

INSTALAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE TURBIDÍMETRO EM BACIA HIDROGRÁFICA PILOTO

*Glauber Altrão Carvalho¹, Adilson Pacheco de Souza², Frederico Terra de Almeida³,
Eduardo Morgan Uliana⁴, Cornélio Alberto Zolin⁵, Hérculis Nogueira⁶, Matheus Henrique
Winter⁷, Rafael de Jesus dos Santos⁸, Fernanda do Amaral Lima⁹, Aline Kraeski¹⁰, Marco Aurélio
Barbosa Alves¹¹, Daniela Roberta Borella¹², Cassio Fernando Simioni¹³, Juliana Marestoni
Simões¹⁴, Evellynn Sato Sirqueira¹⁵.*

ABSTRACT

The water issue has great relevance in society as a whole, having its use in several sectors such as agricultural production, energy and water supply for the population. The monitoring of sediments and water supply in hydrographic basins contributes to a more efficient management of water resources, with the main challenge of continuing observations. Obtaining primary data is considered one of the difficulties, since it is necessary to train, maintain teams, and also organize financial logistics. The use of equipment capable of recording on a continuous scale, such as level and turbidity sensors, tends to contribute to a series of watercourse information with greater time span. Calibrations and measurements must be connected to the monitoring to obtain more representative data. This study is being carried out in a sub-basin of the Teles Pires River, that of the CAIABI River - MT. The calibration of the sensor with standard formazine solution demonstrates the viability of the concentrations in use. The calibration curve for the concentration of suspended sediments has been made by sampling at monthly intervals. The low levels of suspended sediment concentration characteristic of the sub-basin and the sensitivity of the sediment probe are research elements.

Keyword: turbidimeter, suspended sediment.

¹Glauber Altrão Carvalho, Universidade Federal do Mato Grosso, glauber.altrao@gmail.com

²Adilson Pacheco de Souza, Professor Associado I, ICAA-UFMT-Sinop, Endereço: Av. Alexandre Ferronato, 1200 – Sinop-MT, CEP: 78.550-728, e-mail: pachecoufnt@gmail.com, telefone: (66) 98136-3805

³Frederico Terra de Almeida, Professor Associado IV, ICAA-UFMT-Sinop, Endereço: Av. Alexandre Ferronato, 1200 – Sinop-MT, CEP: 78.550-728, e-mail: fredterr@gmail.com, telefone: (66) 99995-1315

⁴Eduardo Morgan Uliana, Professor Adjunto II, ICAA-UFMT-Sinop, Endereço: Av. Alexandre Ferronato, 1200 – Sinop-MT, CEP: 78.550-728, e-mail: morganuliana@gmail.com.

1-INTRODUÇÃO

O transporte de sedimentos em rios ocorre de forma natural, e pode ser mais acentuado de acordo com a intensidade de uso e ocupação de solo em bacias hidrográficas. Este aspecto faz com que haja necessidade de realizar o manejo de solo e proteção de áreas ripárias de forma efetiva, diminuindo impactos e o aumento de transporte.

A dinâmica das condições dos rios relacionados com o transporte de sedimentos oriundos do uso e ocupação das bacias hidrográficas tem sido estudada e discutida por diversos autores, tendo diversas consequências (Sari et al., 2017; Silva e Andrade, 2019; Yu et al., 2017; Zaiatz et al., 2018; Zhao et al., 2017).

Estas condições estão diretamente conectadas com a ocupação e uso do solo, e uma gestão integrada entre os usos, os recursos naturais e condições ambientais em bacias hidrográficas pode evitar que processos como erosão, deposição e transporte ocorram de maneira descontrolada.

A busca por tecnologias e o aumento da produtividade do setor agrossilvipastoril devem estar alinhados à preservação e conservação dos recursos naturais das bacias hidrográficas, visto que a importância do ambiente vivo auxilia no equilíbrio dos mesmos.

