



ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO E A TURBIDEZ NO RESERVATÓRIO DE MOGI-GUAÇU (SP)

Bruno Bernardo dos Santos¹; Marcus Vinícius Estigoni²; Renato Billia de Miranda³; Daniel Autran Botelho⁴; Frederico Fábio Mauad⁵

RESUMO – O monitoramento hidrossedimentológico com dados confiáveis de concentração de sedimentos pode ser problemático quando são empregados métodos convencionais, pois geralmente os mesmos apresentam medições com quantidade de postos e frequência inferiores à desejável. De modo a proporcionar obtenção contínua e segura da concentração dos sedimentos em suspensão, medidas de turbidez podem ser empregadas, mas precisam ser calibradas. Este artigo apresenta um estudo realizado no Reservatório da Pequena Central Hidrelétrica Mogi-Guaçu (SP) sendo realizada correlação dos dados de turbidez mensuradas com a sonda multiparâmetro (YSI 6600) e concentração de sedimentos em suspensão obtidas por amostragem convencional (garrafa de Van Dorn). Estes dados foram analisados segundo os dias de amostragem, por setores do reservatório e considerando todos os pontos. Realizou-se regressão linear desses dados, obtendo-se para os dias 27/01/2014, 29/01/2014 e 20/03/2014 os respectivos coeficientes de determinação (R^2): 0,85; 0,76 e 0,94. Dividindo-se o reservatório em Entrada, Meio, Ponto 16 e Barragem, obteve-se R^2 superior a 0,82 em todos os setores, e considerando todos os pontos amostrados, obteve-se $R^2=0,76$. Comparando-se os erros relativos para todos os casos, mostrou-se que as correlações entre a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão foram melhores setorizando o reservatório, permitindo análise completa do transporte de sedimentos no reservatório.

ABSTRACT – The hydrosedimentological monitoring with reliable sediment concentration data might be problematic when conventional methods are used, because their measurements are usually taken for a certain number of stations and at a frequency below the desired one. Therefore, calibrated turbidity measures can be employed for a continuous and safe obtaining of Suspended Sediment Concentration. This paper reports a study on the reservoir of the Mogi Guaçu (SP) Small Hydroelectric Plant and the correlation between the turbidity sample data from an automatic device (YSI 6600) and the suspended sediment concentration measured by a conventional sample method that employed a Van Dorn sampler. The data were analyzed according to each sampling day, by different sectors of the reservoir and also considering all sampling locations. A linear regression of the data was conducted and the respective coefficients of determination (R^2): 0.85; 0.76 and 0.94 were obtained for days 01/27/2014, 01/29/2014 and 03/20/2014. Dividing the reservoir into “Entry”, “Middle”, “Point 16” and “Dam”, R^2 was higher than 0.82 in all sectors, and when all sampling points were considered, $R^2 = 0.76$. The comparison of the relative errors for all cases showed the correlations between turbidity and suspended sediment concentration were better when the reservoir was divided into sectors, which enabled a full analysis of the sediment transport.

Palavras-Chave – Turbidez, Sedimentos em suspensão, Monitoramento hidrossedimentológico.

1) Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), São Carlos, SP, Brasil. E-mail: bbernardo@sc.usp.br

2) Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), São Carlos, SP, Brasil. E-mail: marcus.estigoni@usp.br

3) Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), São Carlos, SP, Brasil. E-mail: renato.miranda@usp.br

4) BMT WBM Pty Ltd., Austrália. E-mail: Daniel.Botelho@bmtwbm.com.au

5) Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), São Carlos, SP, Brasil. E-mail: mauadffm@sc.usp.br

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países que possui a maior reserva hidroenergética do mundo. A demanda hídrica e energética leva à construção de reservatórios para fins de abastecimento ou geração de energia por meio de centrais hidrelétricas.

Esses reservatórios proporcionam o aumento da disponibilidade hídrica, com o armazenamento do excedente de água da época de chuva para utilização em períodos de estiagem. No entanto, a construção de barragens, para formação desses reservatórios, gera uma série de modificações físicas, ambientais e sociais nos locais onde a mesma é instalada, principalmente no regime de vazão do rio, alterando o transporte de sedimentos pelos cursos d'água, o que merece cada vez mais atenção quanto à sua gestão e operação.

Segundo Carvalho (2008), os corpos hídricos têm a capacidade de transportar uma determinada quantidade máxima de sedimentos, dependendo de fatores como a vazão e a declividade do curso d'água, além do tipo e granulometria do sedimento. Portanto, a partir do momento que a quantidade de sedimentos transportados é maior que a capacidade de transporte do rio, há início do processo de assoreamento. A taxa média anual de assoreamento mundial é cerca de 1% do volume de reservatórios (Mahmood, 1987).

