

## Balanço hidrossedimentológico na região de confluência entre os rios Beni e Mamoré.

Bras Severo, E. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM) ; Ribeiro Marinho, R. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM) ; Pantoja Filizola Junior, N. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM) ; Martinez, J.M. (INSTITUTE OF RESEARCH FOR DEVELOPMENT - IRD) ; Silveira de Queiroz, M. (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM)

### RESUMO

O presente artigo analisou a dinâmica hidrossedimentológica da região de confluência entre os rios Beni e Mamoré que formam o Rio Madeira no Brasil, no trecho de montante da Usina Hidroelétrica de Jirau (RO). Foram utilizados dados de vazão e concentração de sedimentos suspensos coletados em 13 campanhas de campo. Os resultados indicam redução da velocidade média do fluxo d'água na seção amostral mais próxima a barragem e do aporte de sedimentos oriundos dos rios Beni e Mamoré. No trecho de 230 km analisado estimou-se redução de  $1.07 \times 10^5$  ton.dia<sup>-1</sup>, o que corresponde a retenção de 13% do sedimento oriundo de rios que forma o rio Madeira. Os rios Beni e Mamoré aportam para o rio Madeira cerca de  $7.96 \times 10^5$  ton.dia<sup>-1</sup> de sedimentos. Nesta região não há afluente com vazão significativa para diluição da concentração de sedimento suspenso, o que indica um hidrossistema complexo e sob influência de forçantes naturais e humanos.

### PALAVRAS CHAVES

*Rio Madeira; Grandes Rios; Sedimentos Suspenso; Variabilidade; Amazônia*

### ABSTRACT

This article analyzed the hydro-sedimentological dynamics of the confluence region between the Beni and Mamoré rivers that form the Madeira River in Brazil, upstream from the Jirau Hydroelectric Power Plant (Rondônia State). Waterflow and suspended sediment concentration data collected in 13 field campaigns were used. The results indicate a reduction in the average waterflow velocity in the sample section closest to the dam and the sediment input from the Beni and Mamoré rivers. In the 230 km analyzed reach, a reduction of  $1.07 \times 10^5$  ton.day<sup>-1</sup>, was estimated, which corresponds to the retention of 13% of the sediment from the rivers that form the Madeira River. The Beni and Mamoré rivers contribute approximately  $7.96 \times 10^5$  ton.day<sup>-1</sup> of sediment to the Madeira River. In this region, there are no significant inflows to dilute the concentration of suspended sediment, indicating a complex hydro system under the influence of natural and human forcing.

### INTRODUÇÃO

A bacia amazônica concentra quatro dos dez maiores rios do mundo em vazão, incluindo os rios Negro, Madeira e Japurá como afluentes do canal principal (LATRUBESSE et al. 2005). O Rio Madeira é o segundo maior contribuinte de volume d'água, com 32.000 m<sup>3</sup>/s (BERNINI et al., 2016; LATRUBESSE et al. 2005), e o principal fornecedor de sedimentos, com  $450 \times 10^6$  toneladas por ano (~50%) para o Rio Amazonas (LATRUBESSE et al. 2005; RIVERA et al. 2019). Com área de drenagem de aproximadamente 1,4 milhões de km<sup>2</sup>, essa bacia representa cerca de 23% da área total da bacia Amazônica (MUNIZ, 2013). A hidrovia do rio Madeira é uma das principais do Brasil, pois seu curso fluvial é totalmente navegável e contribui para a integração do comércio entre as regiões Norte e Centro-Oeste, impulsionando a economia regional (GOMES et al. 2019). Compreender o papel dos sedimentos transportados é crucial para a bacia Amazônica, uma vez que rios com altas cargas de sedimentos apresentam taxas anuais de migração de canais mais elevadas do que aqueles com cargas mais baixas (CONSTANTINE et al. 2014), resultando na formação de canais meandantes. Esse processo pode levar a alterações rápidas no padrão do canal, aumentando a sinuosidade e/ou gerando meandros abandonados, além de causar o assoreamento de trechos do canal. Os sedimentos suspensos são originados da fragmentação das rochas por processos físicos ou químicos e são transportados pela água ou pelo vento desde sua origem até os rios e locais de deposição