Em vista disso, estudos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas tendem a contribuir com tomadas de decisões, uso sustentável das áreas e aumento de informações em ambientes naturais e/ou ocupados. Nestas condições, o uso de ferramentas com maior amplitude de informações aliado ao trabalho de campo auxilia no aumento da série de dados. Dentro as ferramentas disponíveis o turbidímetro e o sensor de nível auxiliam o monitoramento com registros de dados contínuos. De acordo com Gippel (1989), a continuidade das informações coletadas por turbidímetros possibilita o conhecimento e entendimento da dinâmica espaço-temporal dos sedimentos em uma bacia; entretanto, a calibração do instrumento registrador requer análise cuidadosa, com consideração das características do local onde o equipamento se encontra instalado.

Para isso deve se ter cuidado em calibrar os sensores de forma a obter os dados com maior representatividade e de forma a diminuir os erros. Segundo Hudson 2001), de fato, os resultados obtidos dessa conversão são dependentes de: instrumentos utilizados, calibração dos instrumentos, manipulação das amostras utilizadas na calibração e, de como, quando e onde as amostras foram coletadas.

O estudo vem sendo realizado numa sub-bacia do rio Caiabi próximo à confluência com o rio Teles Pires. A proposta é realizar uma metodologia para calibração de turbidímetro considerando as condições locais para avaliação do transporte de sedimentos suspensos em escala contínua.

2-MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O local de estudo é uma sub-bacia do rio Caiabi, com 359 Km² de área, a seção de medição está localizada 12°09'25" S e 55°28'28" W. Esta sub-bacia é um dos afluentes da bacia hidrográfica do Teles Pires, figura 1, tendo relevância para estudos hidrossedimentológicos.

Para a instalação da estação automática para monitoramento de sedimentos e nível de água foi considerado local próximo às margens do rio, buscando segurança para os equipamentos e condições de representatividade para os sensores em água.

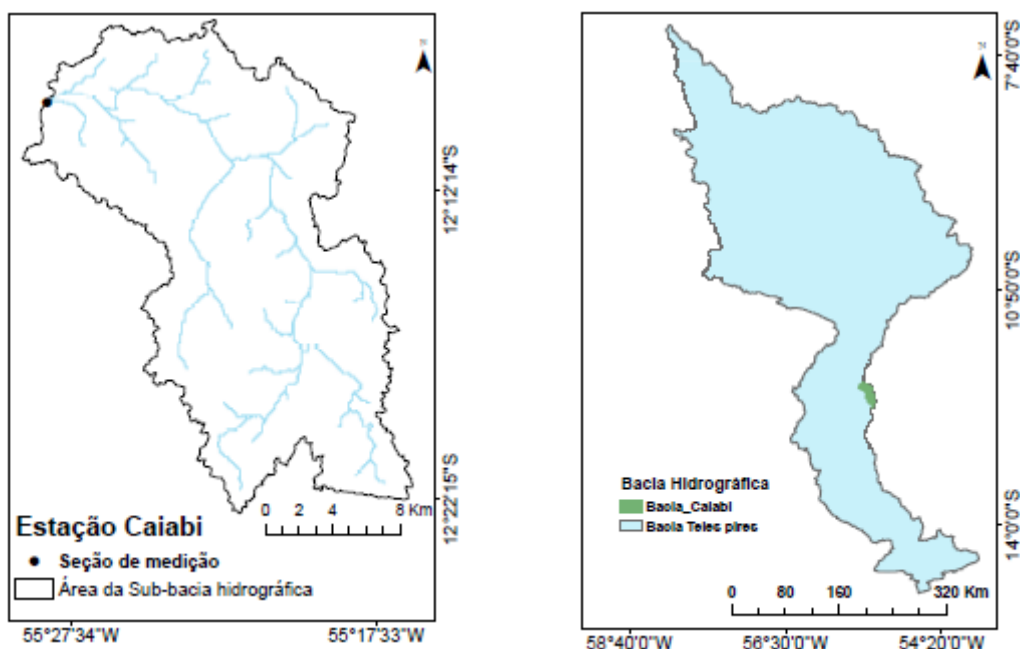


Figura 1- Detalhamento da área de estudo, uma sub-bacia do rio Caiabi, afluente do rio Teles Pires

