

O PROCESSO DE TRANSPORTE E DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS NAS CALHAS FLUVIAIS DOS TRIBUTÁRIOS LATERAIS AO RESERVATÓRIO DA HIDRELÉTRICA SÉRGIO MOTTA, RIO PARANÁ, BRASIL.

Ademir Goulart Figueiredo¹

RESUMO --- O trabalho apresenta informações e resultados relacionados ao processo de transporte e deposição de sedimentos nas calhas fluviais dos tributários laterais no reservatório da Hidrelétrica Sérgio Motta, anteriormente denominado de reservatório da Hidrelétrica Porto Primavera, com área superficial de 2.140 km² e capacidade de 15,7 x 10⁹ m³, no nível máximo normal atual. Está localizado na bacia hidrográfica do Rio Paraná, no trecho médio do rio, nas margens dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, a jusante do reservatório de Jupia e a montante do reservatório de Itaipu, Carvalho et al. (2004). As descargas sólidas carregadas para o reservatório provêm, principalmente de sete tributários laterais ao reservatório, correspondentes às respectivas sub-bacias hidrográficas, e de várias sub-bacias menores, totalizando uma área incremental de 92.761 km². Das sete sub-bacias hidrográficas, três estão localizadas no Estado do Mato Grosso do Sul (Rio Verde, Rio Pardo, Rio Taquaruçu), com área de drenagem de 57.789 km²; e quatro pertencem ao Estado de São Paulo (Rio Aguapeí, Rio do Peixe, Rio Santo Anastácio e Ribeirão das Anhumas), com área de drenagem de 25.001 km².

ABSTRACT --- The work presents information and results related of the transport process and deposition of sediments in the fluvial flumes of the lateral tributaries in Hydroelectric Power Sérgio Motta reservoir, previously denominated of reservoir of the Hydroelectric power Porto Primavera, with superficial area of 2.140 km² and capacity of 15,7 x 10⁹ m³, in the normal maximum level current. The reservoir is located on the middle reach of Paraná River basin, on the borders of the states of São Paulo and Mato Grosso do Sul in Brazil, downstream of Jupia reservoir and upstream of Itaipu reservoir, Carvalho et al. (2004). The solid discharges carried to reservoir comes mainly from seven tributaries, corresponding to the respective sub-basins catchments, and of several smaller sub-basins, totaling an incremental catchment area of 92.761 km². Of the seven catchments sub-basins, three are located in the state of Mato Grosso do Sul (MS) (Verde River, Pardo River, Taquaruçu River), with area of drainage of 57.789 km²; and four belong to the State of São Paulo (Aguapeí River, Of the Peixe River, Santo Anastácio River and Anhumas brook), with area of drainage of 25.001 km².

Palavras-chave: Calhas fluviais, Sedimentos, deposições, assoreamentos, perdas de solo

1) Eng.º Civil, Prof. Adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista - UNESP- (aposentado), Rua Eufrásio Toledo, 252, J. Marupiara, Presidente Prudente (SP), CEP 19060 - 100, fone (018) 3222-1906, mail : ademir_figueiredo@superig.com.br

1 – INTRODUÇÃO

No território nacional, há regiões caracterizadas pelas ações permanentes e progressivas de fenômenos erosivos e de assoreamentos. Enquanto os fenômenos erosivos atuam na superfície e sub-superfícies do solo, predominando nas proximidades das nascentes dos principais tributários ou cabeceiras das bacias hidrográficas, as deposições e/ou assoreamentos geralmente se desenvolvem em reservatórios, em planícies, nas proximidades da foz de cada tributário ou ao longo de trechos das calhas fluviais.

Como esses fenômenos estão diretamente relacionados com as características intrínsecas das bacias, nos seus aspectos pedológicos, geológicos, geomorfológicos, bem como de sua dinâmica de ocupação e práticas agrícolas, os mesmos somente poderão ser adequadamente avaliados, a partir de estudos mais pormenorizados das ações antrópicas, integrados a quantificações de sedimentos produzidos, transportados e depositados nas áreas de drenagens e ao longo das calhas fluviais.

No artigo, apresenta-se um estudo do processo de transporte e deposição de sedimentos nas calhas fluviais dos tributários laterais ao reservatório da Hidrelétrica Sérgio Motta, cuja bacia incremental é apresentada na figura 1.

O reservatório da hidrelétrica Sérgio Motta (anteriormente denominado de reservatório da hidrelétrica Porto Primavera), com área superficial de 2.140 km² e capacidade de 15,7 x 10⁹ m³, no nível máximo normal atual, está localizado na bacia hidrográfica do Rio Paraná, no trecho médio do rio, nas margens dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, a jusante do reservatório de Jupiá e a montante do reservatório de Itaipu, Carvalho et al. (2004). As descargas sólidas carregadas para o reservatório provêm, principalmente, de sete tributários laterais ao reservatório, correspondentes às respectivas sub-bacias hidrográficas, e de várias sub-bacias menores, totalizando uma área incremental de 92.761 km². Das sete sub-bacias hidrográficas, três estão localizadas no Estado do Mato Grosso do Sul (Rio Verde, Rio Pardo, Rio Taquaruçu), com área de drenagem de 57.789 km²; e quatro pertencem ao Estado de São Paulo (Rio Aguapeí, Rio do Peixe, Rio Santo Anastácio e Ribeirão das Anhumas), com área de drenagem de 25.001 km².

Dentre os resultados alcançados, destacam-se: valores específicos e totais de descargas sólidas nas principais calhas fluviais; gráficos com curvas, equações e correlações obtidas, a partir de valores de descargas sólidas específicas, máximas, médias e mínimas, em função das respectivas áreas de drenagem, caracterizadas por partes das sub-bacias (partes altas, médias e baixas); descrição das principais características físicas, das ocupações, dos índices de pluviosidade, erosividade e erodibilidade das sub-bacias de drenagem; fenômenos erosivos e de assoreamentos identificados nas áreas; avaliação do volume do assoreamento no reservatório, análises conclusivas e recomendações.