Problemas ambientais relacionados ao sedimento são particularmente importantes nos países em desenvolvimento, uma vez que a taxa de crescimento da população nesses países é geralmente elevada e este aumento é proporcional à pressão sobre os recursos naturais, causando um aumento das taxas de produção de sedimento (Syvitski *et al.*, 2005).

Segundo Mendonça (2003) a análise quantitativa representa uma das atividades de maior importância para a tomada de decisão em relação ao planejamento, aproveitamento e controle dos recursos hídricos. É difícil estimar com precisão a quantidade de sedimento que é transportada pelos rios, sendo geralmente mais cara e complexa do que a medição de vazão (McCully, 2001).

No intuito de subsidiar a tomada de decisões quanto à gestão de recursos hídricos e a necessidade de dados consubstanciados sobre os regimes de operação dos reservatórios, a Resolução Conjunta da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 003 (BRASIL, 2010) estabelece as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando o monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado aos aproveitamentos hidrelétricos.

Porém apesar desta resolução, o monitoramento hidrossedimentológico com dados confiáveis de concentração de sedimentos em suspensão ainda é limitado, e as medições são muitas vezes problemáticas quando são empregados métodos convencionais, devido às questões de ordem operacional, restringindo a obtenção dos dados, e sem a quantidade de postos desejáveis.

Segundo Corso (1989), em locais onde o programa de amostragem é insuficiente para definir um registro contínuo da quantidade de sedimentos, medidas de turbidez poderão ser empregadas para proporcionar dados contínuos de concentração de sedimentos em suspensão.

A turbidez representa uma propriedade ótica que mede como a água dispersa a luz. Esta dispersão aumenta com a quantidade de material particulado em suspensão; logo, a turbidez aumenta com a carga de sedimento suspenso. Partículas suspensas reduzem a profundidade de penetração de luz através da água, por conseguinte, aumentam a turbidez da água, o que pode afetar o tipo de vegetação que cresce na água.

Dentre os equipamentos que medem turbidez, pode-se destacar a sonda multiparâmetro YSI 6600 que possibilita a mensuração da turbidez “in situ”, com maior velocidade de amostras, a partir da tecnologia ótica. Conforme YSI (2014), a luz emitida entra na amostra e se dispersa nas partículas presentes na água. A luz dispersa entra em um detector de fibra e é medida por um fotodiodo. Isto segue a técnica de nefelometria, e os valores são expressos em *Nephelometric Turbidity Units* (NTUs).

Lima et al. (2011) através de regressão linear relacionou a turbidez e a concentração de sedimentos em suspensão em uma bacia experimental do Alto Rio Jardim (DF). Seus resultados indicaram que a relação, cujo R^2 foi 0,95, possa ser utilizada com precisão para estudos hidrossedimentológicos. Teixeira e Senhorelo (2000) avaliaram a existência de correlação entre dados de monitoramento de concentrações de sólidos suspensos e de turbidez medidos nos exutórios de 5 bacias hidrográficas no Estado de Espírito Santo em períodos de seca e chuva.

Tendo em vista o potencial em utilizar a sonda multiparâmetro como técnica na medição indireta da concentração de sedimentos, o presente artigo teve como objetivo principal avaliar a possibilidade do uso da sonda multiparâmetro 6600 para medição de sedimentos em suspensão no Reservatório da PCH de Mogi-Guaçu, baseada na correlação dos resultados desta técnica com o método convencional (amostragem com Garrafa *Van Dorn*).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O local escolhido como estudo de caso foi o reservatório de Mogi Guaçu que está situado na sub bacia do Alto Mogi, uma dentre as cinco sub bacias integrantes da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 9 (Bacia Hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, Figura 1a).