2.2 Calibração do turbidímetro

Esta etapa é dividida em dois procedimentos, primeiro a aferição da turbidez da sonda em (NTU) para avaliação da estabilidade e eficiência da sonda, e segundo a determinação da concentração de sedimentos em suspensão C_{ss} (Mg/L), depois parear os dados de turbidez com a concentração no instante da amostragem, conforme descrito por Minella *et al.* (2008). Este procedimento pode ser realizado em visitas de campo, tendo o critério de buscar condições com

maior transporte de sedimentos em períodos de cheias e de secas, para se ter maior amplitude dos dados e representatividade local.

A primeira etapa está sendo realizada com solução de formazina. As concentrações em uso têm variabilidade de 0 NTU sendo água destilada apenas, e de 10, 30, 50, 80, 100, 150, 200 NTU. O procedimento de diluição é realizado em laboratório, figura 2, com uma solução mãe de 4000 NTU. Após o preparo é feito um controle das soluções preparadas, verificando com uso de um turbidímetro de bancada a turbidez de cada concentração. Para seguir um padrão lógico de calibração a aferição realizada pelo turbidímetro de bancada é a concentração utilizada para calibração do equipamento em campo.

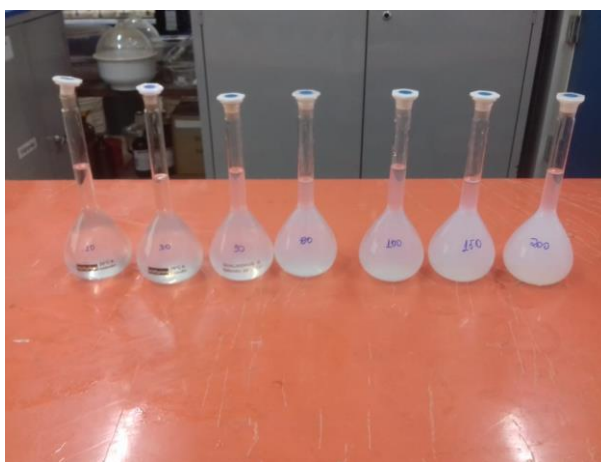


Figura 2 - Concentrações de turbidez (NTU) formazina.

O procedimento de calibração em campo com solução padrão de formazina foi realizado da seguinte maneira: as concentrações preparadas em laboratório são armazenadas em tubos de 50 mm com capacidade volumétrica para 1 litro, este tubo deve ser mantido fechado até o momento do uso para calibração em campo. Antes de iniciar a calibração em campo é feito o download de registros da estação. Após isto é feita a limpeza da sonda para diminuir a contaminação durante o procedimento de calibração com as soluções. No início é feito a homogeneização da amostra em movimento rotacional de cima pra baixo com os tubos. A calibração ocorre de maneira crescente de modo que a cada concentração a sonda é submersa no tubo por cerca de 3 minutos. Após este intervalo é retirada e limpa com água destilada, e se repete o procedimento nas demais concentrações. Por fim se estabeleceu uma equação. Esta primeira etapa busca verificar a estabilidade e eficiência da sonda transformando as leituras de milivolts (mV) para turbidez (NTU) com uso de solução padrão de formazina.

A segunda etapa é transformar os valores de turbidez (NTU) para concentração de sedimentos em suspensão C_{ss} (Mg/L). Isto é realizado com amostragens de sedimentos em

suspensão através do amostrador USDH- 48 e determinação da concentração de sedimentos em suspensão em laboratório. A amostra é do tipo composta e metodologia sendo igual incremento de largura (IIL). Após determinar em laboratório os resultados são pareados, turbidez (NTU) e concentração de sedimentos em suspensão (Css) determinando uma equação que converte as leituras de (NTU) para (Css).

