

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

BRUNA COSTA SÁVIO

**USO DE TURBIDÍMETROS ELETRÔNICOS NO MONITORAMENTO
DO APORTE DE SEDIMENTOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2014

BRUNA COSTA SÁVIO

**USO DE TURBIDÍMETROS ELETRÔNICOS NO MONITORAMENTO
DO APORTE DE SEDIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental, da Diretoria de Graduação e Educação Profissional, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. MSc. Fábio Orssatto

Co-orientador: Prof. MSc. Eduardo Borges

Lied

MEDIANEIRA

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Nome da Coordenação
Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

USO DE TURBIDIMETROS ELETRÔNICOS NO MONITORAMENTO DO APORTE DE SEDIMENTOS

por

BRUNA COSTA SÁVIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 06 de Fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental em Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

MSc. Fábio Orssatto
Prof. Orientador

MSc. Fabiana Costa de Araujo Schutz
Membro titular

MSc. Eduardo Borges Lied
Prof. Co-orientador

MSc. Elias Lira dos Santos Junior
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

Dedico primeiramente a Deus, pela oportunidade que me concedeu, à minha família, que me ensinou a não desistir dos meus sonhos.

E a todas as pessoas que amo, que me deram força e me compreenderam todos esses anos, até o final desse capítulo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por iluminar meu caminho e ter dado forças para concluir este trabalho.

Aos professores Fábio Orssatto e Eduardo Borges Lied pelo estímulo, atenção; por todas as tardes de conselhos e orientações para o desenvolvimento desta pesquisa, que fizeram com que eu não desistisse.

Aos meus pais Joelma Aparecida Costa Sávio e Adolfo Sávio, que me apoiaram nos momentos de dificuldades e ensinaram a não desistir dos meus sonhos.

A Anderson Braga Mendes da ITAIPU Binacional, pelo auxílio e atenção disponibilizado que fez com que essa pesquisa se tornasse realidade.

A ITAIPU Binacional por ter autorizado o uso dos dados da empresa.

As minhas amigas Inamara Viana Santos e Evelin Carina Teixeira por esses anos de amizade.

Agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase da minha vida e que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho. Desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Não quero ser alguém que vai embora facilmente, estou aqui para ficar e fazer a diferença que posso fazer. Nossas diferenças, nos ensinam a usar as ferramentas e os dons que temos.

(Autor desconhecido)

RESUMO

SAVIO, Bruna Costa. **Uso de turbidímetros eletrônicos no monitoramento do aporte de sedimentos.** 2014. 58 fls. Trabalho de Conclusão de Curso Tecnologia em Gestão Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

Neste trabalho foi estudado a concentração de sedimento em suspensão do rio São Francisco Verdadeiro e o rio Arroio Xaxim, os dois sendo tributários do Lago de Itaipu e foram levantadas também as possíveis fontes de erros para tal estudo. As amostras foram coletadas a cada dois meses, e foram analisadas para o rio São Francisco Verdadeiro os anos 2009, 2010 e 2012, e o ano de 2011 para o rio Arroio Xaxim. Foram analisadas as concentrações de sedimento em suspensão de superfície do rio, comparando os resultados obtidos através de coletas pontuais, realizadas por amostradores de sedimentos e posteriormente analisadas em laboratório, com os resultados obtidos através do uso do turbidímetro eletrônico, aparelho no qual, a Itaipu implantou em postos para manter um monitoramento periódico dos locais. Os resultados obtidos através das leituras automáticas, apresentaram-se semelhantes em relação aos resultados obtidos com as análises realizadas em laboratório. As médias encontradas para todos os anos foram muito próximas, evidenciando que o turbidímetro eletrônico realiza leituras representativas. Já nos gráficos de controle todos os anos monitorados apresentaram pontos fora de controle, acima dos limites.

Palavras-chave: Concentração de sedimentos em suspensão. Gráfico de controle. Curva-chave.

ABSTRACT

Savio, Bruna Costa. **Use of electronic turbidity monitoring in the supply of sediment.**2014. 58 fls. Completion of course work in Environmental Technology Management - Federal Technological University of Paraná. Mediatrix 2014.

In this study, was studied the concentration of suspended sediment in the river São Francisco Verdadeiro and Arroio Xaxim river, both of them being tributaries of the Lake of Itaipu and were raised the possible errors sources to this study too. The samples were collected each two months, and analyzed to river São Francisco Verdadeiro the years of 2009, 2010 and 2012, and the year of 2011 to Arroio Xaxim river. Were analyzed the suspended sediment concentration of the surface, comparing the obtained results through a punctual collect, performed by samplers and posteriorly analyzed in laboratory, with results obtained by the use of a electronic turbidimeter, apparatus in which, Itaipu implanted to keep a periodic monitoring of the locations. The results obtained by the automatic meter reading have presented significant in relation to the results obtained with the analysis performed in the laboratory. The averages values found for all the years were very similar, demonstrating that the electronic turbidimeter performs a representative meter reading. Already in the graphics of control of all the years monitored have presented points out of control, above the limits.

Keywords: Concentration of suspended sediment. Control chart. Curves keychain.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DOS 15 POSTOS DE MONITORAMENTO SEDIMENTOMÉTRICO DA ITAIPU BINACIONAL.....	26
FIGURA 02 - ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DE SEDIMENTOS – RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO.....	28
FIGURA 03 - ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DE SEDIMENTOS – MICROBACIA DO RIO XAXIM.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

GRAFICO 01 -	GRÁFICO DA VAZÃO MÉDIA DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2009.....	29
GRAFICO 02 -	GRÁFICO DA VAZÃO MÉDIA DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2010.....	29
GRAFICO 03 -	GRÁFICO DA VAZÃO MÉDIA DO RIO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2012.....	30
GRAFICO 04 -	GRÁFICO DA VAZÃO MÉDIA DO RIO XAXIM 2011.....	31
GRAFICO 05 -	MODELO DE CURVA-CHAVE.....	34
GRAFICO 06 -	GRÁFICO DE DISPERSÃO DA CSS DE LABORATÓRIO x CSS DE CAMPO DA ESTAÇÃO XAXIM 2011, PRESENTADA EM ESCALA LOGARITMICA.....	37
GRAFICO 07 -	GRÁFICO DE DISPERSÃO DA CSS DE LABORATÓRIO x CSS DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2009, APRESENTADA EM ESCALA LOGARITMICA.....	38
GRAFICO 08 -	GRÁFICO DE DISPERSÃO DA CSS DE LABORATÓRIO x CSS DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2010, APRESENTADA EM ESCALA LOGARITMICA.....	39
GRAFICO 09 -	GRÁFICO DE DISPERSÃO DA CSS DE LABORATÓRIO x CSS DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2012, APRESENTADA EM ESCALA LOGARITMICA.....	40
GRAFICO 10 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA DE CAMPO DA ESTAÇÃO XAXIM 2011.....	41
GRAFICO 11 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA PONTUAL DA ESTAÇÃO XAXIM 2011.....	41
GRAFICO 12 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2009.....	43
GRAFICO 13 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA PONTUAL DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2009.....	43
GRAFICO 14 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2010.....	44

GRAFICO 15 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA PONTUAL DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2010.....	45
GRAFICO 16 -	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2012.....	46
GRAFICO -17	GRÁFICO DE CONTROLE DA CSS DA AMOSTRA DE CAMPO DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO VERDADEIRO 2012.....	46

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	MODELO UTILIZADO PARA ANÁLISES EM LABORATÓRIO E OBTENÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS.....	32
TABELA 02 -	MODELO DE PLANILHA PARA ELABORAÇÃO CURVA-CHAVE.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

CSS	Concentração de Sedimento em Suspensão
LSC	Linha Superior de Controle
LC	Linha Central
LIC	Linha Inferior de Controle

LISTA DE SIGLAS

OMN	Organização Meteorológica Mundial
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez

LISTA DE ACRÔNIMOS

LISST	Laser In Situ Scattering and Transmissometry
WMO	World Meteorological Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 SEDIMENTOLOGIA.....	18
3.1.1 Sedimento.....	18
3.1.2 Problemas Gerados pelos Sedimentos.....	19
3.1.3 Problemas Devido ao Transporte de Sedimentos.....	20
3.1.4 Problemas Devido ao Depósito de Sedimentos.....	20
3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS.....	21
3.3 TURBIDÍMETRO: SENSOR DE TURBIDEZ E SEDIMENTOS.....	22
3.4 LEVANTAMENTO DE POSSIVEIS FONTES DE ERRO.....	22
3.4.1 Erros nas Medições.....	22
3.4.2 Erros nos Cálculos.....	23
3.4.3 Erros Diversos.....	23
3.5 CURVAS-CHAVES.....	24
3.6 GRÁFICOS OU CARTAS DE CONTROLE.....	24
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	26
4.1.1 Estação de monitoramento São Francisco Verdadeiro.....	27
4.1.2 Estação de monitoramento Arroio Xaxim.....	30

4.2 PROCESSO DE ANÁLISES DE SEDIMENTOS DAS AMOSTRAS PONTUAIS EM LABORATÓRIO.....	32
4.3 CORRELAÇÕES DAS CURVAS-CHAVES.....	34
4.4 GRÁFICOS DE CONTROLE.....	35
4.4.1 Gráficos de controle de medida individual de Shewhart.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1 CORRELAÇÕES DE CONCENTRAÇÕES DE SEDIMENTOS.....	37
5.1.1 Estação Arroio Xaxim.....	37
5.1.2 Estação São Francisco Verdadeiro.....	38
5.2 INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE.....	41
5.2.1 Estação Arroio Xaxim.....	41
5.2.2 Estação São Francisco Verdadeiro.....	42
6 CONCLUSÃO.....	48
REFERENCIAS.....	49
APÊNDICES.....	52

1 INTRODUÇÃO

O transporte de sedimento em suspensão normalmente representa a maior parte da carga total transportada nos canais naturais. Além disso, o sedimento em suspensão também é considerado um componente importante dentro dos processos hidrológicos, geomorfológicos e ecológicos dos rios (GAO & JOSEFSON, 2012).

Para destacar a relevância desta área do conhecimento para o Brasil, SANTOS et al (2001), mencionaram duas informações importantes sobre o ponto de vista econômico: “estudos indicam que para cada 1 kg de grão produzido no país são perdidos entre 6 a 10 kg de solo por erosão; segundo, uma parcela desse solo erodido é transportado pelos rios em forma de sedimento, e parte é depositada, provocando o assoreamento dos reservatórios das usinas hidroelétricas, as quais representam mais de 90% da geração de energia elétrica do país.

A Itaipu Binacional realiza o monitoramento sedimentométrico como forma de estimar o assoreamento e a vida útil do reservatório, e dentre os 15 postos monitorados pela Itaipu, foram escolhido 2 postos, os quais se diferenciam pela vazão de cada afluente, sendo Rio São Francisco Verdadeiro de média vazão, e o afluente da microbacia do Rio Arroio Xaxim, considerado de baixa vazão

O monitoramento sedimentométrico é de grande importância, pois são verificadas qualitativamente e quantitativamente, as características dos sedimentos presentes nos corpos hídricos. Assim, a quantificação de sedimentos presentes nos corpos d'água é o passo inicial para prevenir e controlar problemas causados pela deposição de sedimentos (CHELLA *et al.*, 2005). Estudos sedimentométricos podem ser utilizados ainda como indicador da redução do aporte do sedimento, através de avaliação das práticas conservacionistas aplicadas nas bacias hidrográficas, servindo de base no planejamento de ações corretivas de curto, médio e longo prazo.

O transporte de sedimentos pelos rios varia preponderantemente com a vazão e, conseqüentemente, com o tempo, criando a necessidade de acompanhar em seus fluxos as concentrações continuamente ou de forma estratégica para caracterizar o transporte durante longos períodos (SCHMIDT *et al.*, 2012).

Tal monitoramento utiliza-se de uma metodologia que tem como equipamento principal o uso do turbidímetro eletrônico, o uso deste aparelho permite um monitoramento contínuo do sedimento em suspensão, possibilitando a

amostragem dos picos de cheia, que são os mais representativos em termos de quantidade de sedimento.

Apesar disso há uma carência de conhecimento acerca do funcionamento dos equipamentos utilizados, bem como existe a necessidade de comparar e demonstrar a diferença dos resultados obtidos ao longo do tempo e as interferências dos fatores externos. Por isso, além do turbidímetro eletrônico, são coletados amostras pontuais, para posteriormente serem realizadas as correlações entre os dados. Apenas por meio de estudos dessa natureza será possível propor melhorias e contribuir para o aprimoramento do monitoramento sedimentométrico.

Dessa maneira, o presente trabalho sobre o uso de turbidímetros eletrônicos no monitoramento do aporte de sedimentos, buscou a utilização de métodos de correlações e estatísticos na avaliação das medições da concentração de sedimento em suspensão, a fim de se identificarem falhas por parte do aparelho em questão e argumentarem as possíveis causas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo avaliou o uso do turbidímetro eletrônico, comparando a concordância dos dados da concentração de sedimentos em suspensão obtidos em campo em relação aos obtidos em laboratório.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Levantar as possíveis fontes de erros na leitura do sensor;
- Aplicar cartas de controle estatísticos nos dados sedimentométricos de campo e laboratório, avaliando se o dados obtidos estão sob controle estatístico.
- Obter a correlação entre os dados de laboratório e das estações automáticas de sedimento.

3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 SEDIMENTOLOGIA

Sedimentologia é a ciência que estuda os sedimentos, levando em conta os processos hidroclimatológicos, enfatizando a relação água-sedimento, ou mesmo outros aspectos como aqueles tratados em Geologia, Agronomia e Mecânica dos Solos. É uma matéria que tem grande importância mundial devido aos diversos problemas causados pelos sedimentos. É necessário o seu conhecimento nos estudos, projetos e operação de obras fluviais, bem como conservação das terras e de recursos hídricos. No Brasil, o estudo de Sedimentologia começa a ter grande importância nas regiões mais habitadas do centro e sul do país. Deve-se isso à interferência antrópica, com o mau uso do solo, causando diversos problemas acarretados pela erosão, transporte de sedimento nos rios, depósitos em locais indesejáveis e assoreamento dos rios, lagos e reservatórios (CARVALHO,1994, p. 3).