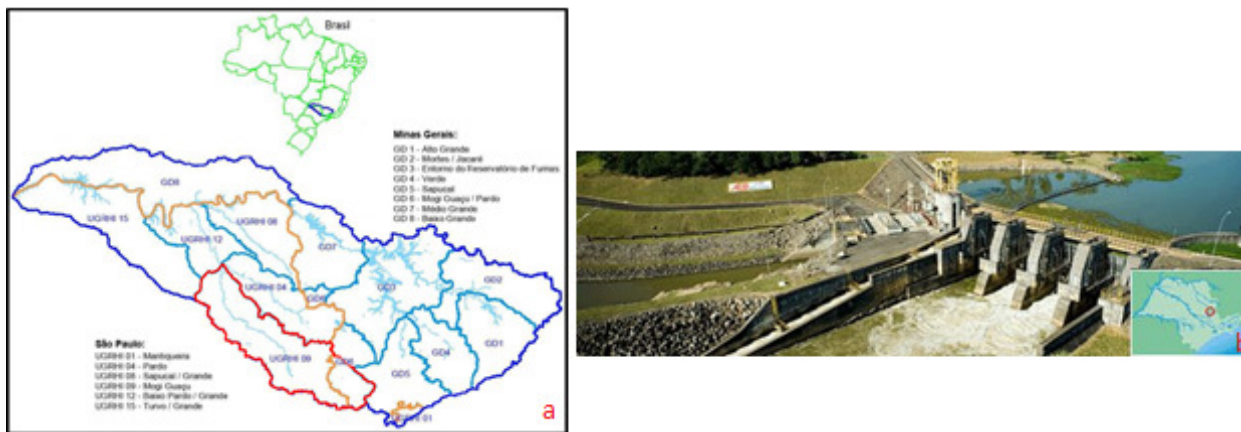


Figura 1 – a) Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu (sem escala definida); b) Vista área da PCH Mogi-Guaçu.

Fonte: a) Adaptado de IPT (2008) *apud* CBH MOGI (2008); b) CBH MOGI (2008).

O barramento que represa as águas do rio que dá nome à cidade e ao empreendimento (Rio Mogi-Guaçu) possui uma potência instalada de 7,2 MW. A Figura 1b mostra a PCH Mogi-Guaçu e sua localização no estado de São Paulo. Além da geração, a barragem possui a finalidade de amortecimento de picos de cheia e abastecimento das cidades de Mogi-Mirim e Mogi-Guaçu.

Equipamentos e amostragens da concentração de sedimentos em suspensão

O reservatório foi estrategicamente dividido em 20 pontos de amostragem para possibilitar o estudo do comportamento do sedimento ao longo do mesmo.

Em cada ponto de amostragem (aproximadamente sobre o talvegue do canal principal de escoamento) foram amostrados, a cada metro de profundidade, os parâmetros: temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido e turbidez com a sonda multiparâmetro YSI 6600 (Figura 2b). Nos transectos 14, 16, 19 e 20 (Figura 2a), por serem mais largos, também foram realizadas medições nas margens direita e esquerda.

Paralelamente às medições da sonda multiparâmetro, em alguns pontos específicos (Figura 2a) foram coletadas amostras de água-sedimento na superfície, à aproximadamente 1 metro de

profundidade, e próximo ao fundo utilizando a Garrafa *Van Dorn*, conforme recomendações em AGRICULTURE *et al.* (1978). As amostras coletadas foram posteriormente encaminhadas para o laboratório do Núcleo de Hidrometria (EESC/USP) para a determinação da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) que foi obtida pelo método de filtração, conforme recomendado por Carvalho (2008).

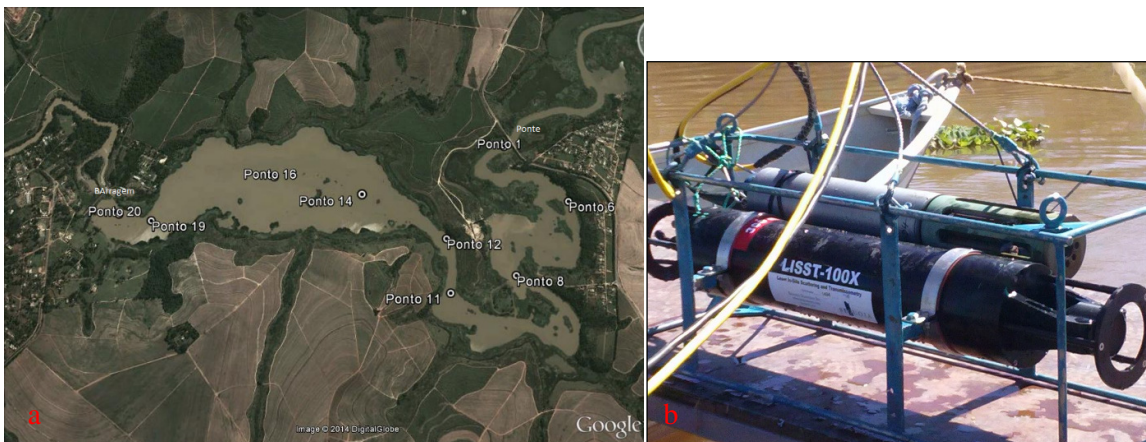


Figura 2 – a) Identificação dos transectos onde foram realizadas as amostragens de concentração de sedimentos em suspensão com a Garrafa *Van Dorn*; b) Laser In Situ Scattering and Transmissometry (LISST-100X) e Multiparâmetro utilizadas no trabalho.

Fonte: a) Adaptado do Google Earth (2014); b) Autores.

