



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ELIELMA DOS SANTOS SOUSA

**PROJEÇÕES FUTURAS DE SEDIMENTOS NO RIO TAPAJÓS E SUA  
POSSÍVEL RELAÇÃO COM ÁREAS DE GARIMPO**  
*FUTURE PROJECTIONS OF SEDIMENTS IN THE TAPAJÓS RIVER AND ITS  
POSSIBLE RELATIONSHIP WITH MINING AREAS*

TUCURUÍ-PA  
2022

ELIELMA DOS SANTOS SOUSA

**PROJEÇÕES FUTURAS DE SEDIMENTOS NO RIO TAPAJÓS E SUA  
POSSÍVEL RELAÇÃO COM ÁREAS DE GARIMPO**  
*FUTURE PROJECTIONS OF SEDIMENTS IN THE TAPAJÓS RIVER AND ITS  
POSSIBLE RELATIONSHIP WITH MINING AREAS*

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Sanitária e Ambiental,  
Faculdade de Engenharia Sanitária e  
Ambiental, Campus Universitário de  
Tucuruí, Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo  
Aguiar de Souza Costa.

Hidrologia

TUCURUÍ-PA  
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

D722p dos Santos Sousa, Elielma.  
PROJEÇÕES FUTURAS DE SEDIMENTOS NO RIO  
TAPAJÓS E SUA POSSÍVEL RELAÇÃO COM ÁREAS DE  
GARIMPO / Elielma dos Santos Sousa. — 2022.  
25 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de  
Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2022.

1. Hidrologia. Mudanças Climáticas. WBMsed.  
Amazônia.. I. Título.

CDD 551.354098115

---

ELIELMA DOS SANTOS SOUSA

**PROJEÇÕES FUTURAS DE SEDIMENTOS NO RIO TAPAJÓS E SUA  
POSSÍVEL RELAÇÃO COM ÁREAS DE GARIMPO**  
*FUTURE PROJECTIONS OF SEDIMENTS IN THE TAPAJÓS RIVER AND ITS  
POSSIBLE RELATIONSHIP WITH MINING AREAS*

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

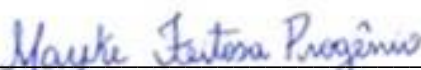
Data de Aprovação 12/12/2022

Conceito: Excelente

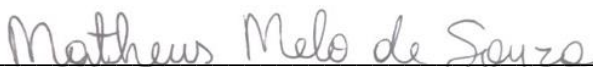
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa  
Orientador – FAESA/UFPA



Prof. Me. Mayke Feitosa Progênio  
Examinador Interno – FAESA/UFPA



Eng. Me. Matheus Melo de Souza  
Examinador Externo – LOGICOM/FEAGRI/UNICAMP

## RESUMO

O rio Tapajós possui um alto potencial econômico e energético, nesse contexto, é crescente a preocupação em relação aos impactos causados pelas mudanças climáticas, que poderão gerar efeitos negativos nos processos hidrossedimentológicos, principalmente no contexto amazônico que possui uma biodiversidade de áreas de preservação, incluindo as unidades de conservação e terras indígenas. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo compreender as séries temporais hidrossedimentológicas do rio Tapajós no período de 2006 a 2099 por meio do método estatístico, observando os valores de média, máximo, mínimo, e coeficiente de variação. Para isso, o instrumento de coleta e análise dos dados foi o modelo global WBMsed que permitiu produzir evidências, sinalizando que o comportamento dos dados analisados não estão fora do estimado. Com os resultados dos seis Pontos analisados para os dois cenários climáticos empregados (RCP's 4.5 e RCP's 8.5), observa-se uma inconsistência entre eles, esperava-se que houvesse um crescimento dos sedimentos para o cenário pessimista (8.5), no entanto, esse aumento ocorreu no cenário otimista (4.5). Entretanto, os valores entre os cenários foram relativamente próximos e a diferença principal ocorreu entre os Pontos do rio Tapajós e não necessariamente entre os cenários. Ao observar essa inconsistência realizou-se uma análise nas áreas de garimpo, cujo Pontos estão situados, com auxílio dos dados da plataforma MapBiomas foi possível inferir a hipótese de que realmente o garimpo nesta localidade pode estar contribuindo no aumento do volume dos sedimentos. Assim, conclui-se que as mudanças podem atuar como catalisadores dos impactos ambientais que já estão ocorrendo na região, seja pelo acúmulo de sedimentos, mas sobretudo pelos problemas sociais e econômicos.

**Palavras-chave:** Hidrologia. Mudanças Climáticas. WBMsed. Amazônia.

## ABSTRACT

The Tapajós River has a high economic and energy potential, in this context, there is a growing concern regarding the impacts caused by climate change, which may have negative effects on hydro-sedimentary processes, especially in the Amazon context, which has a biodiversity of preservation areas, including conservation units and Indigenous lands. Thus, the present work aims to understand the hydro-sedimentological time series of the Tapajós River through the statistical method, observing the values of average, maximum, minimum, and coefficient of variation. For this, the instrument for data collection and analysis was the WBMsed global model, which allowed to produce evidence, indicating that the behavior of the analyzed data is not outside the estimated range. With the results of the six points analyzed for the two climatic scenarios used (RCP's 4.5 and RCP's 8.5), an inconsistency is observed between them, it was expected that there would be an increase in sediments for the pessimistic scenario (8.5), however, this increase occurred in the optimistic scenario (4.5). However, the values between the scenarios were close and the main difference occurred between the points on the Tapajós River and not necessarily between the scenarios. Upon observing this inconsistency, an analysis was conducted in the mining areas, whose points are located, with the help of data from the MapBiomias platform, it was possible to infer the hypothesis that mining in this locality may be contributing to the increase in the volume of sediments. Thus, it is concluded that the changes can function as catalysts for the environmental impacts that are already occurring in the region, whether due to the accumulation of sediments, but above all due to social and economic problems.

**Keywords:** Hydrology. Climate changes. WBMsed. Amazon.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>7</b>
2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	7
2.2 OBTENÇÃO E LEITURA DOS DADOS DO MODELO WBMSED.....	9
2.3 ANÁLISE DE ÁREAS DE GARIMPO .....	11
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>11</b>
3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	11
3.2 ÁREAS DE GARIMPO .....	16
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO I – Revista Ciência e Natura (Qualis B4 – Engenharias I) .....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O rio e sua bacia de drenagem constituem uma unidade funcional para o ciclo da água e, também, um espaço integrador privilegiado para o estabelecimento de balanços ou ainda de validação de modelos de alteração e erosão. Dessa forma, os rios estão no coração do ciclo dos elementos, transportando para os oceanos a matéria sublevada dos continentes (FILIZOLA; GUYOT, 2011).

O conhecimento das características de uma bacia hidrográfica é fundamental para a conservação de seus recursos naturais e norteador para a aplicação de técnicas que favoreçam o desenvolvimento sustentável. Para determinar este conhecimento é importante o monitoramento de variáveis físicas do ciclo hidrológico, como a infiltração, escoamento superficial, cotas e vazões (PEREIRA et al., 2016).

De acordo com Carvalho (2018) cidades com localização próxima a cursos d'água, sofrem de forma direta, às consequências do nível do rio, tanto de forma positiva quanto de forma negativa, associado a eventos de enchentes e secas extremas e outros fatores. Sousa, Santos e Costa (2022) citam em seu estudo a influência da sazonalidade nas vazões da bacia do rio Tapajós, cujos períodos sazonais se alternam entre períodos de águas altas (cheias) e águas baixas (secas), bem como a atuação de fenômenos climáticos. Essas mudanças do nível do rio aliado com o carreamento de sedimentos, provoca problemas para os municípios e praias presentes em áreas que sofrem interferência direta dos períodos sazonais.