Carvalho (1994, p.3) destaca ainda, que a sedimentação se refere aos processos derivados do sedimento, abrangendo erosão, transporte nos cursos d'água e deposição do sedimento. É comum se referir à sedimentação somente aos aspectos de assoreamento nos reservatórios.

3.1.1 Sedimento

O sedimento é toda a partícula derivada da rocha, ou de materiais biológicos, que pode ser transportados por fluido; é a partícula derivada da fragmentação das rochas por processos físicos ou químicos, a qual é transportada pela água ou pelo vento do lugar de origem aos locais de deposição; é o material sólido em suspensão na água ou depósito no leito (CARVALHO, 1994, p.3).

O transporte de sedimentos pelos rios é um fenômeno complexo que depende não apenas de energia do fluxo, mas também da alimentação por processos erosivos que ocorrem nas vertentes da bacia e no leito e margens dos rios. A combinação dessas variáveis, fornecimento de material e energia do fluxo, resulta em um fenômeno com grande variação no tempo e no espaço. O transporte de sedimentos é um processo natural e faz parte da evolução da paisagem,

originando as formas geomorfológicas (SANTOS et al., 2001 apud LOPES, 2011, p. 141).

A erosão, o transporte de sedimento nos cursos d'água e o assoreamento de rios e reservatórios têm causado vários danos ambientais e econômicos, inclusive a diminuição da vida útil de aproveitamentos de recursos hídricos. Dessa forma, torna-se indispensável a realização de estudos sedimentológicos (CARVALHO et al., 2005). Exemplos de reservatórios totalmente ou parcialmente assoreados são encontrados em diferentes regiões com distintas características. Reservatórios com finalidade de controle de cheias, abastecimento ou produção de energia com problemas de assoreamento podem ser encontradas nas bacias do Tocantins, Atlântico, São Francisco, Paraná e do Uruguai, demonstrando assim a variabilidade do fenômeno (CARVALHO et al., 2000).

Na impossibilidade de se obter uma série completa de dados medidos de sedimentos, correlacionar vazões líquidas com vazões sólidas ainda é a técnica mais eficiente na estimativa destes dados, sendo largamente utilizadas nos estudos sedimentológicos. Este método convencional consiste em determinar a série diária de vazões sólidas através da utilização da chamada curva de descarga sólida ou curva-chave de sedimentos. No entanto, esta metodologia nem sempre reflete a realidade da produção e transporte de sedimentos, pois os mesmos não dependem exclusivamente da vazão e do nível de água, mas também de outros fatores como intensidade de precipitação, uso do solo, controle de erosão, os quais são altamente variáveis no tempo e espaço (FILL; SANTOS, 2001).

3.1.2 Problemas Gerados pelos Sedimentos

Segundo Carvalho (1994, p. 6), a erosão se constitui no início de todos os problemas derivados do sedimento no meio ambiente. Além de produzir sedimento prejudicial, também pode causar sérios danos nas terras agrícolas pela perda gradual da fertilidade dos solos. Os sedimentos erodidos desses locais vão formar depósitos indesejáveis em outros locais. Podem também formar depósitos, com aumento de novas terras produtivas.

O sedimento em suspensão prejudica a qualidade d'água para o consumo humano, sendo gastos tempo e dinheiro para remoção desse sedimento. Algumas indústrias não podem tolerar mesmo uma pequena quantidade de sedimento na

água que é usada em certos processos industriais. Os problemas criados pelos sedimentos estão presentes nas diversas fases, desde a erosão, transporte, deposição e compactação.

3.1.3 Problemas devido ao transporte de sedimentos

Segundo Carvalho (1994, p. 6), o sedimento é transportado pelo curso d'água tanto em suspensão quanto no leito, com partículas que rolam ou deslizam, ou mesmo em trocas, com partículas que saltam e voltam ao leito. Sumariamente, listam-se os seguintes problemas:

- As partículas em suspensão degradam o uso consumptivo da água, aumentando o custo de tratamento;
- O sedimento degrada a água especificamente para abastecimento, recreação, consumo industrial, resfriamento, em hidroelétricas e vida aquáticas;
- O aumento de turbidez na água reduz a qualidade estética do curso d'água;
- O sedimento em suspensão impede a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade da fotossíntese necessária à salubridade dos corpos d'água;
- Quando aumenta o sedimento fino em suspensão, diminui a população de peixes nos rios, sobrevivendo somente aqueles de espécies resistentes;
- O sedimento atua como portador de outros poluentes, tais como nutrientes químicos, inseticidas, herbicidas e metais pesados.
- A carga sólida provoca perturbação na forma do canal;
- Colisão de areia em suspensão produz abrasão em turbinas e máquinas diversas e comportas, quando as partículas se movem em alta velocidade, produzindo redução de eficiência ou inutilizando a peça;
- Durante enchentes, as pedras e seixos rolados danificam encontros e pilares de ponte, suporte de fundações de cais e canais pavimentados;
- Enchentes torrenciais deslocam matações e pedras que prejudicam, por colisão, obras hidráulicas, árvores, cercas, linhas telefônicas, edifícios e outros objetos em sua passagem.

3.1.4 Problemas devidos ao depósito de sedimentos

Segundo Carvalho (1994, p. 7), o depósito de sedimento pode ocorrer tanto próximo ao local de erosão quanto distante. Esses depósitos podem ser em locais planos, em canais, planícies de inundação, reservatórios, deltas estuários ou no oceano. O sedimento pode causar danos, dependendo da quantidade, qualidade e local de deposição. Sumariamente, podem-se citar os seguintes problemas:

- O depósito em reservatórios pode provocar o seu assoreamento, reduzindo o volume d'água, a regularização do curso d'água e a vida útil do lago.
- Pode assorear as calhas dos rios prejudicando a navegação pela redução da profundidade, ou aumentar os riscos de enchente pela redução da capacidade do canal.
- Em cursos d'água assoreados, a água em nível mais elevado provoca erosão das margens.
- O sedimento depositado em algumas áreas reduz a drenagem superficial.

3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Segundo Von Sperling (1996, p. 48), entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. Destaca também, que a maior atenção é dada ao equacionamento da poluição dos esgotos domésticos, através do seu adequado tratamento. Dentro deste enfoque, a maior ênfase é dada ao tópico do consumo de oxigênio dissolvido, o qual apesar de já equacionado nos países desenvolvidos, constitui-se possivelmente no principal problema de poluição das água em nosso país. No entanto, são enfocadas também os outros poluentes típicos dos esgotos domésticos, ou seja, patogênicos e nutrientes.

Existem basicamente duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água:

- Poluição pontual;
- Poluição difusa;

Na poluição pontual, os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Um exemplo é o da descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade.

Na poluição difusa, os poluentes adentram o corpo d'água distribuídos ao longo de parte de sua extensão. Tal é o caso típico da poluição veiculada pela drenagem pluvial natural, qual é descarregada no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto.

3.3 TURBIDIMETRO: SENSOR DE TURBIDEZ E SEDIMENTOS

Turbidímetros são aparelhos usados para medição com a finalidade de obter a determinação da turbidez para o controle de poluição da água e de verificação do parâmetro físico nas águas consideradas potáveis. O turbidímetro é constituído de um nefelômetro, o qual é baseado na comparação de intensidade da luz, sendo a turbidez expressa em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT). A turbidimetria é um grau de medida da turvação de suspensão em um meio. Ela é determinada por um sistema ótico que mede a absorbância e a diminuição da intensidade de um raio luminoso que atravessa a suspensão. Para essa medida é utilizada “complementarmente” a nefelometria, que se baseia na diminuição da intensidade pela difusão da luz. (ITAIPU, 2013).

O turbidímetro é uma técnica amplamente empregada para estimativa da CSS (concentração de sedimento em suspensão), pois fazer leituras de forma automática facilita a aquisição dos dados em curtos intervalos de tempo, sem precisar a presença constante de pessoas (DIDONÉ, 2013)

3.4 LEVANTAMENTO DE POSSIVEIS FONTES DE ERRO

Segundo Carvalho (2008), o conhecimento da descarga sólida passa por diversas fases, desde a escolha do equipamento, o processo de amostragem, a análise do material e os cálculos, todos sujeitos a erros diversos, principalmente do operador e da análise no laboratório.

3.4.1 Erros nas Medições

CARVALHO (2008) ainda destaca, que alguns dos prováveis erros em sedimentometria podem ser eliminados a partir de cuidados que as equipes de trabalho de campo e de laboratório devem ter. No campo, é necessário que o

hidrometrista use equipamentos adequados; a coleta da amostra tem de ser feita de forma cuidadosa com a técnica adequada, e cada sub amostra coletada tem de ser examinada no campo para a verificação de sua boa qualidade e volume adequado para análise. Já no laboratório é necessário que o operador conheça as metodologias de análise das amostras, efetuando com cuidados necessários. A amostra coletada no campo é representativa mas tem que ser analisada dentro dos rigores padronizados uma vez que são possíveis erros diversos, como queima de substâncias por excesso de temperatura ou erros nas pesagens devido a condições ambientais no laboratório.

3.4.2 Erros nos Cálculos

As diversas fórmulas disponíveis, quando utilizadas, levam a resultados completamente diferentes, deixando o técnico com dúvidas. A escolha da fórmula adequada a partir do conhecimento do curso d'água, da granulometria e de outras exigências fica por conta da experiência do técnico, o que certamente o levará ao resultado mais aproximado. Uma vez escolhida a fórmula adequada, espera-se que o resultado apresente um erro máximo dentro das tolerâncias da medição, desde que o trabalho de campo e de laboratório tenham sido bem realizados (CARVALHO, 2008).

3.4.3 Erros Diversos

Além dos possíveis erros descritos acima, também é possível considerar erros inesperados ocorridos na natureza, como por exemplo:

- Uma cheia pode aumentar rapidamente o nível da água e sua força pode comprometer a instalação dos equipamentos; rompendo os cabos de energia que estão ligados aos aparelhos realizando as leituras e salvando os dados.

- A presença de uma barragem a montante dos pontos pode influenciar na vazão, e conseqüentemente na concentração de sedimento em suspensão do rio.

- Folhas e galhos podem vir a parar na lente do sensor; o assoreamento do aparelho e até mesmo pequenas partículas aderidas na lente com o tempo, podem emitir sinais equivocados, podendo ser interpretados de maneira errada e obtendo uma leitura de concentração de sedimento em suspensão muito superior.

- Um problema relacionado ao uso do sensor de turbidez é que o equipamento possui sensibilidade ao tamanho da partícula, a forma e a composição do material em suspensão. Assim, o sensor de turbidez tem sua sensibilidade prejudicada na presença de partículas maiores, como areia (LEWIS, 1996; CARVALHO *et al.*, 2004)

- Com o passar do tempo o aparelho se torna impreciso devido a vários fatores, dentre eles a infiltração pelas conexões e a perda de sensibilidade do sensor ótico (MENDES, 2008).

3.5 CURVAS- CHAVES

De uma maneira geral no Brasil, as medições de CSS necessárias para a elaboração da curva chave de sedimentos em uma seção hidrométrica são realizadas através de campanhas de campo previamente estabelecidas através de um calendário não hidrológico. Calendário hidrológico neste contexto se refere a medições baseadas nos eventos de cheia enquanto que calendário não hidrológico as medições são previamente estabelecidas em intervalos de tempo fixos ou aleatórios independentemente das cheias (MERTEN, 2012).

Uma grande quantidade de estudos relata a importância da realização de amostragens durante a ocorrência de eventos, pois a maior parte do transporte de sedimentos (de 70 a 90%) acontece na época chuvosa, obtendo-se uma melhor representatividade da amostragem e otimizando os trabalhos (BICALHO, 2006).

Métodos automáticos e indiretos como uso do sensor ótico de turbidez têm sido propostos justamente para complementar à ausência de informações de CSS durante as cheias que quase sempre são difíceis de serem medidas manualmente (GLYSOON & GRAY, 2002 apud MERTEN 2012)

Todavia, a coleta de amostras durante picos de vazão é tarefa difícil de ser realizada, por apresentar perigos durante a amostragem ou por questões de deslocamento e logística da coleta (CARDOSO, 2012).

3.6 GRÁFICOS OU CARTAS DE CONTROLE

Os gráficos de controle surgiram em 1924, quando Shewhart, então funcionário da *Bell Laboratories*, publicou um relatório técnico visando divulgar os

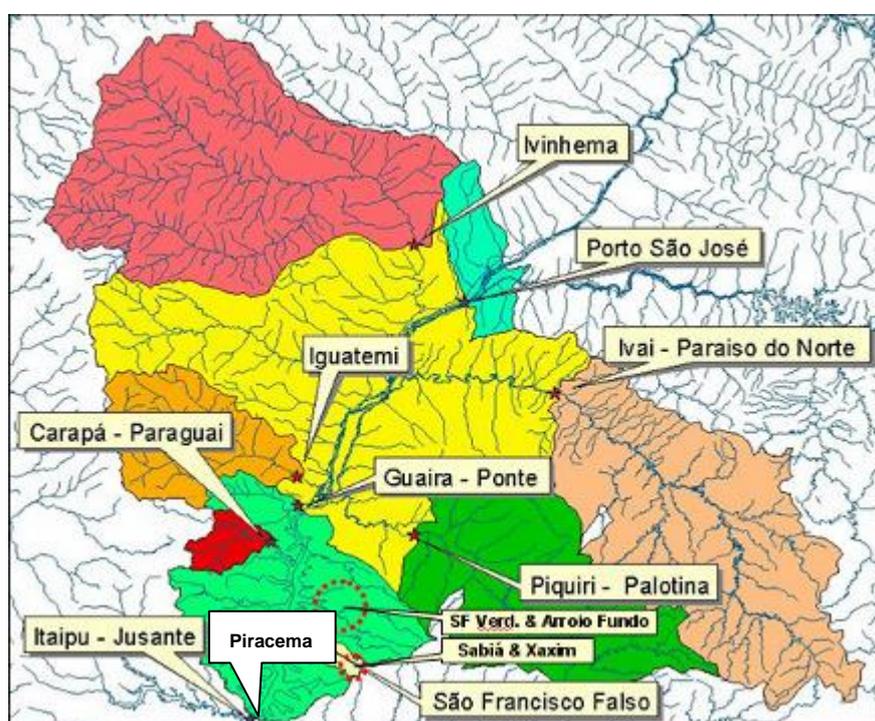
fundamentos de uma técnica estatística destinada ao controle de processos. No início, como era de se esperar poucos acreditaram no potencial desta nova técnica. Pouco a pouco, no entanto o gráfico de controle foi ganhando fama, e seu uso como ferramenta de monitoramento passou a ser obrigatório, em um numero infindável de processos industriais (LEIRAS et al, 2007). Sua simplicidade operacional favoreceu para que o uso dos gráficos fossem amplamente utilizados no controle de processos (COSTA & MACHADO, 2007). Os gráficos, também conhecidos na literatura como cartas de controle, buscam encontrar variabilidades no processo, pois aumentam por consequência, a produtividade e preveem possíveis ajustes desnecessários (SILVA et al, 2007).