Análise estatística

Realizaram-se métodos de regressão com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre a variável Turbidez (NTU) obtida com a sonda multiparâmetro, e a variável CSS (mg/L) obtida pelo método convencional (Garrafa *Van Dorn*).

A metodologia adotada neste estudo está descrita a seguir:

- Representação gráfica do conjunto de dados e descarte dos possíveis pontos anômalos deste conjunto;
- Regressão quanto ao dia de coleta (27/01/2014; 29/01/2014 e 20/03/2014);
- Regressão por “setor” do reservatório. Neste caso, o reservatório foi dividido em “Entrada” (Pontos 1, 6 e 8), “Meio” (Pontos 11, 12 e 14), “Ponto 16”, e “Barragem” (Pontos 19 e 20);
- Regressão considerando todos os pontos amostrados;
- Com base nos coeficientes de determinação (R^2) e equações, estimativa das concentrações de sedimentos em suspensão para cada caso.
- Por fim, comparação das concentrações medidas e estimadas através de gráficos de distribuição de erro relativo, para concluir qual a melhor regressão a ser adotada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas duas coletas de campo referentes aos dias 27 e 29 de janeiro de 2014 (1ª campanha) e 20 de março de 2014 (2ª campanha). Os dados de Turbidez (obtidos com a sonda multiparâmetro YSI 6600) e as concentrações de sedimentos em suspensão (CSS) foram tabulados e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Concentrações de sedimentos em suspensão (em volume e massa).

| 27/01/2014 | | | | 29/01/2014 | | | | 20/03/2014 | | | |
|------------|-----------|----------------|------------|------------|-----------|----------------|------------|------------|-----------|----------------|------------|
| Ponto | Prof. (m) | Turbidez (NTU) | CSS (mg/L) | Ponto | Prof. (m) | Turbidez (NTU) | CSS (mg/L) | Ponto | Prof. (m) | Turbidez (NTU) | CSS (mg/L) |
| 1 | 1,00 | 95,00 | 63,00 | 1 | 1,00 | 67,80 | 42,00 | 1 | 1,00 | 22,90 | 12,67 |
| | 7,00 | 160,00 | 73,00 | | 6,00 | 108,80 | 76,00 | | 7,00 | 33,60 | 27,33 |
| 11 | 1,00 | 81,50 | 28,00 | 6 | 1,00 | 62,35 | 35,00 | 6 | 1,00 | 19,10 | 10,00 |
| | 7,00 | 93,90 | 39,00 | | 7,00 | 107,10 | 70,00 | | 7,00 | 34,65 | 21,00 |
| 14MD | 1,00 | 104,90 | 49,00 | 8 | 1,00 | 55,90 | 29,00 | 8 | 1,00 | 21,80 | 14,00 |
| 14ME | 1,00 | 103,15 | 34,00 | | 7,00 | 92,10 | 61,00 | | 8,00 | 499,80 | 352,00 |
| 16 | 1,00 | 110,00 | 39,00 | 12 | 1,00 | 58,90 | 27,00 | 12 | 1,00 | 26,35 | 16,00 |
| | 5,00 | 118,00 | 46,00 | | 8,00 | 71,60 | 44,00 | | 8,00 | 40,00 | 25,00 |
| 16ME | 1,00 | 87,50 | 34,00 | 16 | 1,00 | 56,45 | 30,00 | 14MD | 1,00 | 17,30 | 9,33 |
| | 5,00 | 111,00 | 37,00 | | 5,00 | 54,90 | 30,00 | 14ME | 1,00 | 29,10 | 18,75 |
| 16MD | 1,00 | 105,30 | 36,00 | 16ME | 1,00 | 56,45 | 19,00 | 16 | 2,00 | 35,20 | 18,80 |
| | 4,00 | 118,80 | 38,00 | | 6,00 | 68,10 | 21,00 | | 1,00 | 30,40 | 20,00 |
| 20 | 1,00 | 56,45 | 24,00 | 16MD | 1,00 | 54,90 | 25,00 | 16ME | 6,00 | 28,90 | 18,00 |
| | 9,00 | 123,35 | 50,00 | | 2,00 | 55,60 | 25,00 | | 1,00 | 13,20 | 7,75 |
| 20ME | 1,00 | 60,45 | 22,00 | 20 | 1,00 | 54,30 | 19,00 | 16MD | 4,00 | 17,50 | 8,75 |
| | 3,00 | 81,40 | 28,00 | | 9,00 | 84,90 | 26,00 | | 1,00 | 31,20 | 19,67 |
| 20MD | 1,00 | 51,20 | 17,00 | 20ME | 1,00 | 52,50 | 18,00 | 19 | 3,00 | 27,60 | 15,00 |
| | 5,00 | 115,10 | 45,00 | | 2,00 | 53,95 | 21,00 | | 1,00 | 12,80 | 6,75 |
| | | | | 20MD | 1,00 | 53,70 | 16,00 | 19ME | 5,00 | 22,70 | 14,00 |
| | | | | | 5,00 | 72,60 | 18,00 | | 1,00 | 12,20 | 7,60 |
| | | | | | | | | 19MD | 4,00 | 18,20 | 7,50 |
| | | | | | | | | | 1,00 | 12,20 | 6,60 |
| | | | | | | | | | 9,00 | 19,60 | 11,20 |

