por Aguiar (2022).

A carta de declividades foi elaborada com a ferramenta de análise matricial a partir do modelo digital de elevação disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, da origem SRTM, com resolução espacial de 90 m.

A estimativa do fator LS, ao considerar os aspectos topográficos da Bacia do Baixo Rio Xingu, foram analisados os parâmetros apresentados por Bertoni e Lombardi Neto (1999), com o cálculo da declividade média na bacia e o comprimento de rampa.

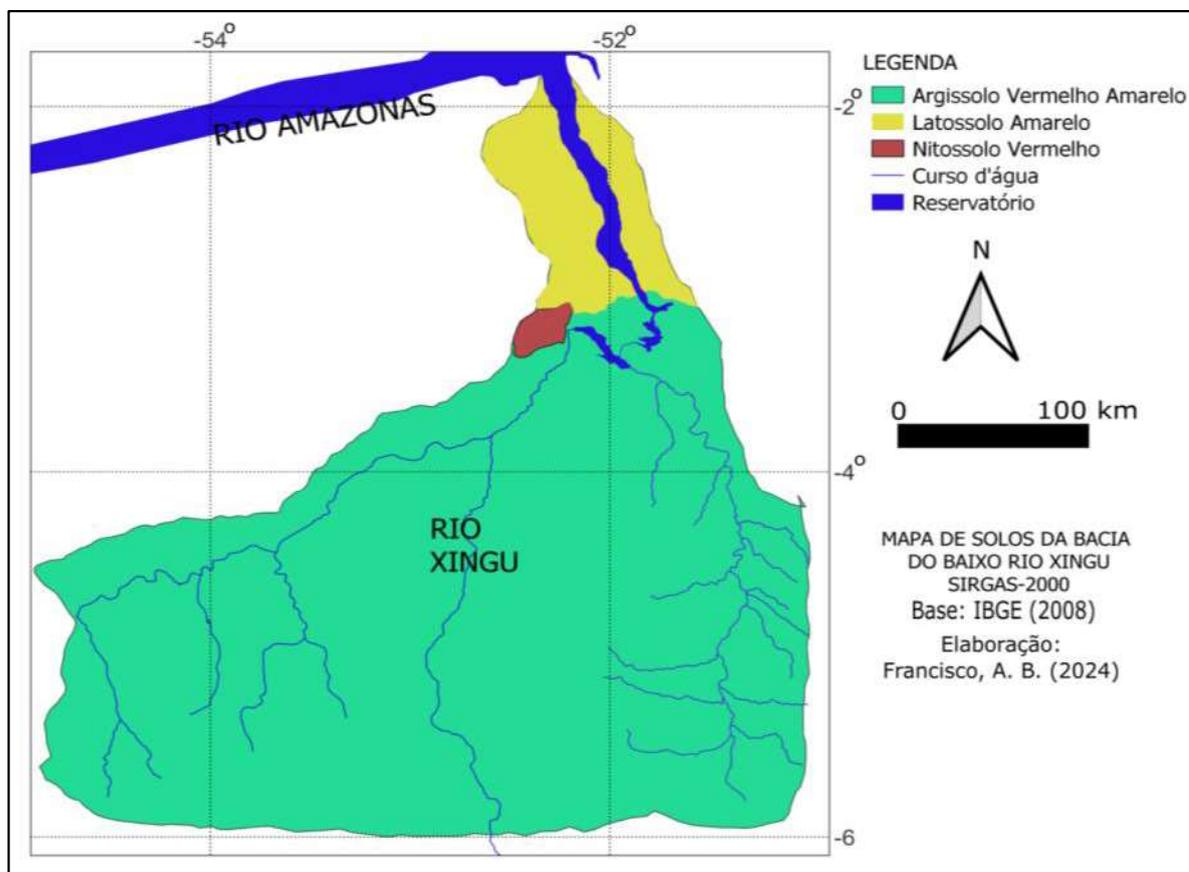
A cobertura da terra foi estimada a partir da vetorização das áreas com imagens sensoriamento remoto com resolução espacial de 62 cm (Geoye), disponíveis no aplicativo Google Earth Pro, cujos arquivos dos polígonos das áreas foram convertidos em formato vetor do tipo shapefile para serem importados no banco de dados do QGIS. Os índices de cada cobertura da terra foram adotados de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de erosividade das chuvas para a Bacia do Baixo Rio Xingu foi estimado em 11.236,8 MJ.mm/ha/ano (AGUIAR, 2022).