A bacia do rio Tapajós é afluente da margem direita do rio Amazonas, representa uma bacia federal (por drenar mais de um Estado) e de importante contribuição para manutenção dos ecossistemas amazônicos, configurando também áreas de diferentes potenciais à exploração dos recursos naturais. Com aproximadamente 1.260.000 habitantes (IBGE, 2010), detém 6% do território brasileiro e conta com 25% do potencial hidrelétrico da Amazônia, que responde por 70% do potencial nacional (BRASIL, 2005). Villela, Bueno (2016) inferem que Atualmente, o Sudoeste do Pará é considerado uma fronteira agrícola, onde o cultivo da soja está ganhando cada vez mais espaço, a monocultura da soja tem grande efeito tanto em sentido econômicos, sociais e ambientais, pois suscita de infraestrutura de rodovias, ferrovias e hidrovias para o escoamento da produção e ao mesmo para receber os insumos. Esses fatores aumentam a concentração de pessoas vivendo na região e assim demanda por serviços e infraestrutura tendem a aumentar cada vez mais. Destaca-se, também que essa região é polo de exploração de madeira e minérios de ouro da Província Tapajós, estes fatores atraem moradores e, conseqüentemente contribuem para o aumento do desmatamento na floresta (SANTOS, 2010).

Um Ponto importante que deve ser mencionado é a questão da erosão e assoreamento nos cursos d'água adjacente, aspectos causados pelas atividades garimpeiras, que geram danos ambientais e sobretudo contribuem para degradação e contaminação dos recursos hídricos, que afetaram toda vida humana ali existente (SOUZA, et al., 2008). Entre os principais impactos ambientais acarretados pelo garimpo, estão a degradação da vegetação devido à abertura de estradas para o transporte dos minérios, assoreamento das águas, proveniente da descarga de sedimento das margens dos rios e a contaminação por mercúrio utilizado no processo de amalgamação para separação do ouro (NUNES, 2022).

Durante uma década, no Brasil, a quantidade de garimpo dobrou-se, já a mineração industrial, por sua vez, precisou de duas décadas para obter o mesmo resultado. Este é o terceiro ano consecutivo, o qual mais territórios são ocupados por garimpos do que pela mineração industrial. No entanto o garimpo não corresponde à mineração no sentido técnico, mas sim a um processo arcaico de extração de recursos minerais, caracterizado pela falta de conhecimento do jazimento e pela falta de planejamento, de recursos técnicos (GUERRA, 2022). O Bioma Amazônico concentra 91,6% da área garimpada em 2021, o Pará e Mato Grosso correspondem por 71,6% das áreas mineradas no país, ou seja, quando somamos a mineração industrial e a atividade garimpeira. Quatro dos cinco municípios Brasileiros com maior área de garimpo ficam no Pará: Itaituba (57.215 hectares), Jacareacanga (15.265 hectares), São Félix do Xingu (8.126 hectares) e Ourilândia do Norte (7.642 hectares) (MAPBIOMAS 2022, coleção 7).

Nesse viés, esta pesquisa buscou analisar parte desses impactos (presentes e futuros) em uma região que é localizada na parte central da bacia da Amazônia (sentido oeste-leste), a chamada Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós (BHRT) que possui extensos ecossistemas aquático-florestais, desde os altos relevos do cerrado mato-grossense até as baixas latitudes e altitudes. A partir de dados simulados de fluxo de sedimentos do modelo global WBMsed, disponibilizado pela Universidade do Alabama (EUA), foram realizadas as leituras para seis Pontos no Rio Tapajós em cenários climáticos futuros. Posteriormente, realizou-se as estatísticas descritivas para os dados obtidos com uma breve análise das áreas de garimpo na BHRT e sua possível interferência nesses Pontos de leitura.

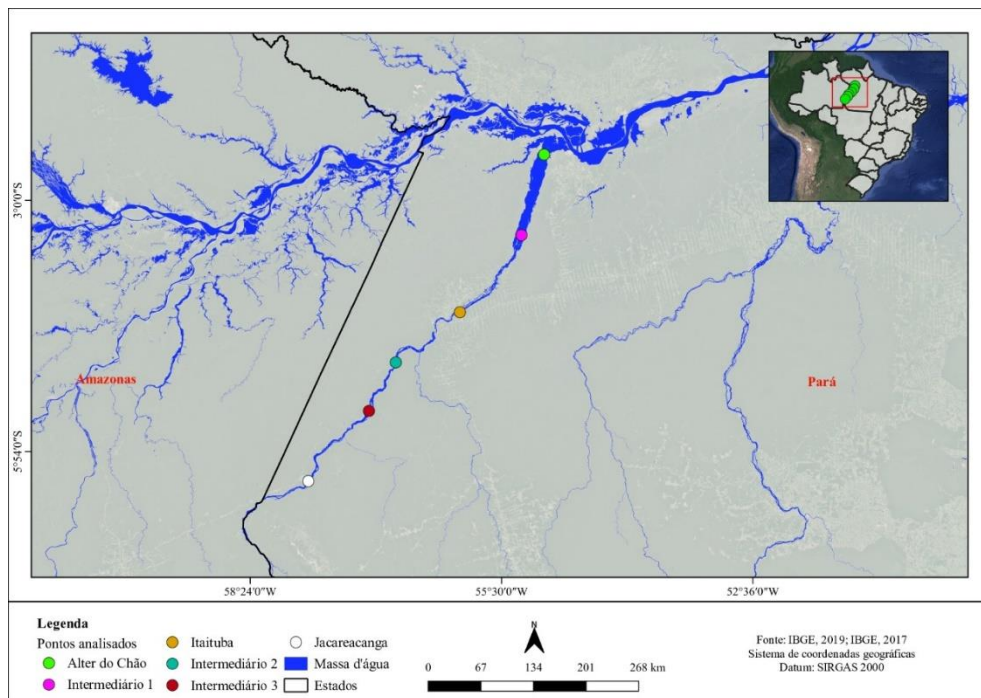
## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo compreende o Rio Tapajós que se forma a partir da confluência do rio Teles Pires com o rio Juruena que drena os estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso. Segundo Alvares et al. (2013), a bacia hidrográfica do rio Tapajós apresenta três tipologias climáticas

dentro da classificação climática de Köppen-Geiger. No alto Tapajós seu clima é classificado como Am, se caracterizando pelo clima tropical de monção, com uma breve estação seca e com chuvas intensas durante o resto do ano, o mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C e precipitação pluvial anual oscilando em torno de 2000 mm. Já no médio Tapajós o clima é classificado com Af, tropical úmido ou superúmido, sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 18°C. O total das chuvas do mês mais seco é superior a 60 mm, com precipitações maiores de março a agosto, ultrapassando o total de 1.500 mm anuais. No entanto o baixo Tapajós a climatologia classifica como sendo Aw, com chuvas de verão, característica climática de regiões de savana, podendo atingir 1800 mm/ano. O rio Tapajós possui uma extensão de aproximadamente 146 km e drena uma área de aproximadamente 131 mil km<sup>2</sup>, distribuído entre os estados do Amazonas e Pará. Os Pontos foram escolhidos de forma estratégica, devido ao grande potencial econômico, estão distribuídos conforme a (Figura 1) Alter do chão - Ponto 1, intermediário 1 – Ponto 2, Itaituba – Ponto 3, intermediário 2 – Ponto 4, intermediário 3 – Ponto 5 e Jacareacanga – Ponto 6.

