



PROPOSTA DE UMA CORRELAÇÃO PARA TRANSPORTE DE SEDIMENTOS PARA O RIBEIRÃO PIRAÍ

Palavras-Chave: TURBIDEZ, SEDIMENTO, CONCENTRAÇÃO

Autores:

MARIA EDUARDA DE CAMPOS FERREIRA [UNICAMP]

LUIS FERNANDO MURILLO BERMÚDEZ [UNICAMP]

Prof(º). Dr(º). ANDRÉ LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM (orientador) [UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

Obras e reservatórios hidráulicos são afetados através dos sedimentos presentes no curso d'água, o que faz necessário estudos hidrossedimentológicos. Contudo, nas regiões dos rios Jundiaí e Ribeirão Piraí - Bacia PCJ - o número de trabalhos é escasso. Partindo deste pressuposto, aproveitou-se trabalhos anteriores de correlação entre o índice de turbidez de amostras do rio Jundiaí, para efetuar a mesma correlação para o Rio Ribeirão Piraí. Os resultados preliminares de trabalhos anteriores, mostram que, como constatado em Lopes *et. al.* (2009) e Lima *et. al.* (2011), essa correlação é linear na forma $y=ax+b$ e apresentaram para o Rio Jundiaí coeficientes a e b diferentes dos encontrados nas referências, entretanto com forte correlação positiva $R^2 > 0,9$ (Murillo-Bermúdez *et. Al.*, 2022). De tal forma, o objetivo principal desta pesquisa é propor uma correlação linear entre a turbidez e o transporte de sedimentos do rio Ribeirão Piraí através de coletas de água bruta no rio avaliado e da variação de concentração sedimentológica suspensa (CSS) em cada amostra.

METODOLOGIA:

1. Estudo Pluviométrico da Região do Piraí

Realizou-se o estudo pluviométrico de alguns postos (E3-233, E4-030 e E4-127) da Bacia do Piraí (Figura 1), para identificar o período seco e o período chuvoso destes postos além de estimar a tendência de chuva nessas regiões.

A partir de dados obtidos através do portal do departamento de águas e energia elétrica (DAEE) foi possível analisar a quantidade de chuva mensal desses postos num período de 30 anos (1971-2001) determinou-se as médias pluviométricas mensais, os períodos secos e chuvosos de cada posto, além

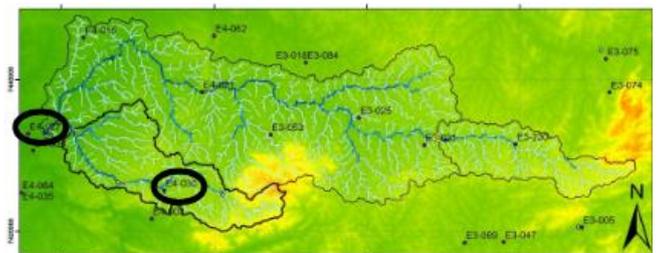
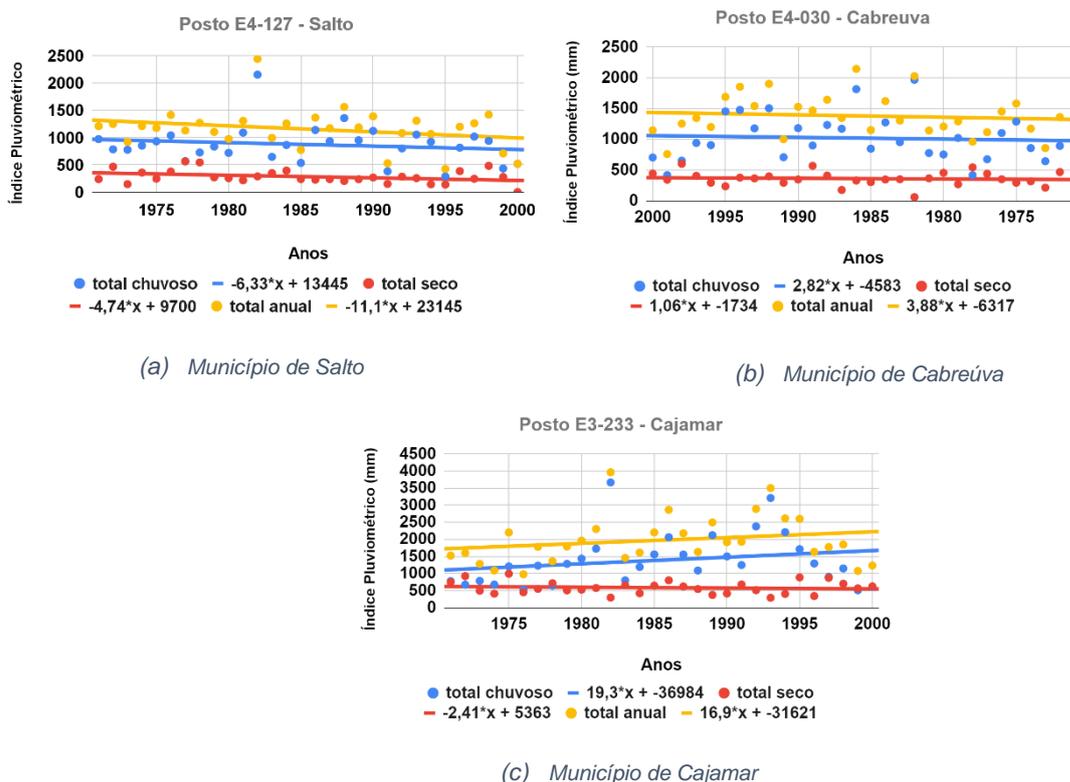