(CARVALHO, 1994). Eles desempenham um papel importante, pois contêm nutrientes essenciais para as várzeas amazônicas, incluindo diversos minerais presentes em forma dissolvida ou particulada. No entanto, o aumento na quantidade de sedimentos transportados pode contaminar o rio e as populações ribeirinhas, além de reduzir a fertilidade dos solos das várzeas e impedir a formação de barras e praias, o que pode resultar em mudanças climáticas locais (CONSTANTINE et al., 2014). Ao longo dos anos, atividades de diferentes tipos de uso do solo na bacia do rio Madeira têm causado uma série de intervenções, cujos impactos ainda precisam ser mais bem compreendidos. Essas atividades incluem a construção de duas hidrelétricas importantes no contexto nacional (Santo Antônio e Jirau), mudanças no uso e cobertura do solo associadas principalmente à agricultura, pecuária e garimpo ilegal. Estudos recentes (RIVERA et al, 2019, 2021; BERNINI et al, 2016 e SEVERO 2019) observaram uma redução no aporte de sedimento do rio Madeira no alto e baixo curso, indicando que há uma variabilidade sedimentar presente neste canal fluvial, classificado com alto grau de irregularidade hidrológica por Filizola e Guyot (2011). Segundo Adamy (2016), a implantação das UHE de Jirau e Santo Antônio, cujo barramento coincidiu com a incidência da maior inundação do rio Madeira, gerou questões inquietantes para a população relacionadas a uma eventual contribuição das usinas na elevação do nível das águas do rio, visto que a construção de uma barragem implica em modificações nas condições naturais do curso d'água, afetando a velocidade da corrente e, conseqüentemente a capacidade de transporte de sedimentos pelo rio (BERNINI et al. 2016). Latrubesse et al. (2017) que desenvolveram um índice de medida de vulnerabilidade de grandes rios a barragens (DEVI) objetivando quantificar esses impactos, visto que a construção das mesmas, geram conseqüências ambientais irreversíveis, na qual destacam a bacia do rio Madeira com alta vulnerabilidade. De acordo com Filizola e Guyot (2011) esta bacia possui alto índice de irregularidade no transporte de sedimentos bem como para sua vazão. Neste contexto o presente artigo tem como objetivo analisar a dinâmica hidrossedimentológica na região de confluência dos rios Beni e Mamoré, que compõe o rio Madeira na fronteira Brasil-Bolívia, utilizando dados de vazão e concentração de sedimentos suspenso coletado em campo

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A bacia do rio Madeira envolve a Bolívia, Brasil e Peru. No Brasil, os estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso (MUNIZ, 2013). O rio Madeira é denominado pela confluência entre os rios Beni e Mamoré na fronteira do Brasil com a Bolívia. Possui precipitação que varia entre 1.650 e 3.050 mm (GOMES et al. 2019) e um regime fluvial com períodos hidrológicos bem definidos, com enchente de outubro a fevereiro, cheia de março a abril e vazante entre maio a setembro (BERNINI et al, 2016). De acordo com Sioli (1984) os tipos de águas dos rios Amazônicos podem ser classificados em função de suas características físicas e químicas com base em sua cor, o rio Madeira é classificado de águas brancas, assim como os rios Solimões, Juruá e Purus, visto que possuem quantidade significativa de sedimento suspenso e origem Andina. Este canal fluvial transporta grande quantidade de material suspenso para o rio Amazonas. Segundo Latrubesse et al. (2005), é um canal que flui por terrenos mistos desde o seu alto ao baixo curso, possuindo um padrão de canal do tipo anabranching que possui múltiplos canais separados por ilhas fluviais e alta carga sedimentar. A bacia do rio Madeira contribui com cerca de 50% do total da carga de sedimentos suspensos transportados pelo rio Amazonas observado em Óbidos, com valores estimados entre 248 a 600 milhões de toneladas por ano pelo rio Amazonas naquela estação. Entretanto, essa carga sedimentar não é totalmente transferida para o oceano, sendo depositada parcialmente nas planícies aluviais (ADAMY, 2016). A área deste estudo compreende o trecho do rio no município de Porto Velho, estado de Rondônia. Os dados de concentração de sedimentos em suspensão (CSS) e vazão (Q) foram coletados no período de março de 2021 a abril de 2022 com 13 campanhas de campo e 4 seções amostrais (Beni, Mamoré, Tamborete e Estação). As medições de vazão foram realizadas com um ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) modelo Rio Grande marca RDI Instruments, com frequência de 600 kHz, colocado em uma embarcação local. Acoplado a este equipamento é utilizado um DGPS Trimble R4. As amostragens e processamento da CSS seguiu o protocolo do observatório HYBAM (HYBAM, 2022), que consiste em realizar a coleta em profundidade de ~20 cm da linha d'água, em garrafas de 500 mL nas posições 25% (margem direita), 50% (centro), 75% (margem esquerda) da largura do canal fluvial e processadas em laboratório. Para a