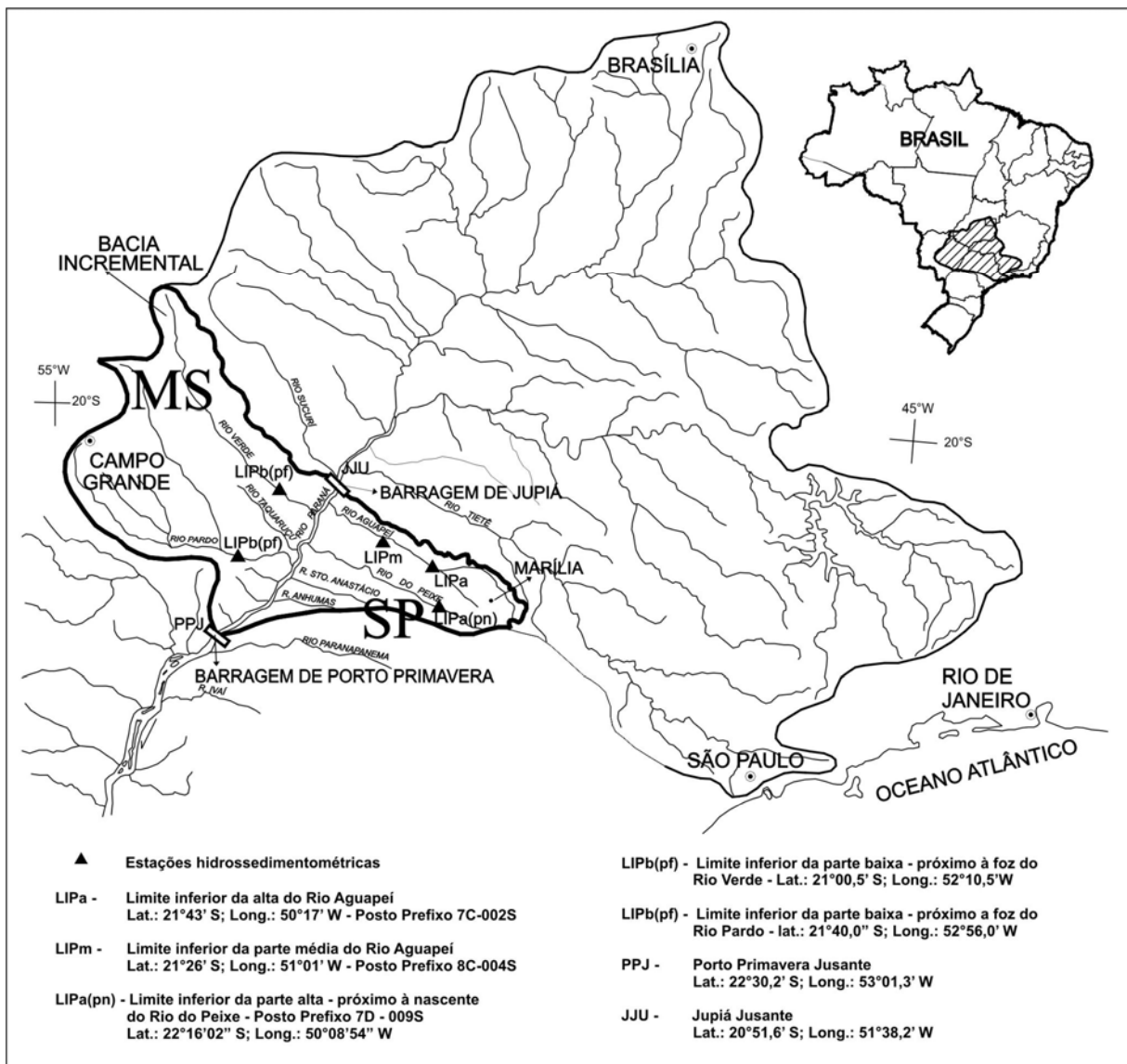


Figura 1 – Bacia Incremental, sub-bacias hidrográficas e estações hidrossedimentométricas das laterais do reservatório da hidrelétrica Sérgio Motta.

2 - CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Nas sub-bacias que integram a bacia incremental no entorno do reservatório, há predominância de topografia uniforme, prevalecendo clima tropical bastante homogêneo com elevadas temperaturas; pluviosidade, média anual, da ordem de 1300 mm com índices de erosividade do solo, de $500 < R < 750 \text{ t} \cdot \text{m} / \text{ha} \cdot \text{mm/h}$, de moderada a forte, pelo intervalo, definido por Carvalho (1994). As características específicas determinadas e/ou identificadas em cada sub-bacia são:

Bacia do Rio Aguapeí - primeira sub-bacia situada à esquerda e a jusante do reservatório do Jupiá, com área de drenagem de 12.120 km^2 , integra áreas de cinquenta e oito municípios, onde vivem cerca de 320.000 habitantes, que dedicam seu trabalho a atividades agrícolas, pecuárias e a

indústrias de pequeno porte. O rio Aguapeí nasce no município de Gália, percorrendo uma extensão total de 416 km até a foz, no reservatório, com vazões líquidas variando entre 1206 m³/s, para máximas, e 35,18 m³/s, para mínimas.

A área total da bacia está representada por 30,28% na parte alta, 41,03% na parte média, e 28,69% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) áreas constituídas por extensos chapadões com declividades de até 25% nas partes altas e até 15% nas demais partes, com altitudes de 650m na cabeceira do rio e 257 m junto ao reservatório;

b) forma alongada, medianamente aberta, desde a cabeceira, apresentando os seguintes índices de compacidade (kc) e de conformação (Ic): parte alta, kc = 1,057 e Ic = 0,141 ; parte alta + média, kc = 1,62 e Ic = 0,093 ; na área total de bacia, kc = 1,966 e Ic = 0,069;

c) as declividades equivalentes, no leito do rio principal, são de: 0,0616% no trecho da parte alta, 0,042% no trecho da parte alta + média e 0,059% em todo o trecho do rio principal;

d) os índices de erosividade (R) estão entre 610 e 730 t . m / ha . mm/h, Furlanetti Rotta e Figueiredo (2001);

e) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,134 e 0,566 t / ha / (t . m / ha . mm / h), Furlanetti Rotta e Figueiredo (2001), com predominância de solos PVA, argissolos vermelho-amarelos, com índice de erodibilidade de 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h), nas áreas correspondentes às partes alta e média. Nas áreas situadas nas proximidades do leito do rio principal, na parte baixa da bacia, há predominância de solos LV, latossolos vermelhos, com índice de erodibilidade de 0,212 t / ha / (t . m / ha . mm / h).

Bacia do Rio do Peixe - segunda sub-bacia situada à esquerda e a jusante do reservatório do Jupuí, com área de drenagem de 10.243 km², integra áreas de quarenta e oito municípios, onde vivem cerca de 380.000 habitantes, que dedicam seu trabalho a atividades agrícolas, pecuárias e a indústrias de pequeno porte. O rio do Peixe nasce no município de Garça, percorrendo uma extensão total de 407 km até a foz, no reservatório, com vazões líquidas variando entre 1020 m³/s, para máximas, e 29,73 m³/s para mínimas.

A área total está representada por 30% na parte alta, 40% na parte média e 30% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) área constituída por extensos chapadões com declividades de até 30% nas partes altas e até 20% nas demais partes, com altitudes de 720 m na cabeceira do rio e 257 m junto ao reservatório;

b) forma alongada, medianamente fechada na parte alta, onde predominam altas declividades. Na parte média baixa, a largura é maior e mais aberta, apresentando os seguintes índices de

compacidade (kc) e de conformação (Ic): parte alta, $kc = 1,586$ e $Ic = 0,226$; parte alta + média $kc = 1,817$ e $Ic = 0,077$; na área total de bacia $kc = 2,107$ e $Ic = 0,061$;

c) as declividades equivalentes no leito do rio principal são de: 0,2486% no trecho da parte alta, 0,0635% no trecho da parte alta + média e 0,0436% em todo o trecho do rio principal;

d) os índices de erosividade (R) estão entre 600 e 730 t . m / ha . mm/h, Gallis e Figueiredo (1999);

e) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,134 e 0,566 t / ha / (t . m / ha . mm / h), Gallis e Figueiredo (2001), havendo predominância de solos PVA, argissolos vermelho-amarelos, com índice de erodibilidade de 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h), nas áreas correspondentes às partes alta e média, com destaque para os solos RL, neossolos litólicos, com índice de erodibilidade de 0,480 t / ha / (t . m / ha . mm / h), presentes em cerca de 20% da parte alta da sub-bacia. Nas partes alta e média e em áreas próximas ao leito do rio principal, na parte baixa da bacia, há pequenas parcelas dispersas, de solos LV, latossolos vermelhos, com índice de erodibilidade de 0,212 t / ha / (t . m / ha . mm / h).

Bacia do Rio Santo Anastácio - terceira sub-bacia, situada à esquerda e a jusante do reservatório do Jupia, com área de drenagem de 2110 km², integra áreas de treze municípios, onde vivem cerca de 280.000 habitantes, que dedicam seu trabalho a atividades agrícolas, pecuárias e a indústrias de pequeno porte. O rio Santo Anastácio nasce no município de Regente Feijó, percorrendo uma extensão total de 145 km até a foz, no reservatório, com vazões líquidas variando entre 210 m³/s, para máximas, e 6,12 m³/s para mínimas.