As cartas de controle utilizam como dados de entrada medições de variáveis que influenciam na qualidade dos itens manufaturados. As medições são realizadas em pontos espaçados no tempo e registradas nas cartas. O registro resulta em gráficos temporais que apresentam os valores de medição da variável no eixo vertical e os pontos no tempo nas quais as medições são efetuadas no eixo horizontal. A cada medição compara-se o resultado obtido com limites de controle: medições fora dos limites indicam a presença de causas especiais de variabilidade, anômalas ao processo, que prejudicam a presença a qualidade do produto manufaturado (MICHEL & FOGLIATTO, 2002). As causas especiais de variabilidade são facilmente observadas pelas cartas de controle, que emitem sinais quando os dados observados parecem estar, de algum modo, fora de controle. Tais sinais são baseados em algum deslocamento no meio do processo (CHEN & CHENG, 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo realizado tem como âmbito a Bacia Paraná 3, mais especificamente com base na comparação de dois de seus afluentes, São Francisco Verdadeiro e Arroio Xaxim que abastecem o reservatório de Itaipu, como é possível observar na Figura 01.



**Figura 01 – Localização dos 15 postos de monitoramento sedimentométrico da ITAIPU Binacional (em Guaira-Ponte são 2 postos: Guairá-MS e Guairá-PR).
Fonte: Itaipu Binacional, (2010).**

A ITAIPU Binacional, no âmbito da Divisão de Reservatório (MARR.CD), a qual é subordinada à Diretoria de Coordenação, realiza o monitoramento sedimentométrico em 15 postos, sendo que oito estão na área de influência direta do empreendimento; os demais se localizam na área de influência indireta (a montante da região de remanso do lago de Itaipu) (MENDES,2010).

Para o monitoramento das variáveis hidrológicas e sedimentológicas foram avaliadas, os afluentes citados acima, através dos dados históricos obtidos pela empresa.

O monitoramento avaliou a vazão e concentração de sedimentos com equipamentos automáticos e medições manuais. Em cada estação foi construída uma base metálica em pontes ou na margem dos cursos d'água onde são instalados equipamentos para coleta contínua dos dados – um sensor de nível d'água e outro de turbidez e sedimento. Os dados são armazenados em um *datalogger* que está programado a efetuar registros a cada hora. Todo o sistema é produzido no mercado nacional e alimentado por um painel solar. A cada dois meses é realizada uma campanha de campo pela equipe de Meio Ambiente da Itaipu Binacional para manutenção dos equipamentos, bem como para coletar os registros armazenados (MENDES, 2010).

Refere-se toda amostra de campo, todos aqueles dados registrados pelo turbidímetro em campo. E toda amostra pontual, aquela coletada pelo amostrador, contratado pela Itaipu, realizando a coleta uma vez por semana e a cada eventual cheia.

4.1.1 Estação de monitoramento São Francisco Verdadeiro

A estação de monitoramento São Francisco Verdadeiro está localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Paraná. Sua bacia de contribuição é de aproximadamente 139.823 hectares. Sua Localização segundo as coordenadas geográficas em Projeção UTM, é X=79715 m e Y=7260383 m (MACIEL, J. N., 2007, p. 24).

A estação começou a operar no ano de 2005 utilizando aparelhos desenvolvidos pela própria Itaipu Binacional, logo após, em Outubro de 2008 começou-se a realizar as leituras com o novo aparelho: turbidímetro SL 2000-TS Sensor de Turbidez e Sedimentos, utilizado para tal estudo.

A Figura 02 mostra a estação de monitoramento do rio São Francisco Verdadeiro.



Figura 02 – Estação de monitoramento de sedimentos – Rio São Francisco Verdadeiro.

Fonte: Itaipu Binacional, (2010).

Com o intuito de caracterizar alguns aspectos hidrológicos desse afluente segue o Gráfico 01, o qual apresenta as vazões médias do ano de 2009

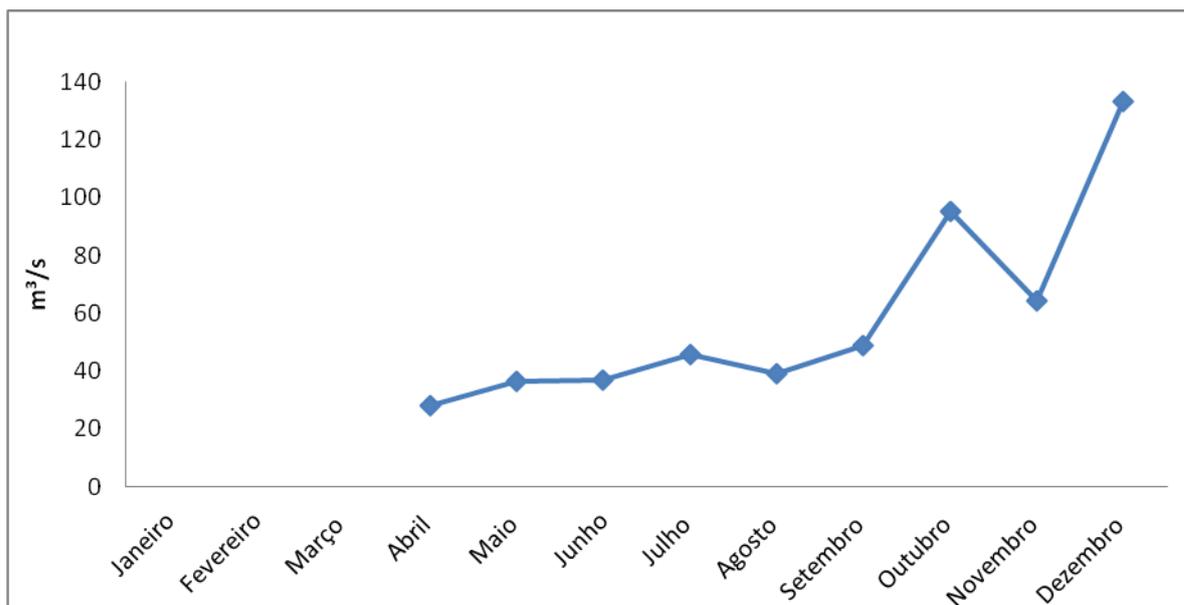


Gráfico 01 – Gráfico da vazão média do rio São Francisco Verdadeiro 2009.

O Gráfico 01 apresenta a vazão média do rio São Francisco Verdadeiro, no qual observa-se o comportamento hidrológico do ano de 2009, evidenciando picos de cheias nos meses de Outubro e Dezembro; a falha apresentada no gráfico representando os meses de Janeiro à Março se dá pelo fato de que o equipamento de medição do nível d'água encontrava-se em manutenção durante esse período.

O Gráfico 02 apresenta o gráfico das vazões médias do ano de 2010.

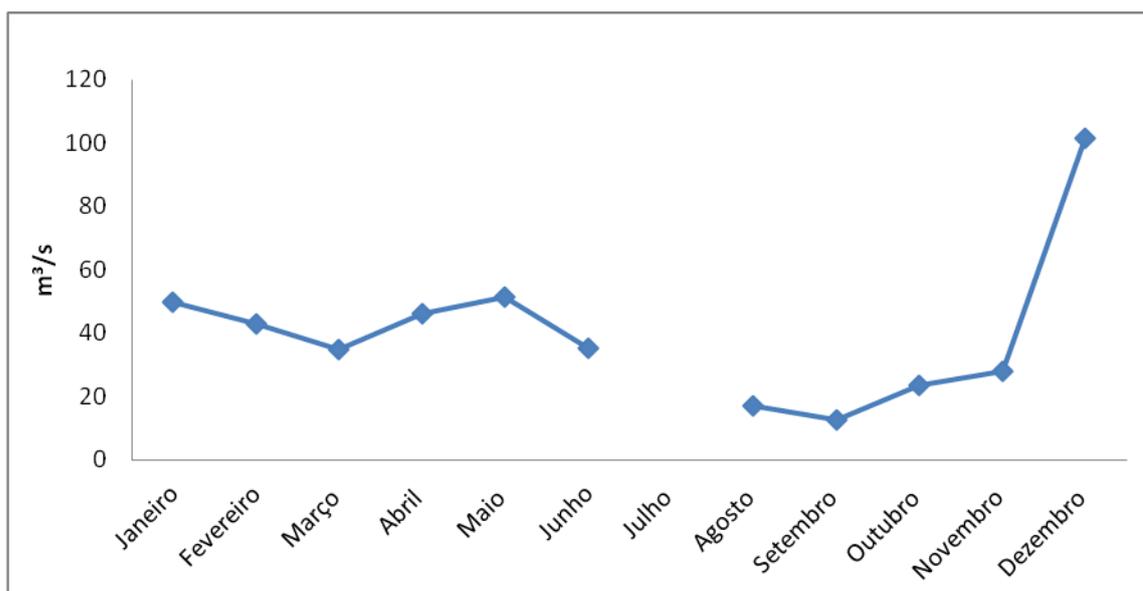


Gráfico 02 – Gráfico da vazão média do rio São Francisco Verdadeiro 2010.

O Gráfico 02 apresenta a vazão média do rio São Francisco Verdadeiro, no qual observa-se o comportamento hidrológico do ano de 2010, evidenciando um pico de cheia no mês de Dezembro; a falha apresentada no gráfico representando o mês de Julho se dá pelo fato de que o equipamento de medição do nível d'água encontrava-se em manutenção durante esse período.

O Gráfico 03 apresenta o gráfico das vazões médias do ano de 2012.

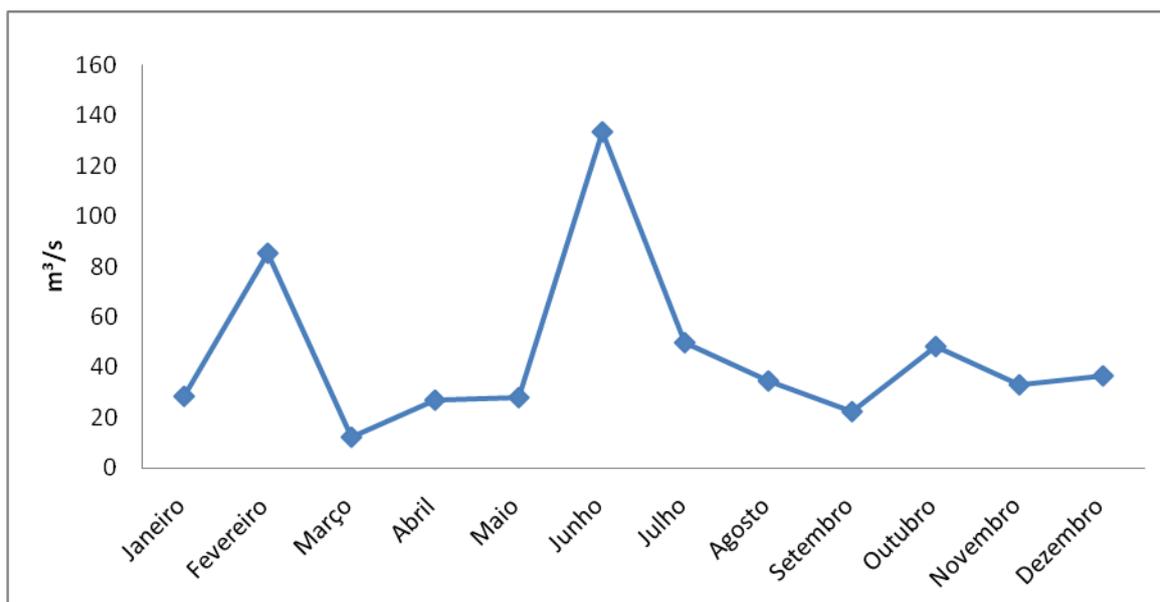


Gráfico 03 – Gráfico da vazão média do rio São Francisco Verdadeiro 2012.

O Gráfico 03 apresenta a vazão média do rio São Francisco Verdadeiro, no qual observa-se o comportamento hidrológico do ano de 2012, evidenciando os picos de cheias nos meses de Fevereiro e Junho do mesmo ano.

4.1.2 Estação de monitoramento Arroio Xaxim

A estação de monitoramento Arroio Xaxim está localizada no município de Céu Azul, Paraná. Possui uma bacia de contribuição de aproximadamente 3.572 hectares. Sua localização segundo coordenadas geográficas em Projeção UTM, é X=239114 m e Y=7522770 m (MACIEL, J. N., 2007, p. 24).

A estação começou a operar no ano de 2005 utilizando aparelhos desenvolvidos pela própria Itaipu Binacional, em Fevereiro de 2011 começou-se a realizar as leituras com o novo aparelho: turbidímetro SL 2000-TS Sensor de Turbidez e Sedimentos, utilizado para tal estudo.

A Figura 03 mostra a estação de monitoramento da microbacia do rio Xaxim.



Figura 03 – Estação de monitoramento de sedimentos – microbacia do Rio Xaxim.

