

**DESCARGA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO
POR TRÊS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO GRANDE**

EDUARDO HENRIQUE MENDES DOS SANTOS

1998



.....
.....
.....

43044

11/11/30/96

EDUARDO HENRIQUE MENDES DOS SANTOS

**DESCARGA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO
POR TRÊS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO
GRANDE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Luiz Antônio Lima

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1998

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA

Santos, Eduardo Henrique Mendes dos

Descarga de sedimentos transportados em suspensão por três rios da Bacia
Hidrográfica do Alto Rio Grande / Eduardo Henrique Mendes dos Santos. --
Lavras : UFLA, 1998.

58 p. : il.

Orientador: Luiz Antônio Lima
Dissertação (Mestrado) - UFLA.
Bibliografia.

1. Sedimento. 2. Rio. 3. Assoreamento. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

CDD-363.7394
-628.168
-631.7

EDUARDO HENRIQUE MENDES DOS SANTOS

**DESCARGA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO
POR TRÊS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO
GRANDE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 02 de Abril de 1998

Prof. Antônio Marciano da Silva UFLA

Prof. Cláudio M. Montenegro Campes UFLA


Prof. Luiz Antônio Lima
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

À minha esposa
pela paciência nas horas difíceis.
Ao meu filho Eduardo Júnior
Aos meus pais,
José Mendes (In memoria) e
Diva.

DEDICO

BIOGRAFIA

Eduardo Henrique Mendes dos Santos, natural de Lavras, nascido no dia 26 de outubro de 1959, filho de José Maria dos Santos e Diva Lara dos Santos, cursou da 1ª a 4ª séries no Grupo Escolar Álvaro Botelho, da 5ª do 1º grau à 3ª série do 2º grau na Escola Estadual Dr. João Batista Hermeto, concluindo-o em 1978. Ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras (hoje UFLA), em agosto de 1985, no curso de Engenharia Agrícola, concluindo-o em março de 1992. Iniciou o mestrado em Engenharia Agrícola, em agosto de 1995.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por esta oportunidade de realização.

À Universidade Federal de Lavras.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de aula pela amizade e colaboração no projeto.

Ao IBAMA, pelo convênio firmado com a UFLA sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Aos funcionários e amigos do IBAMA de Lavras, Cláudio Magalhães, Paulo Sérgio e Marcelo, pelo apoio durante as pesquisas.

Ao Laboratório do Departamento de Engenharia da UFLA, e ao colega Claudionor, pelas análises realizadas.

Ao professor Cláudio Botelho pelas orientações.

Ao professor Luiz Antônio Lima pela orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Sr. Airton Magalhães, que cedeu seu rancho à margem do rio para guardar o material de pesquisa.

E a todos aqueles que não foram mencionados, mas que de uma forma ou de outra me ajudaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Problemas de assoreamento.....	3
2.2 Ciclo hidrossedimentológico	4
2.3 Distribuição e concentração das partículas	5
2.4 Determinação do assoreamento em reservatórios e rios	7
2.5 Estabelecimento de um posto sedimentométrico	7
2.6 Determinação da vazão	9
2.7 Processo de amostragem do material em suspensão.....	9
2.8 Processos de determinação quantitativa e qualitativa dos sedimentos	10
2.9 Características físico-químicas e biológicas da água	12
2.9.1 Condutividade elétrica da água (C.E.).....	12
2.9.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)	13
2.9.3 Elementos traço	14
2.9.3.1 Chumbo (Pb)	15
2.9.3.2 Cádmio (Cd).....	15
2.9.4. Mineralogia e textura dos sedimentos	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização da área em estudo	18
3.2 Levantamento das áreas das bacias hidrográficas.....	18
3.3 Levantamento das seções dos cursos d'água	21

3.4 Determinação de vazão	23
3.5 Amostragem do material em suspensão.....	24
3.6 Determinação das características da água	24
3.6.1 Determinação dos sólidos sedimentáveis	24
3.6.2 Determinação de sólidos totais , fixos, voláteis, suspensos e dissolvidos ..	24
3.6.3 Determinação do pH e CE.....	25
3.6.4 Determinação do cádmio e chumbo.....	25
3.6.5 Determinação da mineralogia	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Rio Capivari.....	27
4.2 Rio Grande	33
4.3 Rio das Mortes	38
4.4 Considerações finais	43
5 CONCLUSÃO	48
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXO	53

RESUMO

SANTOS, Eduardo Henrique Mendes dos. **Descarga de sedimentos transportados em suspensão por três rios da bacia hidrográfica do Alto Rio Grande.** Lavras: UFLA, 1998. 58 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola)*

Com o propósito de medir e quantificar a descarga sólida em suspensão transportada em três rios da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, na região de Ijaci, sul de Minas Gerais - Brasil, foram monitorados os seguintes parâmetros: vazão líquida (Q), concentração de sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), sólidos suspensos (SS), sólidos dissolvidos (Sd), condutividade elétrica (CE), pH, concentração de elemento traço como Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) e determinação textural e mineralógica de sedimentos em suspensão, este por meio de Difractometria de raio X. A metodologia usada para determinação dos sólidos está contida no *Standart Methods for the Examinations of Water and Wastwater*. Para os sólidos suspensos sedimentáveis, através dos cones de Imhoff obtiveram-se valores de 1.5 milhões de m³/ano para o Rio Capivari, 300 mil m³/ano para o Rio Grande e 2,25 milhões m³/ano para o Rio das Mortes, com um total de 4 milhões m³/ano, proporcionando uma lâmina de assoreamento de 10 cm de espessura/ano considerando uma área do futuro reservatório da Usina do Funil em torno de 40 km². Para os sólidos totais obteve-se um valor anual de 2,5 milhões toneladas como contribuição dos três rios. Esta quantidade é significativa, demonstrando a necessidade de uma melhor conservação do solo nas bacias estudadas. A quantidade de sedimentos na forma de sólidos dissolvidos manteve-se dentro dos limites aceitáveis de acordo com a resolução nº 20 do CONAMA de 1986, que estabelece um valor de 500 mg / l como limite. Quanto à mineralogia e textura determinados no material amostrado em suspensão, verificou-se a presença de silte em maior porcentagem do que a argila e areia para todas as bacias e, também, a presença de minerais como caulinita, gibbsita, goethita e quartzo para todas elas, indicando a possibilidade de afloramento do horizonte C devido à incidência de caulinita.

Comitê Orientador: Luiz Antônio Lima - UFLA (Orientador), Antônio Marciano da Silva - UFLA, Jacinto de Assunção Carvalho - UFLA.

A condutividade elétrica teve valores muito baixos e o pH manteve-se na faixa de 6,5 - 7,0 para os três rios estudados. Não foram detectados elementos traços como cádmio e chumbo nas análises.

ABSTRACT

TRANSPORTATION OF SEDIMENTS AS SUSPENDED SOLIDS BY THREE RIVERS AT THE HIGHLAND OF RIO GRANDE RIVER

With the objective to measure and quantify the solid discharge as suspended particles transported by three rivers at the highland of Rio Grande river in Minas Gerais-Brazil, the following variables were monitored: flow rate (Q), suspended solids (Ssu), total dissolved solids (Sd), electrical conductivity (EC), pH, trace elements such as cadmium (Cd) and Lead (Pb), sediment texture and sediment mineralogy, through X ray diffractometry. The methodology used for measuring solids is described at *The Standart Methods For The Examination Of Water And Wastwater*. For the sedimentation solids, by Imhoff cone analysis, values of 1,5 million m³/year were measured for the Rio Capivari river, 290 thousand m³/year for the Rio Grande river and 2,5 millions m³/year for the Rio das Mortes river, producing a sedimentation layer of 10 cm of thickness every year considering that downstream there will be in the near future a reservoir for the Funil Hydroelectric Power Plant. All rivers contributed in one year with 2,5 million tons of total solids in one year. This amount is significant, showing the necessity for better soil conservation practices at the watershed. The dissolved solids remained below acceptable limits in accordance to the CONAMA / 20 resolution (Brazilian Protection Council) that establishes 500 mg/l as the limit. In relation to mineralogy and sediment texture, it was verified that a higher silt concentration than clay prevailed for all rivers, and there was also present, minerals such as caulinite, gibbsite, goethite and quartz. Indicating a possible exposition of horizon C due to the incidence of caulinite. The electrical

values were low and ph remained between 6.5 and 7.0 for all rivers studied.
Trace elements were not detected in the water sampled.

1 INTRODUÇÃO

O assoreamento de reservatórios é um fenômeno que ocorre sistematicamente em todo mundo. É decorrente da erosão proporcionada nas bacias hidrográficas, ocorrendo principalmente como consequência da erosão laminar, resultando no transporte das partículas e sedimentação das mesmas diminuindo a vida útil dos reservatórios e rios.

Existem processos em que ações antrópicas contribuem para a aceleração da produção de sedimentos e, conseqüentemente, para o assoreamento de cursos d'água e reservatórios. A literatura especializada aborda o problema de sedimentação em rios e reservatórios, esclarecendo que as partículas transportadas pelos cursos d'água depositam-se nos reservatórios de acordo com sua granulometria e peso específico. Assim, o conhecimento da descarga de sedimentos transportados pelos cursos d'água é de fundamental importância para o planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, uma vez que os danos causados pelos sedimentos são extensos e variados.

A construção da hidrelétrica do Funil, localizada entre os municípios de Lavras e Perdões, prevista para ter início em 1998, busca aproveitar um potencial de 180 megawatts e requer investimento da ordem de 150 milhões de reais, (Tribuna de Lavras, 19 de Outubro de 1996), devendo formar um reservatório de aproximadamente 40 km². Este fato despertou o interesse de estudar e medir a carga de sedimentos transportados pelos cursos d'água que contribuirão para a formação do reservatório, sendo eles os rios Grande, Capivari e das Mortes. Assim será possível estimar, mesmo antes da formação do reservatório, o assoreamento que poderá sofrer.

Como os problemas descritos anteriormente são de grande preocupação e afetarão a vida do reservatório da represa do Funil e a qualidade de suas águas, este estudo tem como objetivo fornecer dados de descarga de sedimentos que possibilitarão a previsão do assoreamento do futuro reservatório da Usina do Funil. Foram determinadas apenas a quantidade de sedimentos transportados em suspensão pelos rios Capivari, Grande e das Mortes através de processos utilizados pela Engenharia Hidráulica e descritos na literatura especializada. Alguns fatores foram analisados quanto à qualidade da água para uso doméstico e também para irrigação, como condutividade elétrica, pH, metais pesados como chumbo e cádmio e mineralogia dos sedimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Problemas de assoreamento

Segundo Pimenta (1981), existe um grande número de barragens assoreadas em 25% a 75% de sua capacidade original, principalmente nos Estados Unidos e África do Norte. No Brasil podemos citar a barragem de Mascarenhas no rio Doce, planejada para regularizar 600 m³/s e gerar 120 MW, que só dispõe atualmente de 400 m³/s de vazão na maior parte do tempo, devido à produção de sedimentos da bacia que assoreou seu reservatório em pouco tempo. Outro grande problema ocorre na região de Belo Horizonte, no rio Manso, devido a atividades mineradoras na vertente sudeste da Serra Azul, atingindo o reservatório com tal intensidade que estudos feitos pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), indicam que o reservatório perde com o assoreamento um volume útil de 3.250.000 m³/ano e que tende a aumentar devido a atividades mineradoras (Figueiredo Ferraz, 1992).

Estudos realizados com ajuda de satélites pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela EMBRAPA, também indicam redução de vida útil do reservatório de Sobradinho no rio São Francisco, devido ao assoreamento acelerado, que já atingiu mais de 5% da capacidade de seu reservatório, em menos de vinte anos, o que era previsto para acontecer em 100 anos (Carvalho, 1994).

Segundo Carvalho e Lôu (1986), através de estudos e pesquisas realizados em inúmeros reservatórios, grande porcentagem do volume de sedimentos deposita-se na região deltaica, causando, em consequência, a diminuição do volume de água do reservatório e comprometendo a geração de

energia elétrica. Diante de tantos problemas ocasionados por sedimentos, alguns aspectos positivos na ocorrência do assoreamento dos reservatórios podem ocorrer como a diminuição da quantidade de material em suspensão contido nas águas que passam pelas turbinas, diminuindo assim a abrasão das pás e minorando a demanda de manutenção das mesmas. Em reservatórios com captação de água para abastecimento da população, a deposição do material sólido também reduz os efeitos prejudiciais nas estações de bombeamento, tendo reflexo na diminuição dos custos de tratamento.

Contudo, segundo Carvalho e Lôu (1986), havendo grande quantidade de material transportado para o reservatório, estas vantagens desaparecem, implicando em necessidades de operação e manutenção do reservatório para manter sua capacidade de armazenamento.

Grandes concentrações de sólidos em suspensão também podem afetar a fauna e a flora aquática, bem como dificultar qualquer aproveitamento das águas dos rios ou dos reservatórios (Silva 1993).

2.2 Ciclo hidrossedimentológico

Em seu movimento rumo à saída de uma bacia hidrográfica, a água flui sobre as rochas e os solos que formam as vertentes e as calhas da rede de drenagem. Os obstáculos que encontram determinam os caminhos que ela vai seguir e a velocidade com que se deslocará, e dissipam boa parte de energia de que está provida, propiciando que partículas sólidas sejam removidas e transportadas vertente ou rio abaixo, pelo fluxo líquido (Bordas e Semmelmann 1993). Os sólidos transportados pelos rios são devido, principalmente, à erosão laminar do solo que é a forma de erosão menos notada e, por isso, a mais perigosa. A produção de sedimentos representa a parcela da perda de solo da bacia que chega ao curso d'água ou ao reservatório por unidade de tempo. O

conhecimento da intensidade esperada de perda de solo para cada alternativa de cultivo e manejo, para uma área qualquer, pode ser obtido pela equação de perdas de solo. Como exemplo, para o estado de São Paulo, a perda de solo varia de 4,5 a 15 toneladas/ano por hectare (Bertoni 1990).