A área total está representada por 32,50 % na parte alta, 35,40% na parte média e 32,10% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) áreas constituídas por extensos chapadões com declividades de até 20% nas partes altas e até 15% nas demais partes, com altitudes de 460 m na cabeceira do rio e 257 m junto ao reservatório;

b) forma alongada, medianamente fechada na parte alta, onde predominam as maiores declividades, e aberta e maior na parte média, apresentando os seguintes índices de compacidade (kc) e de conformação (Ic): parte alta, $kc = 1,463$ e $Ic = 0,1769$; parte alta + média $kc = 1,888$ e $Ic = 0,1619$; na área total de bacia $kc = 2,233$ e $Ic = 0,097$;

c) as declividades equivalentes, no leito do rio principal, são de: 0,1178% no trecho da parte alta, 0,0703% no trecho da parte alta + média e 0,0818% em todo o trecho do rio principal;

d) os índices de erosividade (R) estão entre 590 e 620 t . m / ha . mm/h, Nakahori e Figueiredo (2002)

e) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,212 e 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h), Nakahori e Figueiredo (2002), havendo predominância de solos PVA, argissolos vermelho-

amarelos, com índice de erodibilidade de $0,397 \text{ t / ha / (t . m / ha . mm / h)}$ em toda a área da sub-bacia. Nas áreas, próximas ao leito do rio principal e nas vizinhanças da foz do rio principal, há afloramento de solos LV, latossolos vermelhos, com índice de erodibilidade de $0,212 \text{ t / ha / (t . m / ha . mm / h)}$ em cerca de 10% da área da parte baixa.

Bacia do Ribeirão das Anhumas - quarta sub-bacia situada à esquerda e a jusante do reservatório do Jupuíá, com área de drenagem de 528 km^2 , integra áreas rurais pertencentes a dois municípios, onde vivem cerca de 40.400 habitantes que dedicam seu trabalho a atividades agrícolas, pecuárias e a indústrias de pequeno porte. O ribeirão das Anhumas nasce no município de Marabá Paulista, percorrendo uma extensão total de $43,75 \text{ km}$ até a foz, no reservatório, com vazões líquidas variando entre $52,55 \text{ m}^3/\text{s}$, para máximas, e $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$ para mínimas.

A área total está representada por 32% na parte alta, 38% na parte média e 30% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) áreas constituídas por extensos chapadões com declividades de até 15% nas partes altas e até 10% nas demais partes, com altitudes de 460 m na cabeceira do rio e 257 m junto ao reservatório;

b) formato de uma pêra, com alto índice de drenagem na parte alta, e seguintes índices de compacidade (k_c) bem como de conformação (I_c): na área total de bacia $k_c = 1,45$ e $I_c = 0,29$;

c) a declividade equivalente é de 0,119% em todo o trecho do rio principal;

d) os índices de erosividade (R) estão entre 600 e $630 \text{ t . m / ha . mm/h}$;

e) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,212 e $0,397 \text{ t / ha / (t . m / ha . mm / h)}$, havendo predominância de solos PVA, argissolos vermelho-amarelos, com índice de erodibilidade de $0,397 \text{ t / ha / (t . m / ha . mm / h)}$ em toda a área da sub-bacia. Nas áreas situadas nos espigões e proximidades, há afloramento de solos LV, latossolos vermelhos, com índice de erodibilidade de $0,212 \text{ t / ha / (t . m / ha . mm / h)}$.

Bacia do Rio Verde - primeira sub-bacia situada à direita e a jusante do reservatório do Jupuíá, com área de drenagem de 22.325 km^2 , integra áreas rurais pertencentes a vários municípios, cujos habitantes dedicam seu trabalho a atividades agrícolas e pecuárias. A área total está representada por 11,98 % na parte alta, 61,30% na parte média e 26,72% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) estima-se que as áreas são constituídas por extensos chapadões com declividades de até 15% nas partes altas, e até 10% nas demais partes, com altitudes de 650 m na cabeceira do rio e 257 m junto ao reservatório;

b) formato de uma pêra alongada, medianamente fechada na parte alta, onde predominam as maiores declividades;

c) estima-se que os índices de erosividade (R) estão entre 600 e 630 t . m / ha . mm/h;

d) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,212 e 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h), havendo predominância de solos PVA, argissolos vermelho-amarelos, com índice de erodibilidade de 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h).

Bacia do Rio Taquaruçu - segunda sub-bacia situada à direita e a jusante do reservatório do Jupuíá, com área de drenagem de 2.575 km², integra áreas rurais pertencentes a vários municípios, cujos habitantes dedicam seu trabalho a atividades agrícolas e pecuárias. A área total da sub-bacia está representada por 30 % na parte alta, 40% na parte média e 30% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) estima-se que as áreas são constituídas por extensos chapadões com declividades de até 15% nas partes altas e até 10% nas demais partes, com altitudes de 460 m na cabeceira do rio e 257 m junto ao reservatório;

b) forma alongada, medianamente fechada na parte alta, onde predominam maiores declividades;

c) estima-se que os índices de erosividade (R) estão entre 600 e 630 t . m / ha . mm/h;

e) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,212 e 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h), com predominância de solos PVA, argissolos vermelho-amarelos, com índice de erodibilidade de 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h).

Bacia do Rio Pardo - terceira sub-bacia situada à direita e a jusante do reservatório do Jupuíá, com área de drenagem de 32.889 km², integra áreas rurais pertencentes a vários municípios, cujos habitantes dedicam seu trabalho a atividades agrícolas e pecuárias.

A área total está representada por 11,98 % na parte alta, 58,02% na parte média e 30% na parte baixa; entre os demais dados e características físicas, destacam-se:

a) estima-se que as áreas são constituídas por extensos chapadões com declividades de até 15% nas partes altas e até 10% nas demais partes, com altitudes de 680m na cabeceira do rio e 257m junto ao reservatório;

b) a sub-bacia se divide em duas áreas de drenagem, nos trechos do rio situados nas partes alta e média, com predominância de forma alongada aberta em ambas. Na parte baixa, a forma é alongada e fechada, onde predominam as menores declividades;

c) estima-se que os índices de erosividade (R) estão entre 600 e 630 t . m / ha . mm/h;

d) os índices de erodibilidade (K) estão entre 0,212 e 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h), com predominância de solos PVA, argissolos vermelho-amarelos, com índice de erodibilidade de 0,397 t / ha / (t . m / ha . mm / h).

3 - MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO, FENÔMENOS ATUANTES E AVALIAÇÕES.

As principais sub-bacias localizadas na lateral esquerda apresentam características físicas, parâmetros geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos bem próximos, que também passaram por variações no tempo e no espaço, não muito diferenciadas com relação à dinâmica de ocupação e de ações antrópicas. No entanto, embora as principais sub-bacias localizadas na lateral direita, apresente características diferenciadas em relação à dinâmica de ocupação e de ações antrópicas, as demais características físicas e parâmetros também não são muito diferenciados. Com esta constatação adicionada, os resultados de análises criteriosas de comparações e correlações, em algumas seções, as descargas sólidas específicas (Qse) médias anuais puderam ser adotadas.

Os métodos de determinação das Qse são especificados abaixo e transcritos no quadro 1. Nas figuras 2, 3 e 4, são apresentados os gráficos gerados por meio de valores de Qse, em função de áreas de drenagem; e no quadro 2, estão as equações geradas, assim como as respectivas correlações.