**Figura 1** – Localização dos Pontos de leitura e análise no Rio Tapajós



**Fonte:** Autora, 2022.

Na bacia do Tapajós está previsto um número expressivo de construções de barragens; até 2022 são mais de 40 projetos, entre Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Usinas hidrelétricas (UHEs), sendo que essas últimas irão possuir uma geração superior a 30 MW cada

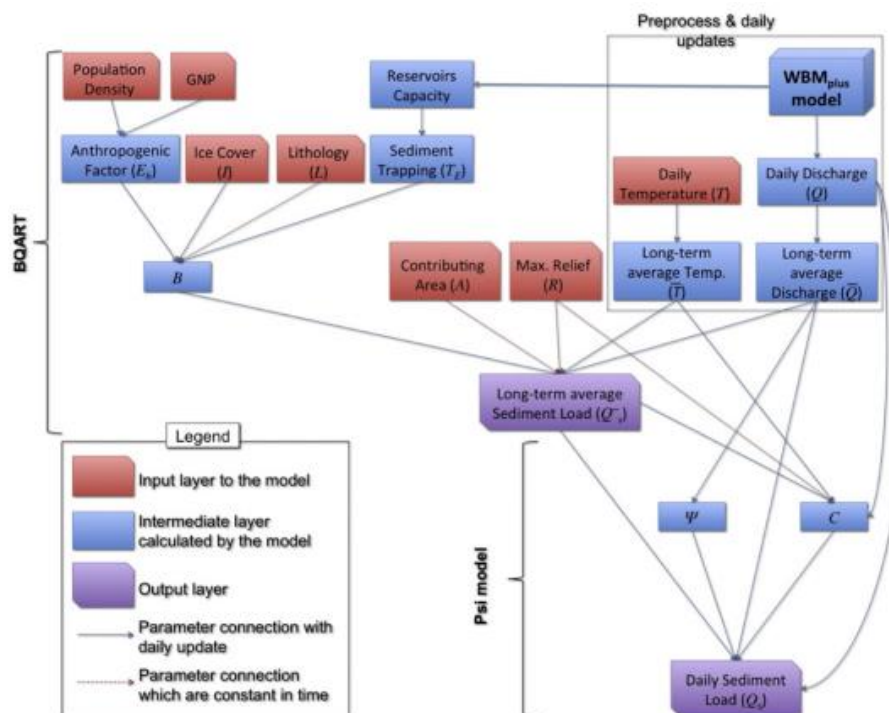
(LEES et al., 2016). O rio Tapajós e seus afluentes são foco de planos do Ministério dos Transportes, que pretende convertê-lo em hidrovía para transporte de soja do Mato Grosso até portos no rio Amazonas (COSTA,2021).

A bacia do Tapajós é um mosaico de áreas de preservação, incluindo as unidades de conservação e as terras indígenas, segundo Cavalcante et al. (2021) essa bacia possui nove unidades de conservação de proteção integral, vinte unidades de conservação de uso sustentável e trinta terras indígenas, ou seja, 40% da sua área corresponde a unidades de conservação e terras indígenas.

## 2.2 OBTENÇÃO E LEITURA DOS DADOS DO MODELO WBMSED

Para a análise foram utilizados dados do WBMsed que é um modelo robusto que simula todo o sistema fluvial global, prevendo fluxos de sedimentos suspensos e de fundo com base no modelo de balanço e transporte de água (COHEN, et al., 2011). Este modelo permite previsões de mudança de fluxo de material em suspensão dos principais rios continentais em resposta a mudanças nas condições ambientais. A Figura 2 detalha o funcionamento do modelo WBMsed.

**Figura 2 – Esquema do modelo WBMsed**

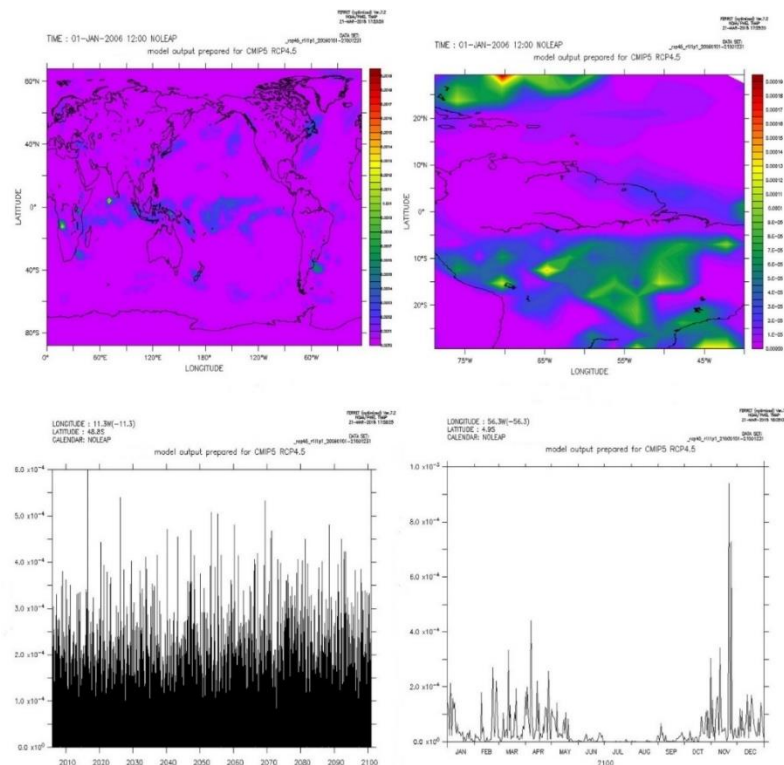


Fonte: Cohen et al. (2013).

O WBMsed simula e realiza projeções também para os cenários climáticos futuros RCP's (Representative Concentration Pathway) definidos pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) de 2006 a 2100. Para este trabalho, foram selecionados dois dos quatro cenários climáticos definidos pelo IPCC, sendo eles o RCP 4.5 e RCP 8.5. Ao determinar os cenários para a análise dos Pontos levou-se em consideração que, os cenários RCP 2.6 é o menos provável de ocorrer, enquanto o RCP 4.5 e 6.0 são cenários intermediários e desejados, ou seja, aqueles em que os países consigam controlar os níveis de emissões e o nível de CO<sub>2</sub> na atmosfera estabilize-se logo após 2100. Entretanto, o cenário RCP 8.5 é, reconhecidamente, o que possui mais chances de ocorrência (SCHARDONG et al., 2014).

Como os dados do modelo estão no formato de grade global (NetCDF), a ferramenta de análise de dados de grade FERRET (<http://www.ferret.noaa.gov/ferret>) foi usada e instalada no sistema operacional Linux Ubuntu 16.04 LTS. O software foi desenvolvido pelo Thermal Modeling and Analysis Program (TMAP) do Pacific Marine Environment Laboratory (PMEL/NOAA) em Seattle, EUA, para analisar os resultados de seus modelos numéricos globais e compará-los com dados de grade observacional. (OHUNAKIN et al., 2015). Na Figura 3 observa-se o manuseio dos dados obtidos no FERRET.

**Figura 3 -** Manuseio do software FERRET para a leitura de dados



Fonte: Autora, 2022.

## 2.3 ANÁLISE DE ÁREAS DE GARIMPO

No contexto amazônico as atividades de garimpagem têm aumentado drasticamente, e com elas os impactos negativos a bacia Amazônica Brasileira, por influenciar no desmatamento, nos riscos à saúde, violência, perda de culturas e identidades, irregularidade e ilegalidade dos produtos extraídos (RISSO, et al., 2021), além de outros aspectos negativos que acarretam sérios problemas para os povos que ali habitam em toda as suas especificidades.