*ME = Margem Esquerda

*MD = Margem Direita

Todos os equipamentos foram calibrados diariamente antes das medições, para descartar possíveis erros sistemáticos. Porém, foram identificados alguns pontos anômalos, estes devido a erros aleatórios nas medições. A maior interferência nas medições pode ter sido o trabalho pontual de algumas dragas, alterando os valores de concentração e turbidez em certas profundidades. Sendo assim, esses pontos anômalos foram desconsiderados para que as correlações não fossem prejudicadas.

Em todas as correlações feitas foram testados outros modelos de regressão como o Polinomial de segunda e terceira ordem. É importante enfatizar que não foi considerado a Regressão

Logarítmica e Exponencial pelo fato da linha de tendência obrigatoriamente ter intersecção na origem. Analisando todas as correlações geradas, optou-se pela Regressão Linear interceptando a origem dos eixos coordenados.

Conforme Figura 3, a medição do dia 20/03/2014 apresentou melhor correlação com R^2 igual a 0,94. Apesar do bom coeficiente de determinação, é importante destacar que essa data abrange uma faixa de turbidez de (10 - 40 NTU) sendo que na 1ª campanha a turbidez chegou a 160 NTU. Logo, utilizar essa correlação poderá estar superestimando as concentrações.

A correlação do dia 29/01/2014 apresentou coeficiente de determinação R^2 igual a 0,76, ou seja, inferior aos demais dias, pela quantidade significativa de pontos que apresentavam mesmo valor de turbidez para diferentes valores de concentração afetando a qualidade da correlação.

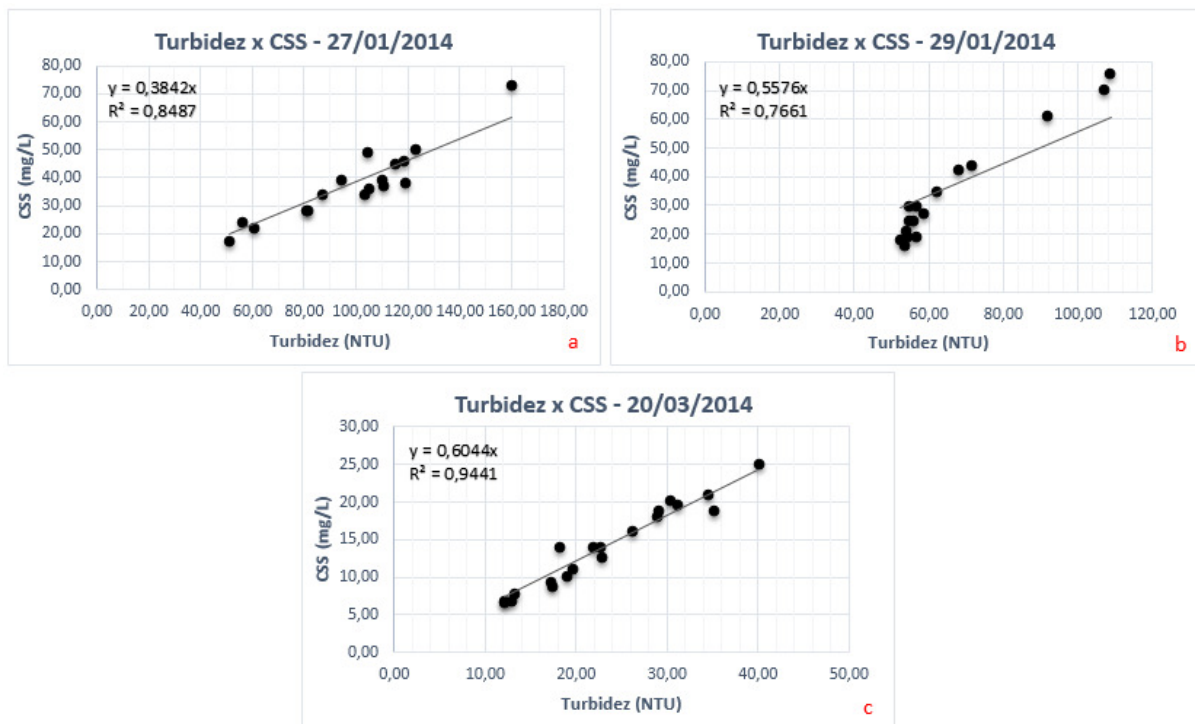


Figura 3 – Correlações entre a turbidez e a concentração amostrada (CSS) em relação aos dias de coletas e com seus respectivos coeficientes de determinação: a) 27/01/2014; b) 29/01/2014; c) 20/03/2014.