Fonte: Itaipu Binacional (2010).

O Gráfico 04 apresenta o gráfico das vazões médias do ano de 2011.

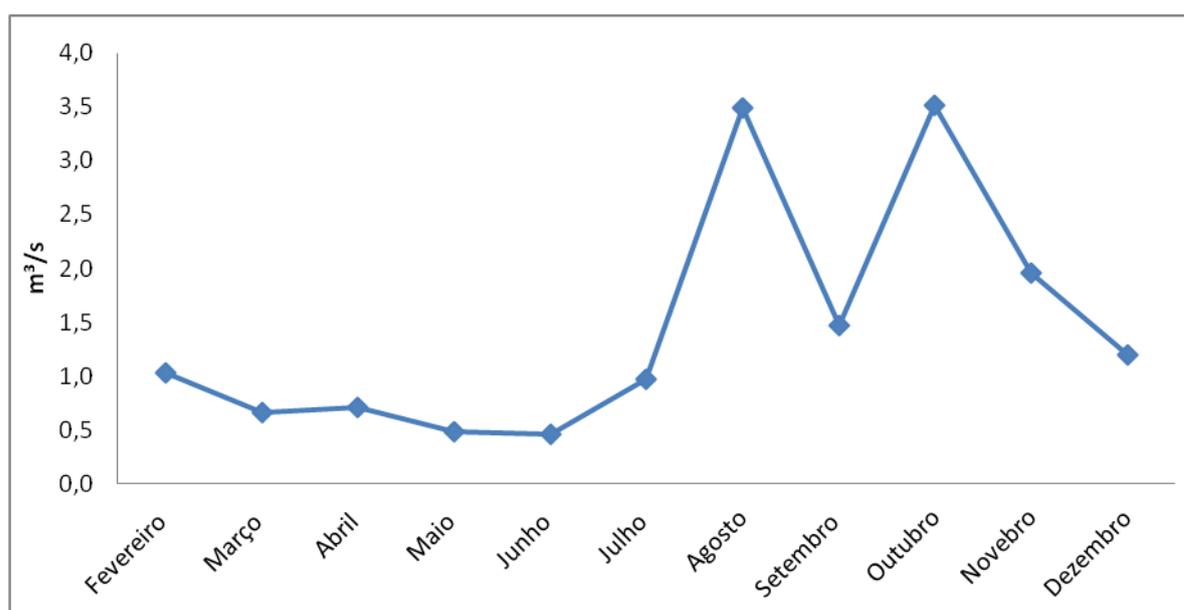


Gráfico 04 – Gráfico da vazão media do rio Xaxim de 2011.

O Gráfico 04 apresenta a vazão média do rio Xaxim, no qual observa-se o comportamento hidrológico do ano de 2011, evidenciando os picos de cheias nos meses de Agosto e Outubro do mesmo ano.

4.2 PROCESSO DE ANÁLISES DE SEDIMENTOS DAS AMOSTRAS PONTUAIS EM LABORATÓRIO

A Metodologia utilizada para as análises de concentração foi o método de filtração e evaporação, descritos no Guia de Práticas Sedimentométricas de CARVALHO (2001), porém, com algumas diferenças a partir do aprimoramento e introdução de novas tecnologias: usando ALUM (Floculante) para decantar todo o material em suspensão o qual não está sendo usado na metodologia descrita acima, também o uso de aparelhos como o turbidímetro de mesa e o LISST- *Laser In Situ Scattering and Transmissometry*. A tabela 1 apresenta o modelo de tabela utilizada para o preenchimento dos dados em laboratório.

Tabela 1 Modelo utilizado para análises em laboratório e obtenção da concentração de sedimentos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cadastro	Posto	Data	Hora	Turbidímetro de laboratório	Peso do frasco + água e sedimento (A)	Tara do frasco (B)	Peso do sedimento + beker (C)	Tara do beker (D)	Peso do sedimento + filtro (E)	Tara do filtro (F)	Peso de sedimento (G)	Concentração de sedimentos lab. (H)
				(UNT)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(mg.L ⁻¹)

Nas colunas de 1 à 11 apresentadas na Tabela 1 acima, o preenchimento é realizado no próprio laboratório, que são as etapas de cadastro e a pesagem de cada amostra de acordo com o procedimento da metodologia.

Já no escritório, para a obtenção do peso do sedimento é obtido através da equação 1 para o método de filtração ou pela equação 2 para o método de evaporação, na coluna 12; e a concentração de sedimentos é obtida através da equação 3 na coluna 13.

Para encontrar o peso do sedimento em (g):

- Utilizando o Método de filtração, usa-se:

$$P_s = E - F \quad (1)$$

Onde:

E= Peso do sedimento+filtro (g)

F= Tara do filtro (g)

Ps= Peso do sedimento (g)

- Utilizando o Método de evaporação, usa-se:

$$P_s = C - D \quad (2)$$

Onde:

C= Peso do sedimento+Becker (g)

D= Tara do Becker (g)

Ps= Peso do sedimento (g)

Para encontrar a Concentração de sedimentos em (mg/l), usa-se:

$$C_s = G \times 1000 / (A - G - B) \div 1000 \quad (3)$$

Onde:

G= peso do sedimento (g)

B= tara do frasco (g)

A= peso do frasco+água e sedimento (g)

Cs= Concentração do sedimento (mg.L⁻¹)

Após realizar os cálculos se obtém o preenchimento completo da tabela, e o resultado final da análise, encontrando-se a concentração de sedimento da amostra pontual em mg.L⁻¹.

4.3 CORRELAÇÕES DAS CURVAS-CHAVES

A curva-chave é encontrada através da correlação entre a concentração de laboratório e a tensão recebida pelo aparelho em miliVolt, conforme Gráfico 05. As equações encontradas nos gráficos foram utilizadas para determinar as concentrações médias diárias.

No Gráfico 05, pode-se observar um modelo de gráfico utilizando a curva-chave.

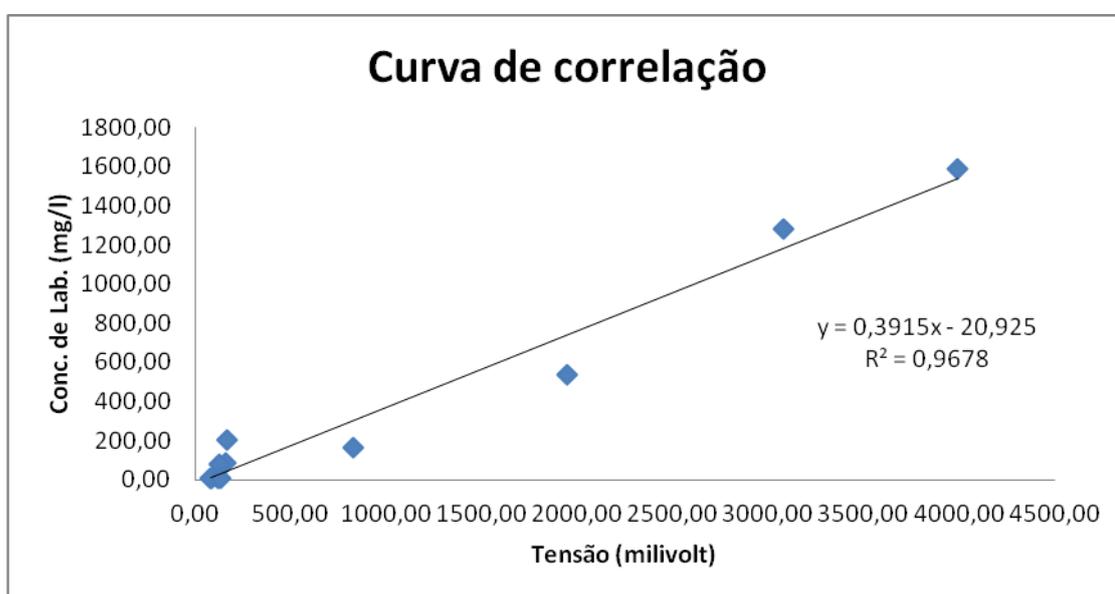


Gráfico 05 – Modelo de gráfico de curva-chave

O grau de correlação entre duas variáveis pode ser medido com o uso do coeficiente de correlação de Pearson – r , que possui valor variando entre -1 e 1. Para a correlação positiva o valor do coeficiente é positivo e, caso contrário negativa. Quanto mais próxima de +1, maior será a correlação positiva entre as variáveis (MUCELIN, 2006)

Para cada campanha encontrou-se uma equação diferente, através da correlação entre a abscissa (tensão) e ordenada (C_{ss}) na qual se adequou aos dados obtidos, variando as linhas de tendências, encontrando as curvas com o coeficiente R^2 , mais próximo de 1. Essa equação foi utilizada para o cálculo de concentração de sedimento de campo, sendo o coeficiente “ x ” da equação a tensão recebida pelo turbidímetro. A Tabela 2 apresenta o modelo de planilha utilizada para a elaboração da curva-chave.

Tabela 2 Modelo de planilha para a elaboração da curva-chave.

Data	Hora	Descarga líquida Instantânea	Leitura do turbidímetro de campo	Concentração de sedimento de campo	Concentração de sedimentos lab. (real)
		(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)

O preenchimento da Tabela 2 é realizado em escritório, após a transferência dos dados obtidos em campo e a aplicação da equação encontrada para cada campanha.

O período amostral para as análises dividiu-se em campanhas a cada 2 meses, (FEV/ABR/JUN/AGO/OUT/DEZ) sempre avaliando o último mês do ano anterior e até 2 meses do ano seguinte para completar as campanhas de um ano completo. Para as análises da estação Xaxim foram avaliados os dados apresentados em apêndice 'A', entre os dias 28/02 à 26/12 durante o ano de 2011 representados no gráfico 06.

Para as análises da estação São Francisco Verdadeiro foram avaliados os dados entre os dias 08/04 à 16/12 durante o ano de 2009 representados no Gráfico 07. Para o ano seguinte, foram avaliados os dados entre os dias 13/01 à 27/12 durante o ano de 2010 representados no Gráfico 08. Para o ano posterior de 2011, foram desconsiderados os dados obtidos por constatar várias falhas durante o ano, decorrido a um problema no aparelho e pelo fato de que esses dados poderiam não ser representativos. Para o ano seguinte, foram avaliados os dados entre os dias 04/01 à 26/12 durante o ano de 2012 representados no Gráfico 09. Todas as coletas foram realizadas com visitas durante o período do estudo, para manutenções periódicas de limpezas, calibrações e manutenção dos aparelhos automáticos.

4.4 GRÁFICOS DE CONTROLE

Os gráficos de controle utilizados correspondem aos de medida individual de Shewhart, gerados pelo programa Excel.

4.4.1 Gráficos de controle de medida individual de Shewhart

Os gráficos de controle de medidas individuais consistem em limites inferior e superior de controle e uma linha média (ALBERS & KALLENBERG, 2004). A

construção desse gráfico baseia-se no modelo que Montgomery & Runger (2003) apresentam. Supondo que a média \bar{x} do processo seja conhecida e assumindo que os dados possuem distribuição normal, usa-se a média como linha central e três vezes a média das amplitudes móveis \overline{AM} nos limites de controle, como pode ser observado nas equações (1), (2) e (3):

$$LSC = \bar{x} + 3 \cdot AM/d_2 \quad (4)$$

$$LC = \bar{x} \quad (5)$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \cdot AM/d_2 \quad (6)$$

Em que, LSC é o limite superior de controle; LIC é o limite inferior de controle; LC é a linha central e d_2 é um fator para construção de gráficos de controle para variáveis encontrado em Montgomery (2004).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CORRELAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS

5.1.1 Estação Arroio Xaxim

No Gráfico 06, pode-se verificar o gráfico de dispersão entre a C_{ss} de laboratório e a C_{ss} de campo para a variável sedimentos em suspensão, da estação rio Xaxim de 2011.

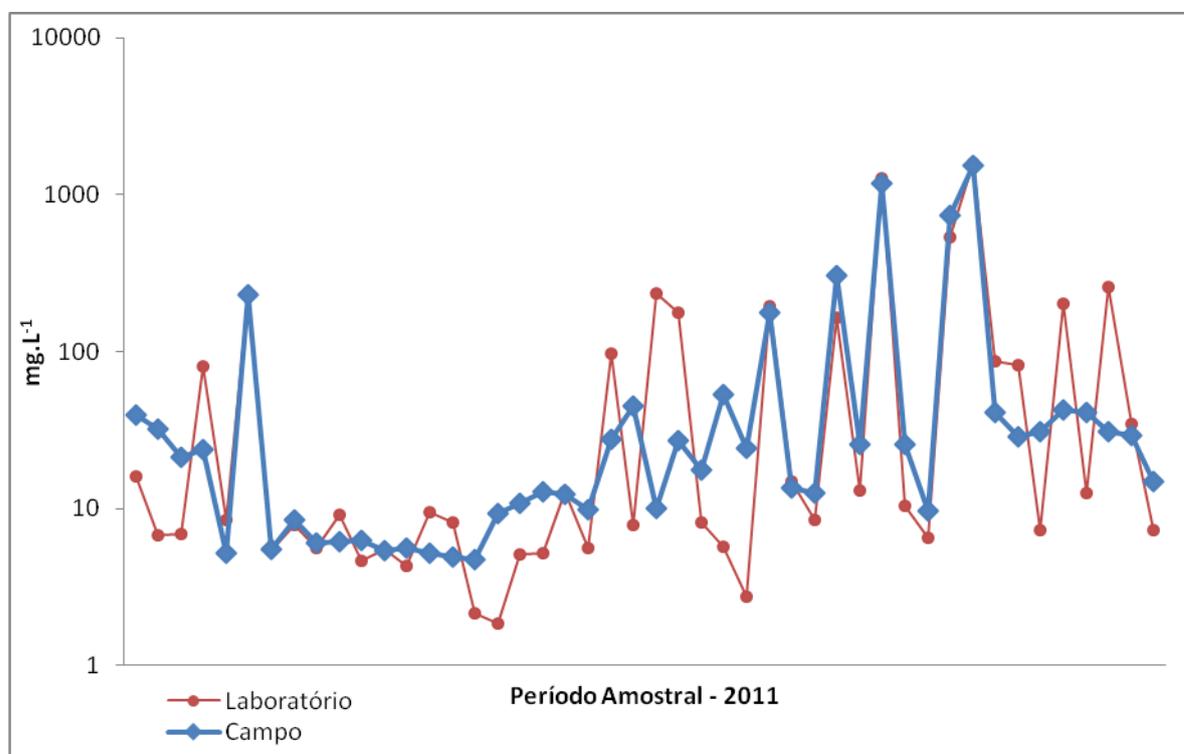


Gráfico 06 – Gráfico de dispersão da C_{ss} de laboratório x C_{ss} de campo da estação Xaxim 2011, apresentada em escala logarítmica.