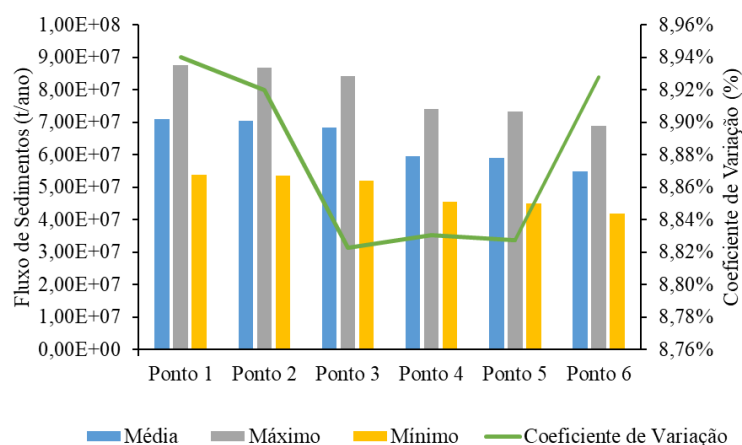
Conflitos territoriais vividos pelo povo Munduruku e os Sai Cinza situados nas cidades de Itaituba e Jacareacanga na bacia do rio Tapajós, em especial relacionado com o garimpo, são importantes exemplos de como atividades relativas ao modelo desenvolvimentista e neoextrativista desestruturam o cotidiano indígena nos territórios onde atuam (PORTO; ROCHA, 2022). Ao observar as intensas atividades garimpeiras dentro da BHRT, fez-se necessária a análise dessas áreas, espacial e quantitativa, para averiguar se o garimpo estaria possivelmente contribuindo com a demanda de sedimentos para o rio. A obtenção de dados para realizar a pesquisa foi possível através da plataforma do MapBiomass, Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e Agência Nacional de Mineração (ANM).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Observa-se que a Figura 4, tem-se uma pequena variação entre os valores de máximo e mínimo nos Pontos apresentados, sendo que o Ponto 1 teve a maior máxima e o Ponto 6 o menor fluxo de sedimentos.

**Figura 4 - Resultados estatísticos para cenário RCP's 4.5**

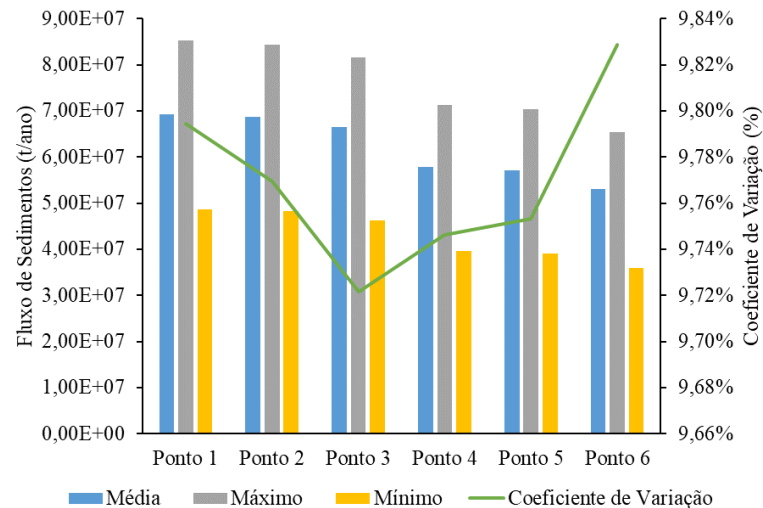


**Fonte:** Autora, 2022.

Ao analisar os fluxos de sedimentos para o cenário 4.5, representado na Figura 4, observa-se que as médias observadas foram, no Ponto 1 ( $7,10 \times 10^7$ t/ano), Ponto 2 ( $7,04 \times 10^7$ t/ano), Ponto 3 ( $6,82 \times 10^7$ t/ano), Ponto 4 ( $5,96 \times 10^7$ t/ano), Ponto 5 ( $5,89 \times 10^7$ t/ano) e Ponto 6 ( $5,47 \times 10^7$ t/ano). No Ponto 1 obteve-se a maior média, no entanto, o Ponto 6 ocorreu a menor média. A maior máxima foi calculada no Ponto 1 que se encontra mais a foz, que apresentou  $8,75 \times 10^7$ t/ano, já o Ponto 2 obteve-se cerca de  $8,69 \times 10^7$ t/ano, e o Ponto 3 com  $8,41 \times 10^7$ t/ano, os Pontos 4 e 5 obtiveram valores bem aproximados ( $7,39 \times 10^7$ t/ano), ( $7,32 \times 10^7$ t/ano) respectivamente, o Ponto 6 apresentou cerca de  $6,89 \times 10^7$ t/ano. Ao observar as mínimas percebe-se que o Ponto 1 ( $5,39 \times 10^7$ t/ano), Ponto 2 ( $5,35 \times 10^7$ t/ano) e Ponto 3 ( $5,20 \times 10^7$ t/ano), tem valores mais próximos e a partir do Ponto 4 esse valor diminui destacando o Ponto 6 que apresenta a menor mínima entre todos os Pontos analisados cerca de  $4,19 \times 10^7$ t/ano. Os Pontos 1, 2 e 3 apresentaram maiores concentrações de sedimentos, isto está atrelado ao fato de que estão localizados próximos ao rio Amazonas, corroborando com o resultado encontrado por Fassoni-Andrade e Paiva (2019) em seu estudo sobre o fluxo de sedimentos ao longo do rio Solimões-Amazonas, visto que quando em confluência com o rio Tapajós apresentou aumento no fluxo de seus sedimentos.

Considerando o coeficiente de variação os Pontos com menor variabilidade entre os dados foram 4 e 5 que apresentaram respectivamente o coeficiente de 8.83%. No Ponto 1 foi quando se teve a maior dispersão entre os valores com o coeficiente de variação de 8.94%. No estudo de Fagundes (2022) é citado que o fluxo de sedimentos da região amazônica irá diminuir em 16% e isso está diretamente relacionado a redução da precipitação que conforme Brêda et al. (2020) sofrerá uma redução em 27%. A Figura 5 apresenta os dados da série temporal para o cenário RCP's 8.5.