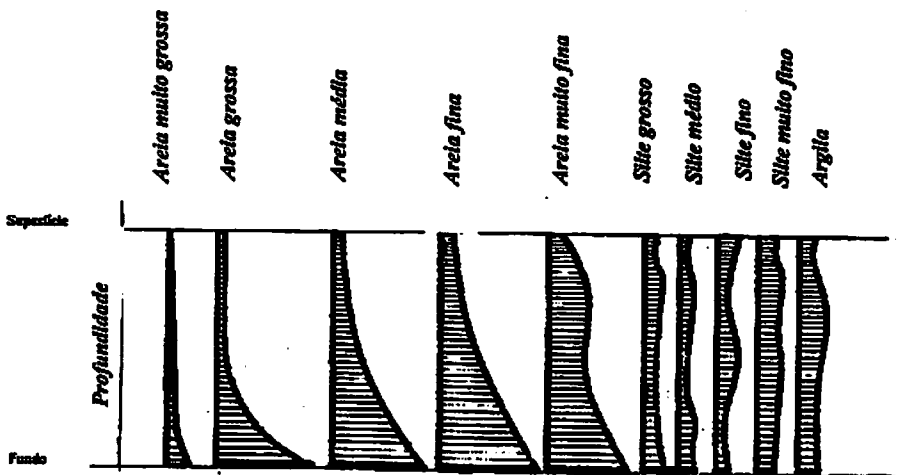
Segundo (Bassi, 1990), a perda estimada de sedimentos na bacia do Lajeado José (SC), ocorrida de abril de 1988 a outubro de 1989, para área de cultura anual, foi de 6 ton / ha / ano, nas quais as maiores perdas correspondem às maiores precipitações, sendo ainda maior nos períodos de pouca cobertura e mobilização do solo. Quando o rio apresenta material transportado proveniente da bacia hidrográfica, este material é caracterizado como deflúvio, e seu transporte se dá predominantemente em suspensão , chegando de 90 a 95 % do total de sedimentos (Umezama, 1979 , citado por Bassi, 1990).

O transporte de sólidos pelos cursos d'água ocorre de maneira complexa e sua eficiência está relacionada com a velocidade da corrente. A turbulência da corrente líquida proporciona componentes ascendentes e descendentes, atuando sobre as partículas sólidas mantendo-as em suspensão. As partículas cairão dependendo de seu peso específico e percorrerão depois de deslocadas de sua posição inicial, maior caminho quanto menor for o seu peso e maior a velocidade da corrente. Para um regime de escoamento turbulento a direção da corrente num dado ponto muda rapidamente e ao acaso, havendo ainda correntes que remoinham ou se transladam nas direções horizontais e verticais. As partículas de sedimentos ficando sob estes efeitos e mantidas em suspensão são transportadas de seu lugar de origem (Carvalho e Serebrenick, 1966).

2.3 Distribuição e concentração das partículas

A distribuição das partículas na massa líquida não é uniforme, devido à ação da gravidade e das correntes ascendentes e descendentes. As partículas

tendem a voltar ao leito, principalmente as areias. Para o silte e a argila, as concentrações serão relativamente constantes na vertical. Na massa líquida, as concentrações atingem valores altos, logo após pesadas chuvas, aumentando com as descargas, não guardando, porém, uma relação constante. A deposição de sedimentos em reservatórios assemelha-se a um delta, em razão da deposição do material de arraste na entrada do reservatório. Em geral estas partículas vão se depositando na entrada do reservatório em camadas que vão gradativamente avançando para jusante do reservatório. A Figura 1 representa os modelos de distribuição de sedimentos nos cursos d'água e no reservatório (Carvalho 1994).



Fonte: Carvalho -1966

FIGURA 1. Distribuição de sedimentos em uma seção vertical de um curso d'água

2.4 Determinação do assoreamento em reservatórios e rios

Dentre os métodos de estimativas diretas de assoreamento, podemos citar os levantamentos eco-batimétrico e sedimentométrico. O ecobatimétrico consiste

superfície, o ecobatímetro pode desenhar o perfil do leito do reservatório e comparar com dados de medições anteriores e assim determinar a camada de sedimentos depositada. O método sedimentométrico consiste na medição de descarga sólida junto ao fundo (arraste e saltação) e em suspensão em seções de controle do rio (postos sedimentométricos) adequadamente instalados a montante do limite de remanso. Após varias medições obtém-se uma correlação que permite calcular a descarga sólida média anual (Carvalho, 1994).

Existem outros métodos para estimativas indiretas do transporte de sedimentos, com o uso de modelos matemáticos que se baseiam nas características hidráulicas de escoamento e parâmetros sedimentométricos. Esses métodos são aplicados em caráter complementar e consistem basicamente na aplicação de fórmulas empíricas desenvolvidas em regiões semelhantes a da bacia em estudo (Carvalho, 1994 e Serebrenick, 1966).

Devido às imprecisões decorrentes do uso de fórmulas empíricas para a estimativa da produção dos sedimentos da bacia , o procedimento mais confiável para se conhecer a descarga sólida torna-se a medição direta, apesar das deficiências e seu alto custo. (Bordas e Semmelmann, 1993).

2.5 Estabelecimento de um posto sedimentométrico

Segundo Serebrenick e Carvalho (1966), o planejamento de uma rede sedimentométrica depende dos fins a que se destina. Para um estudo localizado teremos uma única estação que deve ser associada a um posto sedimentométrico. A escolha e localização de uma estação sedimentométrica deve ser tal que a seção de medição de descarga sólida deva ser a mesma usada para descarga líquida. Existem equipamentos destinados à coleta de amostras de água para analisar o material em suspensão, denominados amostradores instantâneos, amostradores

por integração, bombeamento, garrafa, fotoelétrico, nuclear, ultrasônico, eletrônicos e outros. Em águas pluviais, que escoam com maiores velocidades ($> 0,1 \text{ m/s}$) é necessário utilizar dispositivos que assegurem que a velocidade de escoamento do rio e do ingresso de amostra no coletor se assemelhem. Diferenças entre as duas velocidades podem provocar separação das duas fases do escoamento, para isso são usadas sondas, chamadas de integradores verticais, que captam amostras da concentração da mistura água e sedimento. Um exemplo desse amostrador é o USD49, fornecido com bocais calibrados de 1/4, 3/16, e 1/8 de polegada (Bordas e Selmmelmann, 1993).

Coimbra (1991) recomenda, para amostragem pontual, a garrafa de Meyer que é mais simples de ser construída, podendo este amostrador ser construído a partir de garrafas de plásticos ou vidro, de um ou dois litros de capacidade volumétrica, contento na sua base um lastro de chumbo para que possam ser mergulhadas até a profundidade desejada e na boca da garrafa utiliza-se uma rolha amarrada em um cordão para que seja aberto através de um puxão quando estiver na profundidade da coleta.

Segundo Carvalho (1994), cursos d'água pequenos exigiriam medições com frequência de cada hora, enquanto que outros mais volumosos deveriam ter medições diárias. Considerando que a chuva provoca erosão e em consequência muito transporte de sedimentos nos cursos d'água, um maior número de medições deve ser feito na estação chuvosa. No período de estiagem, quando o rio transporta o sedimento da própria calha, geralmente em pequenas quantidades, as medições e amostragem podem ser feitas ocasionalmente.

2.6 Determinação da vazão

Para determinação da vazão existem vários processos a serem empregados, os quais são usados de acordo com as necessidades. Ela pode ser

medida diretamente para pequenas vazões, pela medida do nível ou carga sobre vertedores, calhas e em estações hidrométricas, por processos químicos, e também medindo-se as velocidade e as áreas na seção, sendo que para este procedimento aplica-se o processo de medir a velocidade média na vertical e dependendo da profundidade, adota-se a quantidade de pontos que forem necessárias, sendo que quanto mais pontos mais precisa se torna a medição. Para profundidade variando de 3,0 à 6,0 metros pode se adotar três pontos de medição, sendo um a 20%, 60% e 80% da profundidade na vertical, e a velocidade média é dada por: $V_m = \left(\frac{V_{0,2} + 2V_{0,6} + V_{0,8}}{4} \right)$ (Silva, 1990).

Para estabelecer o número de subseções dentro de uma seção de medição de vazão deve-se seguir ou aplicar uma fórmula prática que é a seguinte: Número de subseções é igual a $4 \times L^{0,3} + 1$ sendo L = largura do curso d'água, em que estas seções não devam ultrapassar 25 metros para rios de grande porte, ou adotar outro procedimento em que os intervalos entre verticais para tomada de velocidade não devam ultrapassar a 5% da largura do rio na seção de medição e a vazão do segmento formado por duas verticais adjacentes não devam exceder a 10 % da vazão total. (Gregory & Walling, 1973), citado por (Bassi, 1990).

2.7 Processo de amostragem do material em suspensão

Segundo Serebrenick e Carvalho (1966), podemos adotar vários processos de amostragem na coleta do material em suspensão como:

- Integração para verticais contínuas: o amostrador percorrerá a vertical a uma velocidade constante, desde a superfície até o fundo e retornará a mesma velocidade.

- Integração para vertical a igual velocidade: usando sempre a mesma velocidade qualquer que seja a vertical escolhida.

- Integração para verticais por pontos: as amostras são pontuais; o instrumento colocado no ponto de amostragem coleta a amostra por intermédio da abertura de uma válvula de comando elétrico ou ar comprimido.

Por razões práticas e econômicas não deverão ser coletadas em grande número.

Segundo Coimbra (1991), a técnica de amostragem que mais se aproximaria à concentração, medida instantaneamente da concentração real de uma referida característica da água, seria aquela que tomasse um maior número de amostras pontuais na seção. Esta prática inviabiliza, entretanto, qualquer programa de monitoramento pelo excessivo consumo de tempo e recursos, o que leva a utilização de técnicas de amostragem simplificadas, mas que assegurem resultados os mais significativos possíveis da seção de coleta.

2.8 Processos de determinação quantitativa e qualitativa dos sedimentos

Quanto ao tamanho, os sólidos podem ser classificados em sedimentáveis, em suspensão, colóides e dissolvidos. Os sólidos suspensos sedimentáveis são determinados comumente através de um cone de vidro com graduação em mililitros, denominado cone de "Imhoff", que apresenta as seguintes dimensões: 0,40 m de altura e um litro de capacidade volumétrica, graduados em cm^3 , onde se coloca a amostra de água fazendo com que ela fique em repouso por uma hora, sendo que 15 minutos antes da leitura imprime-se um movimento rotativo ao líquido por meio de um bastão, a fim de que os sólidos aderentes na parede do cone soltem-se e se sedimentem (Imhoff, 1966).

Para determinação de sólidos emprega-se a metodologia contida no *Standart Methods for The Examination of Water and Wastwater*, 17th edition 1989.

Sólidos totais - a amostra é colocada em cadinhos de porcelana com volume de 50 ml, pesado sem e com a amostra e levado à estufa a 110 °C por 24 horas de onde é retirado e pesado novamente. Por diferença de peso antes de colocada a água e depois que se secou a água da amostra, determina-se a quantidade de sólidos totais.

Sólidos fixos - a amostra é levada à mufla a uma temperatura de 600°C por 30 minutos, onde se consegue que a matéria orgânica se volatilize.

Sólidos voláteis - pela diferença dos sólidos totais menos sólidos fixos obtêm-se os sólidos voláteis.

Sólidos suspensos - é o resultado da divisão da massa retida no filtro de fibra de vidro pelo volume da amostra filtrada.

Sólidos dissolvidos - por diferença entre os sólidos totais e sólidos suspensos obtêm-se os sólidos dissolvidos.

O excesso de sólidos dissolvidos nas águas pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão. Para águas de abastecimento e ou irrigação , permite-se um valor máximo de 500 mg / l de sólidos dissolvidos totais (Resolução CONAMA n° 20, de 18 / 6 / 86).

O Espectrômetro de raio x é um aparelho utilizado em análise elementar que avalia a presença e concentração de vários elementos por meio de radiação secundária de uma amostra que tenha sido excitada pela fonte de raio x. Este método pode ser usado para determinação mineralógica de sedimentos. O método é rápido e não destrói as amostras e, com instrumentos automáticos, é susceptível de operação de rotina (Jones, 1991).

A granulometria é um dos principais fatores no controle da capacidade de retenção de elementos- traço em sedimentos de fundo ou em suspensão.(Filipek & Owen, 1979, Horowitz & Elrick 1987). Sendo assim, sedimentos com pequena

granulometria como silte e argila, com grande área de superfície de contato , são os principais sítios para o transporte de constituintes inorgânicos (Krauskopf, 1956; Gibbs, 1973), citado por (Lara, 1996).

2.9 Características físico-química e biológica da água

Alguns componentes presentes na água podem ser descritos com relação as suas características físico-química e biológicas e são parâmetros de qualidade de água (Branco e Rocha, 1977). Na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais o sedimento é a fração que apresenta maior concentração de nutrientes (Esteves, 1988). As características químicas da água também podem ser analisadas tanto como matéria orgânica ou inorgânica, enquanto características biológicas podem ser analisadas pela presença de organismos vivos ou mortos (Sperling 1994, citado por Souza ,1996).