Na Figuras 4 são apresentadas as correlações para os setores do reservatório: “Entrada” (P01, P06 e P08), “Meio” (P11, P12 e P14); “Ponto P16” e “Barragem” (P19 e P20).

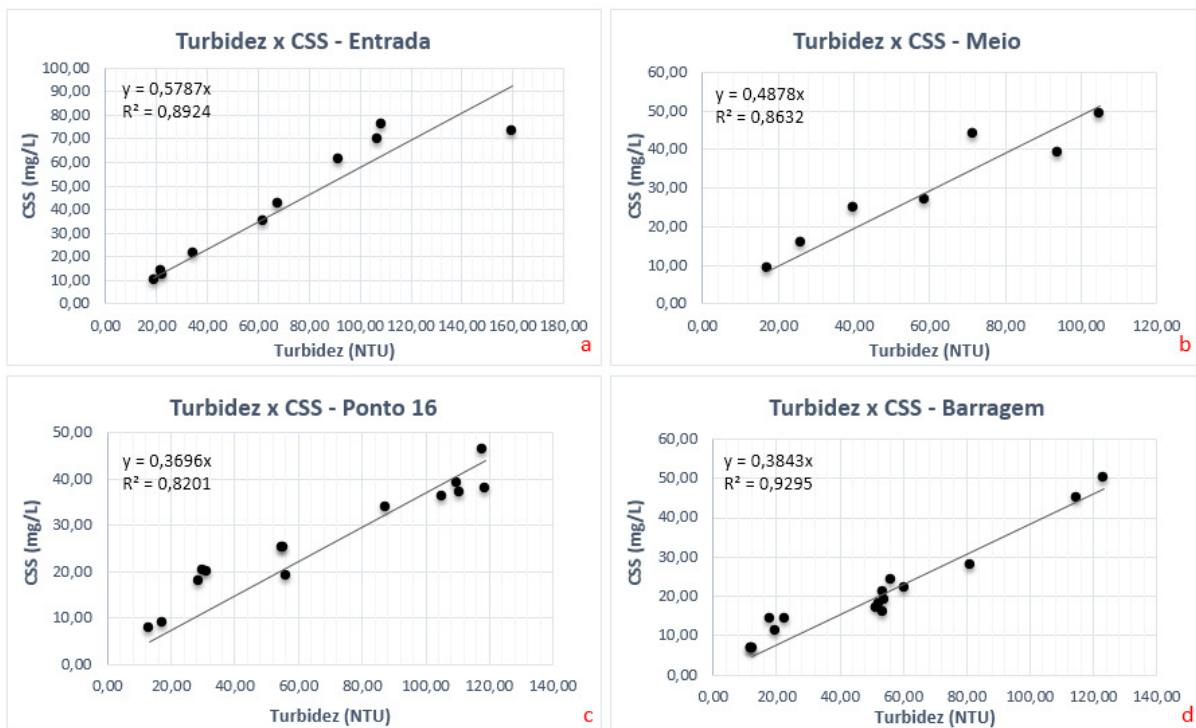


Figura 4 – Correlações entre a turbidez e a concentração amostrada (CSS_V) em relação aos “setores” do reservatório e com seus respectivos coeficientes de determinação: a) Entrada do reservatório; b) Meio do reservatório; c) Ponto 16; d) Barragem.

Novamente as correlações se mostraram boas com coeficientes de determinação R^2 superiores a 0,82 em todos os casos. Neste caso, para estimar a concentração de sedimentos em suspensão, a equação a ser empregada dependerá do setor onde foi realizada a medição. Assume-se que ao longo do reservatório, a característica do sedimento amostrada vai se alterando em função da deposição dos sedimentos mais grosseiros ao passo que a intensidade do escoamento diminui.

Por fim, correlacionando turbidez e CSS considerando todos os pontos, obteve-se um coeficiente de determinação R^2 igual a 0,76 (Figura 5).

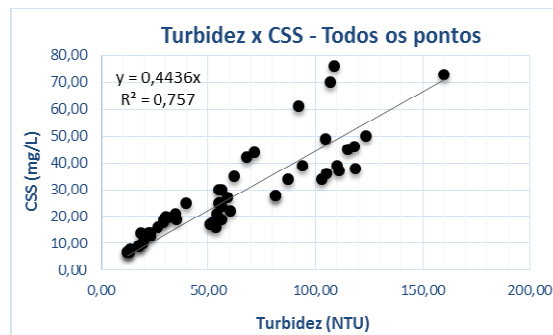


Figura 5 - Correlações entre a turbidez e a concentração em massa (CSS) considerando todos os pontos.