2.3 Monitoramento hidrossedimetológico

O monitoramento de sedimentos suspensos foi realizado com uso de estação automática com sensor de nível e de turbidez. A estação está instalada na margem do rio e seus registros estão programados a cada 10 minutos. A fim de se determinar uma curva de calibração e avaliar as metodologias para funcionamento do equipamento, o estudo procurou avaliar um período de dois meses do ano de 2019 e de 2020 (janeiro e fevereiro). Os dados do sedimentograma e hidrograma foram pareados e organizados a cada 6 horas para o período.

A sonda de turbidez foi ajustada em um cano PVC de 50 mm próximo à margem do rio, tendo o cano como proteção contra luminosidade, galhos e outras matérias de transporte pelo rio. O distanciamento deste cano do fundo do rio é de aproximadamente uns 20 cm, sendo a sonda fixada próxima ao final do cano. O trabalho de campo está sendo realizado em visitas de campo mensais para medição de vazão e sedimentos. As medições de vazão são realizadas com uso do medidor de vazão molinete fluviométrico, da JCTM, pelo método de meia seção. As amostragens de sedimentos em suspensão são realizadas com amostrador USDH- 48, com uso do método de igual incremento de largura (IIL).

2.4 Análises do material em suspensão

Utilizou-se método de filtração para determinação das concentrações de sedimentos, eq. 1. No procedimento utilizou-se membrana com espessura de 0,45 µm. Todas as amostras coletadas foram filtradas usando sistema de filtro e secadas em estufa a 105°C.

$$C_{ss} = \frac{msb - mst}{mab - mat} * 10^6 * f_c \quad (1)$$

Onde: C_{ss} é a concentração de sedimentos em suspensão na amostra ($Mg.L^{-1}$); msb é a massa total, sedimento e cadinho (g); mst é a tara do cadinho (g); mab é a massa da amostra, recipiente e amostra (g); mat é a tara da amostra, recipiente (g); 10^6 é o fator de correção g/g para mg/kg; e f_c é o fator de conversão mg/kg para mg/L.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Calibração do turbidímetro

Na primeira etapa de calibração do equipamento verificamos a estabilidade e eficiência da sonda de sedimentos que demonstrou resultados mais representativos com as características da sub-bacia hidrográfica utilizando a equação polinomial de 2º ordem, figura 3 (A). Neste procedimento inicial visa-se verificar a capacidade do equipamento em converter os valores da leitura de milivolts para turbidez (NTU). Este processo é realizado sempre que necessário verificar o funcionamento correto da sonda de turbidez. A equação da curva obteve coeficiente de correlação de 0,997.

Já na segunda etapa foi traçada a curva de calibração, figura 3 (B), com os resultados das concentrações de sedimentos em suspensão (C_{ss}) determinadas em laboratório e a turbidez (NTU) das leituras do turbidímetro. Nesta etapa a equação do tipo linear com correlação de 0,92 obteve resultados mais representativos com as condições locais. Em geral, a relação entre a concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) e a turbidez (NTU) é do tipo linear, potencial, ou polinômio de 2º ordem (Navratil *et al.*, 2011). Os mesmos autores relatam que frequentemente o coeficiente de correlação entre as duas variáveis é superior a 70%.