Primeiro método de determinação (MD1) - nas seções do rio Aguapeí, LIPa, LIPm, e seção do rio do Peixe, LIPa(pn), indicadas na figura 1, as descargas sólidas em suspensão, médias anuais, foram determinadas com dados de medições e coletas de sedimentos nos postos Hidrossedimentométricos; prefixo 7C -002S, referente à seção do LIPa; 8C - 004S, referente à seção do LIPm; e prefixo 7D-009S, referente à seção do LIPa(pn).

Os valores finais das descargas sólidas específicas (Qse), médias anuais, são apresentados no quadro 1 e as atividades executadas, para definir os valores, estão relatadas a seguir:

a) leituras das réguas limnimétricas e coletas de sedimentos diárias, determinação das respectivas vazões líquidas, pela utilização das curvas-chave, e concentrações de sedimentos, pela execução de ensaio específico no laboratório. Após análise de consistência dos dados, cada descarga sólida em suspensão, média diária, foi determinada pela multiplicação de cada vazão líquida, média diária (m^3/s), pela respectiva concentração de sedimento, média diária, em partes por milhão (p.p.m);

b) valores mais confiáveis de descargas sólidas em suspensão, médias diárias, foram obtidos por técnicos especializados do Centro Tecnológico de Hidráulica do Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, por meio de medições isoladas de vazões líquidas e coletas de amostras de sedimentos, em média, a cada 45 dias;

c) com dados de descargas sólidas em suspensão, médias diárias, originadas de medições e coletas diárias, e de dados descargas sólidas em suspensão, médias diárias, originadas de medições isoladas, determinaram-se equações e coeficientes de correlações. Em função dos resultados,

adotaram-se coeficientes de ajustes, os quais foram aplicados aos valores de descargas sólidas em suspensão, médias diárias, para os períodos de cheias e de estiagens;

d) adicionando-se as descargas sólidas em suspensão, médias diárias, às respectivas descargas sólidas médias de fundo, tornou-se possível a obtenção das descargas sólidas totais, médias diárias.

Com todos os valores, do período de janeiro de 1972 a dezembro de 1991, e as respectivas áreas de drenagem, calcularam-se as descargas sólidas específicas (Q_{se}), médias anuais, e identificaram-se as Q_{se} máximas e mínimas anuais, em $t \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$.

Analisando-se as características do material do fundo e de dados de coletas, provenientes de medições isoladas, executadas em seções de calhas fluviais da região, definiu-se que a descarga sólida de fundo representa de 3% a 5% da descarga sólida em suspensão. Portanto, os valores das Q_{se} , médias anuais, transcritas no quadro 1, correspondem aos valores das descargas sólidas em suspensão, médias anuais, acrescidos de 5%, correspondentes às descargas sólidas de fundo, também consideradas médias anuais.

Segundo método de determinação (MD2) – verificando-se que as principais características, presentes nas partes alta e média, também estão presentes na parte baixa da sub-bacia, calcularam-se os valores das Q_{se} , médias anuais, correspondentes à foz do rio Aguapeí, determinadas as médias ponderadas, com dados de Q_{se} , médias anuais, das seções LIPa e LIPm;

Terceiro método de determinação (MD3) – Nas seções do rio do Peixe, LIPa, LIPm, e foz do rio, as Q_{se} médias anuais, foram definidas em função da curva do gráfico logarítmico, gerado com dados de Q_{se} , médias anuais, correspondentes às seções da parte alta do rio do Peixe, das partes alta e média e foz dos rios Aguapeí e Santo Anastácio. Procedimento justificado em razão de que, somente na parte alta do rio do Peixe, as Q_{se} foram bem superiores. Todavia, nas demais seções estudadas, elas não variaram no tempo e no espaço, em relação aos valores determinados nas seções das sub-bacias do rio Aguapeí e rio Santo Anastácio.

Quarto método de determinação (MD4) – Na seção do rio Santo Anastácio LIPa(pn), as Q_{se} médias anuais, foram definidas em função do volume de sedimentos depositados no reservatório, do volume de sedimentos que passaram pelo vertedor da barragem do reservatório de captação de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), no período de 05.86 a 06.92, e de dados de sedimentos coletados, em vários pontos do reservatório, com os quais se definiu o peso específico aparente γ_{ap} , em $t \cdot m^{-3}$.

Quinto método de determinação (MD5) – Nas seções do rio Santo Anastácio, LIPa, LIPm e foz do rio, os valores das Q_{se} , médias anuais, foram definidos em função de dados de Q_{se} , médias anuais, determinadas para a seção denominada LIPa(pn), definida anteriormente, coeficientes de transporte sólidos, gerados a partir de dados de produções de sedimentos nas áreas de drenagem,

precipitações pluviométricas médias, referentes às áreas das sub-bacias dos rios Aguapeí e Santo Anastácio, e dados de Qse correspondentes às seções da sub-bacia do rio Aguapeí.

Sexto método de determinação (MD6) – Nas seções do Ribeirão das Anhumas, LIPa, LIPm e foz do rio, os valores das Qse, médias anuais, foram definidos em função da curva do gráfico logaritmo, gerado com dados de Qse, médias anuais, correspondentes às seções LIPa(pn) do rio do Peixe, LIPa e LIPm, foz do rio Aguapeí e foz do rio Santo Anastácio. Considerando-se que as variações dos dados e características das áreas das sub-bacias do rio Aguapeí, rio Santo Anastácio e ribeirão das Anhumas não são e não foram muito diferenciadas no tempo e no espaço, esse critério é aceitável.

Quadro 1 – Dados das sub-bacias, de descargas sólidas específicas e totais anuais

Sub-Bacias	Áreas de Drenagem (km ²)		Períodos (mês / ano)	Métodos (MDn)	Qse (t . km ⁻² . ano ⁻¹)			Qst (t.ano ⁻¹)
					Máxima	Média	Mínima	
Aguapeí (A)	LIPa =	3.670	01/72 a 12/91	MD1	101,62	49,98	23,60	183.427
	LIPm =	8.643	01/72 a 12/91	MD1	131,28	68,76	32,18	594.293
	Na foz =	12.120		MD2	117,78	61,69	28,87	747.683
Peixe (B)	LIPa(pn) =	1.061	01/72 a 12/76	MD1	495,40	363,07	194,10	385.217
	LIPa =	3.073		MD3	150,29	74,04	34,96	227.525
	LIPm =	7.170		MD3	119,82	62,76	29,37	449.989
	Na foz =	10.243		MD3	111,94	58,53	27,44	599.523
St.Anastácio (C)	LIPa(pn) =	201	01/72 a 12/91	MD4	220,68	108,54	51,23	21.817
	LIPa =	686		MD5	150,26	74,02	34,94	50.778
	LIPm =	1.433		MD5	121,39	59,80	28,22	85.693
	Na foz =	2.110		MD5	104,62	51,54	24,33	108.749
R.Anhumas (D)	LIPa =	169		MD6	268,10	112,30	66,20	18.979
	LIPm =	370		MD6	208,15	106,30	56,22	39.331
	Na foz =	528		MD6	201,05	102,00	50,00	53.856
Verde (E)	LIPa =	2.674		MD8	53,36	30,08	16,69	80.434
	LIPm =	15.628		MD8	39,74	21,55	12,14	336.783
	LIPb(pf) =	21.255	08/02 a 10/03	MD7	37,76	20,33	11,48	432.114
	Na foz =	22.325		MD8	37,45	20,14	11,38	449.626
Taquaruçu (F)	LIPa =	773		MD9	74,93	40,85	22,78	31.577
	LIPm =	1803		MD9	68,60	37,09	20,07	66.873
	Na foz =	2.575		MD9	66,09	35,61	19,03	91.696
Pardo (G)	LIPa =	3.940		MD8	98,27	52,41	23,04	206.495
	LIPm =	23.023		MD8	69,50	37,69	16,09	867.737
	LIPb(pf) =	31.027	08/02 a 10/03	MD7	65,55	35,65	15,04	1.106.113
	Na foz =	32.889		MD8	64,81	35,26	14,86	1.159.666
Ad. LD.	Na foz =	5.758		MD8	68,60	37,09	20,07	213.564
Ad .LE.	Na foz =	4.213		MD8	121,39	59,80	28,22	251.937
	Total (LD) =	63.547						1.914.552
	Total (LE) =	29.214						1.761.748
	Total (AI) =	92.761						3.676.300

Legenda:

Qse = descarga sólida específica

Ad = sub-bacias adicionais

Qst = descarga sólida total anual

LD = lateral direita

Total (AI) = total da área incremental do reservatório

LE = lateral esquerda

MDn = métodos utilizados para determinação das Qse, transcritos no texto.