**Figura 5 - Resultados estatísticos para cenário RCP's 8.5**

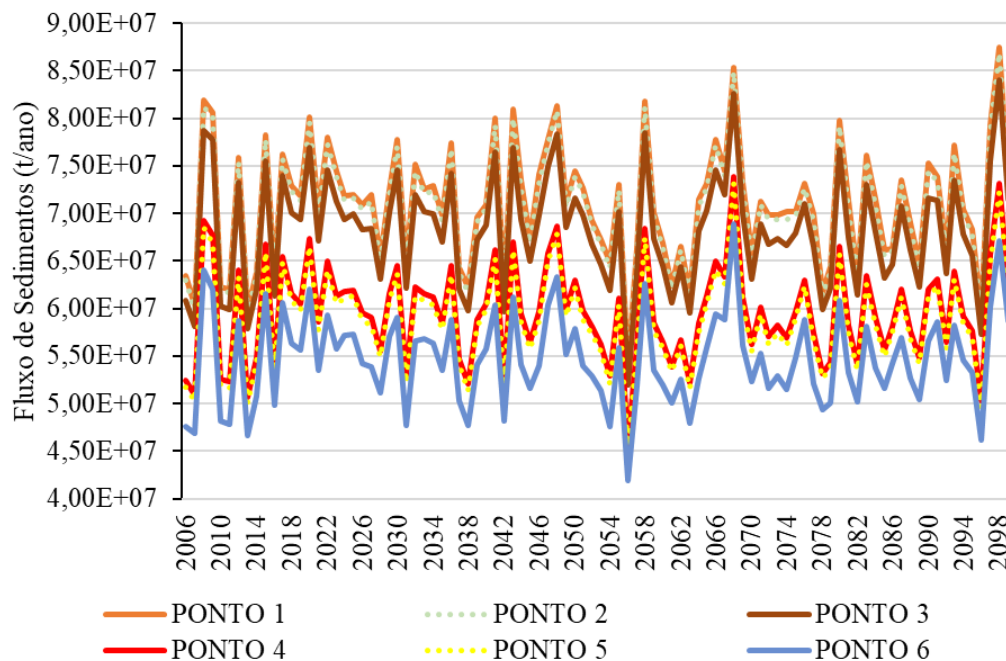


**Fonte:** Autora, 2022.

Observa-se na Figura 5 que as médias obtidas para o cenário 8.5 foram menores em relação ao cenário 4.5, o Ponto 1 apresentou a maior média que foi de  $6,93 \times 10^7$  t/ano, os Pontos 2 e 3 obtiveram ( $6,87 \times 10^7$  t/ano e  $6,65 \times 10^7$  t/ano), para os Pontos 4, 5, e 6 houve uma mudança, com valores inferiores aos demais, como  $5,79 \times 10^7$  t/ano,  $5,71 \times 10^7$  t/ano e  $5,30 \times 10^7$  t/ano. No entanto, a maior máxima se estabeleceu no Ponto 1 com  $8,52 \times 10^7$  t/ano, enquanto o Ponto 6 teve a menor máxima estimada em ( $6,54 \times 10^7$  t/ano), os Pontos 2 e 3 ( $8,44 \times 10^7$  t/ano,  $8,15 \times 10^7$  t/ano) tiveram valores aproximados, assim como os Pontos 4 e 5 ( $7,13 \times 10^7$  t/ano,  $7,03 \times 10^7$  t/ano). O Ponto com menor variabilidade entre os dados foi o Ponto 3 com 9,72% e com a maior variação o Ponto 6 que apresentou aproximadamente 9,83%. Com base nos valores obtidos, entende-se que o coeficiente de variação está dentro da normalidade, visto que com base em Oliveira e Camelo (2019) quando for menor ou igual a 15% é considerado baixa dispersão, logo os dados são considerados homogêneos.

Observa-se nas Figuras 6 e 7, a variação dos sedimentos no rio Tapajós e que essa variação ao longo do século, pode estar ligada as mudanças climáticas que cada vez mais intensifica, devido aos impactos negativos provenientes da ação antrópica, logo, faz-se necessário o estudo desses impactos, juntamente com a projeção desse fluxo de sedimentos que pode auxiliar em ações mitigadoras para que não haja danos severos a comunidade e ao ecossistema presente nessa região (MONTANHER; NOVO; SOUZA FILHO, 2018).

**Figura 6 -** Variação dos fluxos de sedimento para RCP's 4.5



**Fonte:** Autora, 2022.

Com base na série histórica de 94 anos, observou-se que para a bacia do rio Tapajós a variação da média do fluxo de sedimentos anual para os cenários 4.5 e 8.5, (Figuras 6 e 7) foram de  $3,83 \times 10^8$  t/ano e  $3,72 \times 10^8$ , respectivamente. Ao comparar as médias do fluxo para os dois cenários, percebe-se que as diferenças foram pequenas, aproximadamente de 2,96%.

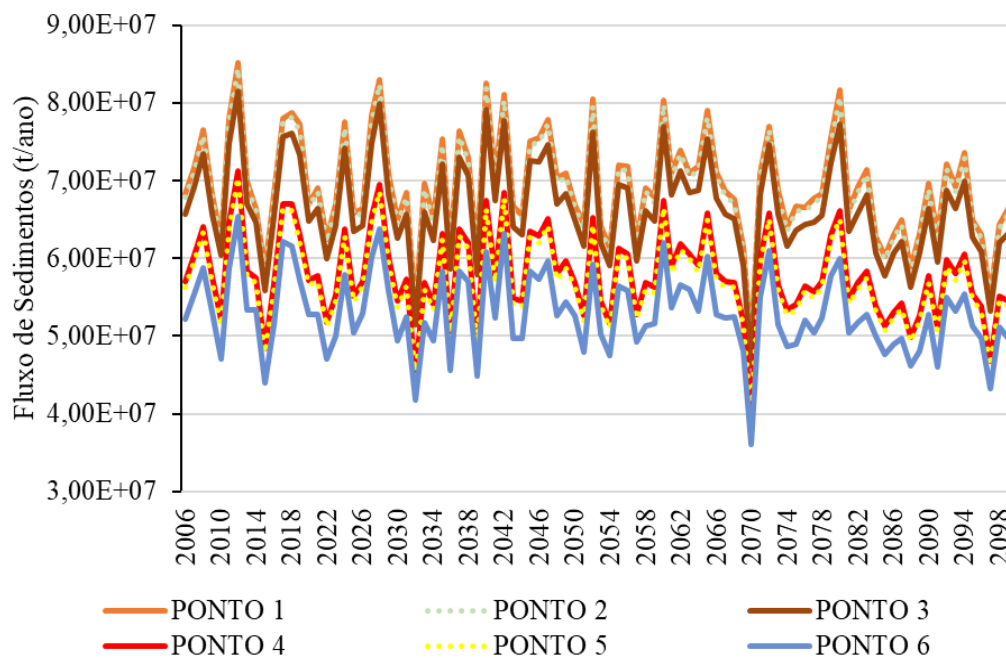
Ao analisar os resultados por décadas apresenta-se os seguintes resultados, entre os anos de 2006 e 2013 as máximas se mantiveram constantes em todos os Pontos durante o período de 2008, já a mínima também se manteve constante em todos os Pontos no ano de 2013, ao comparar esse mesmo período para o cenário 8.5, observa-se que no ano de 2012 ocorreram as máximas em todos os Pontos e as mínimas no ano de 2015. Nos períodos de 2036 a 2045 ocorreu uma variação na série, onde as mínimas se apresentaram em dois períodos diferentes, no Ponto 1, 2 e 3 se mantiveram no ano de 2038, já nos Pontos 4, 5, e 6 ocorreram em 2042 o mesmo se repetiu entre o período de 2066 a 2075, no entanto, a série só alternou no Ponto 6 onde ocorreu no ano de 2074, os demais anos apresentaram as mínimas em 2070, neste mesmo período no cenário 8.5 ocorram as menores mínimas de toda a série histórica, assim como aponta a Figura 7.

Ao analisar a série foi importante observar que os Pontos 1, 2 e 3 obtiveram suas maiores máximas no ano de 2098, já os Pontos 4, 5 e 6 tiveram sua maior máxima no ano de 2068, o Ponto 1 possui a maior máxima ( $8,75 \times 10^7$  t/ano) no cenário 4.5, no entanto, para o cenário 8.5 as maiores máximas ocorreram todas no ano de 2012, com ênfase para o Ponto 1 que teve a

maior máxima entre os Pontos ( $6,93 \times 10^7$  t/ano). Ente 2054 a 2056 em todos os Pontos ocorreram o menor fluxo de sedimentos, como demonstra a Figura 7, assim obtendo uma mínima total de  $6,36 \times 10^8$  t/ano, o mesmo ocorre no cenário 8.5, porém em anos diferentes, a variação ocorreu em 2070 com a mínima total de  $2,88 \times 10^8$  t/ano.

Percebe-se um aumento na média de sedimentos do rio, no sentido mais a montante até a foz, onde observa-se a maior concentração de sedimentos. Nessa região está localizado Alter do chão, que em 2009 foi eleita a praia de água doce mais bonita do mundo, ficando popularmente conhecida como “Caribe Brasileiro” (SILVA, 2018). Isso gera uma preocupação no grande acúmulo de sedimentos neste Ponto, principalmente do Ponto de vista turístico, pois atrai uma população flutuante em altas temporadas e que possivelmente estará vulnerável a possíveis efeitos negativos e passivos ambientais.