2.9.1 Condutividade elétrica da água (C.E.)

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade desta em conduzir a corrente elétrica. Considerando que é função da concentração de íons presentes na solução, em soluções com maiores concentrações de íons, maior é a condutividade elétrica. Em águas muito puras ocorre o fenômeno inverso; maior será a resistência à passagem da corrente elétrica e, portanto, menor será a condutividade (Esteves,1988). A atividade iônica de uma solução é fortemente dependente de sua temperatura e adota-se, portanto, como padrão, a temperatura de 25°C para realização de leituras de condutividade elétrica. Fatores como temperatura e pH podem ter grande influência sobre a C.E. principalmente em águas pobres em sais solúveis e de baixos valores de pH (< 5), em que o íon H⁺ torna-se o principal responsável pelos valores de condutividade elétrica.

Diversos fatores podem influenciar a composição iônica dos corpos d'água, como a geologia da área de drenagem, o regime de chuvas, atividades antrópicas na bacia hidrográfica. Ions como Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , CO_3^{--} , SO_4^{--} e Cl^- são diretamente responsáveis pelos valores de C.E. (Esteves, 1998). A condutividade elétrica da água constitui uma das variáveis mais importantes em limnologia podendo fornecer informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático ou fenômenos importantes que ocorram na sua bacia de drenagem.

Dentre estas informações destacam-se:

- magnitude da concentração iônica;
- fontes poluidoras no ecossistema aquático;
- diferenças geoquímicas e outras.

2.9.2 pH (potencial hidrogeniônico)

Dentre os parâmetros de qualidade da água, o pH é um dos mais importantes para o estudo de produtividade biológica, condicionando processos físico-químicos do corpo d'água que podem ser limitantes aos processos fisiológicos ali estabelecidos (Barbosa 1981, citado por Souza, 1996). A maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 6 e 8, embora possam ser encontrados ambientes mais ácidos ou alcalinos. Esses ecossistemas apresentam comunidades vegetais e animais também característicos. Em água pura existe uma quantidade, embora pequena, de íons H^+ e OH^- em equilíbrio com as moléculas de água. Esses íons são formados pela dissociação da água H_2O em H^+ + OH^- . A água pura contém concentração idêntica de íons H^+ e OH^- e quando isso ocorre numa solução ela é dita neutra. Uma solução que contenha concentração maior de íons H^+ é dita ácida e quando ocorre o contrário é dita básica. No meio natural, como é de se esperar, não ocorre número igual de H^+ e OH^- , mas suas concentrações são fortemente influenciadas por sais ácidos e bases

presentes no meio. Na maioria das águas naturais, o pH da água é influenciado pela concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico ($H_2CO_3 \rightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$), que gera valores baixos de pH, e das reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula de água ($HCO_3^- + H_2O \rightarrow H_2CO_3 + OH^-$) que elevam o valor do pH para a faixa alcalina (Esteves, 1988).

Águas de baixa salinidade (C.E. < 0,2 dS/m) têm algumas vezes valores de pH anormais. Este fato indica uma possibilidade de desequilíbrio de íons e a necessidade de realizar análise química completa para estabelecer sua causa, pois embora possam causar poucos problemas ao solo ou às plantas, podem corroer rapidamente componentes metálicos como tubulações, aspersores, medidores etc. (Ayers e Westcot, 1991).

2.9.3 Elementos traço

Alguns elementos químicos ocorrem na natureza em pequenas concentrações, da ordem de partes por milhões (ppm) a partes por bilhão (ppb) e são designados elementos traço. Alguns desses elementos são constituídos por metais pesados, micronutrientes etc. Alguns elementos traço como Mg, Fe, Zn, Cu, Co, Mo e B, que são essenciais aos seres vivos, ainda que em pequenas concentrações, têm importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, uma vez que participam de um grande número de processos fisiológicos como fotossíntese, cadeia respiratória e fixação de nitrogênio. Outros elementos traços como Hg, Pb, Cd, Cr, Ni, e Sn não têm função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos. As principais fontes de elementos para o meio ambiente aquático continental são o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nestes materiais. Outras fontes de elementos traço têm assumido grande importância como atividades industriais, mineração, efluentes domésticos e águas superficiais provenientes de áreas cultivadas com

adubos químicos e principalmente defensivos agrícolas contendo variados elementos traço como o Cd, Hg, Pb, Cu, etc. (Esteves, 1998).

Segundo (Forstner, 1992), citado por (Lara , 1996), os sedimentos são importantes carregadores de metais pesados e de elementos traço no ciclo hidrológico. A concentração de elementos traço em sedimentos tanto em material de fundo quanto em suspensão são maiores do que na coluna d'água.(Horowitz, 1991).

2.9.3.1 Chumbo (Pb)

A importância da contribuição antrópica para a atmosfera tem se tornado cada vez mais significativa e, nas regiões industrializadas, pode ser muitas vezes superior as concentrações naturais. Para alguns elementos como Pb, a contribuição atmosférica é significativa e é possível determinar seu efeito sobre vários ambientes lacustres ou aquáticos. Para água de irrigação recomenda-se concentração máxima de 5 mg/l ou ppm, sendo que altas concentrações podem inibir o crescimento celular das plantas (Ayers e Westcot, 1991).

Para águas destinadas a animais os problemas podem começar com 0,05 mg/l ou ppm devido ao fator cumulativo do elemento. (National Academy of Science, citado por Ayers e Westcot, 1991).

2.9.3.2 Cádmio (Cd)

Como outros metais pesados, não tem função biológica definida. A toxidez dos metais pesados se dá principalmente na sua capacidade de interferir nos processos enzimáticos e na sua baixa mobilidade nos organismos onde se acumulam, causando modificações no metabolismo, podendo até causar morte dos organismos contaminados (Esteves, 1988). Segundo (Benetti e Bidone, 1993)

citado por Lara, 1996), pode determinar a hipertensão arterial, anemia, retardamento de crescimento e morte.

Para algumas culturas como feijão, beterraba e nabo, concentrações tão baixas como 1 mg/l ou ppm de cádmio, podem ser tóxicas. Em soluções nutritivas é perigoso para uso humano, devido seu potencial acumulativo (Ayers e Westcot, 1991). Uma concentração média de 1,0 $\mu\text{g/l}$ de cádmio foi observada por Duram e outros (1971), em sua verificação de metais contidos em águas naturais dos Estados Unidos. De 726 amostras, 4% continham mais de 10 $\mu\text{g/l}$ que é o limite dado para o suprimento de águas para uso público regulamentado nos Estados Unidos (Hem, 1986).

Porto (1991), citado por Souza (1996), diz que o cádmio em concentrações de 0,36 mg/l causa problemas de reprodução em crustáceos (*Daphnia*) e peixes.

2.9.4 Mineralogia e textura dos sedimentos

As partículas do tamanho da areia e silte sob ação do intemperismo, transformam-se em argila que é mais resistente e menos rica do que o material a que deu origem. A fração areia compreende a faixa de 2-0,2 mm, a de silte 0,05-0,002mm e a de argila menor que 0,002mm. Os minerais resistentes permanecem na forma de areia, e a fração silte fica então sob o ponto de máxima instabilidade, isto é, somente solos mais novos é que apresentam alto teor de silte, que é mínimo nos latossolos. A fração silte serve então como indicadora do grande intemperismo ocorrido no solo ou do potencial dele conter minerais mais facilmente intemperizáveis. Para análises de solos, a relação silte / argila tem sido proposta como indicador do grau de intemperismo desses: por exemplo, abaixo de 0,15 o solo é muito intemperizado. A relação de silte / argila de 0,7, quando a textura for média (menos de 35% de argila, mais de 15% de areia) e de 0,6 quando for

argilosa(35-60% de argila) ou muito argilosa (>60% de argila) , ajuda a separar cambissolos (solos jovens) de latossolos(solo mais velhos) quando as características morfológicas desses solos forem semelhantes (EMBRAPA, 1988), citado por (Mauro Resende et al.1995).

A mineralogia do material em suspensão em águas de rios, é um parâmetro que deve ser avaliado com o intuito de fornecer subsídios para uma melhor caracterização do tipo de solo da bacia hidrográfica e uma avaliação superficial sobre conservação desses solos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas no período de 08 de fevereiro de 1997 a 30 de Janeiro de 1998, 50 campanhas de medições fluviossedimentométricas nos rios Capivari, Grande e rio das Mortes, para determinação dos seguintes parâmetros (vazão líquida, vazão sólida como: sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos), pH, condutividade elétrica e concentração de elementos-traço contidos no material em suspensão como Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb), mineralogia e textura de sedimentos em suspensão.

3.1 Localização da área em estudo

O local escolhido foi a região de Ijaci-MG, localizada na latitude 21°11' sul, longitude 44°53' oeste, onde ocorre a afluição de dois tributários, rio Capivari e rio das Mortes no rio Grande (figura 3), que futuramente formarão o reservatório da Hidrelétrica do Funil que será construída a jusante do local de estudo. Os cursos d'água são de classificação, segundo Strater, de 1º ordem dentro de suas respectivas bacias hidrográficas, sendo eles os rios Grande, rio Capivari e rio das Mortes.

3.2 Levantamento das áreas das bacias hidrográficas

A Figura 2 apresenta o mapa das bacias hidrográficas com suas respectivas redes de drenagem. A mesma figura mostra ainda a área de contribuição das bacias hidrográficas as quais pertencem os rios em estudo. Através de planimetragem de carta topográfica na escala de 1:1.000.000, determinaram-se as áreas onde se obteve, para a bacia do rio Grande, uma área

3.3 Levantamento das seções dos cursos d'água

Foi determinado através de processo direto onde, com apoio de um barco movido a motor de popa, pôde-se fazer a batimetria das seções dos rios, utilizando-se de dispositivos como; haste graduada para medir profundidade, linha de nylon graduada de 3 em 3 metros, estendida de margem a margem e apoio de terra com nível de engenheiro. Nas figuras 4,5,e 6 são apresentados os perfis transversais dos rios.

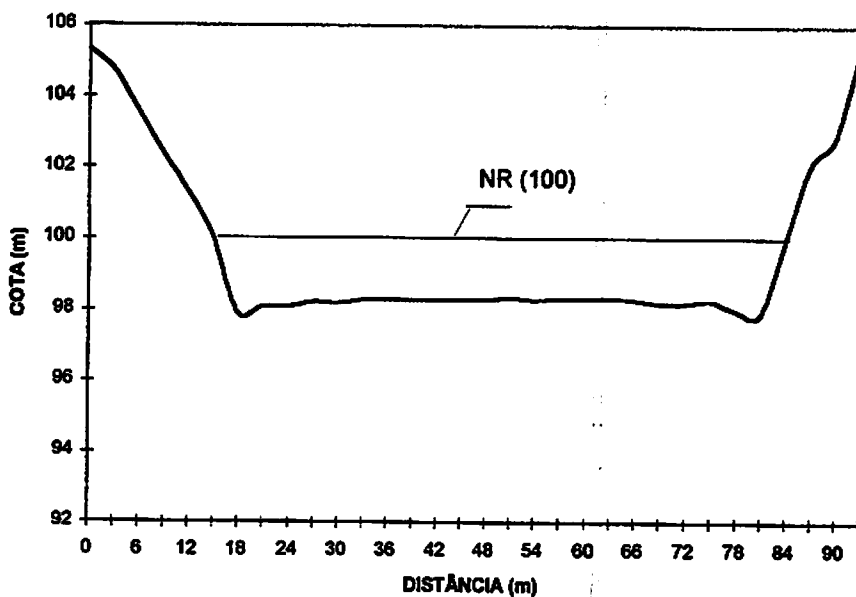


FIGURA 4. Seção transversal do rio Grande no local de estudo.(1996)

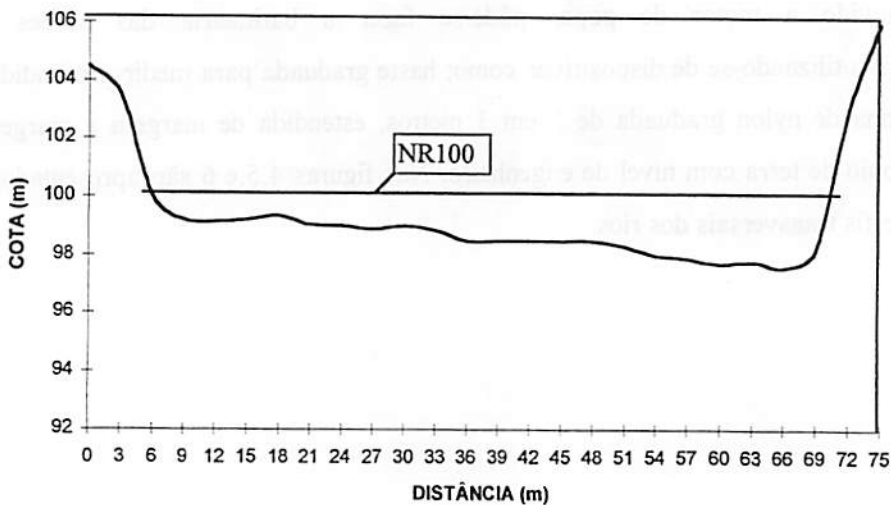


FIGURA 5. Seção transversal do rio das Mortes no local de estudo(1996)