determinação da CSS em mg.L-1, as amostras de água coletadas em superfície foram filtradas em membranas de acetato de celulose de 0,45 µm de porosidade e pesadas em balanças analíticas. Para os cálculos foram utilizadas as médias dos pesos iniciais e finais. A fórmula para obtenção da concentração de sólidos suspensos é descrita na Equação 1:  $CSS = ((Pf - Pi) * 1000000 / V)$  (1) Onde CSS (mg.L-1) é determinada a partir da subtração dos pesos iniciais (Pi) e pesos finais (Pf) dos filtros, multiplicados por \*1000000 (fator de conversão) dividido pelo volume de amostras filtrados (V). Foi elaborado um banco com os dados (CSS e Q). Com a posse dos dados de vazão em m<sup>3</sup>.s-1 e CSS em mg.L-1, foi calculada a descarga sólida (QS), determinada a partir da Equação 2:  $QS = Q \times CSS \times 0,0864$  (2) onde CSS é a concentração de sedimento suspenso, Q a vazão e 0,0864 é o fator de conversão, obtendo o fluxo sólido instantâneo ou QS em toneladas por dia. O conjunto de dados de Q e QS foram processados em planilha eletrônica de cálculo, estimado valores de fluxo médios, mínimos e máximos das 13 campanhas de coletas e mensuração de seu volume d'água e sedimentos para o período, conforme trabalho Filizola e Guyot (2009; 2011), ao classificarem os canais fluviais pelo grau de irregularidade nas vazões e transporte de sedimentos. Em seguida, gerou-se tabelas e mapa para a análise de cenário e compreensão da dinâmica na região de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rio Madeira tem suas principais nascentes na cadeia de montanha andina, principal fornecedor de sedimentos para a bacia amazônica. O rio Beni é o principal contribuinte em termos de sedimentos e água, enquanto o rio Mamoré possui uma área maior que a do Beni, mas transporta menor quantidade de sedimentos. A partir da confluência destes dois canais na fronteira Brasil- Bolívia, é denominado então rio Madeira. O rio Beni drena uma área de 280.432 km<sup>2</sup>, enquanto o rio Mamoré abrange 636.932 km<sup>2</sup>, duas vezes maior que a bacia do Beni. Somados, estes dois rios drenam uma área estimada em 917.365 km<sup>2</sup>, sendo 69% ocupada pela bacia do rio Mamoré e 31% ao rio Beni, que apesar de menor, transporta maior quantidade de carga sedimentar, maior volume d'água e precipitação, fatores que influenciam na dinâmica hidrológica de ambas as bacias. Os rios Beni e Mamoré (Figura 1) atinge seu pico de cheia entre fevereiro/março e sua vazante máxima entre julho/agosto. Na campanha realizada nesse período, o rio Beni teve sua vazão média registrada em 19.582 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> enquanto o rio Mamoré apresentou 15.068 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (Tabela 1), diferença de 4.514 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> ou 7% do total. Essa diferença ocorre devido a precipitação em ambas as bacias, enquanto na bacia do Beni apresenta em média 1.924 mm ao ano, na bacia do Mamoré esse valor é de 1.350 mm ao ano. A bacia do Rio Madeira (Figura 1) é classificada como altamente irregular segundo Filizola e Guyot (2011), no período de cheia, geralmente nos meses de fevereiro a abril, sua vazão chega a varia quase 6 vezes mais do que na seca, em seu pico de cheia, este canal tem uma descarga média em torno de 35.962 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> próximo a sua foz, enquanto no período de águas baixas, entre setembro e outubro, fica em torno de 4.000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> na estação da cidade de Porto Velho. Na área em estudo, a descarga líquida do canal na seção de EST no pico de cheia foi de 32.598 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, valor este próximo a vazão do rio Madeira em Porto Velho, a jusante das UHEs e daquela seção amostral. Dentre as seções analisadas, TAM apresentou maior velocidade (Tabela 1) durante as 13 campanhas realizadas, sua localização seguida por um trecho mais retilíneo a montante favorece o aumento de velocidade do fluxo de água naquela seção, enquanto EST segue com valores mais baixos variando de 1.34 m.s<sup>-1</sup> a 0.27 m.s<sup>-1</sup> e média de 0.61 m.s<sup>-1</sup>. Essa velocidade mais baixa neste trecho do rio se dá devido à proximidade com a UHE de Jirau, sofrendo maior impacto com o represamento do canal, além de estar em um trecho mais sinuoso. Desde modo, assim como para as descargas líquidas (Tabela 1), a velocidade do fluxo (Tabela 1) possui uma alta variabilidade sazonal na bacia. Assim como para as vazões, a bacia do rio Madeira possui elevada irregularidade no transporte de sedimentos, transportando alta carga sedimentar nos meses de fevereiro e março, principalmente, e valores muito baixos nos meses de agosto a outubro. A Tabela 01 apresenta os valores da descarga sólida nas 4 estações amostrais em cada campanha realizada na confluência dos rios que formam o Madeira e no canal principal. Embora tenha uma área menor, a bacia do Beni contribuiu com duas vezes mais sedimentos que a bacia do Mamoré, com valores que variam de 2.09x10<sup>6</sup> ton.dia<sup>1</sup> na cheia a 5.02x10<sup>4</sup> ton.dia<sup>1</sup> na seca para o rio Beni, enquanto no Mamoré essa amplitude é menor com 3.69x10<sup>5</sup> ton.dia<sup>1</sup> na cheia e 1.49x10<sup>3</sup> ton.dia<sup>1</sup> no período de vazante do canal fluvial. A seção TAM a jusante da confluência e montante de EST foi a que teve maior aporte de sedimento,