LIPa = limite inferior da parte alta

LIPm = limite inferior da parte média

LIPb(pf) = limite inferior da parte baixa, próximo da foz

LIPa(pn) = limite inferior da parte alta, próximo da nascente.

Sétimo método de determinação (MD7) – Nas seções do rio Verde e do rio Pardo, LIPb(pf), indicadas na figura 1, os valores das Qse médias anuais, foram extraídos do artigo publicado por Carvalho et al. (2004). Os dados referentes a cada uma das seções são resultados de duas campanhas, medições de vazões líquidas e coletas de sedimentos por mês, no período chuvoso; e uma campanha por mês, no período de estiagem, durante o período total de agosto de 2002 e outubro de 2003. Com estes dados de Qse, médias anuais, calculados com vazões líquidas e concentrações de sedimentos bem como de vazões líquidas, medidas no período de 1964 a 2001, foram geradas curvas-chave de sedimentos e respectivas equações, com as quais se definiram as Qse, médias anuais, em cada uma das seções. As descargas sólidas de fundo foram calculadas pelo método modificado de Einstein.

Oitavo método de determinação (MD8) – Nas seções dos rios Verde e Pardo, LIPa, LIPm, foz do rio Verde e foz do rio Pardo, as Qse médias anuais, foram definidas da seguinte forma:

a) adoção do mesmo desenvolvimento da curva do gráfico logaritmo gerado (desenvolvimento das vazões sólidas específicas, médias anuais, em função de áreas de drenagem) com dados de Qse, médias anuais, referentes às seções estudadas das sub-bacias situadas na lateral esquerda do reservatório, no estado de São Paulo, em função de áreas de drenagem;

b) com base nos dados de Qse, médias anuais, extraídos do artigo publicado por Carvalho et al. (2004), das seções denominadas LIPb(pf).

A adoção do mesmo desenvolvimento da curva do gráfico gerado (desenvolvimento das vazões específicas médias em função de áreas de drenagem) com dados de Qse, médias anuais, referentes às seções estudadas das sub-bacias situadas na lateral esquerda do reservatório, no estado de São Paulo, em função de áreas de drenagem, é justificada, porque melhor representa as características regionais em relação aos parâmetros geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, coeficientes de erosividades e erodibilidades, quando comparado ao desenvolvimento da curva de Khosla, aplicada nos EUA e apresentada por Carvalho (1994).

Nono método de determinação (MD9) – Nas seções do rio Taquaruçu, LIPa, LIPm e foz do rio, as Qse médias anuais, foram definidas em função da curva do gráfico logaritmo, gerado com

dados de Qse, médias anuais, referentes às seções LIPb(pf), LIPa, LIPm e foz, correspondentes às sub-bacias do rio Verde e rio Pardo.

Os valores das Qse, máximas e mínimas, indicados no quadro 1, com exceção do método de determinação MD1, já especificado, para os demais métodos (do MD2 ao MD9) foram adotados em função das Qse, médias anuais. Estas máximas e mínimas foram calculadas com aplicação de percentuais aos valores das Qse, médias anuais, cujas percentagens são as mesmas verificadas entre valores de Qse, médias anuais e máximas anuais (acréscimo) e valores de Qse, médias anuais e mínimas anuais (decréscimo), referentes às seções, situadas nos limites inferiores das partes alta e média da sub-bacia do rio Aguapeí.

Quadro 2 – Equações e correlações

Sub-Bacias	AD (km ²)	Equações Qse = f (AD) e R ²					
		Máximo	R ²	Médio	R ²	Miníno	R ²
A	12.120	20407,7 AD ^{-0,3336}	0,614	1719,2 AD ^{-0,3694}	0,582	1153,4 AD ^{-0,4091}	0,607
B	10.243	38140 AD ^{-0,6486}	0,887	67979 AD ^{-0,7883}	0,841	52977 AD ^{-0,8456}	0,838
C	2.110	1162,9 AD ^{-0,3131}	0,999	570 AD ^{-0,3124}	0,999	269,03 AD ^{-0,3124}	0,999
D	528	1028,4 AD ^{-0,2642}	0,961	420,27 AD ^{-0,2392}	0,968	228,25 AD ^{-0,2401}	0,986
E	22.325	199,07 AD ^{-0,1668}	1	133,66 AD ^{-0,1890}	1	69,328 AD ^{-0,1805}	1
F	2.575	149,94 AD ^{-0,1043}	1	87,228 AD ^{-0,1141}	1	61,560 AD ^{-0,1495}	1
G	32.889	498,72 AD ^{-0,1962}	1	245,85 AD ^{-0,1868}	1	127,45 AD ^{-0,2066}	1
A+B+C+D	25.001	696,63 AD ^{-0,198}	0,417	309,61 AD ^{-0,1789}	0,26	189,20 AD ^{-0,2093}	0,297
E+F+G	57.789	149,78 AD ^{-0,1041}	0,202	82,853 AD ^{-0,1063}	0,212	61,621 AD ^{-0,1496}	0,62
A até G	82.790	994,50 AD ^{-0,2798}	0,484	454,39 AD ^{-0,2625}	0,422	267,98 AD ^{-0,2842}	0,496

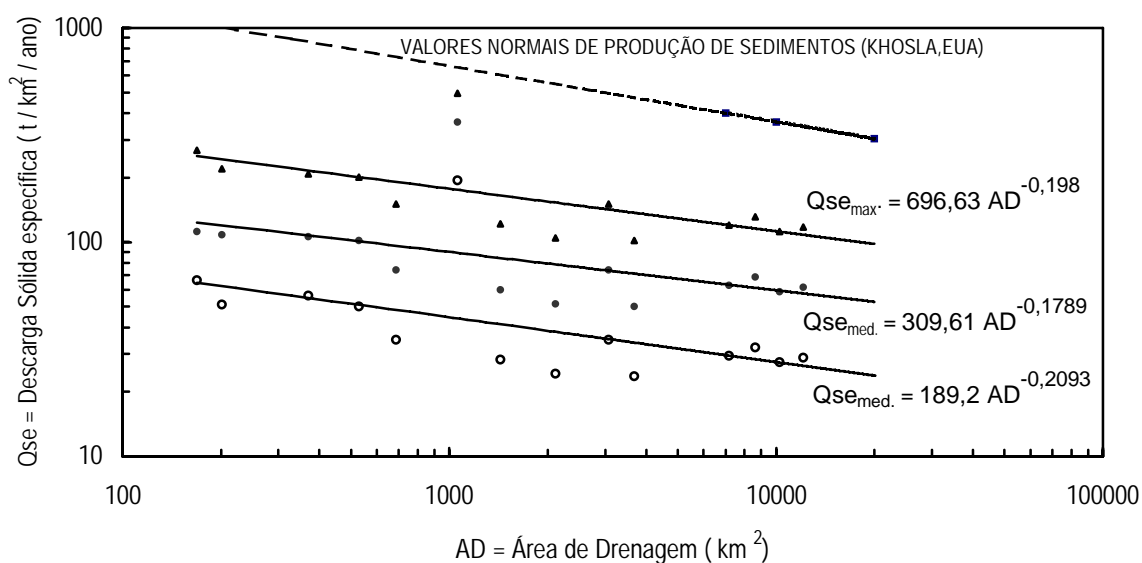


Figura 2 – Relação entre descargas sólidas específicas e áreas de drenagem das sub-bacias da lateral esquerda do reservatório.