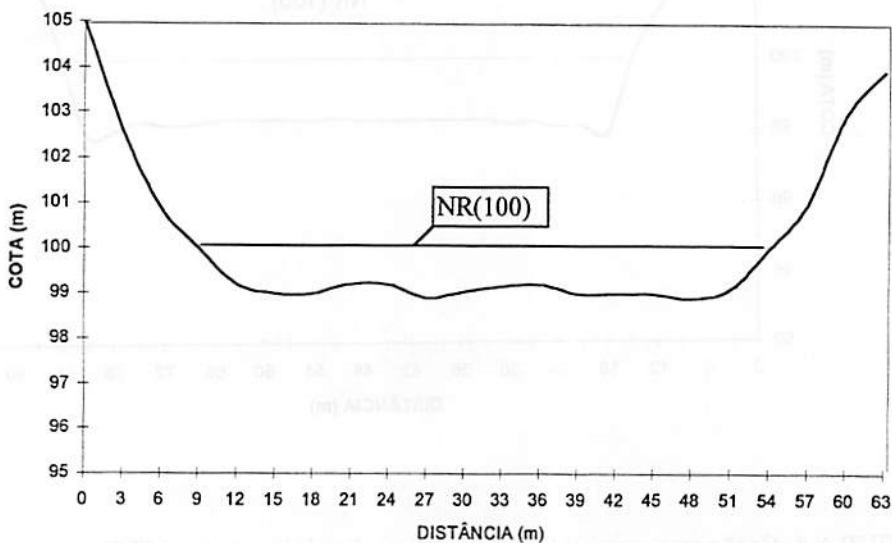


FIGURA 6. Seção transversal do rio Capivari no local de estudo(1996)

3.4 Determinação de vazão

Para medição de vazão utilizou-se o método em que se mediu a profundidade para cada seção estabelecida, e ,através de um molinete eletrônico da marca Valeport, modelo 12B, mediu-se a velocidade em três profundidades, 20%, 60% e 80% da profundidade do local. Aplicou-se a fórmula para determinar a velocidade média para cada sub-seção estabelecida que foi a seguinte:

$v_m = \left(\frac{v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}}{4} \right)$. Com os dados de profundidade pôde-se conhecer

as áreas para cada sub-seção estabelecida, e pela equação da continuidade $Q = AxV$ (área x velocidade), pôde-se determinar a vazão para cada uma delas, e somando as vazões parciais obteve-se a vazão total do rio.

O rio Grande com 72 metros de largura foi dividido em 6 sub-seções de 12 em 12 metros, o rio das Mortes com 68 metros, também foi dividido em seis sub-seções de 12 em 12 metros, e o rio Capivari com 48 metros, em 4 sub-seções de 12 em 12 metros.

Para o estudo das vazões, as seções ficaram acima dos limites estabelecidos pela fórmula $(4x L^{0,3} + 1)$ citada no referencial teórico, que deu um número de sub-seções de 15,42 para o rio Grande sendo o intervalo entre seções de 5.05 metros. Para o rio das Mortes um número de 15,18 seções com um intervalo de 4,47 metros e para o rio Capivari um número de 13,48 metros com um intervalo de 3,48 metros entre elas. Devido ao fato de se fazer medidas em três rios no mesmo dia, tornando o trabalho muito desgastante e oneroso, optou-se por aumentar os intervalos entre as seções, sendo que, para adotar tal procedimento fez-se uma medida detalhada de vazão, usando um intervalo de 3 em 3 metros entre elas, para os rios Grande e Capivari e para o das Mortes, de 6 em 6 metros,

Verificou-se que não houve uma diferença significativa na vazão final, sendo que a maior diferença de vazão medida de 3 em 3 metros com a medida de 12 em 12

metros, chegou a 1.1% para o rio Grande e de 5,5% com espaçamento de 6 x 6 metros para o rio das Mortes. A tabela 1A mostra os resultados de um levantamento detalhado para adotar tal procedimento de medidas de vazões.

3.5 Amostragem do material em suspensão

As amostras de água foram coletadas em amostradores tipo garrafa de Meyer, utilizadas a partir de garrafas plásticas de refrigerante, com capacidade de 2 litros, onde se colocou lastro de chumbo na base da garrafa e um cordão preso ao bico que continha uma rolha que o fechava.

A amostragem foi do tipo integrada, a igual velocidade para cada vertical de medição de velocidade da corrente líquida, nas subseções de medição e depois colocada em uma só amostra de dois litros e levada aos laboratórios para as análises.

3.6 Determinação das características da água

3.6.1 Determinação dos sólidos sedimentáveis

As amostras coletadas foram analisadas no laboratório de hidráulica da UFLA, com emprego de cones de Imhoff, conforme descrito no item 2.9.

3.6.2 Determinação de sólidos totais, fixos, voláteis, suspensos e dissolvidos.

Para determinação de sólidos utilizou-se a metodologia contida no *Standart Methods for The Examination of Water and Wastwater, 17th edition* 1989. Colocou-se em cadinhos de porcelana um volume de 50 ml de amostra de água que foi previamente homogeneizada e levada para secar em estufa a 110° C, durante 24 horas. Pela diferença antes e depois de seco, obteve-se a quantidade de sólidos totais expressa em mg / l.

Para determinação dos sólidos fixos a amostra foi colocada em mufla a uma temperatura de 600°C durante 30 minutos e depois pesava-se novamente obtendo-se assim os sólidos fixos.

Para determinar os sólidos voláteis, obteve-se pela diferença de sólidos totais menos os sólidos fixos.

Para determinar os sólidos suspensos utilizaram-se filtros de fibra de vidro de 12,5 cm de diâmetro e membrana filtrante de 1,2 μm , modelo GF 52/C. Os filtros foram pesados em uma balança de precisão e, em seguida, foram passadas amostras de água através dos mesmos, levando-os para estufa a 110 °C por 24 horas, quando pesaram novamente os filtros e, por diferença, determinou-se a massa de sedimentos.

Para determinação dos sólidos dissolvidos calculou-se a diferença entre sólidos totais e sólidos suspensos. Todas as amostras foram analisadas no Laboratório do Departamento de Engenharia da UFLA.

3.6.3 Determinação do pH, CE

O pH foi determinado através de um pHmêtro, de medição direta, onde através de eletrodos inseridos nas amostras, pôde-se fazer a leitura em um visor digital com resolução de um centésimo.

A condutividade elétrica foi feita em condutivímetro e o resultado ajustado automaticamente para temperatura de 25°C.

3.6.4 Determinação do cádmio e do chumbo

As amostras foram colocadas em vidros de 100 ml e levadas ao Laboratório de Solos da UFLA, onde, por meio de um espectrômetro de absorção atômica, pôde-se determinar a concentração.

3.6.5 Determinação da Textura e Mineralogia

Durante o período de estudo coletaram-se amostras do material em suspensão nos três rios, e com o emprego de reservatórios de 50 litros de capacidade volumétrica, obteve-se a decantação do material em suspensão por um período de uma semana. As amostras ficavam em repouso, sendo renovadas a cada semana, de fevereiro a maio de 1997. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos da UFLA, onde através do método de Boyoucos e do método do espectrômetro de raio x, determinou-se respectivamente a textura e a mineralogia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das vazões dos rios Capivari e rio das Mortes foram transformados em vazões específicas e comparados com os dados de vazão específica para as bacias hidrográficas em estudo, elaborados por (Souza,1993), e estão apresentados nas Figuras 7 e 14. Os resultados se mantiveram próximos às médias de vazões específicas para o período de 1939-1989, dando maior confiabilidade ao processo adotado para determinação de vazão. Para o rio Grande não foi apresentado devido ao fato da existência da represa de Itutinga e Camargos a montante do local estudado, que provoca uma alteração do deflúvio normal do rio, impossibilitando uma análise mais precisa.

4.1 Resultados para o rio Capivari

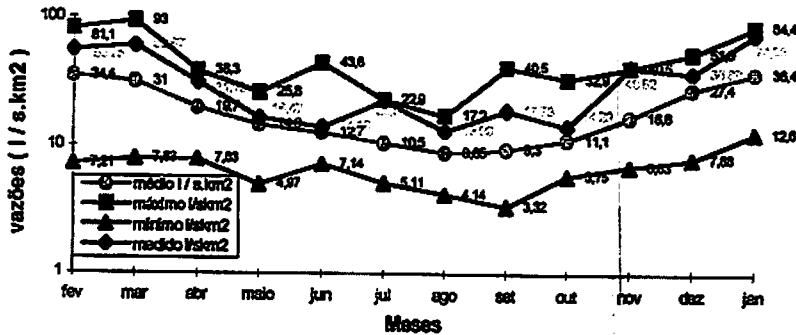


FIGURA 7- Vazões específicas do rio Capivari no período de (1939-1989) e medido(1997)

Os dados apresentados na Tabela 1A representam as variáveis medidas e foram utilizadas para elaboração dos gráficos apresentados nas Figuras 9,10 e 11.

Como observamos na Tabela 1, a maior descarga de sedimentos transportados em suspensão se deu entre dezembro e abril, correspondente ao período das águas na região sudeste.

No período compreendido entre maio e outubro, o rio transporta praticamente só o material da própria calha, a não ser que ocorra alguma chuva, como provavelmente ocorreu durante os meses de maio e junho (Figura 9). Conforme Tabela 1, o volume anual de sedimentos que contribui para o assoreamento, ou seja, que será depositado no fundo do rio ou reservatório é da ordem de 1,5 milhão de m^3 / ano. Se considerar que o reservatório da Usina do Funil terá uma área ou espelho d'água de aproximadamente de 40 km^2 , teria um volume de sedimentos tal que seria possível formar uma lâmina de 0,0362 m ou 3,6 cm de espessura no fundo do lago, como contribuição apenas do rio Capivari.

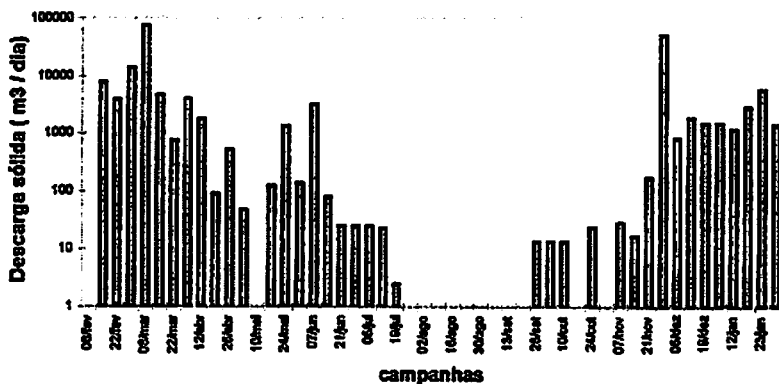


FIGURA 8. Descarga de sólidos suspensos sedimentáveis no rio Capivari

Com base na Tabela 1, verifica-se a grande quantidade de sedimentos que é perdida anualmente pela bacia anualmente devido ao processo de erosão causada pela chuva.

TABELA 1 Descarga média diária mensal de sólidos sedimentáveis, totais, fixos, voláteis, suspensos e dissolvidos do rio Capivari

Meses	SS m ³	ST (ton / dia)	SF (ton / dia)	SV (ton / dia)	SSU (ton / dia)	SD (ton / dia)
fev	4.919,62	1302.74	-	-	78.31	1224.43
mar	23.407,78	10521.69	8863.99	1657.70	8910.9	1611.6
abr	1.604.8	928.94	678.63	282.24	304.28	624.66
maio	331.54	597.86	285.48	365.17	352.67	245.19
jun	831,00	682.15	379.85	390.68	384.79	297.36
jul	12,57	414.21	327.15	87.06	15.03	399.18
ago	0,00	332.47	222.36	110.11	50.48	281.99
set	3,32	1547.37	365.71	1159.13	90.36	1507.01
out	13,62	225.74	166.80	58.95	96.92	128.82
nov	12,91	4272.69	3430.09	842.74	3753.08	519.61
dez	1.450,15	1385.38	1011.21	373.97	917.95	467.43
jan	2847,96	1787.23	1147.35	639.75	1248.62	538.61
TOTAL(1.449.970 m ³ /ano	719.955,5 ton/ano	506.359,5 ton/ano	179.025,0 ton/ano	484.605,0 ton/ano	235.376,7 ton/ano

Para efeito de comparação, a carga de sólidos totais representa aproximadamente 72 mil caminhões de sólidos por ano se considerarmos uma capacidade de 10 toneladas por caminhão. A maior parte desses sedimentos é devido ao processo de erosão, principalmente laminar, que ocorre na bacia hidrográfica durante a ocorrência de precipitação. Considerando que a bacia possui uma área de contribuição de 2.206 km² ou 220.600 ha e, dividindo a contribuição de sólidos totais ao ano pela área da bacia, teremos um valor de 3,26 ton/ha/ano, que é um valor abaixo das estimativas de perda de solo apresentadas para o Estado de São Paulo que fica entre 4,5 e 15 ton/ha/ano segundo (Bertoni, 1990.)

Na Figura 9, verifica-se a variação temporal da quantidade de sedimentos transportados pelo rio. O que mais se caracteriza no estudo é que nas cheias os

sólidos suspensos se apresentam em maior quantidade, sendo que na estiagem, sua ocorrência diminui. É possível observar que os valores de concentração correlacionam com os valores de vazão plotados na Figura 7.