Apesar de se observar o comportamento principalmente entre os dados menores, obteve-se uma média entre eles muito próximas, para C_{ss} de laboratório ou pontual foi de 119,36 mg.L⁻¹, enquanto a C_{ss} de campo foi de 107,96 mg.L⁻¹. A relação dos pontos maiores estarem mais próximos em relação aos de menor valor, se dá pelo fato de que as proporções de erros estão mais propícias por se tratar de análises com pouca concentração.

De acordo com a OMM (Organização Meteorológica Mundial) é esperado na determinação da descarga em suspensão um erro de 10% (WMO,1994. apud CARVALHO, 2008, p. 293). Apresentando uma média de 9,5% de erro; que pode ser toda interferência no processo tanto de coleta ou análise da amostra; o resultado obtido é significativo, e o aparelho em estudo neste caso apresenta-se calibrado, realizando leituras representativas a realidade.

5.1.2 Estação São Francisco Verdadeiro

No Gráfico 07, pode-se verificar o gráfico de dispersão entre a C_{ss} de laboratório e a C_{ss} de campo para a variável sedimentos em suspensão, da estação rio São Francisco Verdadeiro 2009.

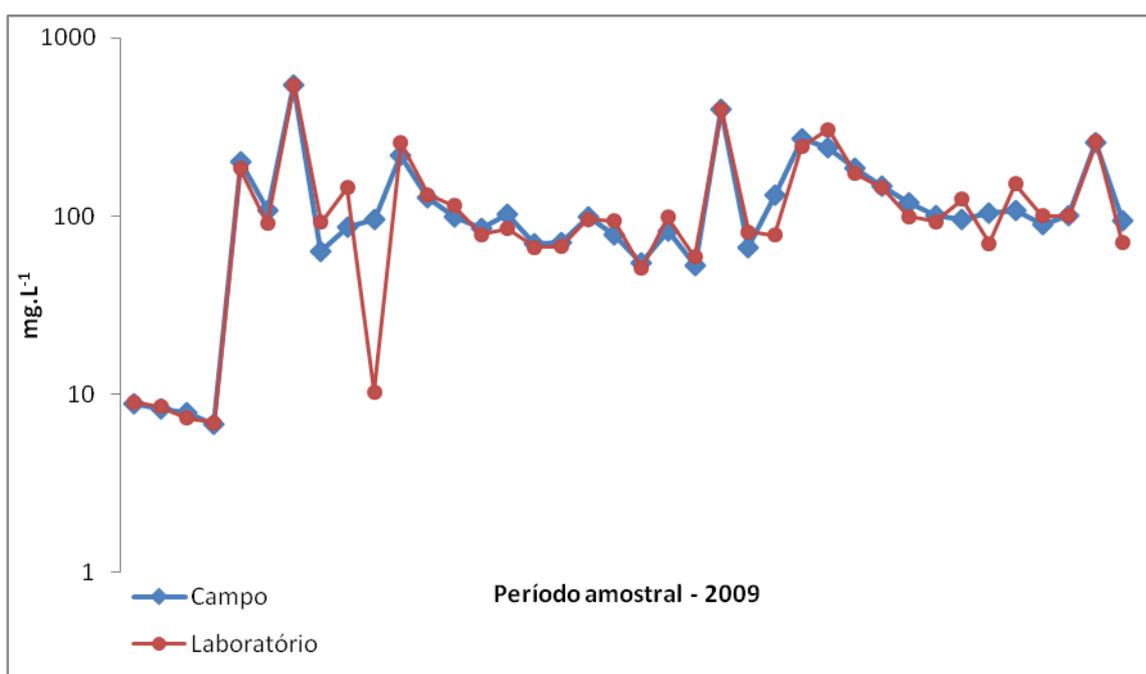


Gráfico 07 – Gráfico de dispersão da C_{ss} de laboratório x C_{ss} de campo da estação São Francisco Verdadeiro 2009, apresentada em escala logarítmica.

Observa-se poucas flutuações entre os dados, na qual os resultados de campo acompanharam os pontos obtidos em laboratório, e suas médias apresentaram-se praticamente iguais, a C_{ss} de laboratório foi de 126,22 mg.L⁻¹ e a C_{ss} de campo que foi de 126,23 mg.L⁻¹. De acordo com a OMM (Organização Meteorológica Mundial), citada anteriormante, os resultados apresentam-se dentro do esperado de 10% de erro, com uma média de 0,007% de erro, o resultado obtido

é significativo, e o aparelho em estudo neste caso apresenta-se em perfeito funcionamento realizando leituras representativas a realidade.

No Gráfico 08, pode-se verificar o gráfico de dispersão entre a C_{ss} de laboratório e a C_{ss} de campo para a variável sedimentos em suspensão, da estação rio São Francisco Verdadeiro 2010.

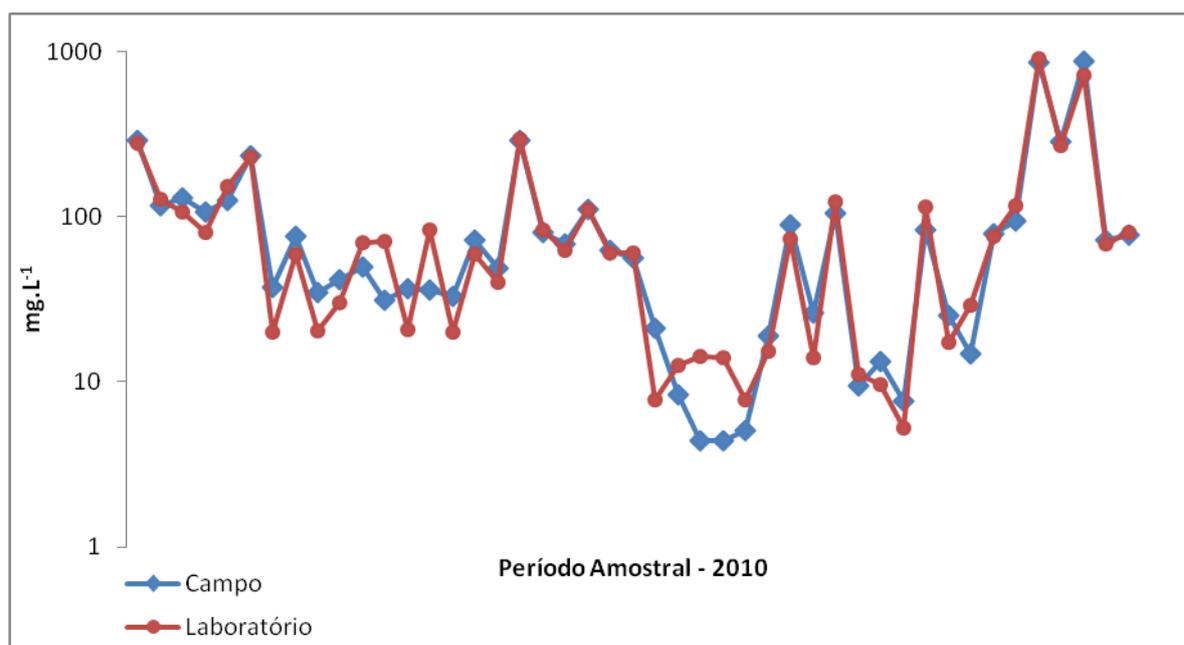


Gráfico 08 – Gráfico de dispersão da C_{ss} de laboratório x C_{ss} de campo da estação São Francisco Verdadeiro 2010, apresentada em escala logarítmica.

Observa-se poucas flutuações entre os dados, na qual os resultados de campo acompanharam os pontos obtidos em laboratório. Apesar das médias apresentarem uma pequena diferença entre elas; a C_{ss} de laboratório foi de 107,46 mg.L⁻¹ e a C_{ss} de campo que foi de 110,01 mg.L⁻¹. De acordo com a OMM (Organização Meteorológica Mundial), citada anteriormante, os resultados apresentam-se dentro do esperado de 10% de erro. Com uma média de 2,3% de erro, o resultado obtido é significativo, e o aparelho em estudo neste caso apresenta-se em perfeito funcionamento realizando leituras representativas a realidade. Esse aumento na porcentagem de erro, comparando-se com o ano anterior, pode ocorrer devido a perda da sensibilidade do aparelho ao passar do tempo, ou até mesmo algo ter parado em frente ao sensor, por isso, que a manutenção e limpeza dos aparelhos são de inteira importancia. Porem, levando em

consideração a margem de erro, os dados obtidos são significativos, e as leituras realizadas automaticamente representam de fato o que acontece normalmente.

No Gráfico 09, pode-se verificar o gráfico de dispersão entre a Css de laboratório e a Css de campo para a variável sedimentos em suspensão, da estação rio São Francisco Verdadeiro 2012.

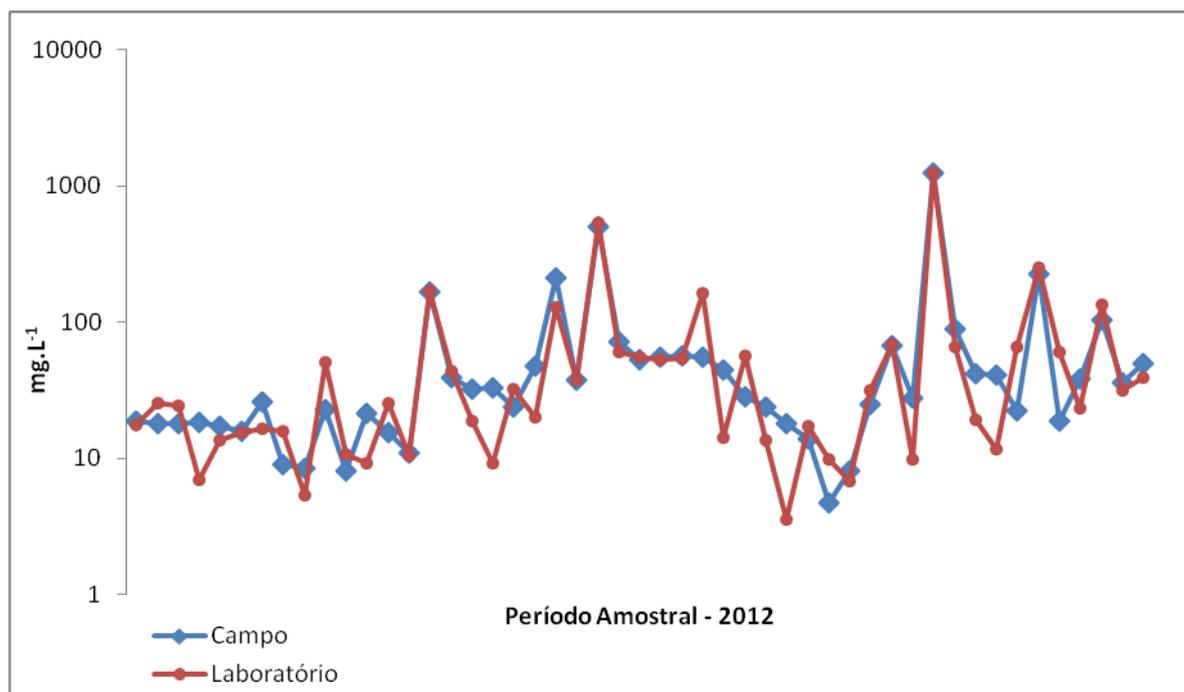


Gráfico 09 – Gráfico de dispersão da Css de laboratório x Css de campo da estação São Francisco Verdadeiro 2012, apresentada em escala logarítmica.

Apesar de se observar flutuações entre os dados, obteve-se uma média muito próxima entre a Css de laboratório e a Css de campo que foi de 77,46 e 77,20 mg.L^{-1} respectivamente. De acordo com a OMM (Organização Meteorológica Mundial), citada anteriormante, os resultados apresentam-se dentro do esperado de 10% de erro. Com uma média de 0,33% de erro, o resultado obtido é significativo, e o aparelho em estudo neste caso apresenta-se em perfeito funcionamento realizando leituras representativas a realidade.

5.2 INTERPRETAÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE

5.2.1 Estação Arroio Xaxim

Nos Gráficos 10 e 11, pode-se verificar o gráfico de medida individual de Shewhart para a variável sedimentos em suspensão, para a estação do rio Xaxim de 2011.