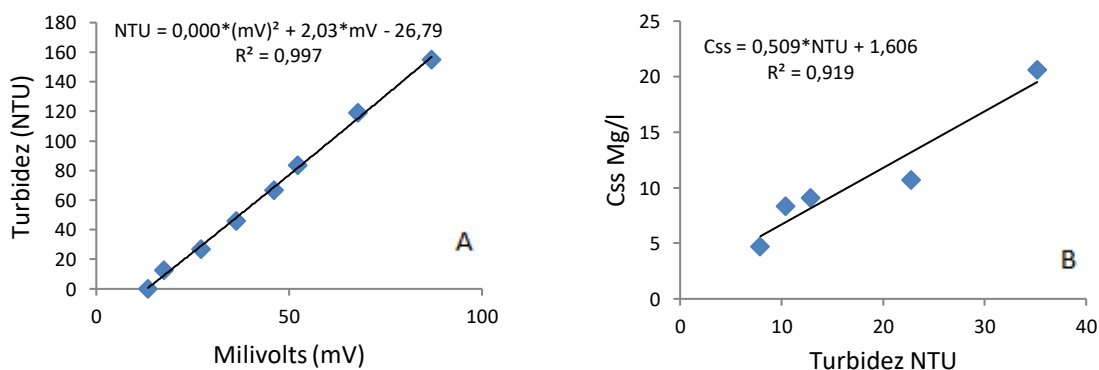


Figura 3- Curva de calibração turbidez (NTU)- (A), e Curva de calibração de concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) – (B).

3.2 Monitoramento hidrossedimentológico

A estimativa da concentração de sedimentos em suspensão apresentada no sedimentograma, figura 4, demonstra a viabilidade do uso do turbidímetro para avaliações em escala temporal. O hidrograma foi determinado com uso do sensor de nível, e a vazão foi estimada pela curva chave que ainda vem sendo construída, sendo a equação $Q = 6,06 * (H - 0,54)^{1,44}$. Observando o período de estudo de 2019, as vazões máxima e mínima foram de 14,44 a 4,62

m^3/s , já as concentrações de sedimentos em suspensão máxima e mínima estimada pelo turbidímetro foram de 32,27 a 7,46 mg/L. Para o ano de 2020 as vazões observadas foram de 13,10 a 5,67 m^3/s e concentração de sedimentos em suspensão de 46,00 a 6,89 mg/L. Com a continuidade do monitoramento será possível verificar as condições da disponibilidade hídrica, já que esta sub-bacia tem sido utilizada para irrigação nas áreas de agricultura. Outro aspecto relevante é a observação do transporte de sedimentos suspensos em períodos de estiagem e chuvosos, para o entendimento da dinâmica de sedimentos na bacia hidrográfica.

Os dados observados, conforme o sedimentograma para os períodos de 2019 a 2020, demonstraram a capacidade do turbidímetro de fazer a estimativa de sedimentos em suspensão através de amostragens de sedimentos por integração na vertical. O método de amostragem por igual incremento de largura (IIL), com uso do amostrador USDH – 48, demonstrou bons resultados até o momento. Não foram registrados concentrações de sedimentos em suspensão superiores a 21 mg/L determinadas em laboratório, contudo com a continuidade do monitoramento será avaliado se é uma característica da sub-bacia. Da mesma forma, a continuidade do estudo tende a aumentar a amplitude de dados amostrados para a calibração do sensor de turbidez, dando clareza e qualidade sobre as condições locais.