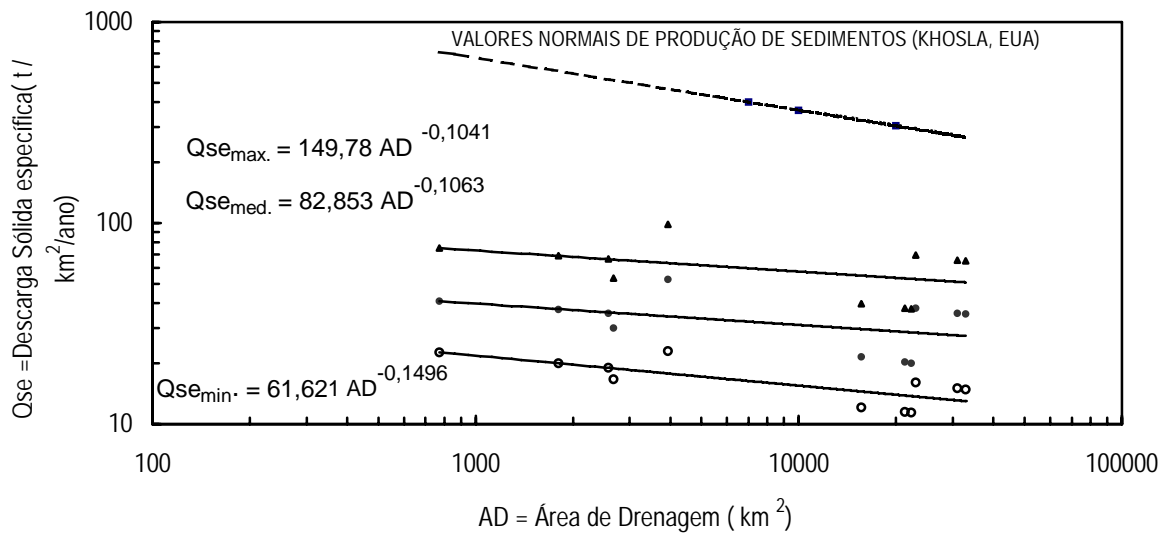


Figura 3 – Relação entre descargas sólidas específicas e área de drenagem das sub-bacias da lateral direita do reservatório.

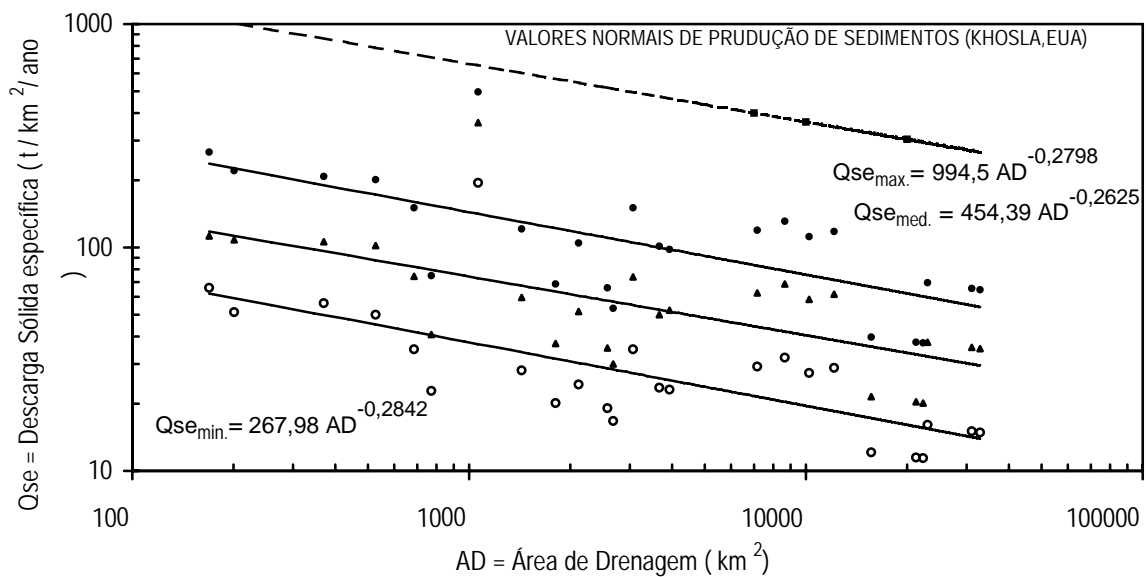


Figura 4 - Relação entre descargas sólidas específicas e áreas de drenagem de todas as sub-bacias laterais do reservatório.

3.1 - Fenômenos erosivos e de assoreamentos identificados

Nas áreas das sub-bacias localizadas na lateral esquerda do reservatório, devido ao desmatamento intenso e ao uso e manejo do solo contínuo, sem planejamento e orientações

técnicas, apresentam-se sérios problemas de degradação em função de ações de fenômenos erosivos acelerados e assoreamentos das calhas fluviais, cujos fatores que mais se destacam são:

a) em cada área de município com elevada perda de solo, entre 80% e 100% dessas perdas de solo são provenientes de culturas anuais e permanentes, que ocuparam, no início da década dos anos de 1970, de 10 a 20% da área total de cada município, cujas áreas ocupadas com culturas anuais, as perdas de solo estão acima dos limites considerados como toleráveis;

b) praticamente em quase todos os municípios, as áreas ocupadas com matas e cerrados estão abaixo de 5%, pois em alguns municípios não existem áreas ocupadas com matas e cerrados;

c) os sedimentos produzidos nas áreas urbanas são provenientes do crescimento acentuado, sem planejamento; da implantação de loteamentos e conjuntos habitacionais em locais não apropriados; de projetos de drenagem e práticas de parcelamento de solos inadequados e deficientes;

d) as maiores erosões urbanas e rurais (boçorocas) estão nas áreas dos municípios, identificadas como críticas, situadas nas partes altas e próximas ao divisor d'água das sub-bacias;

e) há predomínio de ações erosivas nos trechos das calhas fluviais, situadas nas partes altas das sub-bacias hidrográficas; já nas partes médias e baixas, nas áreas em processo acentuado de degradação, predominam assoreamentos contínuos e progressivos das calhas fluviais;

f) nas sub-bacias dos rios Aguapeí, Peixe e Santo Anastácio, com áreas urbanizadas, tanto nas partes altas, próximas às nascentes, como nas partes altas, próximas do divisor d'água, identificaram-se diminuições nas alturas das lâminas d'águas e acréscimos nas larguras das calhas, provocados pelos aumentos do assoreamento, sobretudo nos trechos médios, na foz dos tributários, em razão do aumento das descargas sólidas provindas das partes altas e dos espigões;