**Figura 7-** Variação dos fluxos de sedimento para RCP's 8.5



**Fonte:** Autora, 2022.

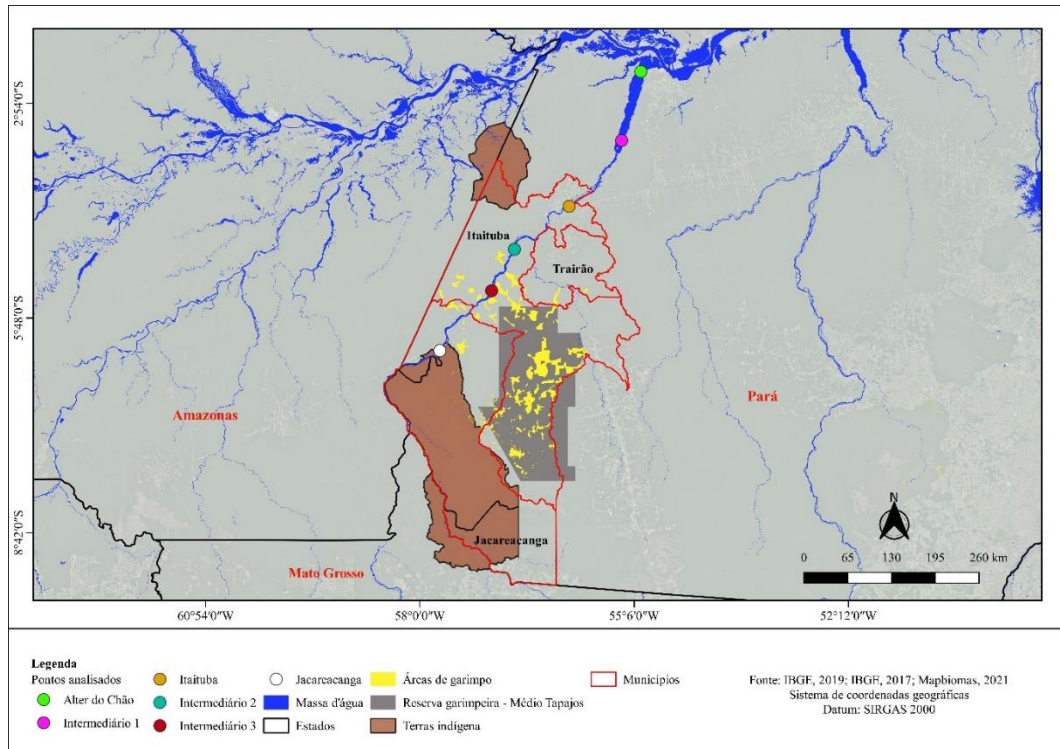
Ao analisar as projeções dos gráficos, apresentadas nas Figuras 6 e 7, para os dois cenários notasse que a uma inconsistência entre eles, esperava-se que houvesse um crescimento dos sedimentos para o cenário pessimista (8.5), no entanto, esse aumento ocorreu no cenário otimista (4.5). Os valores entre os cenários foram relativamente próximos e a diferença principal ocorreram entre os Pontos do rio Tapajós e não necessariamente entre os cenários.

Os trabalhos de Yang et al. (2003) mostraram estimativas globais das taxas de erosão considerando mudanças climáticas. Eles estimaram que a taxa de erosão na América do Sul aumentaria de 1980 (8,5 t/ha.ano) para 2090 (10,3 t/ha.ano). Para a bacia Amazônica os autores estimaram, para o mesmo período, um aumento de 24% da taxa de erosão, no entanto, Yang et al. (2003) utiliza dados muito antigos e só avalia mudanças na erosão do solo e não nas outras componentes dos fluxos de sedimentos. Contudo, em um trabalho mais recente utilizando o modelo global WBMsed, Dunn et al. (2019) consideraram quatro projeções de mudanças climáticas, com dados mais atualizados (CMIP5) e estimaram que na bacia Amazônica haveria uma redução de 10% nas descargas de sedimentos comparando o período de 1990-2019 com o período de 2070-2099. As conclusões de Dunn et al. (2019) são mais próximas daquelas encontradas por Brêda et al. (2020), que indicam uma redução das precipitações na maior parte da bacia Amazônica, mostrando que com a diminuição da precipitação para os cenários futuros, haverá também uma redução nos sedimentos, ambos os estudos indicam que o impacto será superior a 29%. Além disso, as alterações no transporte de sedimentos estão associadas às mudanças que poderão ocorrer no transporte de nutrientes, que tem sido uma fonte de grande importância nos rios amazônicos para a manutenção da biodiversidade aquática e o sustento de comunidades tradicionais (HEILPERN et al., 2021).

### 3.2 ÁREAS DE GARIMPO

No país, foram detectadas áreas de garimpo em 232 municípios, dentre os dez municípios com maior área de garimpo no Brasil nove estão no estado do Pará e dois desses municípios dentro da bacia do Rio Tapajós. Novamente, Itaituba com cerca de 44,890 ha liderando ranking e em segundo Jacareacanga com 9.450 ha (MAPBIOMAS 2022, coleção 7). Nestes municípios a prática do garimpo ilegal é comum, e informalmente, sua maior fonte de renda, o que implica diretamente no meio ambiente e em problemas socioeconômicos (MONTE et al., 2021). Segundo um levantamento realizado por Cavalcante et al. (2021), a bacia do rio Tapajós possui um alto número de usinas hidrelétricas (UHEs) a serem implementadas na região. Essas UHEs aliadas ao garimpo causam impactos negativos as águas dessa bacia, visto que o mercúrio utilizado por essas atividades mineradoras quando aliada ao barramento dos rios pode ocasionar o acúmulo de mercúrio no corpo hídrico, propiciando a metilação (ARRIFANO et al., 2018). As cidades supracitadas também têm dentro dos seus limites a presença de reservas indígenas como mostra a Figura 8.

**Figura 8** – Mapa das áreas de garimpo localizadas na BHRT



**Fonte:** Autora, 2022.

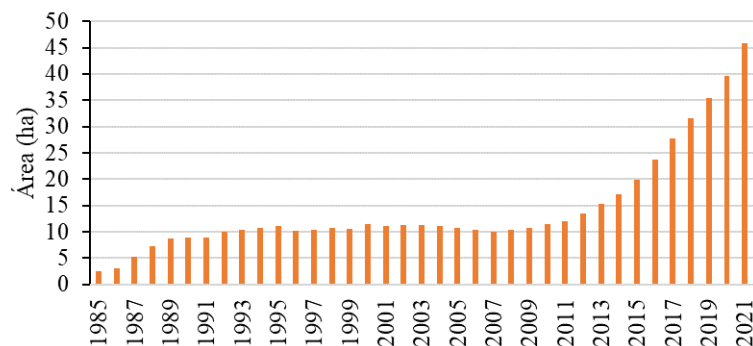
A Figura 8 apresenta os municípios que estão inseridos a bacia do rio Tapajós e as áreas de garimpo presentes na mesma. Percebe-se que o município que possui maior área de garimpo é Itaituba, onde está localizado os Pontos (intermediário 2, intermediário 3), sofrendo influência direta da atividade de garimpo, logo o fluxo de sedimentos nestes Pontos tende a ser maiores. Segundo a Agência Nacional de Mineração (ANM), o garimpo é considerado uma atividade econômica ilegal, quando é realizado em áreas que passam de 50 hectares ou em Terras Indígenas (CUNHA; EARP, 2022). O garimpo ilegal tanto em Montanha e Mangabal quanto nos territórios Munduruku procede de forma descontrolada com o uso de maquinários industriais, estudos realizados por Oliveira (2015) dizem que a utilização de dragas escariante causam turbulência no fundo do rio, podendo ocasionar estresses à fauna aquática e alterar as condições físicas do curso d'água. Para o manuseio correto do bico-de-jato, deveria ser primeiramente removido o solo orgânico para posterior recomposição da área degradada, entretanto, muitas vezes isso não é realizado e esse tipo de lavra pode ocasionar transporte de sedimentos aos rios alterando as condições físico-químicas dos recursos hídricos.

A bacia do rio Tapajós possui inúmeras áreas de garimpo, como exemplo nos municípios de Jacareacanga e Itaituba que possuem garimpos em seu território, os rejeitos que são produzidos nessas atividades, possivelmente serão carreados para o corpo hídrico, ocasionando impactos negativos, como o assoreamento dos rios e poluição da água, além da

contaminação por mercúrio tanto nas espécies quanto na água desta bacia (LINO et al., 2019; NUNES, 2022). Como demonstrado nas Figuras 4 e 5, observa-se que ao decorrer do rio o fluxo de sedimentos ganha volume entre os Pontos analisados, essa diferença fica evidente quando a máxima no Ponto 6 é bem menor que no Ponto 1, podendo ter relação direta com a prática do garimpo nestas localidades.