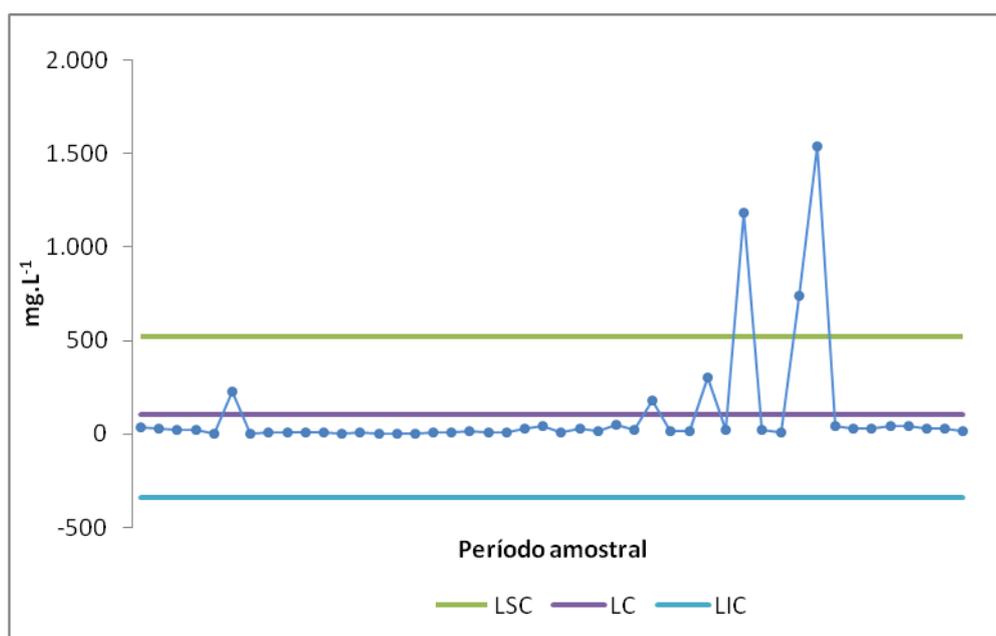


Gráfico 10 – Gráfico de controle da Css da amostra de campo da estação Xaxim 2011.

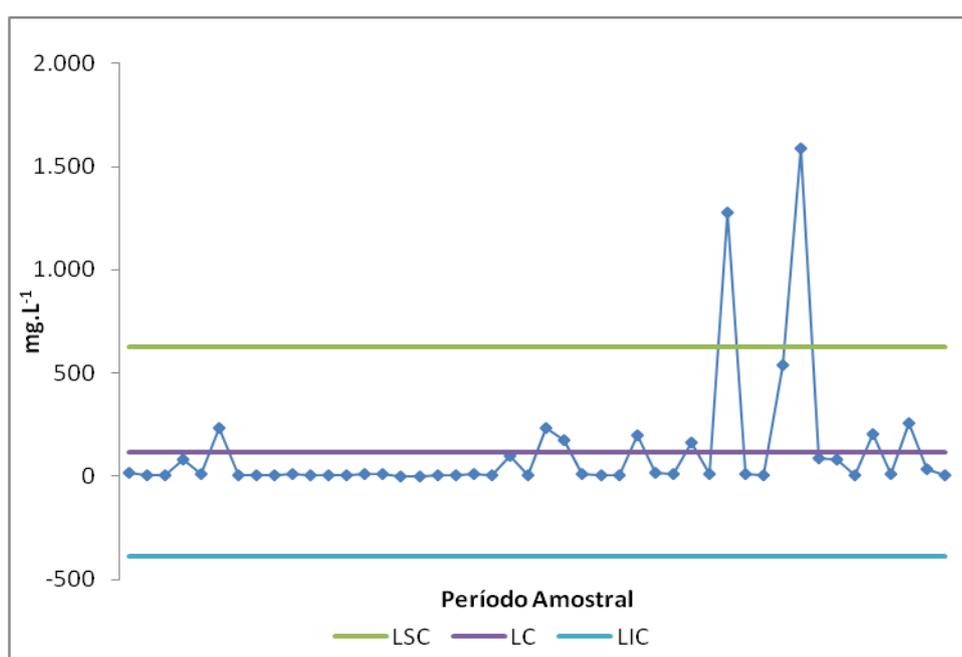


Gráfico 11 – Gráfico de controle da Css da amostra pontual da estação Xaxim 2011.

Observa-se nos gráficos acima que a concentração de sedimentos em suspensão não estão sob controle estatístico, pois apresentam pontos fora dos limites de controle. Para as amostras de campo, obteve-se um limite superior de controle de $520,44 \text{ mg.L}^{-1}$, onde os pontos 34, 37 e 38 apresentaram-se muito superiores, com os valores $1184,41 \text{ mg.L}^{-1}$, $740,56 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1542,68 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente. Para as amostras pontuais, o limite superior encontrado foi de $625,40 \text{ mg.L}^{-1}$, onde os mesmos pontos 34 e 38 encontraram-se fora de controle, apresentando os valores $1279,44 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1588,71 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente, somente o ponto 37 obteve um valor menor, apresentando-se dentro do limite superior com o valor $538,48 \text{ mg.L}^{-1}$ demonstrados no Gráfico 11.

Os resultados acima do limite, da-se pelo fato de que os dois pontos encontram-se em um período de cheia, como é possível observar o Gráfico 04, no qual mostra picos de cheia nos meses de agosto e outubro no ano de 2011. As coletas realizadas para análises que são representadas como os pontos 34 e 38, foram coletadas nos dias 13/10 e 29/10 respectivamente, por tal motivo explica-se o evento fora de controle, pois o aumento da vazão representa um aumento significativo da concentração de sedimento em suspensão; já o ponto 37 mesmo sendo realizada em 25/10 período próximo aos outros dois pontos, pela análise de laboratório obteve um valor menor do que o limite superior encontrado, apresentando-se dentro dos limites de controle, esse caso pode ser explicado pelo fato de se existir as possíveis fontes de erro, tanto da parte dos fatores que podem influenciar no momento da leitura do aparelho, como algum erro durante a própria análise em laboratório.

5.2.2 Estação São Francisco Verdadeiro

Nos Gráficos 12 e 13, pode-se verificar o gráfico de medida individual de Shewhart para a variável sedimentos em suspensão, para a estação São Francisco Verdadeiro de 2009.

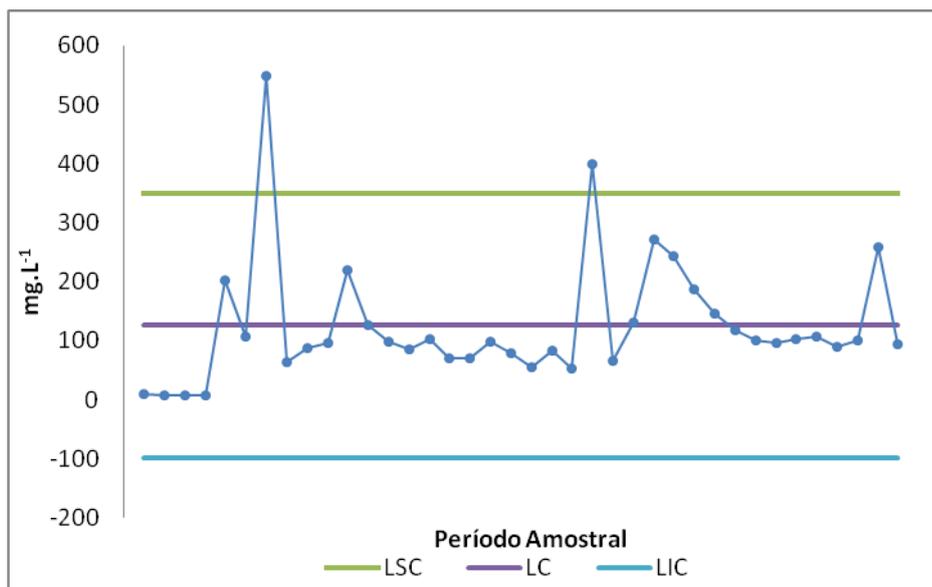


Gráfico 12 – Gráfico de controle da Css da amostra de campo da estação São Francisco Verdadeiro 2009.

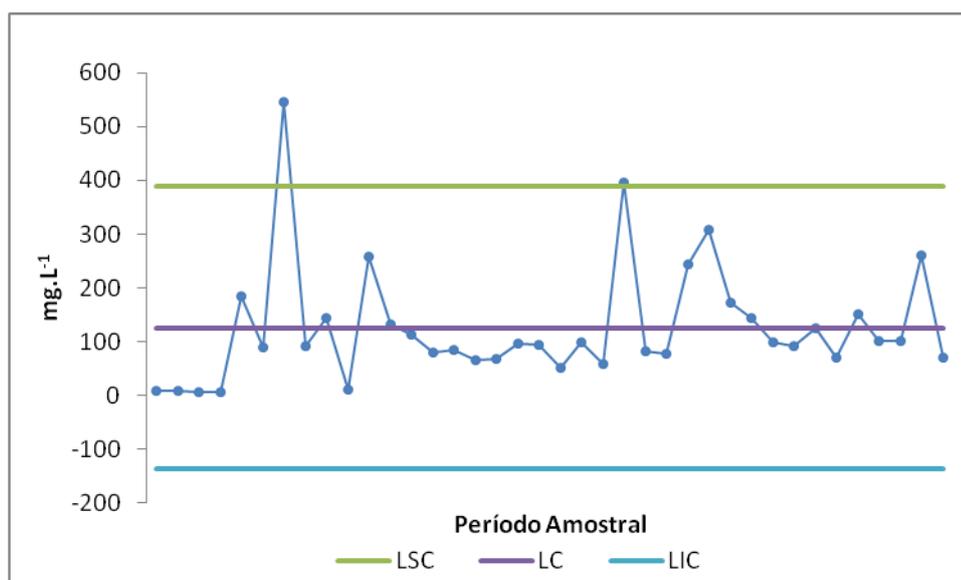


Gráfico 13 – Gráfico de controle da Css da amostra pontual da estação São Francisco Verdadeiro 2009.

Observa-se nos gráficos acima que a concentração de sedimentos em suspensão não estão sob controle estatístico, pois apresentam pontos fora dos limites de controle. Para as amostras de campo, obteve-se um limite superior de controle de $350,37 \text{ mg.L}^{-1}$, onde os pontos 07 e 23 apresentaram-se superiores, com os valores $548,57 \text{ mg.L}^{-1}$ e $399,28 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente. Para as amostras pontuais, o limite superior encontrado foi de $388,41 \text{ mg.L}^{-1}$, onde os mesmos pontos

07 e 23 encontraram-se fora de controle estatístico, apresentando os valores 545,97 mg.L^{-1} e 396,94 mg.L^{-1} respectivamente, demonstrados no Gráfico 13.

Os resultados acima do limite, pode ser justificados pelo fato de que os dois pontos encontra-se em um período de cheia no momento da coleta, onde constatou-se os valores 65,95 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ e 107,49 $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ respectivamente, mesmo que os picos de cheias apresentam-se nos meses de outubro e dezembro como é possível observar o Gráfico 01, esses valores, em relação aos níveis próximos as outras datas de coletas, são considerados elevados. As coletas realizadas para análises que são representadas como os pontos 07 e 23, foram coletadas nos dia 27/05 e 23/09 respectivamente, por tal motivo explica-se o evento fora de controle, pois o aumento da vazão representa um aumento significativo da concentração de sedimento em suspensão, e esses dados devem ser levados em consideração.

Nos Gráficos 14 e 15, pode-se verificar o gráfico de medida individual de Shewhart para a variável sedimentos em suspensão, para a estação São Francisco Verdadeiro de 2010.

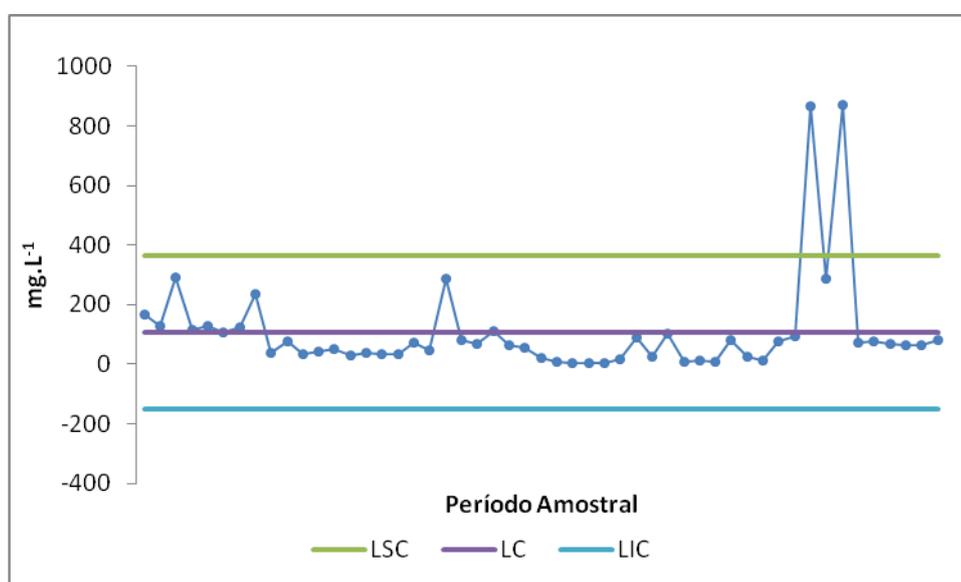


Gráfico 14 – Gráfico de controle da Css da amostra de campo da estação São Francisco Verdadeiro 2010.

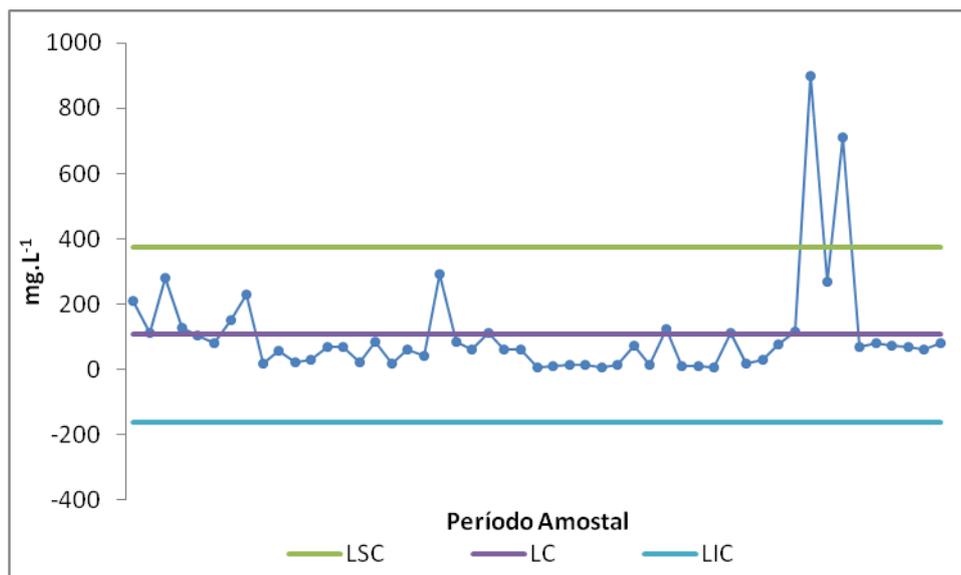


Gráfico 15 – Gráfico de controle da Css da amostra pontual da estação São Francisco Verdadeiro 2010.

