

Descarga Sólida em Suspensão e dinâmica fluvial na bacia do rio Madeira: um perfil no período de cheia hidrológica

H. Bernini^(a), J. M. Martinez^(b), D. Oliveti^(c), H. L. Roig^(c), J. A. C. Pinheiro^(d)

^(a) Instituto de Geociências/Universidade de Brasília, Faculdade de Rondônia - FARO,

henriquebernini@hotmail.com;

^(b) Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) / Institut de Recherche pour le Développement (IRD),

Université Toulouse 3, jean-michel.martinez@ird.fr;

^(c) Instituto de Geociências/Universidade de Brasília, Universidade, roig@unb.br;

^(d) Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) /REPO Porto Velho-RO, joana.pinheiro@cprm.gov.br.

Resumo

O monitoramento do transporte de sedimentos é considerado um dos processos-chave para o entendimento de sistemas ambientais por ser determinante na manutenção ecológica. Em grandes sistemas fluviais o transporte desses materiais ganha relevância no monitoramento, pois havendo desequilíbrio neste meio seus impactos gera situações adversas. Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar o perfil longitudinal da carga sólida em suspensão na bacia do rio Madeira e seus tributários até a estação de Porto Velho. Analisamos também os aspectos inerentes a geometria de cada seção estudada. A variação na Descarga Sólida em Suspensão do rio Madeira no trecho estudado esteve entre $0,26 \cdot 10^5$ a $1,6 \cdot 10^5$ ton/dia. As variações na carga em suspensão inserido no contexto do complexo hidroelétrico do madeira demonstra-se sensível a forma geométrica dos canais, sendo estes associados a processos morfológicos já existentes e que com o efeito da barragem acentua a dinâmica do fluxo sedimentar.

Palavras chave: Hidrossedimentologia, Sedimentos em Suspensão, Rio Madeira, Amazônia

1. Considerações gerais

O monitoramento do transporte de sedimentos é considerado um dos processos-chave para o entendimento de sistemas ambientais por ser determinante na manutenção ecológica, sobretudo em processos biogeoquímicos e sua interação com a ictiofauna. Numa rede hidrográfica, os rios exportam para os oceanos uma grande parte dos materiais incluídos no processo de erosão, tanto sob forma dissolvida como sob forma particulada (FILIZOLA & GUYOT, 2011). Na região tropical do planeta, grandes canais são formados sob um ambiente geológico orogênico, aumentando a taxa de erosão e consequentemente ocasionando elevado fluxo de sedimentos até o oceano.

Pela sua magnitude, esses grandes sistemas fluviais que congrega o transporte desses materiais ganha relevância no monitoramento, pois havendo desequilíbrio neste meio físico seus impactos provocam assoreamento, prejudicando a navegabilidade pela redução da profundidade ou aumentando os riscos de

enchente pela redução de capacidade do canal (Carvalho, 2000). Em condições de barramento no caudal se não houver um profundo conhecimento sobre esse mecanismo pode haver redução no volume útil de canais e reservatórios.

Sob o ponto da Geomorfologia Fluvial, a ausência de conhecimentos sobre os processos e dinâmicas que atuam em sistemas de grandes rios tropicais ainda é incipiente e deve ser considerado no planejamento geopolítico para aferir a viabilidade de diversas atividades econômicas. Sobretudo para rios que são classificados como multicanal, conforme aborda Latrubesse (2008), estudos sobre o fluxo de sedimentos em suspensão serve para conhecer parte da dinâmica do escoamento fluvial por se relacionar com a forma de um curso d'água.

Fundamentando a análise de viabilidade de atividades econômicas, a construção de uma barragem, por exemplo, implica em modificações nas condições naturais do curso d'água, gerando redução na velocidade da corrente e, conseqüentemente, na capacidade de transporte de sedimentos pelo rio. Esta alteração na hidrodinâmica de um rio favorece processos de sedimentação em pontos estratégicos não só para a geração de energia como para outras áreas de maneira indireta.

Em uma avaliação preliminar das tendências atuais nas cargas de sedimentos, a partir dos registros de longo prazo da carga de sedimentos anual e do escoamento de 145 grandes rios, Walling & Fang 2003, realizaram uma análise de tendência e apontam que cerca de 50% dos registros de carga de sedimentos mostraram evidências de tendências ascendentes ou descendentes estatisticamente significativas. A maioria evidenciando cargas em declínio. Walling & Fang 2003, cita como exemplo de impactos no fluxo de sedimentos por barragens o caso do rio Mississippi (EUA), rio Danubio (Romênia) e rio Nilo (África). Dang et al. (2010) também sugere que houve redução no aporte anual de sedimentos no rio Vermelho (China/Vietnã), após o fechamento da barragem do reservatório de HoaBinh.