apresentando uma variação de  $1.74 \times 10^6 \text{ ton.dia}^{-1}$  na cheia, enquanto na seca descarga sólida foi de  $2.11 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$ . Para a seção de EST, o valor médio é menor que TAM e a amplitude entre o pico de máxima e mínima também, com valores de  $6.89 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$  e  $2.01 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$ , respectivamente. Feito o levantamento e processamento dos dados, foi calculado os valores máximo, médio e mínimo para toda a série de dados de descarga líquida (Q) e descarga sólida (QS) para as seções amostrais de Beni (rio Beni), Mamoré (rio Mamoré) a montante da confluência, e para os pontos de Tamborete e Estação, ambos no rio Madeira, a jusante da confluência daqueles rios (Tabela 2). Durante o período analisado, o rio Beni apresentou vazão média com valor próximo do rio Mamoré, com uma diferença em torno de  $1914 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (5% de diferença), enquanto para a descarga sólida essa disparidade entre os dois canais aumenta, visto que o rio Beni é o principal contribuinte no aporte sólido para o rio Madeira, contribuindo com cerca de  $5.78 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$ , correspondendo a  $7.96 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$  em média, ou 22% a mais que o rio Mamoré transporta para o Madeira na confluência entre aqueles canais. Entre a confluência e a seção TAM, ocorre uma redução de 12% do aporte sólido advindo dos dois canais, com valor médio  $8.97 \times 10^4 \text{ ton.dia}^{-1}$  para as campanhas realizadas. Essa redução pode estar associada a processos de deposição ao longo deste trecho, visto que não há contribuição de grande aporte líquido significativo de afluentes neste trecho, com exceção da entrada do volume d'água do rio Abunã, com influência de cerca de 5,87% na descarga líquida medida em TAM, volume considerado baixo para diluição da concentração dos sedimentos presentes na água. Na seção EST, o aporte médio foi de  $6.90 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$ , 2% menor que ao valor apresentado em TAM a montante, diferença de  $1.69 \times 10^4 \text{ ton.dia}^{-1}$  comparada àquela seção e 13% a menos em relação a soma do material transportado e mensurado na foz dos rios Beni e Mamoré nas seções BEN e MAM, correspondendo a cerca de  $1.07 \times 10^5 \text{ ton.dia}^{-1}$ . Este tipo de comportamento ocorre também a jusante da Usina Hidrelétrica de Jirau, em estudos realizado por Bernini et al, (2016) e Severo (2019) os autores apontam para redução no transporte de sedimentos no trecho entre Porto Velho e Fazenda Vista Alegre, que indicam uma variabilidade hidrossedimentológica no rio Madeira naquela região. Filizola e Guyot (2011) colocam que este canal fluvial é bastante irregular do ponto de vista de suas vazões e carga sedimentar, essa dinâmica pode ser um dos indicadores para a presente redução da quantidade de sedimento transportado encontrado neste rio.