g) pelos valores do quadro 1, a Qse representativa dos tributários das sub-bacias situadas no lado esquerdo do reservatório é de $60,30 \text{ t} \cdot \text{Km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$ e o total médio anual de $1.761.748 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Na lateral direita do reservatório, devido à falta de mapeamentos e levantamentos topográficos, os dados e características físicas são escassos e/ou inexistentes. Embora em menor escala, os fenômenos relatados sobre as sub-bacias localizadas na lateral esquerda praticamente são os mesmos identificados na lateral direita do reservatório, cujos fatores que mais se destacam são:

a) as ocupações intensas e as ações antrópicas ocorreram cerca de 50 anos mais tarde do que na lateral esquerda, incluindo-se desmatamentos intensos e queimadas para a implantação de pastagens cultivadas em grandes áreas;

b) as áreas urbanizadas são pequenas e, nos poucos municípios que mantêm áreas ocupadas com culturas anuais, estima-se que as perdas de solo estão acima dos limites toleráveis, sendo mínimas as áreas ocupadas com matas naturais e cerrados;

e) pelos valores do quadro 1, a Q_{se} representativa dos tributários das sub-bacias situadas no lado direito do reservatório é de $30,13 \text{ t} \cdot \text{Km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$, com total médio anual de $1.914.552 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$;

f) estima-se que há predomínio de ações erosivas nos trechos das calhas fluviais situadas nas partes altas das sub-bacias hidrográficas; já nas partes médias e baixas, nas áreas em processo acentuado de degradação, predominam assoreamentos contínuos e progressivos;

g) a sub-bacia do rio Pardo apresenta valores elevados de Q_{se} , provindas de um dos principais tributários, o rio Anhanduí-Guaçu, cuja nascente se localiza nas proximidades do perímetro urbano da cidade de Campo Grande, capital do estado do Mato Grosso do Sul.

3.2 - Avaliação do assoreamento no reservatório

A avaliação do volume depositado no reservatório foi realizada com base no total médio anual de descarga sólida, de $3.676.300 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$; correspondente a Q_{se} média anual, de $39,63 \text{ t} \cdot \text{Km}^{-2} \cdot \text{ano}^{-1}$, representativa dos tributários de todas as sub-bacias situadas nas laterais do reservatório e em alguns dados relatados por Carvalho et al. (2004), sendo: descarga sólida total, média anual, afluyente ao reservatório, $Q_{st} = 12,3 \times 10^6 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$; peso específico inicial, $\gamma_{ap} = 1,12 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$, calculado com base na granulometria do sedimento (46% de seixo e areia, 25% de silte e 29% de argila) e no tipo de operação do reservatório; volume do reservatório, para alcançar a tomada d'água (cota 229 m) da barragem = $470,8 \text{ hm}^3$, com 75 anos de operação; eficiência de retenção de sedimentos, $E_r = 0,82$, calculada pelo método de Brune, peso específico dos depósitos para anos futuros, com aplicação da equação de Lara e Pemberton e estimativa de volumes a serem depositados no reservatório em 70 anos de 427 hm^3 , em 80 anos de 514 hm^3 e em 90 anos de 610 hm^3 .

Adicionando o valor da Q_{st} , média anual, indicado no quadro 1, de $3.676.300 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$, ao valor da descarga sólida, média anual, provinda da barragem do Jupia jusante, de $6.550.000 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$, tem-se o novo valor Q_{st} , média anual, afluyente ao reservatório, de $10.226.300 \text{ t} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Os volumes depositados no reservatório, ano a ano (S), foram calculados pela multiplicação da Q_{st} afluyente, média anual, em $\text{t} \cdot \text{ano}^{-1}$, pela eficiência de retenção de sedimentos (E_r) e divisão pelo peso específico dos depósitos $\gamma_{ap} = 1,522 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ (estimado em função dos valores relatados acima), igual a $5.509.570 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$. Por fim, com a divisão do valor do volume do reservatório, para alcançar-se a tomada d'água da barragem = $470,80 \text{ hm}^3$ pelo volume das descargas sólidas depositadas no reservatório, estimou-se que as descargas sólidas alcançarão a tomada d'água da barragem em cerca de 85 anos. No entanto, considerando que em duas sub-bacias, situadas na

lateral esquerda, e em uma sub-bacia, situada na lateral direita, há reservatórios que estão retendo cerca de 6 % da descarga sólida total afluente aos mesmos, pode-se adicionar mais cinco anos ao período em que as descargas sólidas alcançarão a tomada d'água da barragem.

4 - CONCLUSÕES

A partir da década de 80, em função de campanhas de educação ambiental, programas de recuperação de microbacias do estado de São Paulo, iniciativas tomadas pelos próprios agricultores, para a implantação de terraços e outras práticas conservacionistas, bem como o crescimento das áreas ocupadas com culturas permanentes, com destaque para pastagens cultivadas, e, conseqüentemente decréscimo das áreas ocupadas com culturas anuais, estima-se que as perdas de solo, nas áreas rurais, estão cerca de 30 a 50% menores que as quantificadas na década de 1970.

Das quatro equações transcritas no quadro 2, de A a D, somente a equação gerada para a sub-bacia A, do rio Aguapeí, apresentou correlação baixa, justificada em razão da ocorrência de elevados assoreamentos na calha fluvial situada na parte média, Qse médias anuais, não muito elevadas no LIPa, devido à forma da sub-bacia, medianamente alerta na cabeceira, e, conseqüentemente, baixos valores de Qse na foz do rio.

A equação gerada com dados de todas as seções situadas na lateral esquerda do reservatório, de A a D, apresentou correlação baixa, mas, com critério, poderá ser utilizada para estudos e projetos, em razão de ter sido gerada com um número razoável de dados medidos e coletados, refletindo parâmetros e características próprias regionais.

As equações transcritas no quadro 2, de E a G, apresentaram ótimas correlações, todavia somente após a obtenção de dados adicionais de Qse é que se contará com valores mais justificáveis.

A equação gerada com dados de Qse de todas as seções situadas na lateral direita do reservatório, de E a G, conforme metodologia especificada no texto, apresentou correlação baixa, porém somente após a obtenção de dados adicionais que se contará com valores mais justificáveis.

A equação gerada com todos os dados de Qse das seções situadas nas laterais do reservatório, de A a G, resultantes das metodologias aplicadas e especificadas no texto, apresentou correlação baixa, mas somente após a obtenção de dados adicionais de Qse das seções das sub-bacias situadas na lateral direita do reservatório se poderá contar com valores mais justificáveis.

Concluiu-se que será mais recomendável adotarem-se aplicações das equações individuais, geradas para cada sub-bacia quanto para cada lateral do reservatório, do que se adotar, diretamente, o mesmo desenvolvimento da curva gerada por Khosla, EUA.

Nas figuras 2 e 3, identifica-se que, se for adotado o mesmo desenvolvimento da curva de Khosla, EUA, com os valores das seções de cada lateral do reservatório, os valores de Q_{se} médios anuais, serão maiores para áreas de drenagem acima de 30.000 km^2 e menores para áreas inferiores a 30.000 km^2 . Na figura 4, o desenvolvimento da curva de Khosla, EUA está muito próximo do desenvolvimento das curvas geradas com Q_{se} médias anuais, referentes a todas as seções estudadas. Destaca-se que esta afirmação somente está relacionada com desenvolvimento da curva (ângulo ascendente), pois os valores das descargas médias, geradas pela equação representativa da curva de Khosla estão cerca de 900% maiores.

Na hipótese de que não haja decréscimos nas descargas sólidas específicas afluentes ao reservatório estima-se que o assoreamento no reservatório, até a cota da tomada d' água, ocorra em cerca de 90 anos. Acredita-se que a tendência, para os próximos anos, é de decréscimo acentuado na produção e no transporte de sedimentos em toda área incremental do reservatório em razão da implantação de vários programas conservacionistas e obras, com a finalidade de minimizar as perdas de solo; da construção de oito barragens previstas, na sub-bacia do rio Verde, e também do volume de sedimentos que são retirados diariamente do reservatório, para utilização na construção civil.