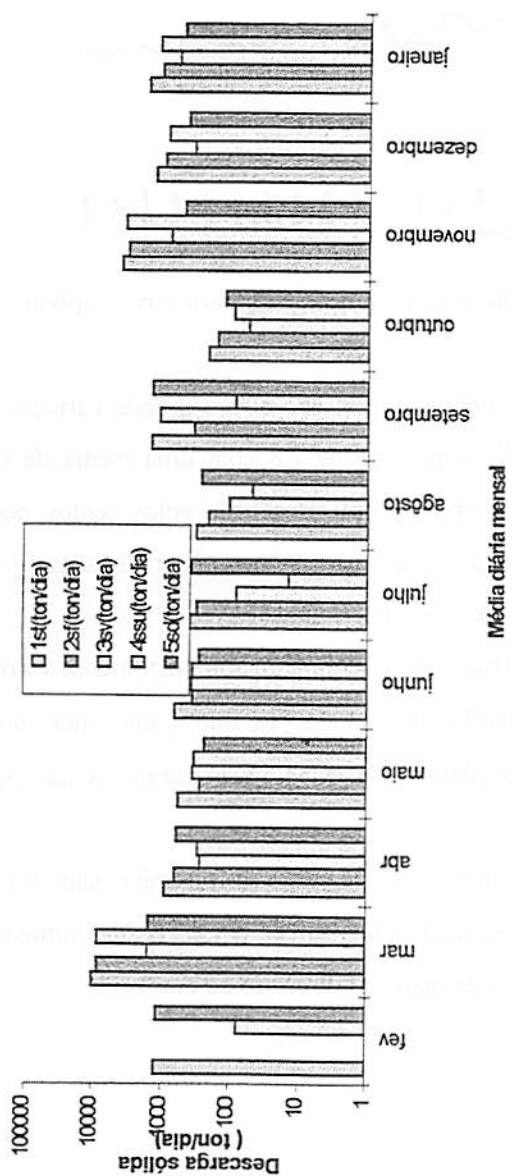


FIGURA 9 Descarga média mensal de sólidos para o rio Capivari

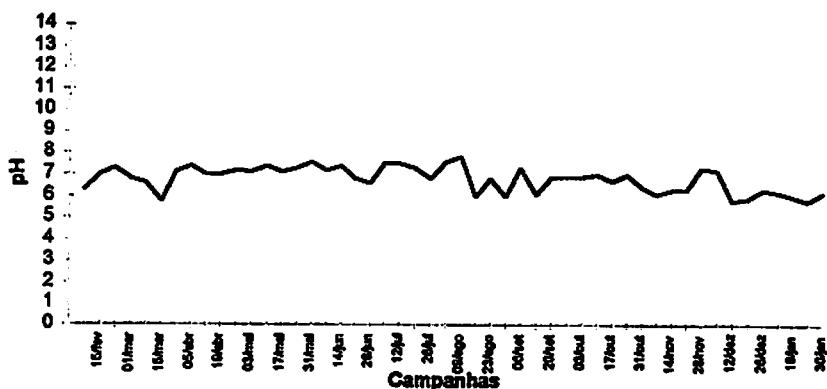


FIGURA 10. Variação do pH durante o período de estudo para o rio Capivari

Observando a Figura 10, concluiu-se que não houve grande variação do pH, sendo que o mínimo foi de 5,8, o máximo de 7,8 com uma média de 6,8. Embora a decomposição de matéria orgânica ou erosão de solos ácidos possa baixar os valores de pH. A ocorrência de valores mínimos observados na figura 14, parece advir de variações ocorridas nas determinações.

Quanto à condutividade elétrica, esta sempre se comportou com valores baixos, atingindo um máximo de 0.057 dS/m à 25 °C, que é um valor muito baixo e não causa dano nenhum às plantas, se estas águas forem usadas para irrigação.

Os elementos-traço analisados como cádmio e chumbo não foram detectados em nenhuma das amostras analisadas, talvez em razão das amostras serem de material em suspensão e não de material de fundo do rio.

4.2 Resultados para o rio Grande

Os dados apresentados na Tabela 3A representam as variáveis medidas e foram utilizadas para elaboração dos gráficos apresentados nas Figuras 11, 12, e 13.

Como se pode observar na Figura 11, a descarga de sólidos suspensos sedimentáveis transportados se dá entre março e dezembro, que para a região sudeste caracteriza o período das águas, sendo que na estiagem pouco ou quase nenhum sólido em suspensão que é sedimentável é transportado.

No caso do rio Grande a descarga de sedimentos é bem menor que nos outros rios estudados pelo fato de existir a montante do local de estudo a hidrelétrica de Itutinga e, também, a de Camargos, que retém a maior parte dos sedimentos produzidos pela bacia em estudo do rio Grande.

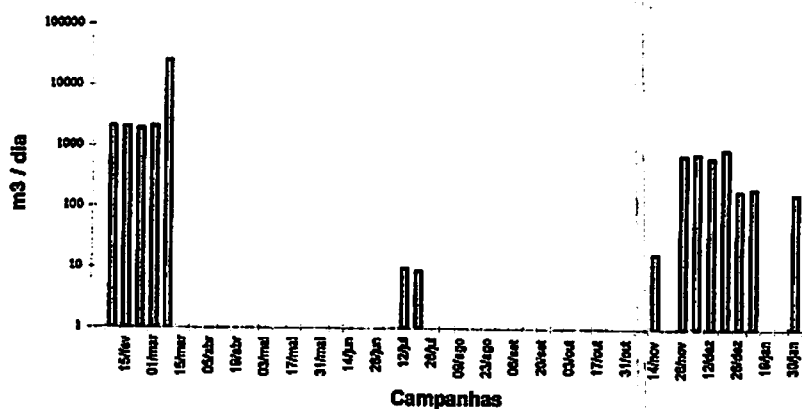


FIGURA 11. Descarga de sólidos suspensos sedimentáveis no rio Grande.

O volume anual de sedimentos que contribui para o assoreamento é da ordem de 290.mil m³/ano. Considerando que o reservatório da usina hidrelétrica

do funil, que será construída a partir de 1998, formará um reservatório, cuja área de ocupação atingirá aproximadamente 40 km², terá uma lâmina anual depositada em torno de 0.72 cm de espessura como contribuição apenas do rio Grande. Pela Tabela 2, podemos observar a quantidade de sedimentos que é perdida pela bacia anualmente.

TABELA 2. Descarga média diária mensal de sólidos sedimentáveis, totais, fixos, voláteis, suspensos e dissolvidos.

	SS (m ³ /)	ST (ton /dia)	SF (ton / dia)	SV (ton / dia)	SSU (ton / dia)	SD (ton / dia)
fev	1960.96	1149.60	-	-	374.09	775.51
mar	6799,9	3843.02	2311.74	1531.28	2068.52	1774.50
abr	0,00	2025.29	1667.19	358.10	461.61	1563.60
maio	0,00	746.45	728.85	17.60	-	-
jun	0,00	490.10	435.27	54.83	447.67	42.43
jul	4,55	664.9	617.96	46.94	34.79	630.11
ago	0,00	809.35	731.96	77.39	197.14	612.21
set	0,00	425.28	199.51	225.77	254.40	170.88
out	0,00	526.44	315.99	210.45	63.56	462.88
nov	187,8	1225.28	583.74	641.54	323.23	902.05
dez	630,9	2582.40	1333.67	1248.73	401.01	2181.39
jan	91,15	2331.93	1739.23	592.70	694.93	1637.00
TOTAL (ton/ano)	290.258,0 m ³ / ano	504.623,9 (ton/ano)	324.307,3 (ton/ano)	150.159,9 (ton/ano)	193.857,9 (ton/ano)	322.579,2 (ton/ano)

Para efeito de comparação, a carga de sólidos totais, se transformada em caminhões de terra de 10 toneladas de capacidade cada, teríamos um montante de aproximadamente 50 mil caminhões/ ano. A produção de sólidos voláteis, que é composta de matéria orgânica, também é expressiva chegando a 150 mil caminhões/ano. Estes sedimentos são provenientes da erosão, principalmente a laminar que ocorre na bacia e, conseqüentemente, causando um empobrecimento dos solos desta bacia.

A bacia possui uma área de 512 km² ou 51.200 ha e uma contribuição de sedimentos da ordem de 504 mil ton/ano, e, dividindo este valor pela área, temos uma perda de solo de 9,85 ton/ ha / ano, que é um valor expressivo comparado

com as estimativas de perda de solo apresentadas para o estado de São Paulo que fica em torno de 4,5 a 15 ton/ha/ano.

Na Figura 12, verifica-se que a descarga de sedimentos na forma de sólidos suspensos se verifica nos meses de chuva e, na estiagem, sua ocorrência diminui. É possível observar que os valores de concentração correlacionam-se com as vazões determinadas apresentadas na Tabela 3A.

Como se pode observar na Figura 13, não houve grande variação do pH, onde se verificou um valor mínimo de 5,5 e um máximo 7,5 com média de 6,72, mantendo as mesmas características do rio Capivari.

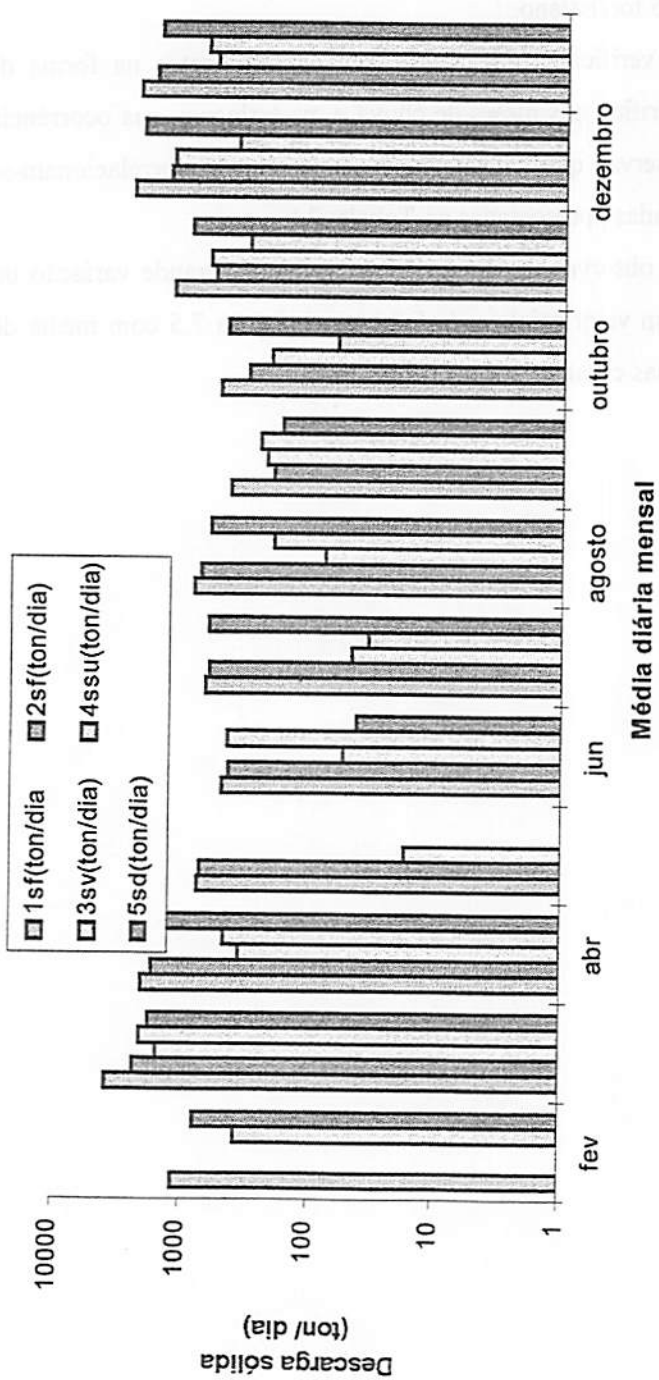


FIGURA 12 Descarga média mensal de sólidos para o rio Grande(1997)

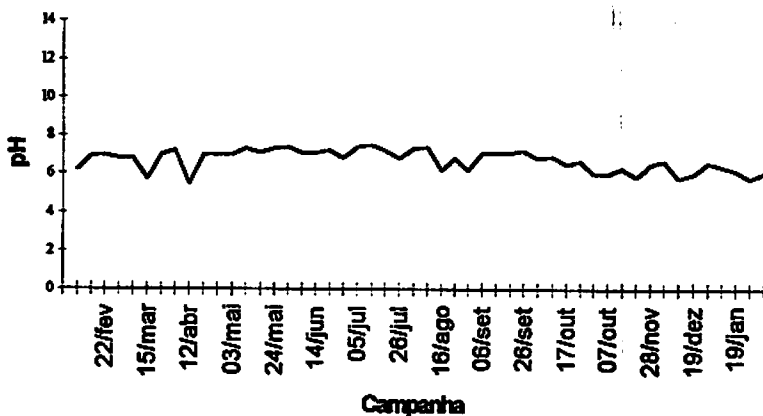


FIGURA 13. Variação do pH durante o período de estudo para o rio Grande.

No caso do rio Grande a descarga de sedimentos é bem menor que nos outros rios estudados pelo fato de existir a montante do local de estudo a hidrelétrica de Itutinga, e também a de Camargos, que retêm a maior parte dos sedimentos produzidos pela bacia em estudo do rio Grande. O volume anual de sedimentos que contribui para o assoreamento é da ordem de 290.mil m³/ano. Considerando que o reservatório da usina hidrelétrica do funil, que será construída à partir de 1998, formará um reservatório, cuja área de ocupação atingirá aproximadamente 40 km², terá uma lâmina anual depositada em torno de 0.72 cm de espessura como contribuição apenas do rio Grande.