De modo geral, a regressão linear se adequou para todas as correlações testadas.

Para ilustrar a afirmação, gerou-se uma curva de distribuição dos erros relativos obtidos na comparação entre os resultados medidos e estimados adotando os três casos de regressão obtidos anteriormente.

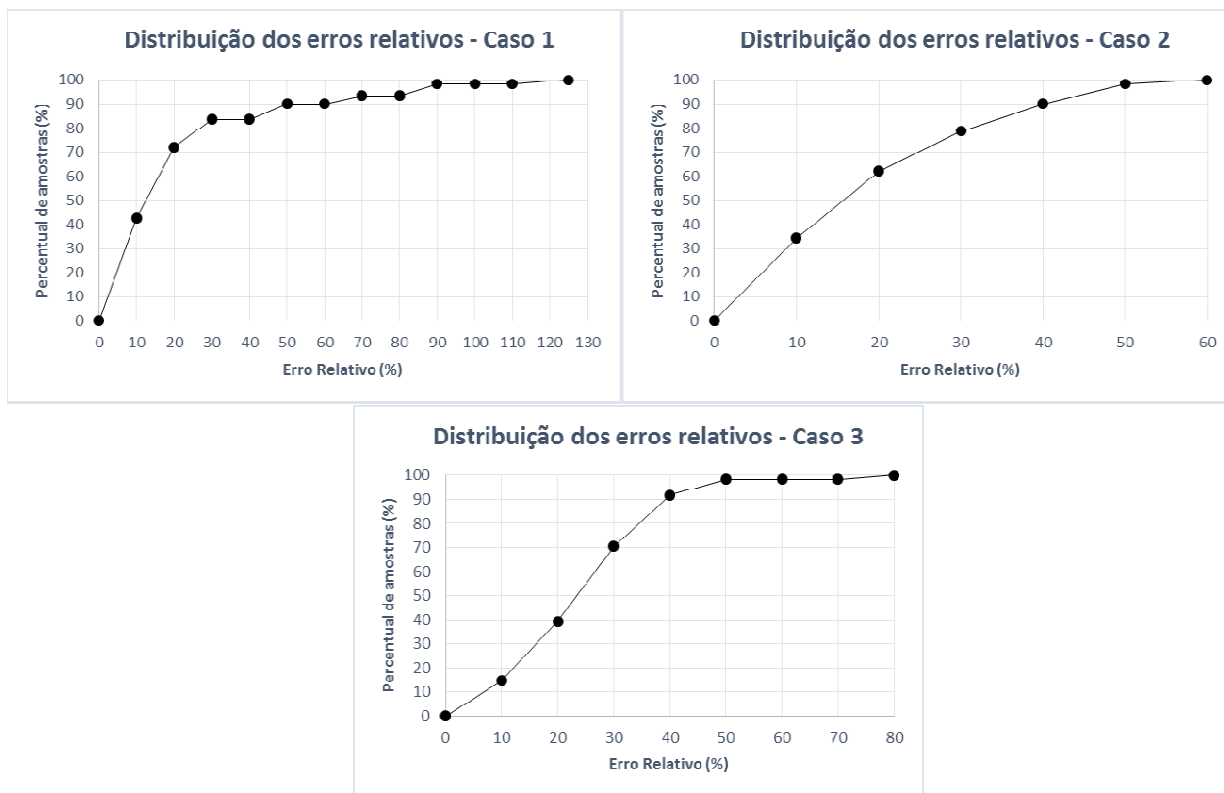


Figura 6 – Distribuição dos erros relativos. Caso 1: Regressão quanto ao dia de coleta; Caso 2: Regressão por “setor” do reservatório; Caso 3: Regressão considerando todos os pontos.

Analisando a Figura 6, pode-se perceber para o caso 1, que apesar de 40% das estimativas apresentarem erro relativo entre 0 e 10% devido ao fato que a regressão para o dia 20/03/2014 apresentar-se muito boa, deve-se destacar que é boa para o intervalo de turbidez entre 10 e 40 NTU. Utilizar extrapolação para estimar não é recomendado, e além disso, foram obtidos uma quantidade significativa de pontos com erro relativo maior que 60%. Portanto, regressão por dia de coleta é o menos indicado para ser utilizado.