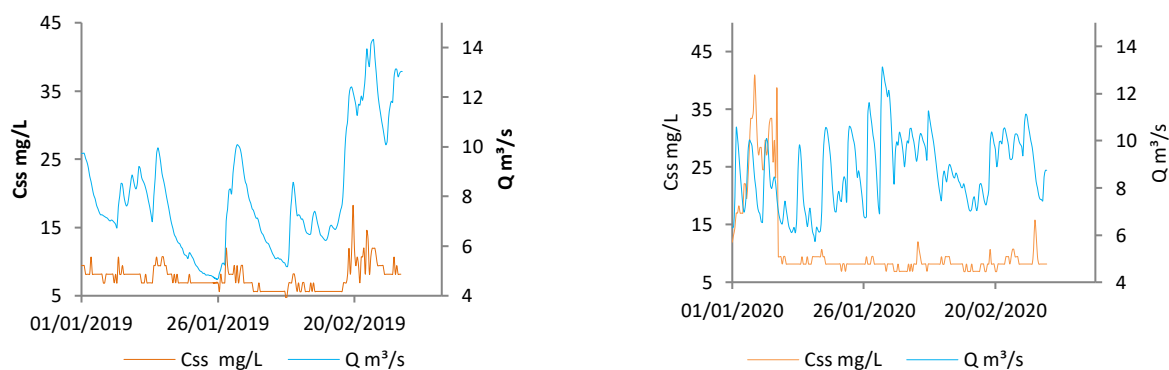


Figura 4 – Dados de vazão (Q) e concentração de sedimentos em suspensão (C_{ss}) no período de 2019 e 2020 na sub-bacia do rio Caiabi-MT.

4 - CONCLUSÃO

A calibração do turbidímetro com uso de amostras composta tende a ser representativa para observações das condições locais, caracterizando a dinâmica de sedimentos em cursos de água.

O turbidímetro devidamente calibrado demonstrou ser uma alternativa para estimativas de sedimentos em suspensão. Entretanto, o monitoramento num período longo permite avaliações mais significativas.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Mato Grosso – Campus de Sinop –UFMT, a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior em conjunto com Agência Nacional de Águas - (CAPES-ANA-DPB) através do projeto rede de pesquisas no rio Teles Pires: Disponibilidade hídrica e sedimentos em cenários ambientais, e por fim ao grupo de pesquisa de Tecnologia em Recursos Hídricos no Centro Oeste – TRHECO, da UFMT-Sinop.

BIBLIOGRAFIA

GIPPEL, C.J. The use of turbidimeters in suspended sediment research. *Hydrobiologia* 176/177, pp. 465–480, 1989.

HUDSON, R. Interpreting Turbidity and Suspended-Sediment Measurements in High-Energy Streams in Coastal British Columbia. Nanaimo: Research Section, Vancouver Forest Region, BCMOF, 2001. (Forest Research Technical Report, TR-008).

MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; CLARKE, R. (2008). Estimating suspended sediment concentrations from turbidity measurements and the calibration problem. *Hydrological Processes* 22, pp. 1819–1830.

NAVRATIL, O. et al. Global uncertainty analysis of suspended sediment monitoring using turbidimeter in a small mountainous river catchment. *Journal of Hydrology*, v. 398, n. 3-4, p. 246–259, 2011.

SARI, V.; PEREIRA, M. A.; CASTRO, N. M. R.; KOBAYAMA, M. Efeitos do tamanho da partícula e da concentração de sedimentos suspensos sobre a turbidez. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 2, p. 213-219, 2017.

SILVA, D. B. Q.; ANDRADE, L. N. P. S. Caracterização hidrossedimentológica e as formas de uso/ocupação da terra no alto curso da sub-bacia hidrográfica do córrego jaracatiá no município de Colíder – Mato Grosso. *Caminhos de Geografia*, v. 20, n. 71, p. 32-51, 2019.

YU, X.; XIE, X.; MENG, S. Modeling the Responses of Water and Sediment Discharge to Climate Change in the Upper Yellow River Basin, China. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 22, n. 12, p. 05017026, 2017.

ZAIATZ, A. P. S. R.; ZOLIN, C. A.; VENDRUSCULO, L. G.; LOPES, T. R.; PAULINO, J. Agricultural land use and cover change in the Cerrado/Amazon ecotone: A case study of the upper TelesPires River basin. *ActaAmazonica*, v. 48, n. 2, p. 168-177, 2018.

ZHAO, G.; KONDOLF, G. M.; MU, X.; HAN, M.; HE, Z.; RUBIN, Z.; WANG, F.; GAO, P.; SUN, W. Sediment yield reduction associated with land use changes and check dams in a catchment of the Loess Plateau, China. *Catena*, v. 148, p. 126-137, 2017.