A respeito da erodibilidade dos solos, o mapa da Figura 3 apresenta a distribuição geográfica dos tipos de solos.

**Figura 3** – Mapa de Solos da Bacia do Baixo Rio Xingu



Elaboração: Francisco (2024)

A Tabela 1 apresenta a estimativa de erodibilidade dos solos de acordo com os tipos de solos pelo fator indicado para cada tipo, pela média de área correspondente à bacia hidrográfica.

**Tabela 1** – Estimativa de erodibilidade de solos na Bacia do Baixo Xingu

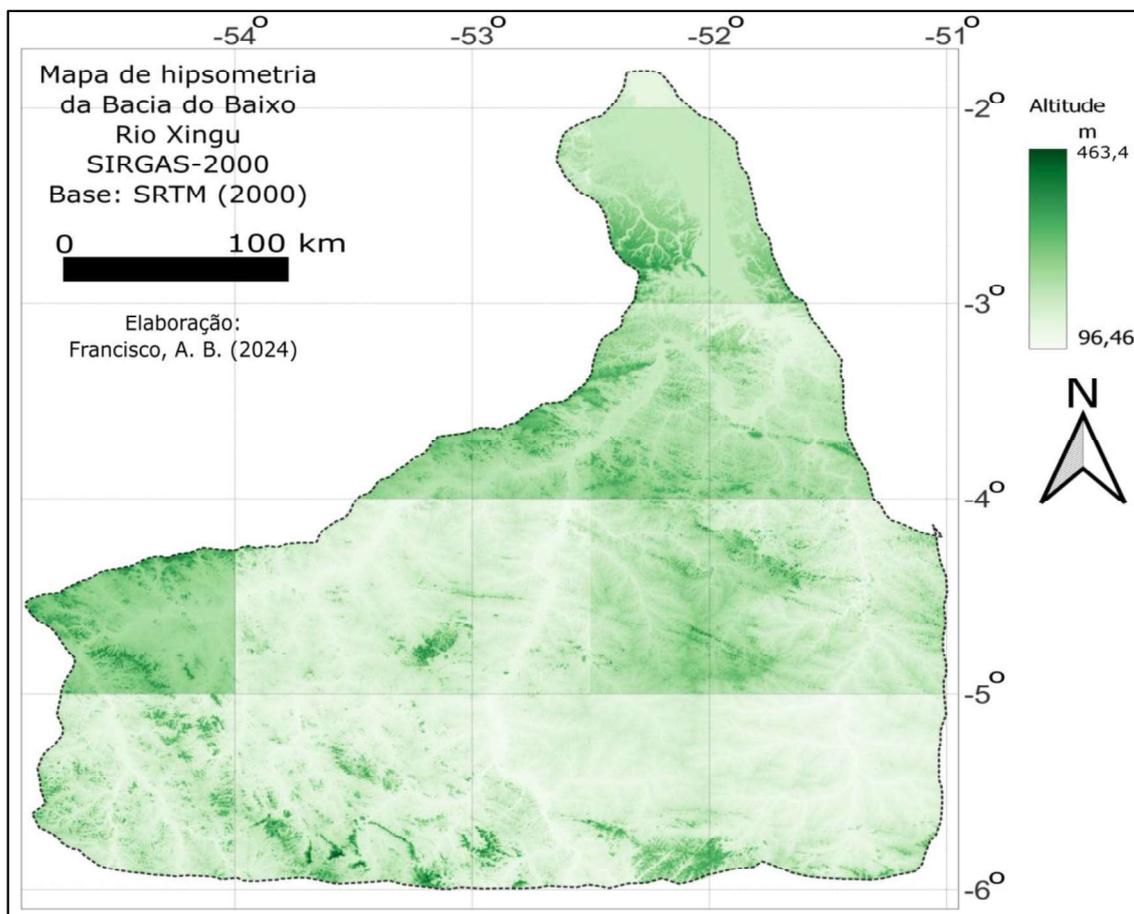
Tipo de solo	Fator K	Área (ha)	Estimativa (t/ha/ano)
Argissolo	0,015	9.806.148,3	147.092,2
Latossolo	0,031	938.416,2	29.090,9
Nitossolo	0,005	68.327,2	341,6
$\Sigma$		10.812.891,7	176.524,7
		Média do índice	0,016

**Elaboração:** Autores (2024)

A estimativa do fator LS considera os aspectos de declividades e comprimentos das vertentes da bacia hidrográfica.