No Brasil, estudos envolvendo transporte de sedimentos e sua relação com a vida útil de reservatórios ainda são incipientes, fato esse evidenciado pela carente rede sedimentométrica instalada no país, a qual conta com pouquíssimas estações em operação, dificultando assim estudos nessa área (LOUREIRO, 2008 in Menezes, 2014). Na bacia do rio Amazonas, certamente está a maior baixa de estações por quilômetro quadrado do país.

Para Latrubesse et. al. (2005), oito entre os dez maiores rios do mundo são rios tropicais e pelo menos três afluentes do rio Amazonas encontram-se neste grupo. O rio Madeira, se destaca pelo seu aporte de descarga sólida de 450.10^6 ton/ano (Martinelli et al, 1993 in Filizola 2003) aproximadamente sendo que para Filizola & Guyot (2011), além dos valores de Martinelli (1993) verificaram que esta estimativa corresponde a 45% da carga sólida da bacia amazônica.

Sobre este cenário, propomos uma análise do perfil longitudinal da carga sólida em suspensão na bacia do rio Madeira e seus tributários até a estação de Porto Velho. Analisou-se os aspectos inerentes a geometria de cada seção estudada para conhecer detalhes do mecanismo hidráulico durante o período de cheia. Buscou-se também entender os efeitos do complexo hidroelétrico do rio Madeira sobre este cenário.

2. Área de Estudo

Com uma área drenada de aproximadamente 1.420.103 km², apresentando vazão média de 32.000 m³/s em sua foz, o rio Madeira surge da confluência entre os rios Beni e Mamoré, ambos com suas nascentes na Bolívia. Considerando seus afluentes principais possui status de um rio transfronteiriço, cuja maior parte do território drenado é a Bolívia (51%), seguido do Brasil (42%) e Peru (7%). O regime fluvial apresenta períodos de enchente (setembro a Janeiro) cheia (novembro à abril) e recessão (Junho à Outubro) bem definidos.

A relação entre o transporte de sedimentos e o regime fluvial do rio Madeira possui um comportamento onde o aporte aumenta à medida em que a vazão aumenta, mas devido a disponibilidade do material transportado seu pico e decréscimo se inicia ainda no começo da fase de cheia como pode ser observado na figura 1.

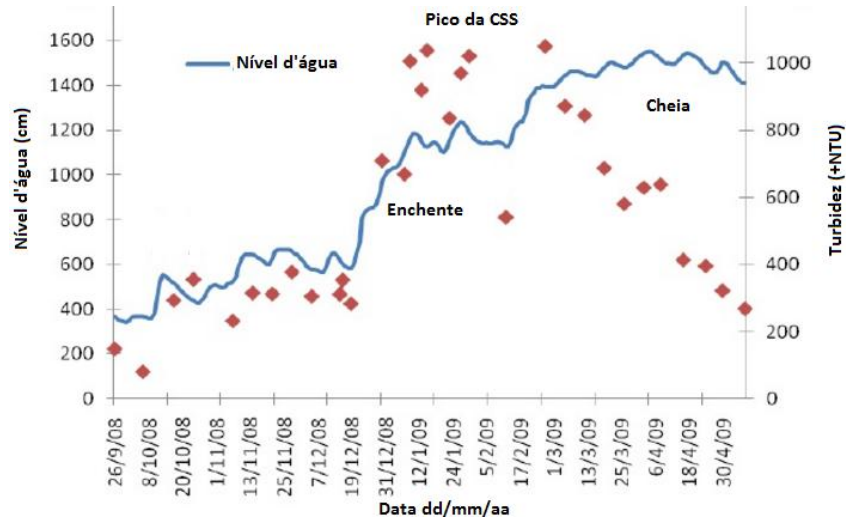


Figura 1 – Variação sazonal de descarga líquida e turbidez no período de enchente e cheia do rio Madeira.

O rio Madeira exerce um capítulo a parte na jornada sedimentar da bacia Amazônica. Assim como o rio Solimões, possui uma elevada taxa de produção de sedimentos, já que a parte mais alta está situada na região Andina (que corresponde apenas a 12% de toda bacia). O contexto erosivo da região andina da bacia do rio Madeira é composto por rochas de fácil desagregação com baixo grau de proteção da cobertura vegetal e elevados níveis de precipitação (Carvalho et al. 2005, Filizola & Guyot, 2011).

Embora existam outros fatores de ordem antrópica (transformação de áreas de floresta em agropecuária) na produção de sedimentos, o grande aporte de sedimentos ainda está associado à uma maior proveniência dos Andes, por meio dos rios Madre de Dios, Beni e Mamoré.