Segundo o MapBiomias (coleção 7) as áreas de garimpos na bacia do Rio Tapajós, (Figura 9) saltou de 11.403 ha em 2010 para 45.893 ha em 2021, uma expansão de 34.9 hectares. A série de 37 anos (1985-2021) mostra um crescimento interrompido, contudo, o levantamento também apontou que a expansão foi mais intensa nos territórios indígenas e unidades de conservação.

**Figura 9 - Áreas de garimpo na BHRT**



**Fonte:** Elaborado a partir do MapBiomias - Coleção 7 (2022).

Na Figura 9 observa-se que a partir do ano de 2012 houve um crescimento acelerado nas áreas de garimpo, segundo dados observados pelo MapBiomias, isto pode estar ligado a publicação do novo código florestal e sua flexibilização no que compete a preservação e recuperação de áreas desmatadas e a construção de novas estradas (PEREIRA et al., 2021; OLIVEIRA, 2015). As atividades de garimpos são conhecidas por possuírem uma alta produção de resíduos e sedimentos que são descartados em áreas inapropriadas causando diversos impactos ao meio ambiente. Rosa e Weihs (2021) destacam em seu estudo que os métodos utilizados nessas atividades afetam a qualidade da água para consumo e que os fatores ligados a essa problemática são os sedimentos produzidos em alta quantidade, como a areia fina, que acabam por ser transportados até aos corpos d'águas, acarretando a má qualidade da água e assoreamento dos rios. Diniz (2022) diz em seu estudo sobre o fluxo de sedimentos na

bacia do rio Negro, que o garimpo em território Yanomami pode ser o maior contribuinte para o aumento dos sedimentos em Serrinha, ocasionando diversas problemáticas no corpo hídrico.

Levantamento feito pelo InfoAmazonia (2021) revelam que a poluição das minas de ouro na bacia do Tapajós já se estende por centenas de quilômetros. A montante de Jacareacanga as águas são bem turvas, A partir deste Ponto, sucessivos afluentes levam ao Rio Tapajós os sedimentos amarelo-brilhante dos garimpos. O estudo também retrata um ocorrido em janeiro de 2022, quando as claras águas de Alter do Chão deram espaço para um tom barrento, logo, foi levantada a hipótese de a mudança estar relacionada à atividade garimpeira. Embora não existam estudos aprofundados que comprovem a atual ligação entre a mudança de cor do rio e a mineração, a hipótese levantada pelas populações tradicionais que vivem às margens do Tapajós é válida. Que a cor do rio tem mudado é fato, falta provar a causa dessa mudança. A prática do garimpo e o desmatamento têm um papel importante, pois são dois potenciais poluidores do meio ambiente. Esse cenário demonstra a necessidade de voltar o olhar para a região Amazônica que é rica em biodiversidade.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos através das simulações feitas pelo modelo WBMsed, a partir da análise dos seis Pontos empregados em dois cenários climáticos (RCP's 4.5 e RCP's 8.5), de modo em geral causou-nos um certo impacto, pois, esperava-se que houvesse um crescimento dos sedimentos para o cenário pessimista (8.5), no entanto, esse aumento ocorreu no cenário otimista (4.5), o que demonstra que o impacto antrópico pontual nesses locais tem muito mais impactos a curto prazo do que as mudanças climáticas globais (mais robustas e a longo prazo).

Um Ponto importante que chama atenção ao longo desta pesquisa é a atividade garimpeira, que se apresentou de forma acentuada na região da BHRT, trazendo danos significativos para o meio ambiente e conseqüentemente para população. Com isso, pode-se inferir que de tal modo, estas mudanças podem agir como um catalisador para os impactos ambientais que já ocorrem na região, seja por acúmulo de sedimento, mas principalmente, questões sociais e econômicas.

#### **AGRADECIMENTOS**

A autora e seu orientador agradecem ao professor Sagy Cohen e sua aluna de doutorado Nishani Moragoda, da Universidade do Alabama (EUA), pela atenção, esclarecimentos e disponibilidade referentes aos dados simulados para cenários futuros da grade global do modelo WBMsed.

## REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALVARES, C. A. et al. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARRIFANO, G. P. F.; MARTÍN-DOIMEADIOS, R. C. R.; JIMÉNEZ-MORENO, M.; RAMÍREZ-MATEOS, V.; SILVA, N. F. S. da; SOUZA-MONTEIRO, J. R.; AUGUSTO-OLIVEIRA, Marcus; PARAENSE, R. S. O.; MACCHI, B. M.; NASCIMENTO, J. L. M. do. Large-scale projects in the amazon and human exposure to mercury: the case-study of the tucuruí dam. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 147, p. 299-305, jan. 2018. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.048>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas (ANA). **Aproveitamento do potencial hidráulico para geração de energia. Cadernos de Recursos Hídricos**. Brasília: ANA, 2005, 92p

BRÊDA, J. P. L. F.; PAIVA, R. C. D. de; COLLISCHON, W.; BRAVO, J. M.; SIQUEIRA, V. A.; STEINKE, E. B. Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. **Climatic Change**, [S.L.], v. 159, n. 4, p. 503-522, 30 jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-020-02667-9>.

CARVALHO, I. C. D. H. **Análise de recorrências de eventos de desastres naturais com base no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e séries históricas de precipitação no Brasil: uma contribuição metodológica**. 2018.

Como sedimentos do garimpo poluem o rio Tapajós. **InfoAmazonia.org**, 08 abr. 2021. Disponível em: <https://infoamazonia.org/storymap/como-sedimentos-do-garimpo-poluem-o-rio-tapajos/>. Acesso em: 5 dez. 2022.

COSTA, C. E. A. S; BLANCO, C. J. C; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F. Impact of climate change in the flow regimes of the Upper and Middle Amazon River. **Climatic Change**, v. 166, n. 3, p. 1-22, 2021.

COHEN, S; KETTNER, A. J.; SYVITSKI, J. P.; FEKETE, B. Global riverine sediment flux predictions, the WBMsed v2. 0 model. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**. 2011. p. EP21A-0661.

COHEN, S.; KETTNER, A. J.; SYVITSKI, J. P. M.; FEKETE, B. M. WBMsed, a distributed global-scale riverine sediment flux model: model description and validation. **Computers & Geosciences**, [S.L.], v. 53, p. 80-93, abr. 2013. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2011.08.011>

CUNHA, A. M. B. M. da; EARP, M. V. de S. O setor mineral brasileiro e o impacto socioambiental causado pela exploração ilegal dos recursos minerais. Série Estudos e Documentos; 110. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2624/1/SED-110.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

DINIZ, N. P. **FLUXO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO NEGRO, AMAZONAS, BRASIL**. 2022. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em

Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: [https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/9128/5/Dissertacao\\_NayaraDiniz\\_PPGGEO.pdf](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/9128/5/Dissertacao_NayaraDiniz_PPGGEO.pdf). Acesso em: 01 dez. 2022.

DUNN, F. e; DARBY, S. e; NICHOLLS, R. J.; COHEN, S.; ZARFL, C.; FEKETE, B. M. Projections of declining fluvial sediment delivery to major delta's worldwide in response to climate change and anthropogenic stress. **Environmental Research Letters**, [S.L.], v. 14, n. 8, 1 ago. 2019. IOP Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ab304e>.

FAGUNDES, H. de O. **SIMULAÇÃO DOS FLUXOS DE SEDIMENTOS NA AMÉRICA DO SUL**. 2022. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/239283/001141716.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 dez. 2022.