Os valores de pH se mantiveram nas mesmas condições do rio Capivari.

A condutividade elétrica da água também foi muito baixa, com um máximo de 0.045 ds/m, o que não causa problema algum para o uso destas águas para fins de irrigação ou uso doméstico.

Os elementos-traço, como o cádmio e chumbo, também não foram detectados nas análises, talvez em razão das amostras serem de material em suspensão.

4.3 Resultados para o rio das Mortes

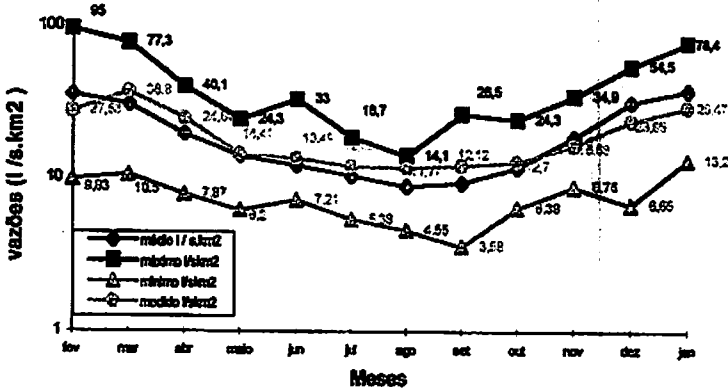


FIGURA 14- Vazões específicas do rio das Mortes no período de (1939-1989) e medido (1997)

Os dados apresentados na Tabela 4A, em anexo, representam as variáveis medidas e foram utilizadas para elaboração dos gráficos apresentados nas Figuras 15,16 e 17

Como podemos observar na Figura 15, a descarga de sólidos suspensos sedimentáveis transportados se dá entre março e dezembro que, para a região sudeste caracteriza o período das águas, sendo que na estiagem a quantidade de sedimentos foi bem mais expressivo do que outros rios estudados, devido a ações antrópicas, como por exemplo, mineradoras localizadas a montante do local de estudo o que pode ocasionar uma contribuição maior desses sedimentos .

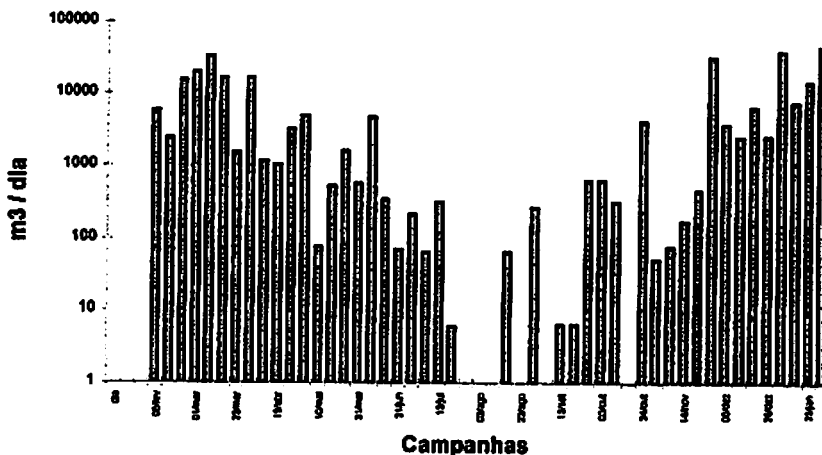


FIGURA 15. Descarga de sólidos suspensos sedimentáveis no Rio das Mortes.

Transformando este volume de sedimentos da ordem de 2,25 milhão de m³/ano em lâmina de deposição e considerando uma área de 40 km², teríamos uma lâmina com espessura de 5,6 cm como contribuição apenas do rio das Mortes.

Com base na Tabela 6, observamos que o rio das Mortes é o que mais contribui para a descarga de sedimentos, comparados com os outros rios pelo mesmo motivo descrito para o caso de sólidos sedimentáveis.

Também para efeitos de comparação isto representa aproximadamente 1,3 milhão de ton/ano. Transformando-se em caminhões de 10 toneladas de capacidade de carga, teríamos um total de aproximadamente 132 mil caminhões de sedimentos que são transportados anualmente pelo rio.

TABELA 3. Distribuição mensal da média diária de sólidos sedimentáveis, totais, fixos, voláteis, suspensos e dissolvidos.

Meses	SS m ³	ST (ton/dia)	SF (ton/dia)	SV (ton/dia)	SSU (ton/dia)	SD (ton/dia)
fev	7860,64	2462.96	-	-	1443.26	1019.70
mar	17661,45	8532.05	7628.51	903.54	5664.79	2867.26
abr	5390,54	3210.61	3391.75	181.14	1907.87	1302.74
maio	1530,09	1336.01	94	421.64	1150.56	185.45
jun	1339,67	1280.17	14.37	291.32	882.56	397.61
jul	97,10	2005.16	988.85	1176.63	138,47	1866.69
ago	67,52	906.95	828.53	520.82	198,94	708.01
set	159,60	85.47	386.13	151.00	158,87	726.60
out	1036,07	854.88	734.47	278.01	374,19	480.69
nov	8455,10	4299.17	2597.84	1701.33	2910,27	1388.9
dez	3900,48	3912.13	1946.70	1965.43	2180,36	1731.77
jan	27550,8	14263.99	5117.62	9146.37	8834,05	5429.94
TOTAL	2.551.472,81 m ³ /ano	1.318.488,1 (ton/ano)	775.285,2 (ton/ano)	502.116,9 (ton/ano)	775.325,7 (ton/ano)	54.160,0 (ton/ano)

A produção de sólidos voláteis é elevado, devido ao fato de que várias cidades a montante do ponto de coleta, lançam os esgotos domésticos em suas águas. A bacia possui uma área de 6.609 km² ou 660.900 ha e uma contribuição de sedimentos da ordem de 1,3 milhão de ton/ano; Dividindo este valor pela área, temos uma perda de solo de 2 ton/ ha /ano, que é um valor baixo, comparado com as estimativas de perda de solo apresentadas para o Estado de São Paulo, que fica em torno de 4,5 a 15 ton/ha/ano. Na Figura 16, verifica-se a variação temporal de sedimentos transportados pelo rio das Mortes. O que mais se caracteriza é que na estiagem das chuvas, os sólidos suspensos diminuem. É possível observar que os valores de concentração correlacionam com valores de vazão plotados na Figura 14.

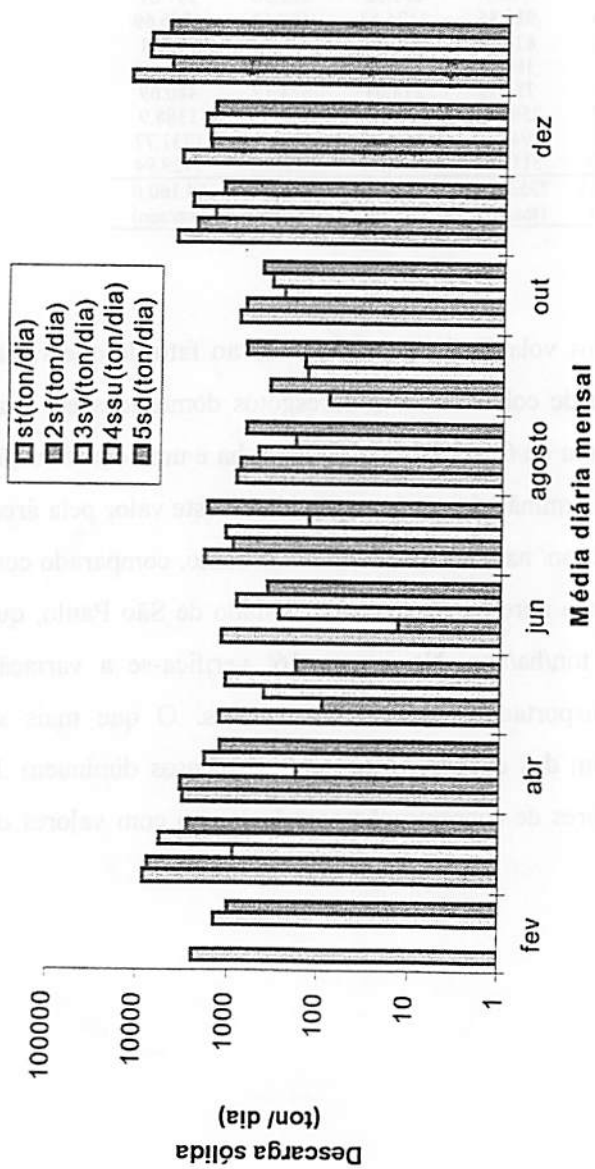


FIGURA 16 Descarga média mensal de sólidos para o rio das Mortes(1997)

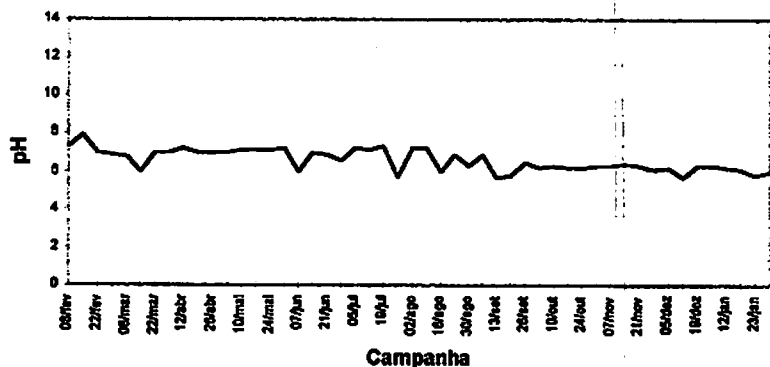


FIGURA 17. Variação do pH durante o período de estudo.

O pH também manteve-se com valores médios mantendo o mesmo comportamento dos outros rios.

A condutividade elétrica também se manteve muito baixa, com um máximo de 0.051 ds/m, o que também não traz problema algum quanto ao uso dessas águas para fins de irrigação em relação a sais tóxicos às plantas ou ao uso doméstico.

Elementos-traço como o cádmio e chumbo também não foram detectados nas análises realizadas.

4.4 Considerações finais

A contribuição de sedimentos pelas bacias é muito grande, como se pode observar na Tabela 7 e Figura 18. Os sólidos sedimentáveis, carregados pelos rios em conjunto, atingiram cerca de 4 milhões de metros cúbicos por ano.

TABELA 7. Produção total de sedimentos transportados pelos rios Capivari, Grande e rio das Mortes no período de fevereiro de 1997 à janeiro de 1998.

.Rios	SS (m ³ /ano)	ST (ton/ano)	SF (ton/ano)	SV (ton/ano)	SSU (ton/ano)	SD (ton/ano)
Capivari	1.449.970,8	719.955,56	506.359,59	179.025,00	484.605,00	235.376,70
Grande	290.258,00	504.623,96	324.307,35	150.159,90	193.857,91	322.579,2
Mortes	2.251.472,81	1.318.488,15	775.285,2	502.116,90	775.325,70	543.160,00
Total	3.991.700,81	2.543.067,67	1.605.952,18	831.301,80	1.453.788,62	1.101.115,9

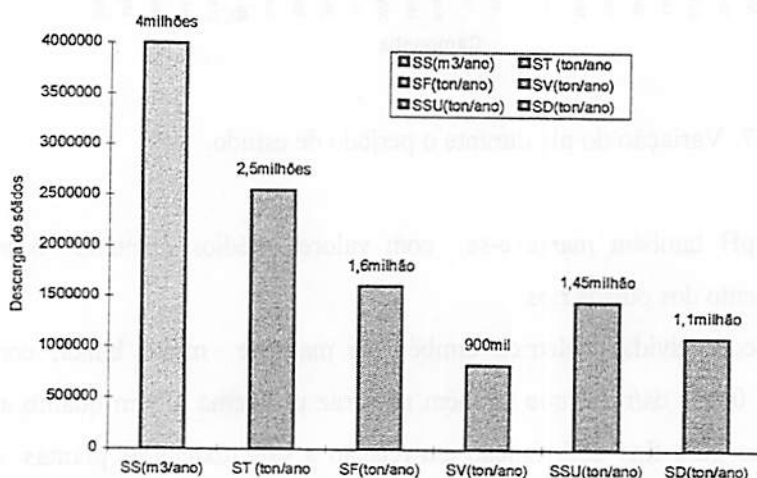


FIGURA 18. Descarga de sólidos transportados pelos rios Capivari, Grande e rio das Mortes no período em estudo.(Fev 1997 - Jan 1998)

A lâmina a ser depositada anualmente no futuro reservatório poderá chegar a 9,92 cm, o que no decorrer do tempo, não havendo um controle da erosão nas bacias, este valor pode até aumentar diminuindo ainda mais a vida útil do reservatório.

A produção de sólidos totais transportados pelos rios por ano chegou a 2,5 milhões de toneladas/ano que, originários de uma área total de 1.571.300 ha,

que corresponde à perda de 1.61 ton / ha / ano, abaixo das estimativas propostas para o Estado de São Paulo, que é de 4,5 a 15 ton / ha/ano.

A Tabela 8 apresenta para efeito de comparação quanto aos parâmetros de qualidade de água para uso doméstico e ou irrigação, a distribuição mensal da média diária dos sólidos dissolvidos durante o período de estudo para os três rios.

TABELA 8 Distribuição mensal média diária de sólidos dissolvidos totais.