Observa-se nos gráficos acima que a concentração de sedimentos em suspensão não estão sob controle estatístico, pois apresentam pontos fora dos limites de controle. Para as amostras de campo, obteve-se um limite superior de controle de 366,53 mg.L⁻¹, onde os pontos 43 e 45 apresentaram-se muito superiores, com os valores 865,71 mg.L⁻¹ e 870,94 mg.L⁻¹ respectivamente. Para as amostras pontuais, o limite superior encontrado foi de 375,48 mg.L⁻¹, onde os mesmos pontos 43 e 45 encontraram-se fora de controle, apresentando os valores 901,03 mg.L⁻¹ e 713,13 mg.L⁻¹ respectivamente, demonstrados no Gráfico 15.

Os resultados acima do limite, da-se pelo fato de que os dois pontos encontram-se num período de cheia, como é possível observar o Gráfico 02, no qual mostra um pico de cheia em dezembro no ano de 2010. As coletas realizadas para análises que são representadas como os pontos 43 e 45, foram coletadas nos dias 03/12 e 13/12 respectivamente, por tal motivo explica-se o evento fora de controle, pois o aumento da vazão representa um aumento significativo da concentração de sedimento em suspensão, e esses dados devem ser levados em consideração.

Nos Gráficos 16 e 17, pode-se verificar o gráfico de medida individual de Shewhart para a variável sedimentos em suspensão, para a estação São Francisco Verdadeiro de 2012.

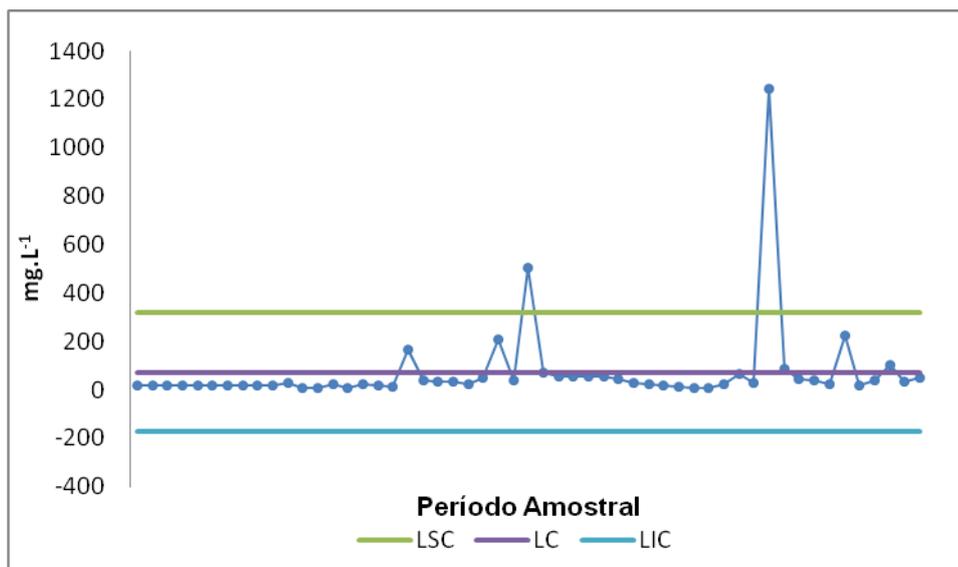


Gráfico 16 – Gráfico de controle da Css da amostra de campo da estação São Francisco Verdadeiro 2012.

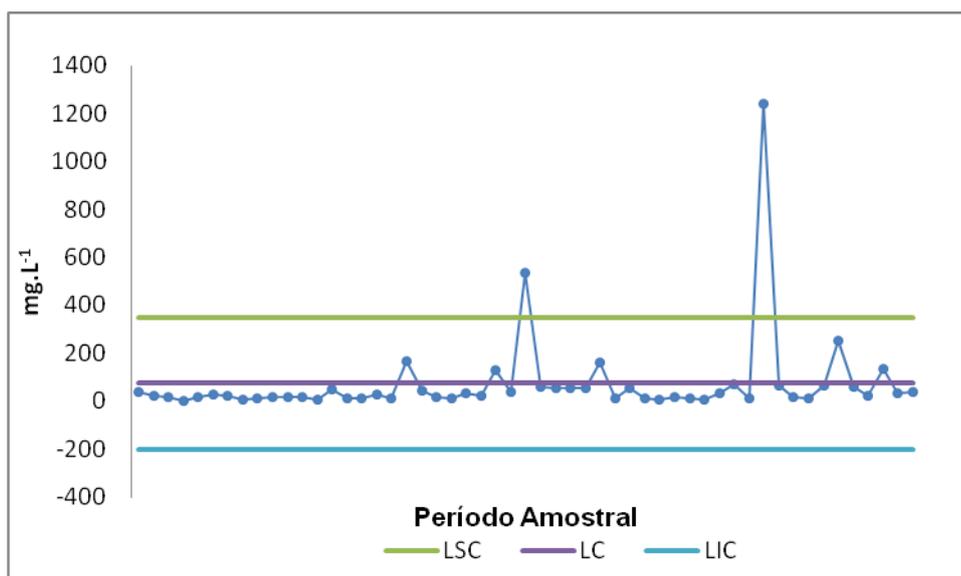


Gráfico 17 – Gráfico de controle da Css da amostra pontual da estação São Francisco Verdadeiro 2012.

Observa-se nos gráficos acima que a concentração de sedimentos em suspensão não estão sob controle estatístico, pois apresentam pontos fora dos limites de controle. Para as amostras de campo, obteve-se um limite superior de controle de $319,78 \text{ mg.L}^{-1}$, onde os pontos 27 e 43 apresentaram-se superiores, com os valores $503,39 \text{ mg.L}^{-1}$ e $1242,87 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente. Para as amostras pontuais, o limite superior encontrado foi de $348,56 \text{ mg.L}^{-1}$, onde os mesmos pontos

27 e 43 encontraram-se fora de controle estatístico, apresentando os valores 532,48 mg.L⁻¹ e 1241,26 mg.L⁻¹ respectivamente, demonstrados no Gráfico 17.

Os resultados acima do limite, dão-se pelo fato de que os dois pontos encontram-se num período de cheia, como é possível observar o Gráfico 03, no qual mostra um pico de cheia em junho e um pequeno aumento em outubro, no ano de 2012. As coletas realizadas para análises que são representadas como os pontos 27 e 43, foram coletadas nos dias 18/06 e 23/10 respectivamente, por tal motivo explica-se o evento fora de controle, pois o aumento da vazão representa um aumento significativo da concentração de sedimento em suspensão, e esses dados devem ser levados em consideração.

6 CONCLUSÃO

Nos gráficos de dispersão apesar do comportamento aparente, todos os resultados obtidos entre as leituras realizadas pelo turbidímetro, apresentaram-se representativas em relação aos dados obtidos em laboratório. O aumento na porcentagem de erro, comparando-se com o passar dos anos, pode ocorrer devido a perda da sensibilidade do aparelho, ou até mesmo alguma interferência física ao sensor, por isso, a manutenção e limpeza com certa frequência dos aparelhos são importantes.

O monitoramento da concentração de sedimento em suspensão com aparelho automático são práticas de fácil execução e podem contribuir para um planejamento de ações mitigadoras do assoreamento de um lago ou reservatório. Assim, levando em consideração a margem de erro, os dados obtidos através dos gráficos de dispersão apresentaram correlações significativas, e as leituras realizadas automaticamente representam de fato o que acontece normalmente.

Para os gráficos de controle, em todo o período monitorado, mesmo que a cada ano tenha estipulado médias de limites diferentes, todos apresentaram-se fora dos limites de controle, motivo que pode ser explicado pelo fato desses pontos se localizarem em períodos de cheias, em que o nível d'água aumenta, elevando assim, a quantidade de sedimentos transportados nos cursos d'água.

REFERÊNCIAS

ALBERS, W.; KALLENBERG, W.C.M. Estimation in Shewart control charts: effects and corrections. **Metrika**. v. 59, n.1, 2004.

BICALHO, C. C. **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH. DM-95/2006, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

CARDOSO, A. T. et. al. **Problemas na estimativa de sólidos em suspensão associados à elaboração da curva-chave para sensor de turbidez**. In: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2012.

CARVALHO, K.S. de; PARANHOS, R.M.; PAIVA, J.B. *Limitações ao uso da relação entre turbidez e concentração de sedimento em suspensão em duas pequenas bacias em Santa Maria, RS*. In: XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica. São Pedro: IARH/AIPH. 2004.

CARVALHO, N. O. et al. **Guia de Avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL, 2000.

CARVALHO, N. O. et al. **Guia de Práticas Sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2001.

CARVALHO, N. O. et al. Revisão dos estudos sedimentológicos do rio Madeira e Marmoré, RO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2^o ed., rev., atual e ampliada. – Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CHELLA, M.R.; FERNANDES, C.V.S.; FERMIANO, G.A.; FILL, H.D. **Avaliação do transporte de sedimentos no rio Barigui**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.10, n.3, 2005.

CHEN, H.; CHEG, Y. Designing \bar{X} charts for know autocorrelations and unknown marginal distribution. **European Journal of Operational Research**. v. 198, n. 1, 2009.

COSTA, A. F. B.; MACHADO, M. A. G. Synthetic control chaets with two-stage sampling for monitoring bivariate processes. **Pesquisa Operacional**. v. 27, n. 1, 2007.

DIDONÉ, E. J. **Erosão bruta e produção de sedimentos em Bacia Hidrográfica sob plantio direto no Planalto do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, UFSM/RS, 2013.

FILL, H. D.; SANTOS, I. **Estimativa da concentração de sedimentos em suspensão através da profundidade Sechi.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 5., 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: ABRH, 2001

GAO, P.; JOSEFSON, M. *Temporal variations of suspended sediment transport in OneidaCreek watershed, central New York.* Journal of Hydrology, v.426, p. 17, 2012.

ITAIPU. **Manual de Procedimentos Operacionais – Turbidímetro SL2K.** Foz do Iguaçu, PR, 2013.

LEIRAS, A.; COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E.K. Planejamento do controle estatístico de processos com baixa fração não conforme restrito a amostras pequenas. **Produção.** v. 17, n. 1, 2007.

LOPES, G. R., **Reflexões sobre a elaboração e a aplicação de curva-chave de sedimentos em pequenas bacias.** Cap. 8. Engenharia de sedimentos: na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento. Brasília, 2011.

MACIEL, J. N., **Identificação das características granulométricas da descarga sólida em suspensão para o monitoramento sedimentométrico dos principais afluentes do reservatório de Itaipu.** Dissertação (Graduação em Engenharia Ambiental), Faculdade União da Américas, 2007.

MENDES, A. B. et al. **Amostragem de sedimentos em suspensão nos rios da área de drenagem da Usina Hidrelétrica de Itaipu (Brasil/Paraguai).** In: VIII Encontro Nacional De Engenharia De Sedimentos, 2008.

MENDES, A. B. et al. **Estimativa do aporte de Fosfatos Totais em cursos d'água afluentes ao reservatório de Itaipu através de dados de concentração de sedimentos em suspensão.** In: X Encontro Nacional De Engenharia De Sedimentos, 2010.

MERTEN, G. H., **Estimativa de fluxo de sedimentos em rios através do uso da curva-chave e so sensor ótico de turbidez.** In: X Encontro Nacional De Engenharia De Sedimentos, 2012.

MICHEL, R.; FOGLIATTO, F. S. Projeto econômico de cartas adaptativas para monitoramento de processos. **Gestão & Produção.** v. 9, n. 1, 2002.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.**

Tradução: Farias, A. M. L., Flores, V. R. L. F., Laurencel, L. C. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC. 2004.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 3. ed. New York, EUA: John Willey & Sons Inc, 2003.

MUCELIN, C. A. **Estatística elementar e experimental aplicada às tecnologias**. 2 ed. Gráfica e Editora Valério, 2006.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: ITD, 2001.

SCHMIDT, A. O. et al. **Monitoramento de vazão e turbidez para estimativa da produção e descarga de sedimentos em suspensão da bacia hidrográfica do rio São Francisco Verdadeiro**. In: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2012.

SILVA, W. V.; FONTANINI, C. A. C.; CORSO, J. M. D. Garantia da qualidade do café solúvel com o uso de gráfico de controle de somas acumuladas. **Revista Produção On Line**. v. 7, n. 2, 2007.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol.1 – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 2º. Edição., UFMG, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dados da Estação de Monitoramento Xaxim 2011.