Acrescentando ao aporte transportado o alto grau natural de desagregação das terras às margens do rio Beni (um dos principais tributários) e rio Madeira, Carvalho et al., (2005) comenta que, para a avaliação do assoreamento do reservatório da usina de Santo Antônio, a partir de informações do SENHAMI (Bolívia) as concentrações medidas chegam a alcançar 4.000 mg/l no rio Beni. O mesmo autor comenta que na região de Porto Velho, para os estudos de viabilidade da UHE de Santo Antônio, encontrou-se em média 721 mg/l sendo que, em períodos de enchente foram obtidos valores de concentração superiores a 3.000 mg/l.

Segundo os estudos que compõe o Relatório de Impacto Ambiental apresentado por FURNAS em 2006, em linhas gerais, considera-se que a granulometria dos sedimentos transportado pelo Rio Madeira seja de textura fina composta por 25% de argila, silte 60%, 12% de areia fina, 2,5% de areia média/grossa. Espera-se que a taxa de assoreamento no reservatório seja de 19% (1 ano), cerca de 5% (15 anos) e, em seguida, abaixo de 1% (30 anos).

No trecho estudado do rio Madeira, a caracterização física e hidráulica é condicionada por um controle geológico imposto por rochas rígidas do Escudo Pré-cambriano. A vazão flui em um canal cuja seção transversal é estável e bem definida com pouca presença de meandros, apresentando trechos multicanais por barras de areia e ilhas. No perfil longitudinal a morfologia fluvial confere desníveis longitudinais abruptos (cachoeiras), sendo duas bastante expressivas em sua queda (morrinhos e Teotônio).

Se ponderarmos o efeito hidráulico da barragem de Santo Antônio (situado a 7 km a montante da cidade de Porto Velho) e seus 85% (silte + Argila) de carga fina suspensa como estarão se comportando o fluxo de sedimentos acima e abaixo da barragem de Santo Antônio. É preciso destacar que a estrutura do vertedouro do tipo “a fio d’água” possui como característica uma alteração menor nas condições hidráulicas do canal (rio), uma vez que ela opera sem a necessidade de regularização da vazão.

3. Materiais e Métodos

As medições foram realizadas nos rios Mamoré (estação Guajará-Mirim), Beni (estação de Riberalta), Madre de Dios (estação Riberalta) e rio Madeira. A figura 2 destaca que as medições em riberalta foram realizadas a montante da confluência do rio Beni e Medre de Dios, além de uma segunda estação no rio Beni a jusante da confluência.

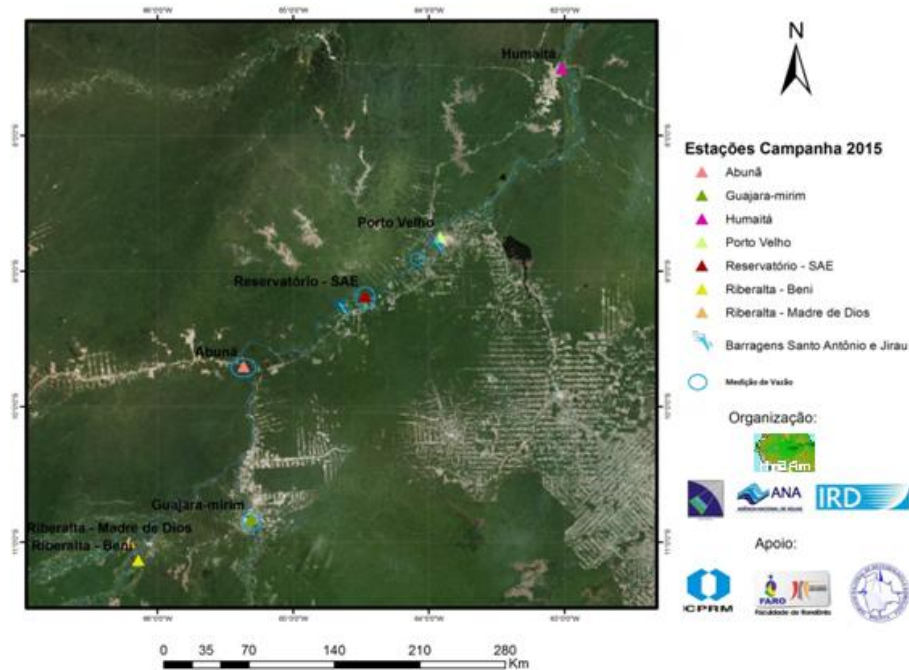


Figura 2 – Mapa das sessões com dados de vazão e amostragem de sedimento.