RIOS	fev (mg/l)	mar (mg/l)	abr (mg/l)	mai (mg/l)	jun (mg/l)	jul (mg/l)	ago (mg/l)	set (mg/l)	out (mg/l)	nov (mg/l)	dez (mg/l)	jan (mg/l)
Capivari	192	131	115	129,2	114,2	164	79	564	86,8	120,2	108	83,25
Grande	60	73,7	99,83	10	48	79,6	74,4	12	46	62,2	135	89,4
Mortes	76	148,2	98	37	81	298	117,6	116	78	147	138	310

De acordo com a Resolução nº 20 do CONAMA , para águas de uso doméstico e ou irrigação, os resultados obtidos para todos os rios estudados mantiveram-se abaixo do limite estabelecido de 500 mg / l de sólidos dissolvidos totais, atingindo um valor máximo de 564 mg / l de média para o rio Capivari, apenas no mês de setembro, que indica estar dentro de padrões aceitáveis para uso doméstico e ou irrigação. Como resultado da análise textural dos sedimentos amostrados em suspensão obtiveram os valores apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 Análise textural dos sedimentos amostrados para os três rios.

	Rio Capivari	Rio Grande	Rio das Mortes
Argila %	32	41	31
Silte %	49	56	61
Arcia %	19	3	8

Observa-se que a maior parte dos sólidos suspensos sedimentáveis é constituída por silte, material facilmente erodível e de ocorrência comum nas bacias estudadas. É importante notar também que a fração areia do rio Grande é bastante inferior à fração apresentada no rio Capivari, provavelmente devido à ocorrência de quartzito na bacia do rio Capivari.

Em relação à mineralogia a ordem de ocorrência de argilo-minerais na fração argila é (caulinita, gibbsita, goethita e quartzo), para o rio Capivari ; (gibbsita , goethita, caulinita e quartzo), para o rio Grande; e (caulinita, gibbsita, goethita e quartzo para o rio das Mortes. Observa-se maior incidência de caulinita nos rios , exceto para o rio Grande, influenciado provavelmente pela presença da represa de Itutinga

Pela relação proposta por (Wambeke, 1962) de silte / argila, para determinação do grau de intemperismo, verifica-se que, para todos os rios, ela ficou acima de 0,7 caracterizando solos novos ou Cambissolos, predominando nas bacias estudadas. Um fato importante também ocorreu e foi observado durante as coletas para amostragem. Devido ao remanso produzido pelo encontro dos rios , grande quantidade de areias ficou depositada a montante do local de amostragem, que possivelmente foi a razão da porcentagem de areias ser tão baixa nas análises texturais. Este procedimento todavia é aplicado para análises de solos com amostra de campo, sendo que, para o caso de amostras de material em suspensão de águas de rios, muitos fatores podem influenciar nos resultados, desde o processo de amostragem como também da própria turbulência das águas dos rios que afetam a distribuição dos sedimentos na corrente líquida. Os minerais encontrados indicam grande presença de Caulinita(Ct) para todos os rios estudados , o que pode ser decorrência de material de Horizonte C que, com o escoamento das águas das chuvas, os sedimentos são arrastados das bacias, que

podem estar com o Horizonte C exposto à superfície, provavelmente devido à presença de voçorocas.

5 CONCLUSÕES

Quanto aos parâmetros analisados referentes à qualidade das águas pode-se considerá-los apropriados tanto para irrigação, quanto para uso doméstico.

A quantidade de sedimentos transportados é significativa para os três rios estudados, podendo resultar em assoreamento da ordem de 10 cm / ano no futuro reservatório da hidrelétrica do Funil.

Um monitoramento nas bacias estudadas seria necessário para detectar áreas agrícolas que necessitam uso de técnicas mais eficazes de conservação de solos tais como: plantio em nível, plantio direto, construção de terraços e também a preservação de matas ciliares ou até mesmo replantio das mesmas.

Para futuras pesquisas semelhantes a esta, recomenda-se a utilização de amostradores mais específicos para as análises a serem realizadas.

Se possível, instalar os postos fluviossedimentométricos a montante do remanso provocado pelo encontro de dois rios a fim de se obterem amostras mais representativas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS & WESTCOT. **A qualidade da água na agricultura-** tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991.218 P.

BASSI, L. **Estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Lajeado José, S.C.-** Santa Maria, R.S. 1990, 86p. (Tese de mestrado em Agronomia - Área de concentração- Biodinâmica de solos e plantas).

↳ BERTONI, J; NETO,F.I. **Conservação do solo.** São Paulo, 1990. 335p.

BORDAS, M.P.; SEMMELMANN,F.R. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre. Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP, 943P. 1993

BRANCO,S.M. **A água e o homem.** In: Editora da Universidade de São Paulo: Hidrologia Ambiental, 1991, v3, cap. I, p3-26 (Coleção Brasileira de Recursos Hídricos)

↳ CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

↳ CARVALHO, N.O.; SEREBRENICK, R. **Definições, finalidades, estabelecimento e aplicações técnicas do hidrograma unitário para uma bacia hidrográfica- descarga sólida: estudo e exemplificação em rios**

brasileiros. Rio de Janeiro, 1966.

COIMBRA, R.M. Monitoramento da qualidade da água. In: Editora da Universidade de São Paulo: Hidrologia Ambiental, 1991, v.3, cap.IV, p.391-411. (Coleção Brasileira de Recursos Hídricos).

CONAMA, (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Resoluções, 1984-1992. 4.ed. rev. e aum. Brasília. IBAMA. 1992. 245p.

DIAS JÚNIOR, M.S. Notas de aula de física do solo. Curso de pós graduação em solos e nutrição de plantas. Lavras, UFLA, 1996.

ESTEVES, F.de A. FINEP. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro, 574p. 1988.

FERRAZ, F. Minimização do assoreamento do reservatório do rio Manso através do controle da erosão na mineração. Projeto alternativo 1992. Belo Horizonte. 21p.

JONES, A.A. Soil Analysis- Modern Instrumental Techniques. edited by Keith A. Smith- second edition- 1991 Edinburg- Scotland.

HEM, J.D. Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water 3ed. US Geological Survey Water- Supply paper 2254 1986

HOROWITZ, A.J. A Primer on sediment-trace element chemistry. 2ed. Chelsea: Lewis publisher, 1991. 136p.

LARA, L.B.L.S. Distribuição de elementos traço e terras raras em sedimentos de fundo da bacia do rio Verde, região de Poços de Caldas. Piracicaba, 1996. 79p. (Tese de M.S.em ciências) Centro de energia nuclear na agricultura).

HESS, M. L. MANUAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS. Tradução da 21ª edição alemã, 1966 por. Editora Edgard Blucher Ltda. USP.

NETO, J.M.A. ; ALVAREZ,G.A. Manual de hidráulica. 7 ed. São Paulo, atualizada e ampliada, Edgard Blucher, 1991. v.2, 724p.

PIMENTA,C.F. Curso de hidráulica geral. 4ed. Rio de Janeiro, 1981, 385p.

RESENDE,M. et. al. Pedologia: Base para Distinção de Ambientes. Viçosa M.G. 1995. 304 p.

SILVA,A.M. Escoamento superficial Apostila de hidrologia.. DEG. UFLA Lavras, M.G. 1990.

SILVA, E. Análise e avaliação de impactos ambientais. Viçosa: UFV, 1993. 68p. (apostila ENF 685).

SOUZA,E.R. Alterações físico-químicas no deflúvio de três bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola. Lavras: UFLA, 1996. (Tese de mestrado em Engenharia Florestal).

SOUZA, S.M.T. Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais- Belo Horizonte, 1993, 264p

SOUZA, S.P. Proposta metodológica para estimativa de assoreamento de reservatórios: estudo do caso do rio Manso. Viçosa: UFV, 1996. 147p. (Tese de Mestrado em Engenharia)

STANDART methods for the examinations of water joint editorial Board, Washington, Edition 1989.

ANEXOS

	página
TABELA 1A -Distribuição das verticais medidas para os três rios em estudo	55
TABELA 2A - Resultados dos parâmetros analisados para o rio Capivari	56
TABELA 3A - Resultados dos parâmetros analisados para o rio Grande	57
TABELA 4A - Resultados dos parâmetros analisados para o rio das Mortes	58

TABELA 1 A Distribuição das verticais de medidas de áreas e velocidades nos rios Capivari e Grande com espaçamentos entre verticais de 3 em 3 metros e para o rio das Mortes de 6 em 6 metros.

Rio Capivari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
VM (m/s)	.292	0.509	0.555	0.542	0.574	0.581	0.555	0.561	0.531	0.531	0.539	0.520	0.521	0.474									
Area(m ²)	1.65	4.5	4.8	4.8	4.8	4.5	4.5	4.5	4.2	4.2	3.9	3.9	3.9	4.35									
Vazão (m ³ /s)	0.481	2.29	2.66	2.66	2.75	2.61	2.49	2.52	2.38	2.23	2.10	2.02	2.07	2.03									
Vazão total(3m)	31,29																						
Vazão m ³ /s (12m)	8.37	5.89	8.76	6.09																			
Vazão(m ³ /s) total(12m)	31.32																						
Diferença %	0%																						
Rio Grande	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
VM (m/s)	0.434	0.512	0.528	0.561	0.555	0.545	0.576	0.555	0.555	0.571	0.555	0.528	0.528	0.555	0.553	0.555	0.571	0.547	0.539	0.547	0.50	0.440	0.285
Area(m ²)	3.85	8.25	9.0	8.40	8.25	7.5	7.5	7.5	7.5	8.62	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.6	9.75	10.5	10.5	14.17
Vazão (m ³ /s)	1.67	4.22	4.75	4.71	4.53	4.08	4.32	4.16	4.16	4.28	4.78	4.78	4.75	4.75	4.95	4.95	5.13	4.92	5.17	5.33	5.25	4.68	3.96
Vazão (m ³ /s) total(3m)	104,22																						
Vazão (m ³ /s) (12m)	15,34	16,75	17,76	19,80	20,43	15,27																	
Vazão (m ³ /s) total (12m)	105,35																						
Diferença %	1.1%																						
Rio das mortes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
VM (m/s)	0.465	0.653	0.715	0.708	0.708	0.676	0.712	0.704	0.619	0.474													
Area (m ²)	3.22	6.6	8.4	8.85	11.70	14.1	14.7	14.7	14.2	18.2													
Vazão (m ³ /s)	1.49	4.3	6.0	6.26	8.28	9.53	10.46	10.34	8.78	5.78	5.69												
Vazão total (6m)	79,81																						
Vazão (m ³ /s) (12m)	4.56	12.33	18.26	20.93	27.48																		
vazão m ³ /s	83,58																						
Diferença	5.5%																						

TABELA 2A. Resultados das análises do rio Capivari

Qp	Q	pH	CE	SS	ST	SF	SV	SSU	SD
	m ³ /seg		dv/m	mg/dm ³	ton/dia	ton/dia	ton/dia	ton/dia	ton/dia
08/02	138,87	6,3	0,02	7854,7	589,11	-	-	-	-
15/02	113,64	7,0	0,02	3915,3	2016,38	-	-	76,3	1879,35
22/02	113,29	7,3	0,025	14280,2	5626,4	4769,58	836,81	4396,3	1228,10
01/03	165,28	6,8	0,023	7382,0	3219,4	27405,1	4788,93	29160,0	3034,08
08/03	162,37	6,6	0,014	4786,1	3015,26	2299,0	796,21	1780,44	1334,82
15/03	110,79	5,8	0,066	762,8	1231,03	1022,19	228,85	305,1	945,90
22/03	88,29	7,1	0,058	4033,1	1208,9	1048,62	161,33	613,04	996,91
05/04	93,36	7,4	0,057	1767,4	427,14	412,41	14,73	141,4	263,74
12/04	68,19	7,0	0,024	-	-	-	-	-	-
19/04	52,39	7,2	0,025	90,1	11,49	574,86	670,66	138,4	1182,89
26/04	61,12	7,2	0,019	528,0	-	-	-	-	-
03/05	53,89	7,1	0,019	46,1	-	496,67	-	-	-
10/05	37,07	7,4	0,019	-	864,77	275,44	589,32	448,4	416,37
17/05	28,77	7,1	0,018	124,2	564,26	280,89	283,37	-	-
24/05	31,29	7,3	0,017	1351,7	610,98	320,85	290,62	263,5	347,39
31/05	31,29	7,6	0,019	135,1	351,45	54,07	297,38	346,04	-
07/06	37,0	7,2	0,044	3196,8	1560,04	687,31	872,73	1425,77	134,27
14/06	30,26	7,4	0,021	78,4	436,62	152,42	284,19	26,1	134,27
21/06	28,65	6,8	0,023	25,1	371,3	334,17	-	54,4	316,85
28/06	29,19	6,6	0,025	24,2	360,65	345,52	-	32,7	327,86
05/07	28,89	7,5	0,039	24,5	312,01	302,03	9,98	17,4	336,44
12/07	26,49	7,5	0,022	22,4	357,04	357,04	-	20,6	558,87
19/07	28,37	7,3	0,032	-	573,57	343,16	230,41	14,7	339,54
26/07	28,37	6,8	0,025	2,1	414,25	306,40	107,85	7,2	387,28
02/08	28,37	7,6	0,023	-	504,94	428,95	75,99	-	-
09/08	28,37	7,8	0,021	-	490,23	281,88	208,35	-	-
16/08	28,37	6,0	0,025	-	352,97	230,02	102,95	-	-
23/08	26,38	6,8	0,028	-	227,96	98,08	129,91	4,1	348,07
30/08	32,81	6,0	0,032	-	86,28	52,90	33,38	49,9	198,54
06/09	31,29	7,3	0,031	-	-	-	-	-	36,33
13/09	31,29	6,1	0,031	-	3906,38	900,25	2538,55	27,0	34,11
20/09	15,4	6,9	0,029	-	984,06	117,06	867,00	59,4	924,11
26/09	15,4	6,9	0,029	13,1	151,68	71,83	71,85	34,9	117,09
03/10	15,41	6,9	0,028	13,1	162,33	125,07	37,26	55,8	106,44
10/10	15,41	7,0	0,028	13,1	229,0	197,05	31,95	127,82	101,19
17/10	15,41	6,7	0,031	13,1	189,06	189,06	50,59	23,9	165,10
24/10	27,4	7,0	0,022	23,4	407,19	230,94	136,25	255,67	151,51
31/10	15,41	6,4	0,039	-	141,13	122,49	18,64	21,3	119,83
07/11	32,3	6,1	0,037	2709	731,17	262,33	468,84	11,1	720,01
14/11	19,42	6,3	0,029	16,1	184,57	127,52	57,05	36,9	147,65
21/11	19,42	7,4	0,025	51430,4	235,04	1221,48	33,56	197,95	57,05
28/11	132,28	6,3	0,014	167,7	1920,59	13109,05	2811,53	14766,26	1154,33
05/12	32,07	7,1	0,022	831,2	476,59	299,25	177,33	232,7	243,83
12/12	32,07	5,8	0,040	1886,9	862,62	735,92	126,7	700,8	161,74
19/12	59,46	5,9	0,028	1541,2	1171,31	1109,67	61,65	811,7	339,61
26/12	59,46	6,3	0,039	15341,2	3031,03	1900	1130,22	1926,5	1104,56
12/01	139,0	6,2	0,036	1200,9	2041,63	1261	780,62	1941,15	600,48
19/01	113,0	6,0	0,028	2928,9	2372,46	1591,4	781,05	1366,85	1005,61
23/01	83,0	5,8	0,042	5875,2	1791,94	1116	675,6	910,6	881,28
31/01	32,0	6,2	0,035	1386,7	942,90	621	321,76	776,5	166,40

