

### RESUMO

Os canais de drenagem da bacia do riacho Água da Cachoeira foram drasticamente alterados pela erosão. O monitoramento dos parâmetros hidráulicos e de qualidade de água desses canais, ao longo do processo de recuperação, indicou o novo equilíbrio alcançado em oito anos (1995-2003) no sistema hídrico. A Água da Cachoeira teve uma significativa retração da largura, de 25,0 m para 1,8 m, um aumento da lâmina de água de 0,053 m para 0,64 m. O raio hidráulico passou de 0,0527 m para 0,374 m e a carga total de sedimentos caiu de 31,91 g/s para 1,61 g/s. O ribeirão do Alegre também mostrou recuperação devido ao manejo mais adequado em seu tributário. A largura diminuiu de 13,8 m para 6,6 m; a lâmina aumentou de 0,12 m para 0,36 m e o raio hidráulico também se elevou, de 0,14 m para 0,33 m, indicando o “reajuste” ocorrido nos canais. Houve uma diminuição da turbidez, de 34 NTU para 10,1 NTU, e da concentração de sedimentos em suspensão. A fração orgânica é mais expressiva atualmente, mostrando a influência da densa vegetação herbácea próxima às margens dos rios.

**Palavras-chave:** canais, parâmetros hidráulicos, qualidade da água, recuperação, sedimentos.

### ABSTRACT

The river channels of the Água da Cachoeira basin, Paraguaçu Paulista, São Paulo State, Brazil, had been drastically altered by past soil erosion. Hydraulic and water quality parameters recorded during the restoration process (1995-2003) indicated that a new equilibrium established in this channel system. The channel width of the Água da Cachoeira decreased from 25 m to 1.8 m, and the water level increased from 0.05 m to 0.64 m. Its hydraulic radius

<sup>1</sup> Rua Otávio Mangabeira, 81, CEP 13401-555, Piracicaba, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Floresta Estadual de Assis, Caixa Postal 104, CEP 19800-000, Assis, SP, Brasil.

increased from 0.0527 m to 0.374 m and the solid discharge decreased from 31.91 g/s to 1.61 g/s. The Alegre river showed a readjustment too. Its width decreased from 13.8 m to 6.6 m; the water level increased from 0.12 m to 0.36 m; and the hydraulic radius increased from 0.14 m to 0.33 m. Turbidity decreased from 34 NTU to 10.1 NTU and the concentration of suspended solids fell, too. The high fraction of organic sediment reflects current land use which results in a dense herbaceous vegetation close to the channel banks.

**Key-words:** hydraulic parameters, reclamation, sediments, water quality.

## INTRODUÇÃO

O processo de erosão e o conseqüente assoreamento alteram a rede de drenagem das bacias hidrográficas. A morfologia da calha de seus riachos, ribeirões e rios é modificada, evidenciando o desequilíbrio no sistema. As modificações das seções transversais dos canais influenciam a energia do escoamento e também os aspectos qualitativos das águas. Uma das formas mais precisas de se verificar os resultados do processo de recuperação é o monitoramento das condições hidráulicas dos canais de drenagem, pois esses sofrem as ocorrências verificadas na bacia hidrográfica contribuinte.

Dessa forma foi realizado um levantamento diagnóstico das condições hidráulicas dos canais de drenagem da bacia da Água da Cachoeira (Figura 1), município de Paraguaçu Paulista, SP, na fase inicial do processo de recuperação, em 1995. No ano 2000 foram realizadas medições em três seções, e em 2003, em quatro.

## LEVANTAMENTO HIDRÁULICO DIAGNÓSTICO DE SUPERFÍCIE

A época seca foi considerada a mais adequada para esse levantamento, devido principalmente ao fato dos canais serem alimentados somente pelo lençol freático. Nessa época ocorrem os mínimos valores de vazão e de carga de sedimentos, possibilitando maiores comparações entre os parâmetros geométricos e sedimentométricos entre os canais e entre os períodos de estiagem e chuvoso.

### Parâmetros hidráulicos

- 1. Largura da seção,  $X_h$ , (m)**, é extremamente aumentada com o assoreamento. Com o controle da erosão espera-se uma retração.
- 2. Lâmina ou nível d'água,  $Y_h$ , (m)**, é também alterada pelo assoreamento, sendo reduzida. Com o manejo adequado espera-se um aumento.