*Tabela 1*

Campanha	Mês	Seções amostrais			
		BENI	MAM	TAM	EST
<b>Descarga líquida (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)</b>					
I	mar/21	19.582	15.068	*	*
II	abr/21	16.039	16.456	31.710	32.598
III	mai/21	6.655	13.653	22.174	21.773
IV	jun/21	5.346	7.484	14.729	13.422
V	jul/21	*	*	*	6.655
VI	set/21	2.523	1.460	*	3.977
VII	out/21	3.029	1.657	4.855	*
VIII	nov/21	6.893	2.326	11.350	11.482
IX	dez/21	*	*	18.142	17.264
X	jan/22	6.303	10.005	18.100	18.420
XI	fev/22	13.337	10.767	26.025	23.523
XII	mar/22	13.890	12.786	29.131	*
XIII	abr/22	6.991	13.024	20.924	19.806
Campanha	Mês	Seções amostrais			
		BEN	MAM	TAM	EST
<b>Velocidade média do fluxo (m.s<sup>-1</sup>)</b>					
I	mar/21	1.79	1.29	*	*
II	abr/21	1.49	1.39	1.83	1.34
III	mai/21	0.77	1.28	1.39	0.79
IV	jun/21	0.75	0.79	1.09	0.50
V	jul/21	*	*	*	0.27
VI	set/21	0.54	0.18	*	0.17
VII	out/21	0.65	0.21	0.51	
VIII	nov/21	1.11	0.25	1.02	0.41
IX	dez/21	*	*	1.31	0.56
X	jan/22	0.76	1.03	1.31	0.57
XI	fev/22	1.52	1.02	1.64	0.83
XII	mar/22	1.42	1.21	1.87	*
XIII	abr/22	0.81	1.29	1.51	0.66
<b>Descarga sólida (ton.dia<sup>1</sup>)</b>					
I	mar/21	2.09x10 <sup>6</sup>	3.29x10 <sup>5</sup>	*	*
II	abr/21	1.11x10 <sup>6</sup>	2.94x10 <sup>5</sup>	1.25x10 <sup>6</sup>	1.79x10 <sup>6</sup>
III	mai/21	1.28x10 <sup>5</sup>	2.86x10 <sup>5</sup>	3.97x10 <sup>5</sup>	3.11x10 <sup>5</sup>
IV	jun/21	1.46x10 <sup>5</sup>	6.97x10 <sup>4</sup>	2.11x10 <sup>5</sup>	2.01x10 <sup>5</sup>
V	ago/21	*	*	*	8.73x10 <sup>4</sup>
VI	set/21	5.02x10 <sup>4</sup>	5.12x10 <sup>3</sup>	*	2.96x10 <sup>4</sup>
VII	out/21	6.68x10 <sup>4</sup>	1.49x10 <sup>3</sup>	5.92x10 <sup>4</sup>	*
VIII	nov/21	3.73x10 <sup>5</sup>	1.85x10 <sup>4</sup>	4.41x10 <sup>5</sup>	3.16x10 <sup>5</sup>
IX	dez/21	*	*	7.69x10 <sup>5</sup>	6.23x10 <sup>5</sup>
X	jan/22	3.50x10 <sup>5</sup>	2.25x10 <sup>5</sup>	4.84x10 <sup>5</sup>	6.14x10 <sup>5</sup>
XI	fev/22	1.75x10 <sup>6</sup>	2.66x10 <sup>5</sup>	1.74x10 <sup>6</sup>	1.19x10 <sup>6</sup>
XII	mar/22	1.77x10 <sup>6</sup>	1.97x10 <sup>5</sup>	1.99x10 <sup>6</sup>	*
XIII	abr/22	2.08x10 <sup>5</sup>	3.69x10 <sup>5</sup>	4.23x10 <sup>5</sup>	3.93x10 <sup>5</sup>