No trecho do rio Madeira a coleta de dados foi adensada visando compreender melhor a dinâmica e os processos na região que formam os reservatórios, uma vez que são esperadas alterações provocadas pelas barragens de Santo Antônio e Jirau. A coleta de dados na bacia do rio Madeira se inicia na estação de Guajará mirim (rio Mamoré), passando pela estação boliviana de Riberalta (Rios Beni e Madrede Dios a montante da confluência e rio Beni a jusante da confluência).

Tabela I – Numero de estações e coleta de dados no rio Madeira e seus tributários

Rios	Numero de estações	Parâmetros hidráulicos	Amostragem de Sedimentos
Beni	2	✓	✓
Madre de Dios	1	✓	✓
Mamoré	1	✓	✓
Madeira	7	✓	✓

No rio Madeira a coleta de dados se iniciou pela estação de Abunã, pertencente a rede nacional de dados hidrológicos. O trecho seguinte compreende estações a jusante da UHE Jirau, próximo a ilha do bufalo, seguindo pela coleta de dados a montante da foz do rio Jaci-Paraná, avançando sobre a região do salto

morrinhos (agora submerso pelo reservatório da UHE Santo Antônio) e uma amostragem a montante da UHE Santo Antônio.

As onze sessões foram visitadas em abril de 2016, correspondente ao período de máximo caudal. Isto vem de encontro as necessidades de uma base de dados sedimentométricos da bacia que congrega redes nacionais (Brasil/Peru/Bolívia) e o Observatório ORE-Hybam (IRD/França). Devido as dificuldades de logísticas para campanhas como esta, há uma carência de dados neste período hidrológico onde as condições do escoamento oferta energia para o transporte das partículas sólidas e dissolvidas.

A previsão climatológica na bacia durante este período indicou uma influência do El Niño sobre a quantidade de precipitação que esteve abaixo do esperado. Contudo, processos convectivos continuaram predominando sobre a região mantendo as condições de cheia durante o período estudado. Esta previsão foi confirmada a partir de dados da Plataforma de Coleta de Dados (PCD) na estação de Porto Velho, onde se registrou valores de caudal oscilando abaixo da cota com 50% de permanência.

Por se tratar de dados que compõe redes e observatórios, o método de campo que será explicado a seguir, deriva de protocolos cuja orientação é baseada na experiência de campanhas realizadas na Amazônia Brasileira, promovidas em parceria com a Agência Nacional Águas (ANA), Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade de Brasília (UnB), Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia da Bolívia (SENAMHI) e Institut de Recherche pour Development (IRD). O Serviço Nacional de Meteorologia e Hidrologia do Peru e Bolívia também são instituições que compõem a rede e o observatório.

3.1. Medição de vazão

As medições de vazão são realizadas a bordo de uma embarcação do tipo lancha sendo o perfilador acústico acoplado a embarcação. Neste estudo utilizou-se um corrêntometro acústico de efeito Doppler (ADCP/RDI) com frequência de 600 Khz e M-9 (Sontek River Surveyor). Foram feitos 11 perfis transversais nas estações descritos na tabela 1. Desta coleta buscaram-se os seguintes parâmetros: 1 – Vazão; 2 – Largura; 3 – Profundidade; 4 – Velocidade média da descarga; 5 – Profundidade média; 6 - Área.

3.2. Amostragem de água e de matéria em suspensão

As amostragens para sedimentos em suspensão foram feitas com um equipamento de amostragem pontual (Figura 3). O amostrador apresenta um formato semelhante ao de um conduto de PVC/Alumínio de 2 litros. A garrafa possui duas aberturas nas extremidades ligadas a um gatilho para desarme. O desarme do

gatilho é feito com o lançamento de um peso (mensageiro). Quando o mensageiro toca o gatilho, a garrafa se fecha, guardando no seu interior a água coletada a profundidade onde o amostrador se encontrar posicionado. Em geral as verticais de amostragem são localizadas na superfície, meia água (50% da profundidade) e fundo (75% da profundidade). Para determinar a concentrações coletou-se 0,5 litro.

As amostras foram processadas em laboratório utilizando-se o recomendado por protocolos da rede explicada anteriormente e também proposta por outros autores como Carvalho (2000). O método de filtração apresenta relativa precisão e é recomendado pela rapidez de operação e simplicidade de equipamento, sendo ideal para campanhas extensas e com razoável logística.

Para se determinar o transporte total de sedimentos em suspensão (Q_{ss}) foi utilizada o método de Colby (1957) in Carvalho (2000), cuja fórmula leva em consideração o caudal (m^3/s) e a média da CSS multiplicada pela quantidade de segundo em um dia.