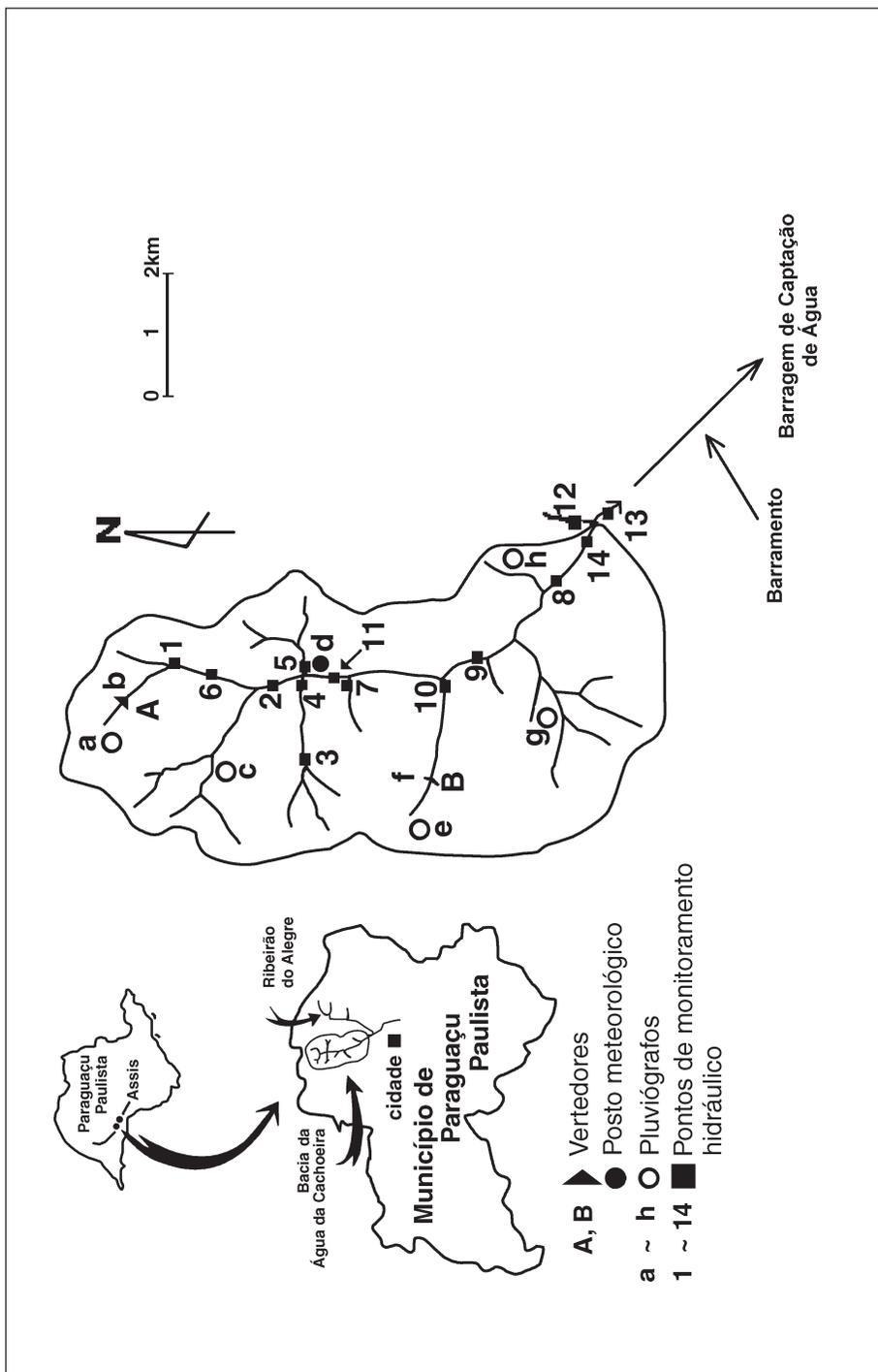


Figura 1. Localização da bacia da Água da Cachoeira no município de Paraguaçu Paulista, SP, com os pontos de coleta de dados.

**3. Raio hidráulico,  $R_h$ , (m)**, é obtido mediante a relação:

$$R_h = \frac{\text{Área molhada}(m^2)}{\text{Perímetro molhado}(m)} \dots\dots\dots(1)$$

Com o assoreamento, o raio hidráulico sofre redução em consequência da alteração do valor do perímetro molhado. Espera-se uma elevação do raio hidráulico com a recuperação do canal.