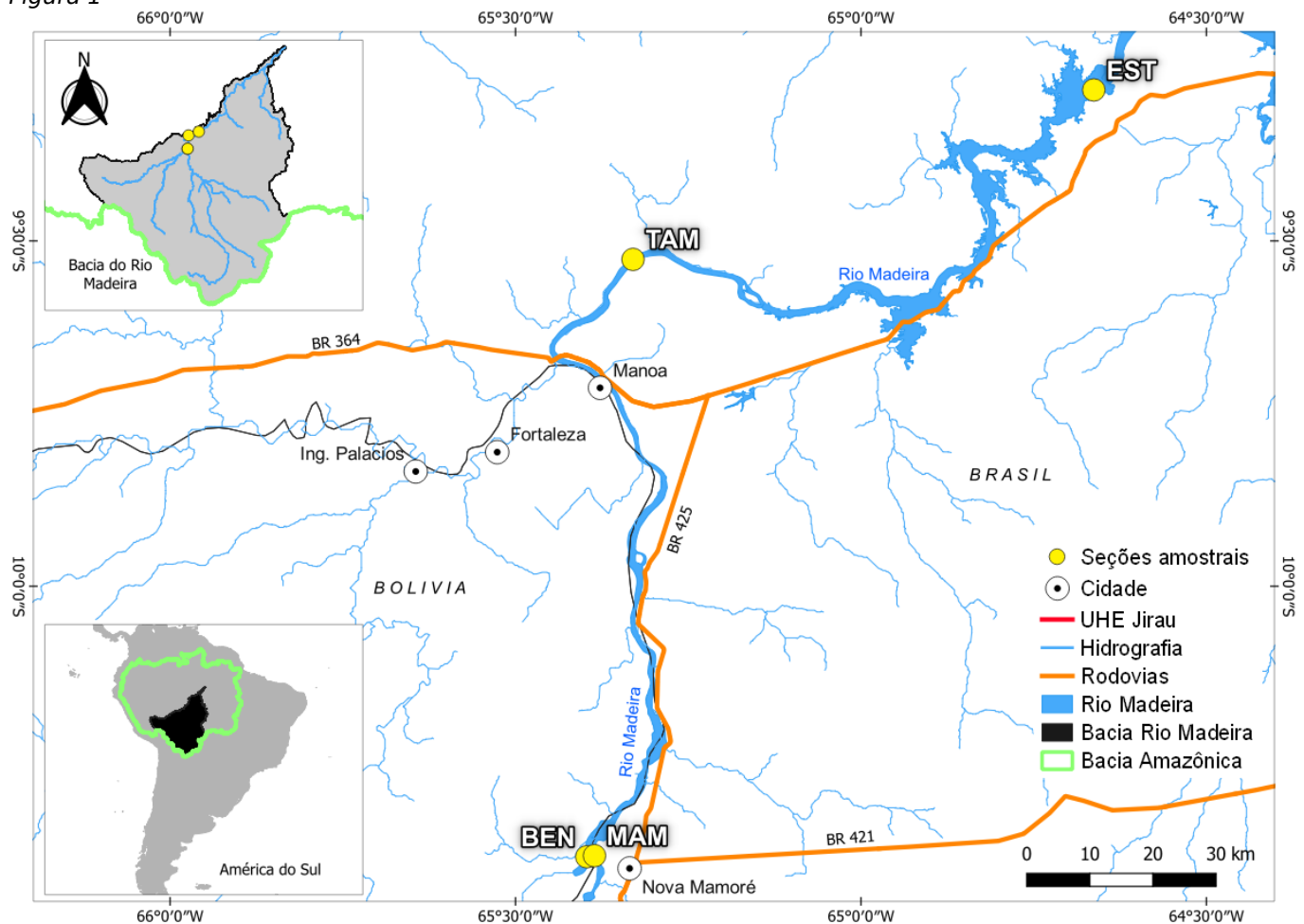
Valores da descarga líquida, sólida e velocidade do fluxo em cada seção amostral na área de estudo.