Figura 1 - Mapa de alguns postos do Rio Ribeirão Piraí

dos índices pluviométricos desses períodos. Com os índices pluviométricos, calculados em mm, foi possível estimar a curva de tendência pluviométrica desses postos (gráficos 1).



Gráficos 1 - Tendências dos índices pluviométricos de alguns postos do Rio Ribeirão Pirai

2. Coleta e análise das Amostras

2.1. Coletas das amostras

Foram realizadas duas coletas de amostras, onde a primeira foi realizada em dezembro de 2022 e a segunda em julho de 2023. Ambas foram realizadas no município de Salto, nas seguintes coordenadas: (23°11'07.1"S; 47°14'20.1"N) (Figura 2).

Para a realização das coletas utilizou-se um amostrador para sedimento em suspensão USDH 48 (figura 3). As amostras de dezembro foram colocadas em onze garrafas, enquanto as de julho foram colocadas em três. Em ambas, as garrafas foram identificadas com números a fim de organização e controle, já que o volume e a concentração de sedimentos são determinados apenas no laboratório.



Figura 2 - Ponto de coleta – Fonte: Google Maps



Figura 3 - Amostrador para sedimento em suspensão USDH 48

2.2. Características do ponto de coleta

Além das coletas de amostras de água bruta, quantificou-se a velocidade do fluxo de água do ponto de coleta, além da característica do sedimento presente em seu leito. Para isso, utilizou-se outros

dois equipamentos: Um molinete fluviométrico (figura 4a), utilizado para medir a velocidade do fluxo de água; e um amostrador para sedimento do leito draga tipo Petersen (figura 4b), utilizado para coletar o sedimento do leito do rio (figura 4c). Todos os equipamentos utilizados para esta coleta são do laboratório de recursos hídricos da Universidade Estadual de Campinas.



(a) Molinete Fluviométrico (b) Amostrador p/ sedimento do leito Draga tipo Petersen (c) Sedimento coletado

Figura 4 - Materiais utilizados para determinar as características do ponto de coleta –

2.3. Análise laboratorial das amostras

A partir das garrafas numeradas, realizou-se a filtração delas a fim de ter-se os sólidos separados. Após secagem em estufa, os resíduos sólidos coletados de todas as garrafas foram juntados e posteriormente triturados, até apresentar o aspecto de um pó fino. Na primeira coleta o total de sedimento apresentados nas 11 garrafas foi de aproximadamente 1.930 mg. O próximo procedimento foi-se colocar em garrafas vazias 250 ml de água e dividir a concentração total encontrada em cada garrafa. Finalmente, foi determinado a turbidez relativa a cada CCS a partir do turbidímetro de mesa (figura 6). A divisão do sedimento em cada garrafa para o primeiro dia de coleta e sua respectiva taxa de turbidez está explicitada na tabela 1.

CSS (mg/l)	Turbidez (NTU)
3	36,6
7	34,1
12	50
17	52,3
25	37,9
75	71,8
125	85,8
175	134
250	182
500	327
740	550

Tabela 1 – Turbidez relativa a cada CSS

Cabe ressaltar que a análise laboratorial da segunda coleta será apresentada no relatório final.