Pelos cálculos, a taxa de assoreamento média anual, em 90 anos, referente ao volume do reservatório, para alcançar a tomada d' água (cota 229 m) da barragem é de 1,12 %. Esta taxa de assoreamento não está muito distanciada de alguns estudos publicado, ou seja: Figueiredo (1998) relatou que o reservatório de captação de água para o município de Presidente Prudente (SP), com uma área de drenagem de $201,20 \text{ km}^2$ a montante e situado na cabeceira da sub-bacia do rio Santo Anastácio, apresentou uma taxa de assoreamento média anual de 0,8669% durante um período de quatro anos (1972 a 1975) e, após passar por mudança do uso do solo, de cultivo com culturas anuais para predomínio de pastagens cultivadas, num período posterior a taxa média anual foi de 0,4853%, média de cinco anos (1987 a 1991); Mahamood (1987), citado por Carvalho (1994), estimou que a perda de capacidade total anual, como valor médio mundial, tenha sido de 1%, o que corresponde a uma perda de 50 Km^3 a cada ano para os reservatórios construídos até 1978.

5 - RECOMENDAÇÕES

As técnicas para a recuperação das sub-bacias hidrográficas, de forma a implantar-se um desenvolvimento sustentável, são de domínio de todos os pesquisadores e estudiosos na área. No entanto há a necessidade de maior empenho tanto dos proprietários das terras como das autoridades governamentais. Entre as inúmeras recomendações, destacam-se:

a) implantação, em curto prazo, de um plano de ação integrada de conservação do solo e da água nas áreas críticas, para, em seguida, estendê-lo às demais áreas de riscos, moderado e baixo. Deverão ser adotados os fatores integrantes da Equação Universal de Perda de Solo, relatada em Figueiredo et al. (1995), para se planejarem o uso e o manejo do solo, de forma que as perdas de solo não excedam os limites considerados como toleráveis pelos especialistas da área;

b) construção de bacias de águas superficiais nas laterais das estradas vicinais sem pavimentação, com implantação de serviços de manutenção permanente, e bacias subterrâneas, nas áreas rurais, próximas às nascentes;

c) implantação de obras estruturais e/ou não estruturais, as mais simples possíveis e menos onerosas, para se eliminarem as erosões rurais e urbanas dos tipos ravinas e boçorocas;

d) aplicação da legislação ambiental e demais legislações específicas, municipais, estaduais e federais, em desmatamentos, para a implantação de loteamentos, construções e outras;

e) execução de serviços de desassoreamento nos trechos críticos das calhas fluviais, a fim de que o escoamento fluvial atinja um equilíbrio dinâmico com o passar dos anos, em função da diminuição da produção de sedimentos na área da bacia;

f) ampliação do número de postos hidrossedimentométricos e de campanhas de medidas e coletas de sedimentos nas calhas fluviais dos principais rios, com destaque para os rios situados na lateral direita, no estado de Mato Grosso do Sul;

g) identificação dos principais pontos no reservatório, em processo de assoreamento, para coletar amostras em vários níveis de profundidade, de forma a verificarem as variações do peso específico aparente para que o valor médio seja bem representativo, quando for utilizado para determinação do volume assoreado em função do tempo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelos auxílios financeiros concedidos para apresentações, publicações de artigos e pelas bolsas concedidas aos alunos que desenvolveram pesquisas e cartas pedológicas, de erosividades e de erodibilidades das sub-bacias hidrográficas, situadas na lateral esquerda do reservatório da hidrelétrica Sérgio Motta.

BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, N.O. (1994). *Hidrosedimentologia Prática*, Ministério de Minas e Energia, Eletrobrás-CPRM- Rio de Janeiro, 372 pp.
- CARVALHO, N.O.; CASTRO ALVES, C.F.; SANTOS OLIVEIRA, A.M.; BURATTO, R.B.; VIEIRA PERRELLA, M.C.; CELERI, A.; TANAKA, R.; SOARES FERREIRA, A. (2004). “*Estudo Sedimentológico do Reservatório de Porto Primavera, Rio Paraná (Brasil)*” in Anais do VI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Vitória (ES), ed. ABRH, Porto Alegre (RS), (Brasil), pp. 281- 285.
- FIGUEIREDO, A.G.; SPENCER VERAS JÚNIOR, M.; NOGUEIRA, A. A. S.; LOMBARDI NETO, F. (1995). “*A Dinâmica da Produção e Transporte de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio Aguapeí*”, Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Bt PHd., São Paulo (Brasil), v.1,n.17, 30 pp.
- FIGUEIREDO, A.G. (1998). “*A Dinâmica dos Sedimentos Transportados em Suspensão a Montante do Reservatório da SABESP, no município de Presidente Prudente (SP)*” in Anais do III Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Belo Horizonte (MG), Assoreamento de Reservatório e Erosão a Jusante, ed. ABRH, Porto Alegre (RS), Brasil), v.1, pp. 67-74.
- FIGUEIREDO, A.G. (1999). “*A degradação do Solo e o Assoreamento dos Mananciais do Oeste do Estado de São Paulo*” in Anais do IV SILUSBA – Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, ed. APRH, Coimbra, Portugal, v.1, pp. 153.
- FIGUEIREDO, A.G. (1999). “*O Transporte de Sedimentos na Bacia Fluvial do Rio Aguapeí, afluente do Rio Paraná*” in Anais do International Symposium on Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins, Manaus (AM), ed. HiBam – Hydrology and Geochemistry of the Amazon Basin, Manaus, v.1, resumo, pp. 64.
- FURLANETTI ROTTA, T.L.; FIGUEIREDO, A.G. (2001). “*Carta de Solo da Bacia do Rio Aguapeí, atualizada com base no Mapa Pedológico de São Paulo*” in Anais do XIII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Bauru (SP), ed. UNESP, São Paulo, v.1, resumo, pp.194.
- GALLIS, R.B.A.; FIGUEIREDO, A.G. (1999). “*Determinação dos Fatores Básicos da Equação Universal de Perda de Solo para a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe*” in Anais do XI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Araraquara (SP), ed. UNESP, São Paulo, v.1, resumo, pp.118.
- GIMENEZ, R.; FIGUEIREDO, A.G. (1996). “*Determinação de Algumas Características Físicas da Bacia do Rio do Peixe*”, In: Anais do Seminário; Impacto das Novas Tecnologias na Engenharia Cartográfica, organizado pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual

Paulista “Julio Mesquita Filho”, UNESP, Campus de Presidente Prudente (SP), ed. UNESP, São Paulo, v.1, pp.127 – 133.

NAKAHORI, A. A. G.; FIGUEIREDO, A.G. (2002). “*Cartas com Curvas de Erosividade e Fatores Básicos, da Equação Universal de Perda de Solo, da Bacia do Rio Santo Anastácio, situada no Oeste do Estado de São Paulo*” in Anais do 5º Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, São Paulo, ed. IPT, São Paulo, v.1. pp.459 - 470.

REMELI, C.M.; FIGUEIREDO, A.G. (2000). “*Determinação dos Fatores e Curvas de Erosividade da Bacia do Rio Aguapéí*” in Anais do XII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, Campus de São José do Rio Preto (SP), ed. UNESP, São Paulo, v.1, pp.172.

VANONI, V. A. (1977). *Sediment Engineering, Prepared by the ASCE Task Committee for the Preparation of the Manual on Sedimentation*, New York (EUA), 745 pp.