FASSONI-ANDRADE, A. C.; PAIVA, R. C. D. de. Mapping spatial-temporal sediment dynamics of river-floodplains in the Amazon. **Remote Sensing of Environment**, [S.L.], v. 221, p. 94-107, fev. 2019. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.038>.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L. Fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. **Revista Brasileira de Geologia**, v. 41, n. 4, p. 566-576, 2011. Sociedade Brasileira de Geologia. DOI: <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.2011414566576>.

GUERRA, B. B. et al. Extração Mineral Ilegal e Permissão de Lavra Garimpeira: **Uma discussão sobre a Legalidade dos Garimpos**. 2022.

HEILPERN, S. A.; DEFRIES, R.; FIORELLA, K.; FLECKER, A.; SETHI, S. A.; URIARTE, M.; NAEEM, S. Declining diversity of wild-caught species puts dietary nutrient supplies at risk. **Science Advances**, [S.L.], v. 7, n. 22, p. 1-1, 28 maio 2021. American Association for the Advancement of Science (AAAS). DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.abf9967>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2010**. Resultados gerais da amostra. Acesso em: 11 de dez. 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000008473104122012315727483985.pdf>

LEES, A. C.; PERES, C. A.; FEARNSIDE, P. M.; SCHNEIDER, M.; ZUANON, J. A. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 25, n. 3, p. 451-466, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1072-3>.

LINO, A. S.; KASPER, D.; GUIDA, Y.s.; THOMAZ, J.R.; MALM, O. Total and methyl mercury distribution in water, sediment, plankton and fish along the Tapajós River basin in the Brazilian Amazon. **Chemosphere**, [S.L.], v. 235, p. 690-700, Nov. 2019. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.212>.

MEECH, J. A.; VEIGA, M. M.; TROMANS, D. Emission and Stability of Mercury in the Amazon. **Canadian Metallurgical Quarterly**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 231-239, out. 1997. Informa UK Limited. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/cmqr.1997.36.4.231>.

MONTE, C. DO N.; RODRIGUES, A. P. DE C.; MACEDO, S.; RÉGIS, C.; SALDANHA, E. C.; RIBEIRO, A. C.; MACHADO, W. A influência antrópica na qualidade da água do rio Tapajós, na cidade de Santarém-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 06, p. 3695-3710, 2021.

MONTANHER, O. C.; NOVO, E. M. L. de M.; SOUZA FILHO, E. E. de. Temporal trend of the suspended sediment transport of the Amazon River (1984–2016). **Hydrological Sciences Journal**, [S.L.], v. 63, n. 13-14, p. 1901-1912, 26 out. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2018.1546387>.

NUNES, C. B. **CONHECIMENTO DE PESCADORES SOBRE MUDANÇAS AMBIENTAIS NA ÁGUA E NO PULSO DE INUNDAÇÃO DOS RIOS TAPAJÓS E TOCANTINS, AMAZÔNIA BRASILEIRA**. 2022. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/251609/001152793.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 dez 2022.

OHUNAKIN, O. S.; ADARAMOLA, M. S.; OYEWOLA, O. M.; MATTHEW, O. J.; FAGBENLE, R. O. The effect of climate change on solar radiation in Nigeria. **Solar Energy**, [S.L.], v. 116, p. 272-286, jun. 2015. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2015.03.027>.

OLIVEIRA, M. V. G.; CAMELO, G. L. P. INDICADORES AMBIENTAIS PARA O INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Holos**, [S.L.], v. 8, p. 1-15, 24 dez. 2019. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). DOI: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2019.9205>.

OLIVEIRA, D. P. de O. Atividade garimpeira na região do Tapajós (PA): o caso na Flona do Amana. 2018.

PEREIRA, M.; CAMPO, G.; KOBIYAMA, M.; CASTRO, N. Regionalização com geometria hidráulica e fractal: estudo de caso com hidrograma unitário instantâneo geomorfológico. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 347-359, 1 abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p347-359>.

PEREIRA, O. A. V.; CAETANO, J. A.; ANACLETO, J. V. da S.; FERRAZ, P. M. POLÍTICAS AMBIENTAIS DO GOVERNO FEDERAL E SUA RELAÇÃO COM O BIOMA AMAZÔNICO. **Revista Mediação**, n. 11, 2021. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/mediacao/article/view/5467>. Acesso em: 20 dez. 2022.

PORTO, M. F. de S.; ROCHA, D. Neoextrativismo, garimpo e vulnerabilização dos povos indígenas como expressão de um colonialismo persistente no Brasil. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 487-500, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-1104202213317>.

PROJETO MAPBIOMAS. **7ª Coleção da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/produtos>. Acesso em: 06 nov. 2022.

RISSO, M. et al. **O ouro ilegal que mina florestas e vidas na Amazônia:** uma visão geral da mineração irregular e seus impactos nas populações indígenas. Instituto Igarapé, artigo estratégico 53. 2021.

ROSA, P.; WHEIHS, M.; Devastação Ambiental e Riscos à Saúde: O doloroso Legado do Garimpo de Ouro a Agricultores Familiares da Amazônia Mato-Grossense. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 10, n. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2021v10i2.p66-80>.

SANTOS, R. P. Os principais fatores do desmatamento na Amazônia (2002-2007) – uma análise econométrica e espacial. 2010. 129 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável - Universidade de Brasília, Brasília. 2010.

SCHARDONG, A.; SIMONOVIC, S. P.; GARCIA, J. I. B. O possível efeito de mudanças climáticas e suas incertezas sobre aflúências em sistemas de recursos hídricos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 11, n. 2, p. 53-65, 2014.

SILVA, S. M. S. da. **Turismo, sustentabilidade e capital social em uma vila amazônica: o caso de Alter do Chão (Santarém, Pará, Brasil)**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará.

SOUSA, E. S. de; SANTOS, V. C. dos; COSTA, C. E. A. de S. Influência de fenômenos climáticos sobre o regime de vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. **Holos Environment**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 18-30, 23 abr. 2022. Lepidus Tecnologia. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v22i1.12464>.

SOUZA, L. C. D.; CARVALHO, M. A. C. DE; CORRÊA, B. DA S.; SILVA, M. P. DA. Consequências da atividade garimpeira nas margens do Rio Peixoto de Azevedo no perímetro urbano do município de Peixoto de Azevedo – MT. **REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA**, Volume 8 - Número 2 - 2º Semestre, p. 220-231, 2008.

VILLELA, R.; BUENO, R. S. A expansão do desmatamento no Estado do Pará: população, dinâmicas territoriais e escalas de análise. **VII Congresso de la Asociación Latino-Americana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Foz do Iguaçu. 2016.

## ANEXO I – Revista Ciência e Natura (Qualis B4 – Engenharias I)

The screenshot displays the website for the journal 'Ciência e Natura'. The browser address bar shows 'periodicos.ufsm.br/cienciaenatura'. The page features a blue header with the journal title and navigation links: 'Current', 'Archives', 'Announcements', 'About', 'Documents', and 'Policies'. A search bar is located in the top right corner.

Two article listings are visible:

- Uma estimativa do futuro sistema elétrico no Brasil** (2022-11-30). This article is by Diego Dorneles Goulart and Mauricio Sperandio. A 'Read More' link is provided.
- O artigo intitulado "Das premissas metodológicas e conceituais da ética furtadiana aos desafios morais de um projeto estruturalista" foi publicado na revista "Economia e Desenvolvimento", v. 33, 2021.** (2022-11-30).
- Potencializando o processo ensino-aprendizagem nas aulas da disciplina de Mecânica Estatística** (2022-11-30).

The 'Current Issue' section indicates 'Vol. 44 (2022): Continuous Publication' and shows a cover image of the journal. The publication date is listed as 'Published: 2022-03-04'.

On the right side, the page is 'Owned and Managed by UFSM'. There is a 'Make a Submission' button and a 'Language' dropdown menu with options for 'English' and 'Português (Brasil)'. An 'Announcements' section lists three items, each with a small icon and the number '1.0'.