Figura 3. Amostrador pontual para a amostragem de sedimentos em suspensão.

4. Resultados e Discussão

4.1. Caudal e parâmetros hidráulicos

A figura 4, mostra o perfil dos principais tributários (lado esquerdo da figura) e três seções do rio Madeira (lado direito da figura). Primeiramente destaca-se a qualidade das medições com o equipamento M-9 cujo registro requer um manuseio especial em grandes rios com alta carga sedimentar, em especial com os cuidados na hora de registrar o caudal. Embora o resumo do perfil gerado pelo

software River Surveyor da Sontek não apresente qualidade em algumas partes da seção, é possível notar a forma retangular da seção.

É possível destacar as principais características intrínsecas a canais retangulares, dentre elas, uma distribuição mais uniforme da velocidade do fluxo devido a regularidade do leito. Para o rio Beni a jusante da confluência com o rio Madre de Dios é observado uma forma retangular, no entanto com uma maior velocidade no meio da seção próximo a superfície. O rio Mamoré apresenta uma preferência de fluxo para a margem direita elevando as velocidades nesta porção.

O perfil das seções na calha principal da bacia se apresentam com formas trapezoidais, com exceção para o perfil próximo a barragem. Para exemplificar a forma natural do perfil geométrico do rio Madeira destaca-se as estações de Abunã e Porto Velho, sendo Abunã a montante do complexo hidrelétrico e Porto Velho a jusante. Nota-se que o perfil trapezoidal das duas seções confere uma distribuição das velocidades menos uniforme se comparado com o perfil de seus tributários.

O perfil da seção a montante da usina de Santo Antônio mostra os efeitos do barramento na forma geométrica do canal, onde é possível detectar o aumento da linha d'água sobre parte do leito maior, reduzindo e reorganizando as velocidades do perfil. Embora o perfil se pareça retangular é possível ver que há um canal principal próximo a margem direita cuja velocidade demonstra ser igual em toda seção.

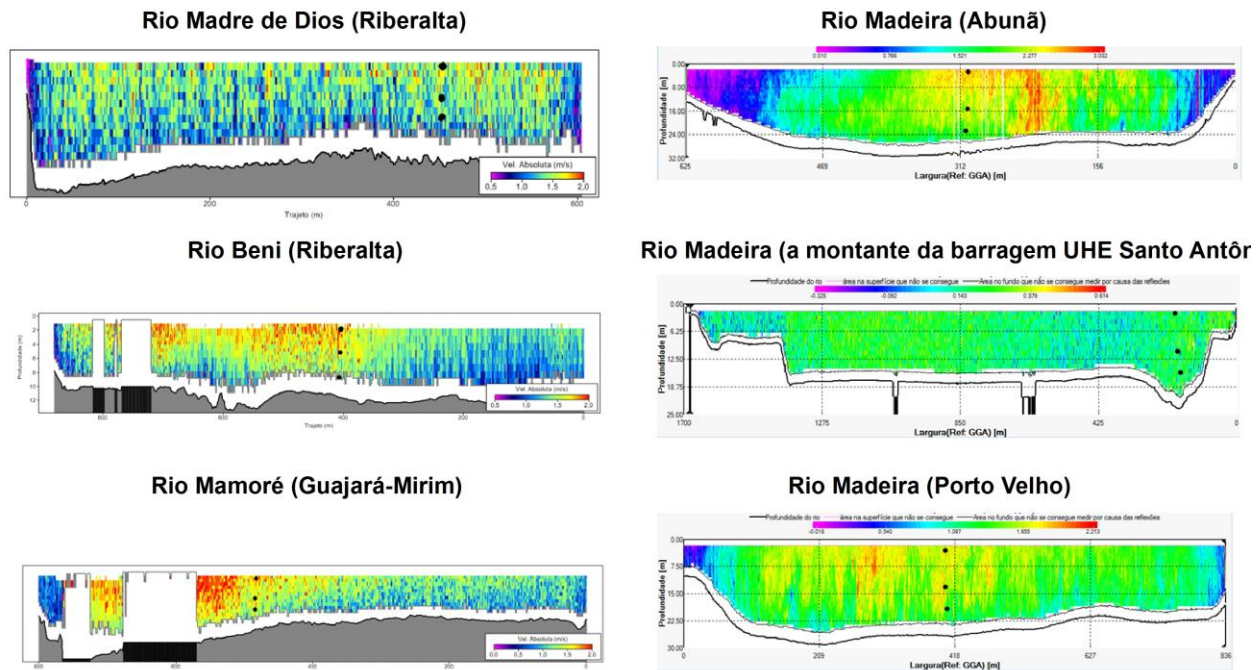


Figura 4. Perfil transversal de seis seções contemplando os três dos principais tributários e três seções do rio Madeira, representando seções a montante das usinas, uma seção no reservatório de Santo Antônio e outro a jusante das barragens.