Tabela 2

Seções Amostrais	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	QSmax (ton.dia <sup>-1</sup> )	Qmed (m <sup>3</sup> /s)	QSmed (ton.dia <sup>-1</sup> )	Qmin (m <sup>3</sup> /s)	QSmin (ton.dia <sup>-1</sup> )
BEN	16.273	1.75x10 <sup>6</sup>	8.616	5.78x10 <sup>5</sup>	3.864	1.05x10 <sup>5</sup>
MAM	16.456	3.69x10 <sup>5</sup>	10.531	2.18x10 <sup>5</sup>	2.326	1.85x10 <sup>4</sup>
TAM	31.710	1.74x10 <sup>6</sup>	20.716	7.06x10 <sup>5</sup>	11.350	2.11x10 <sup>5</sup>
EST	32.598	1.79x10 <sup>6</sup>	20.215	6.90x10 <sup>5</sup>	11.482	2.01x10 <sup>5</sup>

Valores máximos, médios e mínimos para a descarga líquida e sólida em cada ponto amostral.

Figura 1



Mapa da área de estudo da região de confluência dos rios Beni e Mamoré na fronteira Brasil-Bolívia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou a dinâmica hidrossedimentológica na confluência dos rios Beni e Mamoré, no Rio Madeira, fronteira entre Brasil e Bolívia. Foram utilizados dados coletados em 13 campanhas de março de 2021 a março de 2023, em quatro pontos amostrais. O rio Beni contribui

significativamente para o rio Madeira em termos de descarga líquida e sólida, com destaque para o transporte de sedimentos. Entre a confluência e Tamborete, houve uma redução de  $8,97 \times 10^4$  ton.dia<sup>-1</sup>, e outra redução estimada em  $1,69 \times 10^4$  ton.dia<sup>-1</sup> entre essa seção e a Estação mais jusante. Essa redução pode ser atribuída à baixa velocidade do canal devido ao represamento da UHE. Os resultados deste estudo serão úteis para avaliar o efeito de represamento das UHEs no rio Madeira, afetando a velocidade, descarga líquida e sólida do canal fluvial. Estudos realizados por Rivera et al, (2019), Rivera et al, (2021), Bernini et al. (2016), Severo (2019) e Vauchel et al. (2017) também identificaram redução no transporte de sedimentos a montante e a jusante das UHEs de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira. Considerando a alta irregularidade em sua descarga líquida e sólida na bacia do rio Madeira, são necessárias pesquisas mais aprofundadas para avaliar melhor o transporte de sedimentos, levando em conta a precipitação e o uso e cobertura do solo e da terra na bacia, visto que alterações climáticas ou antrópicas também podem ocasionar aumento ou redução no aporte de sedimentos transportado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a FAPEAM pela bolsa de mestrado. Ao projeto SPECTROSED financiado pela Fundação Universidade de Brasília (FUB), Fundação de Apoio a Pesquisa (FUNAPE) e Instituto João Neóricio (FARO).