Segundo informações obtidas com funcionários da Estação Experimental “João José Galhardo”, que conheceram o riacho Água da Cachoeira há mais de 40 anos, a sua largura era de 6 m e a profundidade era de 1 m no exutório da bacia. Esses dados resultam em um raio hidráulico de 0,75 m.

**4. Turbulência da água, número de Froude,  $Fr$ , (adimensional)**, é uma relação entre as forças de inércia e de gravidade, dada por:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times Yh}} \dots\dots\dots(2)$$

Na qual:

- $V$  = velocidade média do escoamento (m/s)
- $g$  = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)
- $Yh$  = profundidade média ou hidráulica (m)

É um parâmetro que indica o grau de turbulência do escoamento. Quanto maior esse valor adimensional, maior é a turbulência e, portanto, maior será a capacidade de transportar sedimentos. Nesses levantamentos apresentados, o valor do número de Froude considerado foi a média dos números obtidos em cada vertical, pois algumas secções transversais se mostraram muito heterogêneas, devido ao assoreamento.

**5. Vazão,  $Q$ , (L/s)**, indica o volume de água que escoar na secção transversal do canal por unidade de tempo de produção de água pela bacia hidrográfica. Com o tratamento da bacia, a médio e longo prazos, a série de valores desse parâmetro tenderá a ter uma menor amplitude durante o ano, amenizando picos na época chuvosa. É obtida pela relação:

$$Q = A_s \times V \times 1000 \dots\dots\dots(3)$$

Sendo:

- $A_s$  = área da secção transversal (m<sup>2</sup>) e,
- $V$  = velocidade do escoamento (m/s).

Foi obtida mediante o método das verticais.

- 6. Carga ou vazão sólida de sedimentos em suspensão, GST, (g/s)**, indica a taxa de produção de sedimentos. É obtida mediante a multiplicação entre os fatores concentração (g/L) e vazão (L/s). Foram consideradas, quando possível, as suas frações, ou seja, mineral ou fixa, e volátil ou orgânica. É esperada uma diminuição da taxa com a recuperação da bacia.

## Parâmetros qualitativos

- 1. Concentração de sólidos em suspensão, SST, (mg/L)**: o processo de erosão tende a aumentar a concentração de sedimentos na água, e com seu controle deverá haver uma diminuição. Foram obtidas as frações fixa e volátil, quando possível.
- 2. Turbidez, TB, (NTU)**: é um parâmetro ótico, dependente da concentração de sólidos na água. O comportamento esperado da turbidez ao longo da recuperação da bacia é o mesmo para a concentração de sedimentos.
- 3. Temperatura, T, (°C)**: parâmetro que influencia diretamente as condições químicas, físicas e biológicas da água. Com o alargamento das secções e a diminuição da profundidade, devido ao assoreamento, o escoamento recebe mais insolação direta. É esperado um novo equilíbrio térmico com a recuperação da bacia, especialmente com a presença da mata ciliar.
- 4. Condutividade elétrica, CE, ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**: parâmetro indicativo da presença de sais na água, cuja origem principal é o solo. A atividade agropecuária na bacia com o uso de fertilizantes e corretivos tende a potencializar a presença de sais. Com o controle da erosão, a perda de nutrientes tenderá a diminuir.
- 5. Oxigênio dissolvido, Od, (mg/L)**: é um parâmetro influenciado indiretamente pela temperatura e diretamente pela turbulência da água. Com a estabilidade das secções, devido ao tratamento de recuperação, os valores de Od tendem a um novo equilíbrio.

## PONTOS ESTUDADOS NOS CANAIS DE DRENAGEM

A escolha dos pontos foi baseada numa maquete da bacia, na escala de 1:10000. Foram amostrados seis pontos ao longo do riacho principal, Água da Cachoeira; quatro nos afluentes, nas proximidades das suas confluências, e um na represa do Braço da Usina.

No ribeirão do Alegre foram estudados dois pontos, cada um a 30m de distância da confluência com seu tributário, o riacho Água da Cachoeira, sendo um a montante (ponto 12) e outro a jusante (ponto 13). Esses dois pontos foram necessários porque os valores das vazões líquida e sólida só puderam ser obtidos de

maneira indireta, devido ao elevado assoreamento no exutório, como mostra a Figura 5. A Figura 1 mostra a localização desses pontos. Os dados foram coletados no período de 30/08 a 04/09/95, sem precipitação, nos 13 pontos.