Obs: Os espaços da planilha que estão branco são devido as análises descartadas por erros na determinação.

Cp- campanha

Q- vazão

pH

C.E.- condutividade elétrica

S.S - sólidos suspensos sedimentáveis

S.T. - sólidos totais

S.F. - sólidos fixos

S.V - sólidos voláteis

S.S.U. - sólidos suspensos

S.D. - sólidos dissolvidos

TABELA 3A. Resultados das análises do rio Grande

Cp	Q m ³ /seg	Ph	CE ds/m	SS m ³ /dia	ST ton/dia	SF ton/dia	SV ton/dia	SSU ton/dia	SD ton/dia
08/02	232.1	6.2	0.015	2005.3	-	-	-	-	-
15/02	232.1	6.9	0.01	2007.1	802.83	-	-	-	-
22/02	216.49	7	0.016	1870.5	1496.38	-	-	374.09	1122.28
01/03	241.95	6.8	0.015	2090.4	815.27	1881.40	-	334.47	480.8
08/03	363.27	6.8	0.045	25109.2	7187.51	-	-	4331.34	2856.17
15/03	251.77	5.7	0.019	0	4676.88	3197.68	1479.2	3567.48	1109.40
22/03	236.08	7	0.030	0	2692.45	1856.16	836.29	40.79	2651.65
05/04	254.67	7.2	0.016	0	1815.29	1375.22	440.07	792.13	1023.16
12/04	205.3	5.5	0.016	0	1507.72	1374.69	133.03	248.33	1259.39
19/04	153.3	7.0	0.06	0	2754.98	2251.67	503.31	344.37	2410.61
26/04	164.77	7.0	0.015	0	-	-	-	-	-
03/05	219.42	7.0	0.016	0	-	1200.79	-	-	-
10/05	133.28	7.3	0.015	0	771.53	495.16	276.37	1116.99	-
17/05	95.24	7.1	0.013	0	798.19	353.84	444.35	715.9	82.29
24/05	101.96	7.3	0.014	0	781.83	1198.07	-	1039.5	-
31/05	101.96	7.4	0.013	0	634.27	396.42	237.85	1691.39	-
07/06	104.22	7.1	0.014	0	756.39	990.51	-	1728.88	-
14/06	82.32	7.1	0.016	0	469.42	367.71	101.71	28.45	440.97
21/06	82.32	7.2	0.016	0	256.05	-	-	14.22	241.82
28/06	110.78	6.8	0.016	0	478.57	382.86	95.71	19.14	459.43
05/07	110.78	7.4	0.033	0	499.43	335.0	124.43	38.29	421.14
12/07	110.78	7.5	0.016	9.6	756.14	727.46	28.71	57.43	698.71
19/07	100.08	7.2	0.033	8.6	752.28	717.69	34.59	-	752.28
26/07	100.08	6.8	0.036	0	691.75	691.75	-	8.65	683.11
02/08	100.08	7.3	0.016	0	1400.8	1210.57	190.23	415.05	985.75
09/08	100.08	7.4	0.015	0	951.16	-	-	276.7	674.46
16/08	100.08	6.2	0.015	0	1124.1	778.22	345.88	86.47	1037.63
23/08	100.08	6.8	0.021	0	397.76	536.11	-	17.29	380.46
30/08	100.08	6.2	0.020	0	570.70	402.95	167.75	190.23	138.35
06/09	123.77	7.1	0.023	0	-	-	-	-	-
13/09	101.77	7.1	0.018	0	52.86	52.86	-	-	52.86
20/09	101.96	7.1	0.018	0	775.22	29.07	746.15	528.56	246.66
26/09	101.96	7.2	0.020	0	489.07	349.33	139.73	471.60	17.47
03/10	101.08	6.8	0.019	0	384.27	366.80	17.47	17.47	366.8
10/10	100.08	6.9	0.019	0	536.11	328.58	207.43	17.29	518.81
17/10	100.08	6.5	0.020	0	397.76	311.29	86.47	121.06	276.7
24/10	104	6.7	0.018	0	521.16	233.63	287.54	89+ 86	431.31
31/10	150.64	6.0	0.021	0	650.76	390.46	260.31	26.03	624.73
07/11	150.64	6.0	0.023	0	1379.62	364.43	1015.19	26.03	1353.59
14/11	188.91	6.3	0.044	16.3	946.67	326.44	620.23	391.72	557.94
21/11	188.91	5.9	0.022	0	914.02	718.16	195.86	228.51	685.52
28/11	170.11	6.5	0.020	734.9	1660.82	925.94	734.88	646.69	1014.13
05/12	180.0	6.7	0.020	77.6	1555.2	1119.74	435.46	62.21	1492.99
12/12	150.64	5.8	0.022	650.8	2316.72	-	2316.72	156.18	2160.54
19/12	211.31	6.0	0.017	912.9	2811.61	602.49	2209.12	109.54	2702.06
26/12	211.31	6.6	0.031	182.3	3646.08	2278.8	1367.28	1276.13	2369.95
12/01	232	6.4	0.036	200.4	4810.75	3708.29	1102.46	1904.26	902.02
19/01	216	6.2	0.027	0	746.5	559.87	186.62	61.59	684.91
23/01	205	5.8	0.04	0	1275.26	850.18	425.09	354.24	921.02
31/01	190	6.1	0.033	164.2	2495.23	1838.59	656.64	459.65	2035.58

Cp- campanha

Q- vazão

pH

C.E.- condutividade elétrica

S.S - sólidos suspensos sedimentáveis

S.T. - sólidos totais

S.F. - sólidos fixos

S.V - sólidos voláteis

S.S.U. - sólidos suspensos

S.D. - sólidos dissolvidos

TABELA 4 A. Resultados das análises do rio das Mortes

Cp	Q m ³ /seg	pH	CE ds/m	SS m ³ /dia	ST ton/dia	SF ton/dia	SV ton/dia	SSU ton/dia	SD ton/dia
08/02	168.63	7.3	0.030	5827.85	-	-	-	-	-
15/02	140	7.9	0.038	2419.20	2565.35	-	-	1475.71	1088.64
22/02	177.48	7.0	0.029	15334.88	2361.57	-	-	1410.81	950.76
01/03	230.00	6.9	0.030	19872.0	7769.95	7471.87	298.08	6200.06	1569.89
08/03	256.00	6.8	0.029	33177.6	16190.67	15305.93	884.74	10439.88	5750.78
15/03	207.02	6.0	0.037	16097.88	6331.83	5383.84	947.99	4221.22	2110.61
22/03	173.42	7.0	0.059	1498.35	3835.77	2352.41	1483.37	1798.02	2037.75
05/04	208.13	7.0	0.026	16184.19	6158.98	4990.12	1168.86	4495.61	1663.37
12/04	136.11	7.2	0.032	1175.99	2087.38	1793.39	294.00	635.03	1452.35
19/04	117.91	7.0	0.032	1018.74	1385.49	-	-	590.87	794.62
26/04	122.81	7.0	0.032	3183.24	-	-	-	-	-
03/05	113.6	7.0	0.045	4907.52	-	1995.69	-	-	-
10/05	87.9	7.1	0.029	75.95	1420.18	835.40	584.78	1139.18	281.00
17/05	75.7	7.1	0.030	523.24	2138.74	830.64	1308.10	-	-
24/05	72.44	7.1	0.029	1564.70	1103.12	813.65	287.95	2284.47	-
31/05	74.47	7.2	0.026	579.08	682.03	96.51	585.51	2329.18	-
07/06	78.18	6.0	0.028	4728.33	3107.19	1553.59	1553.59	2837.00	270.19
14/06	79.81	7.0	0.029	344.78	1117.08	537.86	579.23	317.2	799.89
21/06	79.81	6.9	0.032	68.96	896.43	593.02	-	289.61	606.81
28/06	83.58	6.6	0.026	216.64	-	1270.95	-	86.66	-
05/07	73.8	7.2	0.033	63.76	714.15	487.79	226.36	82.89	631.26
12/07	73.8	7.1	0.033	318.82	5458.13	1358.16	4099.97	178.54	5279.59
19/07	67.7	7.3	0.045	5.85	1087.97	737.01	350.96	163.78	924.19
26/07	67.7	5.7	0.018	0.0	760.41	731.16	29.25	128.68	631.72
02/08	67.7	7.2	0.037	0.0	1134.76	731.16	403.60	152.08	982.68
09/08	67.7	7.2	0.031	0.0	1076.27	584.93	491.34	315.86	760.41
16/08	73.8	6.0	0.035	63.76	790.66	490.98	299.69	255.05	535.61
23/08	73.8	6.9	0.044	0.0	1083.97	231.46	852.51	140.28	943.70
30/08	63.39	6.3	0.050	273.84	449.11	237.15	211.96	131.45	317.66
06/09	67.7	6.9	0.051	0.0	-	-	-	-	-
13/09	72.79	5.7	0.045	6.29	591.17	-	-	201.25	389.92
20/09	72.44	5.8	0.045	6.26	1001.41	542.64	458.77	137.69	863.72
26/09	72.44	6.5	0.040	625.88	1064.0	926.30	137.69	137.69	926.30
03/10	72.44	6.2	0.050	625.88	726.02	688.47	37.55	538.26	187.76
10/10	72.44	6.3	0.050	312.94	813.65	513.22	300.42	200.28	613.36
17/10	80.84	6.2	0.045	0.0	751.06	525.74	225.32	200.28	550.78
24/10	58.8	6.2	0.043	4190.75	1313.10	628.61	684.49	698.46	614.64
31/10	89.38	6.3	0.045	50.80	670.60	528.35	142.25	233.69	436.91
07/11	67.15	6.3	0.055	77.22	2347.62	1158.36	1189.25	988.47	1359.15
14/11	67.15	6.3	0.021	174.05	997.90	290.09	707.81	185.66	812.25
21/11	67.15	6.3	0.043	464.14	1171.96	881.87	290.09	568.57	603.38
28/11	191.28	6.1	0.028	33105.02	12679.22	8061.07	4618.15	9898.40	2780.82
05/12	109.96	6.2	0.037	3800.22	1900.11	304.02	1596.09	1083.06	817.05
12/12	149.22	5.7	0.022	2578.52	2578.56	1108.76	1469.76	1701.82	876.70
19/12	152.7	6.3	0.032	6596.64	4406.56	3034.45	1372.10	2981.68	1424.87
26/12	152.0	6.3	0.045	2626.56	6763.35	3414.53	3348.86	2954.88	3808.51
12/01	230.00	6.2	0.047	39744.00	39247.20	24740.69	14506.56	21958.56	17288.64
19/01	177.00	6.1	0.045	7646.4	4587.84	3257.37	1330.47	3211.49	1376.64
23/01	177.00	5.8	0.050	15292.80	5199.55	3303.24	1896.31	4159.64	1039.91
31/01	110.00	6.0	0.050	47520.00	8021.38	5284.22	2737.15	6006.53	2014.85

Obs: os espaços da planilha que estão branco são devido às análises descartadas.

Cp- Campanha

Q- vazão

pH

C.E.- condutividade elétrica

S.S - sólidos suspensos sedimentáveis

S.T. - sólidos totais

S.F. - sólidos fixos

S.V - sólidos voláteis

S.S.U. - sólidos suspensos

S.D. - sólidos dissolvidos