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

1. ADAMY, Amilcar. Dinâmica fluvial do Rio Madeira. in: SILVA, R. G. C. Porto Velho: cultura, natureza e território. Porto Velho: Temática Edufro, 2016. p. 120-147.
2. BERNINI, H.; MARTINEZ, J.; OLIVETTI, D.; ROIG, H. L.; PINHEIRO, J. A. C. Descarga Sólida em Suspensão e dinâmica fluvial na bacia do rio Madeira: um perfil no período de cheia hidrológica. In: IX seminário latino-americano e v seminário ibero-americano de geografia física, 2016, Guimarães, Portugal. Anais do IX seminário latino-americano e v seminário ibero-americano de Geografia física, 2016.
3. CONSTANTINE, J. A.; DUNNE, T.; AHMED, J; LEGLEITER, C; LAZARUS, E. D. Sediment supply as a driver of river meandering and floodplain evolution in the Amazon Basin. *Nature Geoscience*. v.7, p. 899-903, 2014.
4. FILIZOLA JUNIOR, N. P. O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da bacia amazônica brasileira. Brasília: ANEEL, 1999.
5. FILIZOLA JUNIOR, N. P.; GUYOT, J. L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRAS, E.; REITAS, M. A. Caracterização hidrológica da Bacia Amazônica. In: Rivas, a.; FREITAS, C. E. de C. Amazônia uma perspectiva interdisciplinar. Manaus: EDUA, 2002, P 33-53.
6. FILIZOLA JUNIOR, N. P.; GUYOT, J. L. Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. *Hydrological Processes* v. 23, p. 3207-3215, 2009.
7. FILIZOLA JUNIOR, N. P.; GUYOT, J. L. Fluxos de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociências*. v.41, p.566-576, 2011.
8. GOMES, D. J. C.; LIMA, A. M. M.; FERREIRA, N. S.; SERRÃO, E. Variabilidade espaçotemporal da precipitação: bacia hidrográfica do rio madeira. *Revista Geografia Acadêmica*. v.13, n.1, p. 90-104, 2019.
9. HYBAM. Observation Service SO HYBAM. Disponível em: SO-HyBam – Service d'observation des ressources en eaux du bassin de l'Amazonie (obs-mip.fr). Acesso em 07/12/2022.
10. LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v.6, n°1, p. 01-18, 2005.
11. LATRUBESSE, E. M.; ARIMA, E. Y.; DUNNE, T.; PARK, E.; BAKER, V. R.; D'HORTA, F. M.; WIGHT, C.; WITTMANN, F. ZUANON, J.; BAKER, P. A.; RIBAS, C. C.; NORGAARD, R. B.; FILIZOLA, N.; ANSAR, A.; FLYVBJERG, B.; STEVAUX, J. C. Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature*. V. 546, p. 363-369, 2017.
12. MUNIZ, L. S. Análise dos Padrões Fluviométricos da Bacia do Rio Madeira – Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013, 146 f.
13. RIVERA, I. E. A.; CARDENAS, E. A.; VILLAR, R. E.; ESPINOZA, J. C.; CARPIO, J. M.; AYALA, J. M.; CORI, O. G.; MARTINEZ, J. M.; FILIZOLA JUNIOR, N. P. Decline of Fine Suspended Sediments in the

Madeira River Basin (2003–2017). *Water*, v. 11, n. 3, p. 501-514, 2019.

14. RIVERA, I. A.; MOLINA-CARPIO, J.; ESPINOZA, J. C.; GUTIERREZ-CORI, O.; CERÓN, W. L.; FRAPPART, F.; CARDENAS, E. A.; ESPINOZA-VILLAR, R.; AYALA, J. M.; FILIZOLA JÚNIOR, N. P. The Role of the Rainfall Variability in the Decline of the Surface Suspended Sediment in the Upper Madeira Basin (2003–2017). *Frontiers in Water*, v. 2, p. 01-14, 2021.

15. SEVERO, E. B. Variabilidade dos fluxos de sedimentos em suspensão nos rios da Amazônia. Relatório de Iniciação Científica, Manaus, UFAM, 2019.

16. SIOLI, Harald. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: SIOLI, H. Amazon Limnology and Landscape Ecology of Mighty Tropical River and Its Basins, Dordrecht, Junk, 1984. p.127–165.

17. VAUCHEL, P.; SANTINI, W.; GUYOT, J. L.; MOQUET, J. S.; MARTINEZ, J. M.; ESPINOZA, J. C.; BABY, P.; FUERTES, O.; NORIEGA, L.; PUITA, O.; SONDAG, F. FRAIZY, P.; ARMIJOS, E.; COCHONNEAU, G.; TIMOUK, F.; OLIVEIRA, E.; FILIZOLA, N.; MOLINA, J.; RONCHAIL, J. A reassessment of the suspended sediment load in the Madeira River basin from the Andes of Peru and Bolivia to the Amazon River in Brazil, based on 10 years of data from the HYBAM monitoring programme. *Journal of hidrology*, v. 533. p. 35-48, 2017.