Este resultado demonstra que as seções próximas ao barramento tem alterado a geometria do canal se comparado com outras seções do alto/médio Madeira, tanto a montante como a jusante do complexo hidroelétrico instalado. Ainda que este trabalho não tenha feito levantamento sobre a declividade da linha d'água, é possível afirmar com base em Molina et. al, (2006) que a diminuição deste parâmetros têm afetado as velocidades e conseqüentemente produzindo um maior efeito sobre a capacidade de transporte do material em suspensão.

Neste sentido a tabela 2 mostra os principais parâmetros de dez estações também elaborados a partir da coleta de dados do ADCP. Iniciando os resultados pela velocidade média de cada seção estudada, é possível verificar a uma diminuição da velocidade entre as estações a jusante da UHE Jirau e montante da UHE Santo Antônio - SAE. A maior velocidade registrada durante esta campanha foi na estação de Abunã (1,65 m/s), seguido da estação em Porto Velho (1,36 m/s) enquanto que a menor velocidade foi registrada próximo a barragem da UHE SAE (1,03 m/s).

A variação entre as velocidades nas estações dos tributários mostra que o rio Mamoré apresenta um valor similar aos rios Madre de Dios e Beni, variando de 1,15, 1,16 e 1,17 m/s respectivamente. Após a confluência a velocidade a tabela 2 indica um aumento da área de escoamento como resultado da soma das vazões, reduzindo a velocidade para 1,07 m/s. Esta similaridade se deve a soma de dois fatores: 1 – a origem andina dos três tributários mais a passagem pela Depressão Sub-Andina do Beni e pela Depressão do Guaporé. Esta grande Bacia Quaternária, que se situa em posição de “back-arc” com relação à Cordilheira dos Andes forma esta região de planície aluvial e que forma o rio Madeira; 2 – embora o caudal e a área do rio Mamoré sejam maiores que a do Beni e Madre de Dios ele percorre um maior trecho em planície.

Tabela II – Síntese dos parâmetros hidráulicos em onze seções medidas.

Rio (estação)	Área (m²)	Largura (m)	Prof. (m)	Vel. (m/s)	Vazão (m³/s)
Beni (montante da confluência)	3020,54	403,46	7,80	1,17	3547,61
Madre de Dios	4442,04	596,06	7,60	1,16	5173,89
Beni (jusante da confluência)	6869,22	787	8,49	1,07	7315,74
Mamoré	10227,43	867,67	9,49	1,15	11350,22
Madeira (Abunã)	15598,57	627	19,81	1,62	24707,26
Madeira (jusante UHE Jirau)	22418,92	1283,59	16,50	1,14	25789,59
Madeira (Ilha Dionísio)	-	-	-	-	25789,59
Madeira (Morrinhos)	24857,55	1170,51	18,36	1,17	27177,41
Madeira (barragem UHE SAE)	26613,40	1788,53	11,77	1,03	26024,74
Madeira (Porto Velho)	19438,78	827,23	22,59	1,36	25628,43

Para as estações deste estudo verificou-se que a profundidade média dos tributários não ultrapassaram 10 metros, sendo o rio Mamoré (9,49 m) um pouco mais profundo que o rio Beni após a Confluência (8,49 m). No rio Madeira a maior profundidade média registrada ocorre na estação de Porto Velho (22,50 m) seguido de Abunã (19,81 m). No trecho sob influência da barragem de Santo Antônio observa-se a uma variação entre 11,77 metros próximo ao barramento e 18,36 metros na estação de morrinhos, cujo nome se refere a corredeira existente e que ficou submersa após o enchimento do reservatório da UHE SAE.

Com relação a largura das seções nota-se que na região de reservatório as larguras superam 1 quilometro de extensão, chegando a 1,78 km próximo a barragem UHE SAE. Conforme dito anteriormente, é possível detectar que a vazão ocupa nesta seção parte do leito maior em função do barramento, não sendo observado durante esta campanha este fato nas outras 3 estações sob influencia dos barramentos. Este fator se revela desta maneira primeiramente devido as escolhas das estações estudadas ao longo da bacia, mas embora embora há aumento expressivo do nível d'água o modelo a fio d'água deste complexo hidrelétrico mantém boa parte do seu reservatório sob o próprio canal.