Figura 5 – Turbidímetro de mesa -

3. Correlação entre CSS e turbidez

Para correlacionar a concentração sedimentológica suspensa e a taxa de turbidez gerou-se um gráfico de CSS por turbidez a partir dos dados da tabela 1 (referente a primeira coleta). Depois, realizou-se a regressão linear a fim de ter uma equação de formato igual a equação 1:

$$C_{ss} = a.T + b \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir dos dados da tabela 1, foi plotado o gráfico de CSS (mg/l) por turbidez (NTU), e posteriormente realizou-se a regressão linear a partir do software *SciDAVis* (gráfico 2).

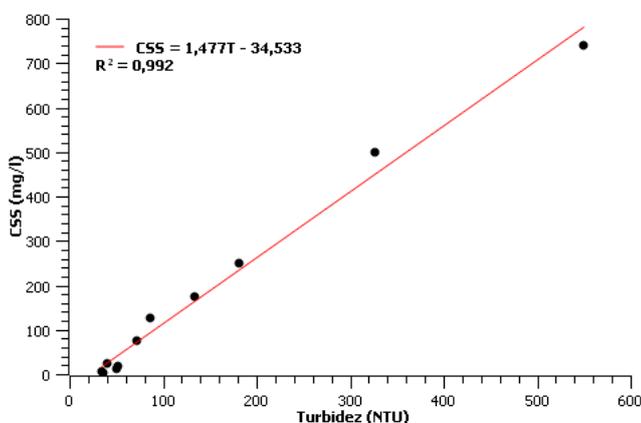


Gráfico 2 – CSS X Turbidez

Para a primeira coleta considerou-se avaliar um intervalo considerável de concentrações de sedimentos suspensos, 3 mg/l – 740 mg/l, o que resultou em um intervalo de turbidez entre 36,6 NTU e 550 NTU. Foi-se observado um comportamento anormal nas taxas de turbidez relativas as concentrações de 7 mg/l e 25 mg/l, as quais tiveram como taxa valores inferiores em relação aos das concentrações menores que elas.

O coeficiente de determinação R^2 da correlação linear teve seu valor igual a 0,992, muito próximo a 1, resultado que caracteriza um bom ajuste. Contudo julgou-se necessário avaliar os erros relativos entre os dados empíricos e o resultado da equação gerada a partir da regressão linear. Os resultados foram explicitados nas tabelas 2 e 3.

Turbidez (NTU)	CSS - Amostra (mg/l)	CSS - Regressão (mg/l)	Erro relativo (%)
36,6	3	19,53	84,64
34,1	7	15,83	55,79
50	12	39,32	69,48
52,3	17	42,71	60,20
37,9	25	21,45	16,58
71,8	75	71,52	4,87
85,8	125	92,19	35,58
134	175	163,39	7,11
182	250	234,28	6,71
327	500	448,45	11,50
550	740	777,82	4,86

Tabela 2 – Comparação entre dados obtidos (amostra) e dados esperados (equação)

Erro relativo (%)	Nº de Amostras (acumuladas)	Porcentagem de Amostras (%)
>10%	4	36,36
>20%	6	54,55
>40%	7	63,64
>60%	8	72,73
>80%	10	90,91
>100%	11	100

Tabela 3 – Comparação entre a porcentagem de amostras em relação a porcentagem de seus erros relativos

A partir das tabelas mostraram que mais de 35% das amostras apresentam um erro inferior a 10%; mais de 60% das amostras obtiveram um erro inferior a 50%; e o maior erro relativo foi de 84%. Além disso, nota-se uma diminuição do erro em decorrência do aumento da concentração de sedimentos suspensos, com exceção de poucos pontos.

CONCLUSÕES:

A partir dos resultados obtidos através das amostras de água bruta do rio Ribeirão Piraí, tem-se que a curva de correlação obtida é satisfatória, visto seu coeficiente de determinação bem próximo a 1, porém, ela não é precisa para a determinação da concentração sedimentológica suspensa, principalmente para concentrações pequenas, visto as altas porcentagens dos erros relativos apresentadas.

BIBLIOGRAFIA

Lima, J. E. F.W.; Lopes, W. T. A. Oliveira, 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”*** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, 2011.

Lopes, G.R.; Távora, B.E.; Santos, R.M., Koide, S. (2009). ***“Estudo Sobre Correlação Entre Turbidez e Sólidos em Suspensão Para Estimativa da Vazão Sólida em Uma Pequena Bacia”*** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande, 2009.

Murillo-Bermúdez, L. F. et al. ***“Estimation of the time of concentration from morphometric and hydrological monitoring parameters in São Paulo state watersheds.”*** *Ciência e Natura*, v. 44, p. e24–e24, 21 abr. 2022.