Para o caso 2, na qual estimaram-se as concentrações a partir das regressões obtidas por “setor” do reservatório, 35% das concentrações calculadas estão com erro relativo inferior a 10%. No geral, esse caso foi o que apresentou menores erros relativos. O caso 3, em que foram considerados todos os pontos na regressão, apresentou 15% dos dados estimados com erro relativo de até 10%. Logo, através dessa comparação, pode-se confirmar que a regressão por “setor” é a mais recomendada para ser utilizada nas estimativas, já que cada ponto do reservatório possui características próprias e ilustram a variação do transporte de sedimento ao longo do mesmo.

Sendo assim, a partir destas correlações, é possível estimar a concentração dos sedimentos em suspensão usando apenas a sonda multiparâmetro para o reservatório de Mogi-Guaçu. O sucesso da utilização da sonda possibilitará a aquisição de elevada quantidade de dados de concentração de sedimentos em suspensão, possibilitando a calibração e validação de um modelo complexo de transporte de sedimentos.

4. CONCLUSÃO

Pelos resultados das regressões lineares, as correlações mostraram-se satisfatórias, levando em consideração os dados dos dias de amostragem, os setores do reservatório e todos os pontos amostrados. Comparando-se os três tipos de correlação e gerando a distribuição dos erros relativos entre a concentração medida e estimada, pôde-se confirmar que a regressão por setorização do reservatório, que apresenta melhores coeficientes de determinação R^2 , e também é a mais indicada a ser usada. Com isso, a turbidez e a concentração do sedimento em suspensão possuem um comportamento característico ao segmento do reservatório.

O uso da sonda multiparâmetro para a medição de turbidez se mostrou viável para o estudo de caso. Sua utilização possibilita a obtenção de um número maior de dados que os obtidos por meio do emprego de técnicas convencionais, possibilitando uma análise mais completa do reservatório.

Além disso, com o atual desenvolvimento dos modelos computacionais que exigem cada vez mais dados de entrada para as suas simulações, torna-se inviável (técnico e operacional), a utilização dos métodos convencionais, exceção das medições para calibração.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa AES Tietê, à Fundação para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial (FIPAI), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica (P&D ANEEL), à BMT WBM Pty Ltd., e ao Núcleo de Hidrometria do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos (USP).

BIBLIOGRAFIA

AGRICULTURE, COMMERCE, DEFENSE, INTERIOR DEPARTMENTS. (1978). *National handbook of recommended methods for water-data acquisition sediment*. Independent Agencies Working Group: Work Group 3 on Sediment. US Geological Survey, Chapter 3. Washington, DC.

BRASIL (2010). *Resolução conjunta nº. 003, de 10 de agosto de 2010*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 out. 2010, seção 1, p. 124, v. 147, n. 201.

CARVALHO, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2ª rev., atual e ampliada.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI-GUAÇU – CBH MOGI (2008). *Plano da Bacia Hidrográfica*, São Paulo, SP.

CORSO, J. (1989) *Estimativa da produção de de sedimentos da bacia hidrográfica do Arroio Itaquarinchim, Santo Ângelo, RS, a partir de medições de turbidez da água*. 81f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (2008) *Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Grande, SP/MG (R1)*. São Paulo: (Relatório Técnico, 92.581-205).

LIMA, J. E. R. W.; LOPES, W. T. A.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; MUNIZ, D. H. F. (2011). *Relação entre turbidez e concentração de sedimentos em suspensão em rios de uma bacia agrícola típica do cerrado: O caso da Bacia experimental do Alto Rio Jardim, DF*. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, AL.

MAHMOOD, K. (1987). *Reservoir Sedimentation – Impact, extend and mitigation*. World bank Tech. Paper nº 71. Washington, DC.

MCCULLY, P. (2001). *Rios silenciados. Ecología y política de las grandes represas*. Argentina: Proteger Ediciones, 450 p.

MENDONÇA, A. S. (2003). *Quantificação dos Recursos Hídricos (Razões para a Quantificação)*. In *Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas*. Org. por Paiva, J. D.; Paiva, E. M. C. D. ABRH, Porto Alegre.

SYVITSKI, J. P. M.; VOROSMARTY, C. J.; KETTNER, J. A.; GRENN, P. (2005) *Impact of Human on the Flux of Terrestrial Sediment to the Global Coastal Ocean*. Science. v. 308. Disponível em: <www.sciencemag.org>. Acesso em: 10 out. 2014.

TEIXEIRA, E. C.; SENHORELO, A. P. (2000). *Avaliação de Correlação entre Turbidez e Concentração de Sólidos Suspensos em Bacias Hidrográficas com uso e ocupação diferenciada*. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre.

YSI. (2014). Turbidity. Disponível em: <<http://www.ysi.com/parametersdetail.php?Turbidity-15>>. Acesso em: 8 out. de 2014.