4.2. Descarga Sólida em Suspensão

A figura 5 mostra o perfil longitudinal das Descarga Sólida em Suspensão (Q_{ss}) entre os tributários do rio Madeira (Beni, Madre de Dios e Mamoré) e o canal principal no eixo primário e Descarga Líquida (Q) das respectivas estações. Como já explicado anteriormente o cálculo se baseia na média das concentrações de uma vertical e três profundidades (superfície, 50% e 75%). O registro do caudal mostra que a grande contribuição do rio Madeira está nestes três tributários e que até a Estação de Porto Velho há pouco incremento no caudal.

O gráfico da descarga sólida para o período de cheia desta bacia mostra que a soma da Q_{ss} do Madre de Dios com o Beni resulta em 6.10^5 ton/dia e que, somado a 4.10^5 ton/dia proveniente do rio Mamoré contribuem para $1,6.10^5$ ton/dia encontrado na estação de Abunã. A diferença entre o valor dos tributários e o encontrado na estação de Abunã (a jusante) pode ser explicado pelo processo de ressuspensão do material que se encontra estocado neste trecho.

Deve-se ressaltar que estudos geológicos/geomorfológicos da região indicam que após a confluência dos rios Beni e Mamoré o controle litológico do embasamento pré-cambriano confere um padrão retilíneo em contraste com o padrão meândrico dos tributários na região fronteira da bacia conforme explica Quadros (1996) *in* Adamy & Romanini (2005). A estação de Abunã apresenta o papel geológico/geomorfológico da região se considerarmos a geometria do canal onde, a largura da seção é a menor e a profundidade a

segunda maior entre as seções estudadas, evidenciando o estrangulamento da seção estreita e aprofundada, o que sugere uma maior capacidade de transporte de sedimentos.

A Qss a jusante de Abunã se mostrou variável até Porto Velho com tendência de queda nos valores gerais encontrados. Enquanto na estação de Porto Velho registrou-se 1.10^5 ton/dia no reservatório da UHE Santo Antônio a Qss variou entre $0,6.10^5$ ton/dia na estação próxima a barragem a $1,4.10^5$ ton/dia no trecho mais distante da barragem (ilha do Bufalo). Para Adamy & Romanini (2005), este segmento geomorfológico exibe uma característica importante observada no rio Madeira, representada pela sucessão de uma seqüência alternada de estrangulamentos e alargamentos da calha do rio.