A Figura 4 apresenta o mapa de hipsometria da Bacia do Baixo Rio Xingu, com uma distribuição geográfica da declividade média de 2%.

**Figura 4** – Carta hipsométrica da Bacia do Baixo Rio Xingu



**Elaboração:** Francisco (2024)

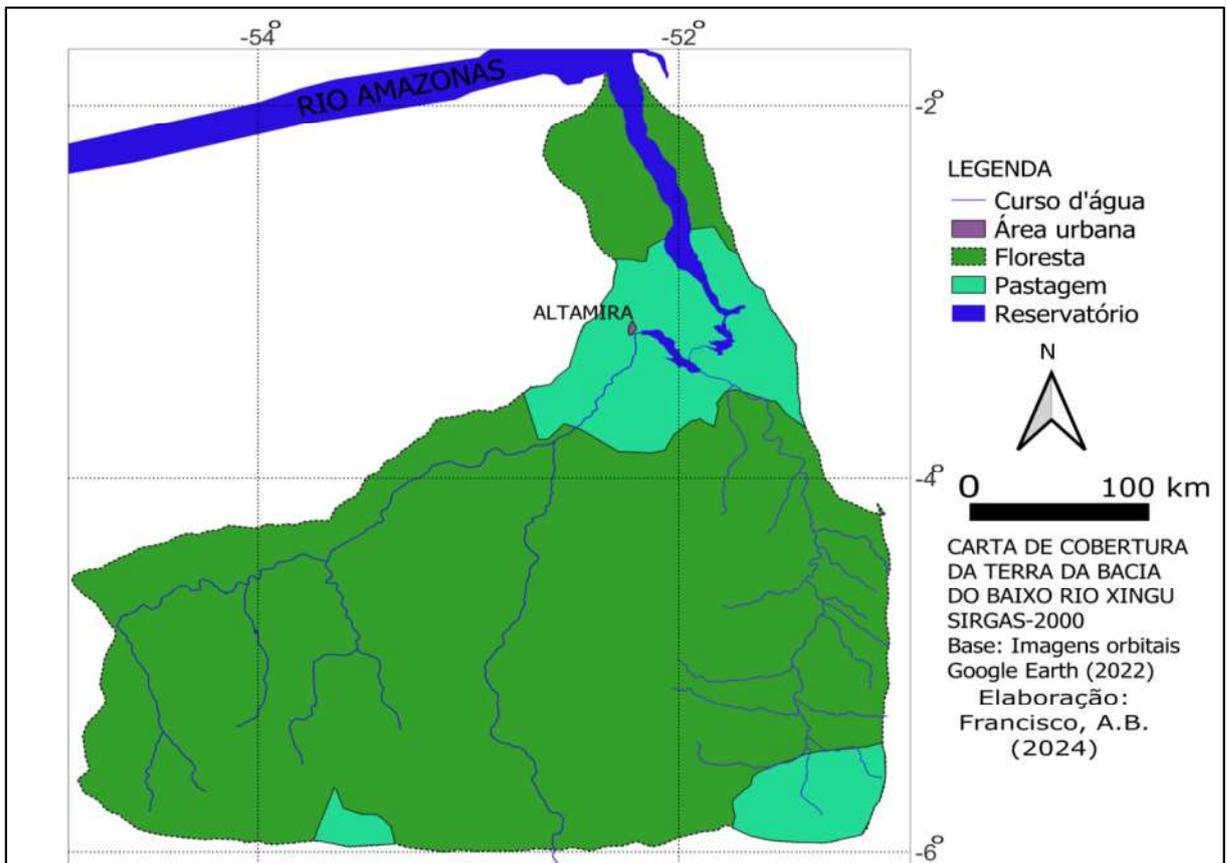
O comprimento de rampa médio na Bacia do Baixo Rio Xingu é de 8.000 m e a declividade média é de 2%. Para calcular a declividade média aplicada ao parâmetro da equação, foi utilizada a expressão:

$$S = 0.00654 \times 0.02^2 + 0.0456 \times 0.02 + 0.065 \quad (1)$$

Ao aplicar os parâmetros para estimar o fator LS, foi calculado o índice 527,32.

A carta da Figura 5 mostra a distribuição geográfica das classes de cobertura da terra com o desflorestamento próximo da cidade de Altamira e parte sul da denominada Terra do Meio.

**Figura 5** – Mapa de cobertura da terra da Bacia do Baixo Rio Xingu



**Elaboração:** Francisco (2024)

A Tabela 2 apresenta a estimativa do índice de cobertura da terra conforme as parcelas das classes de pastagem e mata nativa na Bacia do Baixo Rio Xingu.