(continua)

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga	Leitura do	Leitura do	Concentração
			líquida	turbidímetro	turbidímetro	de
			Instantânea	de campo	de campo	sedimentos
			(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	lab. (real)
						(mg.L ⁻¹)
1	28/02/11	14:00	1,03	167,28	39,69	16,06
2	07/03/11	10:00	0,76	152,18	32,06	6,74
3	14/03/11	8:00	0,63	130,65	21,20	6,86
4	21/03/11	9:00	0,60	135,53	23,66	80,68
5	28/03/11	10:00	0,63	98,90	5,17	8,46
6	01/04/11	19:00	0,98	544,16	229,94	232,94
7	11/04/11	8:00	0,55	83,03	5,53	5,38
8	15/04/11	10:00	0,78	396,83	8,47	7,91
9	18/04/11	10:00	0,58	116,92	6,07	5,62
10	25/04/11	9:00	0,64	123,32	6,16	9,13
11	02/05/11	12:00	0,49	130,65	6,25	4,64
12	09/05/11	11:00	0,53	79,37	5,46	5,46
13	16/05/11	18:00	0,51	87,20	5,60	4,36
14	23/05/11	12:00	0,46	69,10	5,26	9,59
15	30/05/11	12:00	0,42	54,03	4,91	8,25
16	06/06/11	10:00	0,41	46,46	4,72	2,14
17	13/06/11	12:00	0,46	78,14	9,31	1,87
18	20/06/11	9:00	0,49	100,12	10,77	5,15
19	26/06/11	13:00	0,49	133,09	12,73	5,17
20	04/07/11	14:00	0,61	124,54	12,24	12,73
21	11/07/11	10:00	0,46	85,47	9,81	5,63
22	18/07/11	9:00	1,30	493,28	27,49	98,08
23	21/07/11	11:00	1,81	1150,18	45,21	7,87
24	25/07/11	9:00	0,69	90,35	10,14	234,11
25	01/08/11	9:00	7,77	488,40	27,33	177,57
26	09/08/11	9:00	1,35	230,28	17,57	8,13
27	29/08/11	9:00	1,35	162,37	53,35	5,68
28	05/09/11	14:00	1,09	123,97	24,08	2,77
29	08/09/11	18:00	2,33	325,74	177,91	196,65
30	12/09/11	9:00	1,00	110,31	13,67	15,03
31	03/10/11	10:00	0,77	85,47	12,54	8,55
32	08/10/11	16:00	1,93	829,06	303,65	163,35
33	10/10/11	8:00	0,90	119,66	25,92	13,07
34	13/10/11	15:00	3,80	3078,75	1184,41	1279,44
35	17/10/11	10:00	0,77	119,66	25,92	10,50
36	24/10/11	10:00	0,77	78,14	9,67	6,51
37	25/10/11	12:00	3,46	1945,05	740,56	538,48
38	29/10/11	17:00	15,73	3993,90	1542,68	1588,71
39	03/11/11	9:00	2,06	158,73	41,22	87,53

APÊNDICE A – Dados da Estação de Monitoramento Xaxim 2011.

(conclusão)

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga líquida Instantânea	Leitura do turbidímetro de campo	Leitura do turbidímetro de campo	Concentração de sedimentos lab. (real)
			(m³.s⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L⁻¹)	(mg.L⁻¹)
40	07/11/11	9:00	1,81	126,98	28,79	82,88
41	18/11/11	16:00	2,00	131,87	30,70	7,33
42	01/12/11	17:00	1,75	162,41	42,66	202,42
43	08/12/11	14:00	1,19	126,98	40,89	12,53
44	11/12/11	20:00	1,14	118,44	30,74	256,87
45	12/12/11	9:00	1,04	117,22	29,29	34,47
46	26/12/11	9:00	0,86	105,01	14,79	7,37

APÊNDICE B – Dados da Estação de Monitoramento São Francisco Verdadeiro 2009.

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga	Leitura do	Leitura do	Concentração
			líquida Instantânea	turbidímetro de campo	turbidímetro de campo	de sedimentos lab. (real)
			(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)
1	08/04/09	16:00	23,20	73,26	8,82	9,05
2	15/04/09	4:00	24,93	80,59	8,34	8,58
3	23/04/09	11:00	29,56	87,91	7,93	7,34
4	28/04/09	4:00	34,10	114,77	6,79	6,97
5	15/05/09	16:00	31,20	223,44	201,84	184,50
6	20/05/09	16:00	11,97	120,88	107,58	90,55
7	27/05/09	11:00	65,95	600,73	548,57	545,97
8	06/06/09	15:00	21,35	73,26	63,82	92,59
9	11/06/09	16:00	30,71	98,90	87,38	143,96
10	17/06/09	11:00	27,80	108,67	96,36	10,35
11	24/06/09	16:00	67,82	242,98	219,79	257,48
12	03/07/09	16:00	39,42	133,09	127,71	131,52
13	10/07/09	8:00	46,49	112,33	99,60	114,06
14	22/07/09	10:00	45,94	101,34	84,72	78,88
15	29/07/09	15:00	47,61	114,77	102,91	84,97
16	05/08/09	15:00	41,02	90,35	69,84	66,89
17	12/08/09	11:00	35,24	91,58	71,50	67,29
18	19/08/09	15:00	43,19	112,33	99,60	96,39
19	26/08/09	9:00	35,24	96,46	78,11	93,96
20	02/09/09	15:00	29,24	81,81	54,56	50,77
21	09/09/09	10:00	41,02	107,45	83,18	98,39
22	16/09/09	11:00	30,22	80,59	53,20	59,04
23	23/09/09	16:00	107,49	390,72	399,28	396,94
24	30/09/09	10:00	37,30	92,80	66,83	81,44
25	07/10/09	15:00	37,30	150,18	130,86	78,56
26	13/10/09	10:00	74,15	277,17	272,56	244,10
27	16/10/09	17:00	145,07	250,31	242,59	307,35
28	23/10/09	13:00	116,34	200,00	186,45	172,86
29	23/10/09	14:00	115,46	255,19	146,24	143,88
30	29/10/09	10:00	79,99	185,59	118,90	99,66
31	02/11/09	17:00	69,07	140,42	101,15	93,07
32	18/11/09	11:00	61,05	125,76	95,39	124,19
33	23/11/09	10:00	64,09	146,52	103,55	70,22
34	24/11/09	10:00	58,64	156,29	107,39	151,57
35	30/11/09	17:00	52,75	111,11	89,64	100,25
36	03/12/09	10:00	67,19	139,19	100,67	100,21
37	12/12/09	10:00	266,34	542,12	258,98	261,35
38	16/12/09	14:00	65,95	122,10	93,95	71,38

APÊNDICE C – Dados da Estação de Monitoramento São Francisco Verdadeiro 2010.

(continua)

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga	Leitura do	Leitura do	Concentração
			líquida Instantânea	turbidímetro de campo	turbidímetro de campo	de sedimentos lab. (real)
			(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)
1	23/12/09	10:00	58,64	159,95	169,15	211,95
2	30/12/09	9:00	48,18	117,22	129,30	113,66
3	13/01/10	16:00	81,96	290,60	290,99	281,18
4	19/01/10	10:00	39,42	103,79	116,77	128,26
5	27/01/10	16:00	35,75	118,44	130,44	106,08
6	04/02/10	9:00	29,24	92,80	106,52	80,04
7	10/02/10	11:00	37,30	113,55	125,88	152,21
8	16/02/10	16:00	66,57	230,77	235,20	230,83
9	22/02/10	15:00	35,24	106,23	37,44	19,95
10	26/02/10	16:00	45,38	162,39	76,57	59,44
11	03/03/10	10:00	30,22	102,56	34,89	20,51
12	10/03/10	15:00	30,67	112,33	41,69	29,94
13	17/03/10	4:00	32,19	123,32	49,35	69,25
14	24/03/10	4:00	39,42	97,68	31,49	70,46
15	29/03/10	16:00	37,84	105,01	36,59	20,66
16	31/03/10	5:00	38,89	103,79	35,74	83,15
17	09/04/10	14:00	30,22	100,12	33,19	19,83
18	15/04/10	11:00	28,28	156,29	72,31	59,63
19	21/04/10	18:00	31,70	122,10	48,50	40,05
20	26/04/10	11:00	71,54	465,55	287,75	292,64
21	05/05/10	9:00	53,76	280,83	79,92	83,81
22	13/05/10	16:00	45,94	216,12	68,60	62,60
23	19/05/10	10:00	64,61	459,10	111,12	111,08
24	27/05/10	9:00	41,16	180,25	62,32	60,00
25	03/06/10	15:00	35,90	143,46	55,88	60,35
26	12/08/10	9:00	17,47	87,91	20,99	7,84
27	18/08/10	10:00	15,93	64,71	8,39	12,50
28	25/08/10	9:00	14,44	57,39	4,41	14,34
29	02/09/10	10:00	12,99	57,39	4,41	13,97
30	06/09/10	11:00	12,05	58,61	5,07	7,72
31	15/09/10	10:00	11,13	84,25	19,00	15,32
32	27/09/10	15:00	16,95	212,45	88,67	73,53
33	01/10/10	9:00	12,28	97,68	26,30	14,09
34	05/10/10	9:00	28,89	241,85	104,64	122,56
35	14/10/10	10:00	17,99	95,24	9,53	11,10
36	22/10/10	16:00	17,73	119,66	13,31	9,55
37	27/10/10	9:00	14,93	81,81	7,63	5,29

APÊNDICE C – Dados da Estação de Monitoramento São Francisco Verdadeiro 2010.

(conclusão)

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga	Leitura do	Leitura do	Concentração
			líquida	turbidímetro	turbidímetro	de
			Instantânea	de campo	de campo	sedimentos
			(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	lab. (real)
						(mg.L ⁻¹)
38	31/10/10	10:00	41,50	416,36	82,59	113,86
39	04/11/10	14:00	19,31	185,59	25,31	17,46
40	16/11/10	10:00	20,94	128,21	14,73	29,13
41	22/11/10	15:00	29,63	404,15	79,06	76,12
42	02/12/10	9:00	32,09	455,43	94,17	117,03
43	03/12/10	16:00	111,18	2073,26	865,71	901,03
44	08/12/10	10:00	137,83	974,36	286,66	269,15
45	13/12/10	9:00	224,96	2081,81	870,94	713,13
46	20/12/10	10:00	48,04	238,10	72,27	68,80
47	27/12/10	15:00	54,49	272,28	77,31	80,15
48	04/01/11	10:00	38,50	211,23	68,32	71,28
49	11/01/11	15:00	32,72	192,92	65,62	69,47
50	31/01/11	16:00	35,57	188,82	65,02	60,10
51	09/02/11	9:00	45,59	308,42	82,62	81,40

APÊNDICE D – Dados da Estação de Monitoramento São Francisco Verdadeiro 2012.

(continua)

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga	Leitura do	Leitura do	Concentração
			líquida Instantânea	turbidímetro de campo	turbidímetro de campo	de sedimentos lab. (real)
			(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	(mg.L ⁻¹)
1	04/01/12	10:00	26,34	192,92	11,35	17,69
2	11/01/12	14:00	22,89	319,90	24,69	25,60
3	18/01/12	9:00	31,63	1201,98	117,40	21,06
4	18/01/12	17:00	32,25	1192,82	116,44	261,72
5	25/01/12	14:00	28,12	290,48	21,60	24,04
6	01/02/12	10:00	19,83	213,04	13,46	6,98
7	05/02/12	10:00	45,94	520,15	45,74	13,53
8	15/02/12	9:00	190,40	804,52	75,63	15,49
9	07/03/12	10:00	15,18	113,55	25,93	16,43
10	14/03/12	16:00	9,53	73,26	8,98	15,70
11	15/03/12	16:00	11,04	72,04	8,46	5,30
12	21/03/12	9:00	14,17	105,62	22,59	50,58
13	28/03/12	10:00	9,93	71,29	8,15	10,71
14	02/04/12	8:00	13,95	102,15	21,13	9,15
15	11/04/12	9:00	12,75	88,82	15,52	25,13
16	18/04/12	10:00	11,13	77,80	10,89	10,44
17	26/04/12	11:00	69,97	445,95	165,80	169,06
18	02/05/12	9:00	30,24	145,19	39,25	43,23
19	09/05/12	9:00	27,54	128,93	32,40	18,87
20	16/05/12	10:00	27,84	130,71	33,15	9,26
21	23/05/12	9:00	24,03	108,47	23,79	32,10
22	31/05/12	17:00	30,72	191,70	47,25	19,94
23	04/06/12	10:00	102,71	681,32	210,63	127,43
24	14/06/12	16:00	43,55	161,17	37,06	37,61
25	18/06/12	11:00	318,51	1558,61	503,39	532,48
26	27/06/12	10:00	69,29	263,74	71,29	60,53
27	06/07/12	17:00	56,72	210,01	53,36	54,73
28	12/07/12	14:00	51,61	216,12	55,40	53,14
29	16/07/12	9:00	48,05	221,00	57,03	54,37
30	22/07/12	9:00	43,20	216,12	55,40	163,11
31	02/08/12	17:00	41,85	184,37	44,80	14,17
32	09/08/12	9:00	37,53	134,31	28,10	56,81
33	15/08/12	14:00	33,36	122,10	24,02	13,51
34	19/08/12	10:00	32,42	135,53	35,65	3,56
35	27/08/12	9:00	27,84	141,64	37,45	17,26
36	05/09/12	10:00	23,46	155,07	41,42	9,84
37	12/09/12	9:00	23,18	150,18	39,98	6,75

APNDICE D – Dados da Estação de Monitoramento São Francisco Verdadeiro 2012.

(conclusão)

Nº de coletas	Data	Hora	Descarga	Leitura do	Leitura do	Concentração
			líquida	turbidímetro	turbidímetro	de
			Instantânea	de campo	de campo	sedimentos
			(m ³ .s ⁻¹)	(miliVolts)	(mg.L ⁻¹)	lab. (real)
						(mg.L ⁻¹)
38	19/09/12	16:00	25,19	125,76	32,77	31,55
39	27/09/12	9:00	16,71	83,03	20,16	5,78
40	03/10/12	10:00	18,79	67,16	15,48	29,59
41	08/10/12	15:00	16,45	63,49	14,40	67,97
42	11/10/12	15:00	22,06	197,80	54,02	76,47
43	16/10/12	9:00	17,61	89,13	27,70	9,71
44	23/10/12	9:00	165,90	2547,01	1242,87	1241,26
45	02/11/12	9:00	31,64	212,45	88,67	65,20
46	14/11/12	9:00	25,33	117,22	41,58	19,23
47	21/11/12	10:00	23,33	116,00	40,98	11,59
48	28/11/12	16:00	29,80	78,42	22,40	65,86
49	30/11/12	17:00	54,33	488,82	225,30	249,58
50	05/12/12	10:00	29,19	71,07	18,77	60,63
51	07/12/12	17:00	33,20	109,89	37,96	23,10
52	14/12/12	9:00	64,82	438,34	103,79	134,83
53	19/12/12	16:00	29,80	185,59	36,05	31,17
54	26/12/12	9:00	25,04	236,87	49,80	39,13