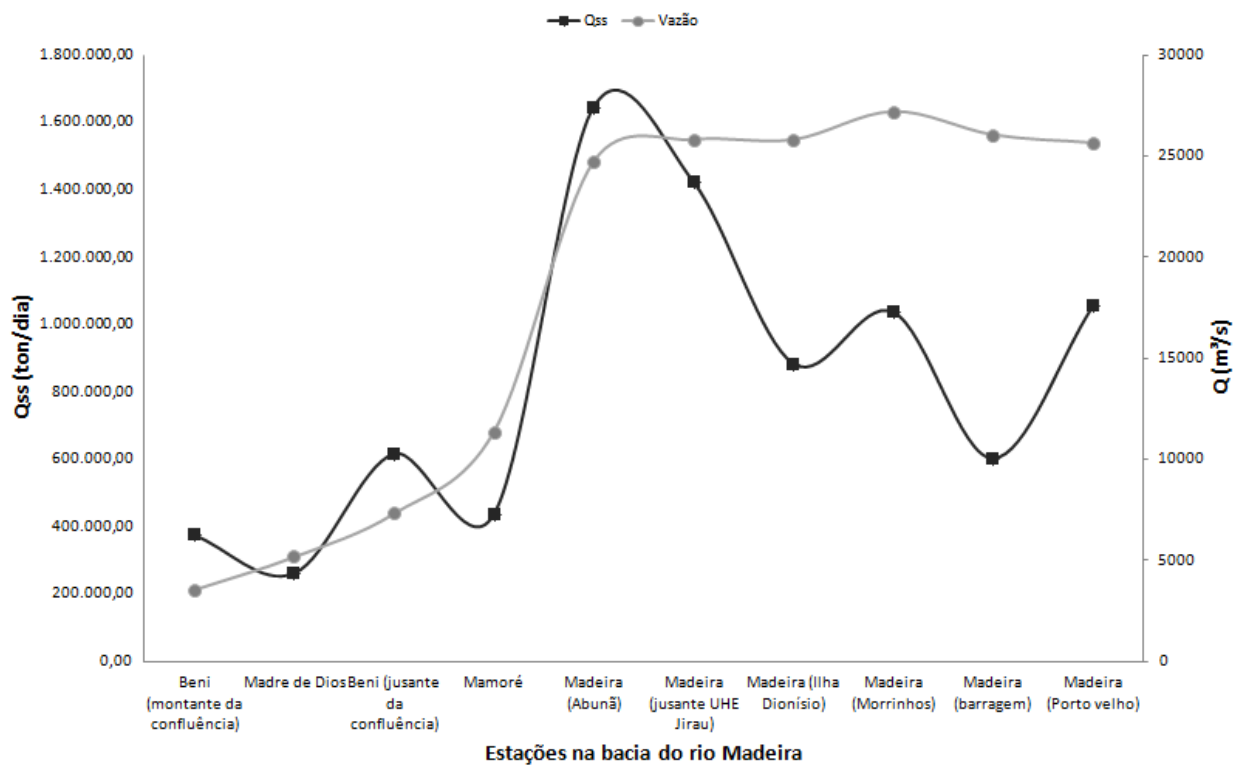


Figura 5. Perfil longitudinal das Descarga Sólida em Suspensão (Qss) entre os tributários do rio Madeira (Beni, Madre de Dios e Mamoré) e o canal principal no eixo primário e Descarga Líquida (Q) das respectivas estações.

Esta sequência particular da geomorfologia fluvial do rio Madeira corrobora com o abatimento no aporte de sedimentos em suspensão, contudo, o barramento de Santo Antônio possivelmente está acentuando este processo, uma vez que houve mudanças nas condições hidráulicas do canal. Embora haja necessidade de se aprofundar sobre os aspectos da dinâmica fluvial através de formulações sobre a capacidade do canal de transportar sedimentos em suspensão, dentre outras formas de investigação, buscou-se correlacionar a Qss

com dois parâmetros da geometria no canal para entender a sensibilidade desta carga sobre a forma do canal.

5. Conclusão

Considerando a metodologia aplicada neste trabalho e o apoio da literatura, de acordo com os resultados que alcançamos, pode-se concluir que o aporte encontrado no período de cheia é coerente com a grandeza da bacia. A variação na Descarga Sólida em Suspensão do rio Madeira no trecho estudado esteve entre $0,26 \cdot 10^5$ a $1,6 \cdot 10^5$ ton/dia. Estes valores demonstram que a magnitude do fenômeno é digno dos rios que demandam elevadas taxas de sedimentos para o oceano, que neste caso se dá por meio do rio Amazonas. As variações na carga em suspensão inserido no contexto do complexo hidroelétrico do Madeira demonstra-se sensível a forma geométrica dos canais. Tais parâmetros estão associados a processos morfológicos já existentes e que com o efeito da barragem acentua a dinâmica do fluxo sedimentar (em termos de amplitude da carga). Para que seja validado tal raciocínio este estudo deve avançar formulações que descrevam a capacidade (energia) de transporte do fluxo sedimentar em suspensão.

6. Bibliografia

- Adamy, A., & Romanini, S. J. *Geomorfologia – Setor Santon Antônio*. Estados de Rondônia e Amazonas. Brasília; FURNAS/CPRM, 2005, Porto Velho-RO.
- Carvalho, N., Filizola Jr., N., Santos, Lima, P., Werneck, J., (2000). *Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios*. ANEEL. Brasília, DF.
- Carvalho, N. O., et. al., (2000). *Revisão dos estudos sedimentológicos do rio Madeira e Mamoré*. Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos, (2005) João Pessoa. ANAIS.. João Pessoa: ABRH, 2005. CD Rom.
- Filizola, N. J., (2003). *Transfert sédimentaire actuel par les fleuves amazoniens*. Tese de Doutorado. Toulouse: Université Paul Sabatier III.
- Filizola, Naziano, Guyot J.L. *Fluxo de sedimentos em suspensão nos Rios da Amazônia*. Revista Brasileira de Geociências, dezembro de 2011.
- FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht S.A.), 2006., Leme Engenharia EIA – *Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO*. Tomo E. Complementação e Adequação às Solicitações do IBAMA. Leme Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.
- Latrubesse, E.M.; Stevaux, J.C.; Sinha, R. 2005. *Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral*. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6 número 1 (2005) 01-18. Disponível em: <http://www.ugb.org.br/home/?pg=9>. [Acedido em 14 de março de 2016]
- Molina J. C. 2006, *Análisis de los Estudios de Impacto Ambiental del Complejo Hidroeléctrico del Rio Madera*. Hidrología y Sedimentos Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOMADE), La Paz, Bolivia.
- Walling W. and D. Fang (2003), Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers, *Global and Planetary Change*, 39(1–2), Pages 111-126, ISSN 0921-8181. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09218181>. [Acedido em 23 de agosto de 2015]