**Tabela 2** – Estimativa do fator cobertura da terra na Bacia do Baixo Xingu

<b>Cobertura</b>	<b>Fator C</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Estimativa (t/ha/ano)</b>
Pastagem	0,0377	1.577.944,4	59.488,5
Mata nativa	0,0003	9.234.947,1	2.770,5
	$\Sigma$	10.812.891,7	62.259
		Média do índice	0,0057

**Elaboração:** Francisco (2024)

A estimativa relacionada às práticas conservacionistas foi estimada em 33% devida ausência de métodos de conservação do solo nas pastagens de pecuária extensiva.

Em síntese, a Equação Universal de Perdas de Solo aplicada na Bacia do Baixo Rio Xingu obteve a seguinte expressão:

$$A = 11236,8 \times 0,016 \times 527,32 \times 0,0057 \times 0,33 \quad (2)$$

A taxa de erosão hídrica estimada para a Bacia do Baixo Rio Acre foi de 178,33 t/ha/ano. A taxa de produção de sedimentos na bacia hidrográfica, a partir dessa estimativa, foi de 192 milhões de toneladas de sedimentos anuais. Caso toda a área da bacia hidrográfica fosse desflorestada, seria produzido 1,3 bilhão de toneladas de sedimentos anuais.

#### **4. CONCLUSÃO**

A perda de solos amazônicos precisa de estudos para gerar informações disponíveis na escala municipal, cuja pesquisa apresentada garante a elaboração de um banco de dados geográfico para análise espacial. Os resultados da análise espacial em sistema de informação geográfica contribuem na geração de documentos cartográficos e bases de dados para identificar as áreas mais suscetíveis aos processos erosivos. As bases de dados em sistema de informação geográfica podem ser atualizadas, visto que as alterações na área de desflorestamento são notáveis, cujos resultados de Geoprocessamento são favoráveis diante da vasta extensão territorial.

A escala de análise pode ser aprimorada com trabalhos posteriores, cujo resultado atual pode ser utilizado como referência para orientar os pesquisadores da área geográfica da região central do Pará.

A região analisada precisa de produção de informações geográficas para fornecer apoio aos municípios, na elaboração de planos de zoneamentos para evitar maiores danos à Floresta Amazônica.

A Cartografia contribui na aplicação do método da Equação Universal de Perdas de Solo devida análise espacial das informações para identificação dos índices e parâmetros. A perda de solos é um fenômeno que precisa ser quantificado para sustentar os argumentos científicos diante da necessidade de preservação das áreas inalteradas e conservação das áreas alteradas pela ação humana.

## 5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, P. F. Erodibilidade dos solos por uso de técnica de geoprocessamento no município de Altamira, Pará. **Revista de Geomorfologia William Morris Davis**, v.3, n.2, p. 1-14, 2022.

BECKER, B. K. Hidrelétricas na Amazônia: desenvolvimento para quem? **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, n.7, v.3, 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

FRANCISCO, A. B. Estimation of erosion rate in a hydrographical basin of a deforestation area in the Brazilian Amazon, eastern of Mato Grosso. **Journal of Asian Geography**, v.3, n.1, p. 1-6, 2024.

FRANCISCO, A. B. Cartografia do incremento de áreas desmatadas no Acre, Mato Grosso, Pará e Rondônia entre 2018 e 2019. **Revista Presença Geográfica**, v.8, n.1, 2021.

GOLOSOV, V.; WALLING, D. E. **Erosion and sediment problems: global hotspots**. Paris; UNESCO, 2019.

GOMES, D. J. C.; SILVA, L. P.; FERREIRA, N. S.; LOBATO, R. R. C.; SERRÃO, E. A. O.; LIMA, A. M. M. Impactos climáticos na erosão hídrica do solo para a Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1 n. 28, pp. 242-265, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa pedológico do Estado do Pará**. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Escala 1:800.000, 2008.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da Geografia da natureza. In: ROSS, J. L. S. (org.) **Geografia do Brasil**. 5.ed. São Paulo: Edusp, p. 15-65, 2005.

SANTANA, A. T.; BRZEZINSKI, M. L. N. L. UHE Belo Monte: o estudo de impacto ambiental e suas contradições. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v.5, n.2, p. 235-256, 2018.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**, n. 537, Washington D.C., United States Department of Agriculture, 1978.