Além da coleta de dados na bacia, foi obtido também o valor da vazão na represa de captação de água, no ribeirão do Alegre, que abastece a cidade de Paraguaçu Paulista, com o objetivo de se saber qual a importância relativa da bacia em estudo no fornecimento de água, bem como se a sua recuperação influenciaria na economia do tratamento da água.

As Tabelas de 1 a 6 mostram os dados obtidos nos 13 pontos. Os dados contidos nas Tabelas 2 e 5, referentes ao riacho Água da Cachoeira, mostram menores valores de turbidez na parte superior da bacia até o ponto 11. Isso se deve ao controle de erosão existente na época, utilizando duas represas e uma barragem, próximas à cabeceira, e represas nos afluentes braço da Represa da Usina (pontos 3 e 4) e braço da Represinha (ponto 5). O braço do Tatu e o da Represinha são também protegidos por alguma vegetação remanescente arbórea e por taboas (*Typha* sp), respectivamente.

A partir do ponto número 11, localizado a 3800 m da cabeceira, a turbidez se eleva devido à falta de controle da erosão nas partes intermediária e inferior. O afluente braço da Seriema (ponto 7) contribuía com uma turbidez elevada, de 25 NTU, e embora correspondesse a apenas 1,77% da vazão total, é um escoamento mais turbulento, com Fr igual a 1,39, podendo carrear muito sedimento.

A deposição maior do material de leito inicia-se próximo ao ponto 10, com a diminuição da declividade do canal, surgindo os portos de areia.

No ponto 8, localizado a 7600 m da cabeceira, na cota mais baixa, a concentração de sólidos totais em suspensão foi 5,75 vezes maior que no ponto 1, localizado a 800 m da cabeceira, e 44,6 vezes maior que no ponto 11. A carga total do riacho foi de 31,91 g/s.

As secções ao longo do riacho tenderam a aumentar em largura, velocidade e turbulência, de forma potencializada pelo processo de assoreamento. Observou-se que a largura do canal no exutório era de 25 m e a lâmina d'água média, de 0,053m. O raio hidráulico calculado foi de 0,0527m. Comparando-se esse valor com o obtido, mediante informações sobre as condições sem assoreamento, de 0,75m, verifica-se que o parâmetro diminuiu 14,23 vezes, evidenciando o desequilíbrio alcançado nesse sistema de canais.

No ribeirão do Alegre, as Tabelas 3 e 6 mostram que, devido principalmente ao assoreamento em seu tributário, riacho Água da Cachoeira, a largura da sua secção a jusante aumentou 2,57 vezes, a lâmina d'água diminuiu 1,98 vezes, a velocidade do escoamento aumentou 1,58 vezes e a turbulência (Fr) praticamente dobrou. A turbidez também se elevou em 2 vezes e a carga de sedimentos aumentou 13,75 vezes.

Tabela 1. Levantamento hidráulico de 1995 - Afluentes - Parâmetros hidráulicos.

Ponto	dist. (m)	Xh (m)	Yh (m)	Rh (m)	V (m/s)	Fr (adim)	Q (L/s)	GST (g/s)
3	represa	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	12,34	0
4	3200	1,6	0,65	0,0916	0,193	0,215	27,93	0,0228
5	3300	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	1,97	0,00274
7	3900	0,42	0,37	0,0138	0,97	1,394	7,24	10,73
10	5500	1,64	0,73	0,1017	0,297	0,33	51,44	5,4

Tabela 2. Levantamento hidráulico de 1995 - Água da Cachoeira - Parâmetros hidráulicos.

Ponto	dist. (m)	Xh (m)	Yh (m)	Rh (m)	V (m/s)	Fr (adim)	Q (L/s)	GST (g/s)
1	800	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	6,93	0,159
6	1500	0,64	0,284	0,2008	0,134	0,07	33,92	0,251
2	2800	4,5	0,108	0,142	0,086	0,072	56,8	0
11	3800	2,26	0,182	0,182	0,274	0,192	119,9	0,114
9	6150	4,44	0,107	0,125	0,424	0,23	240	43,76
8	7600	5,4	0,178	0,1704	0,342	0,263	321,8	13,54

Tabela 3. Levantamento hidráulico de 1995 - Ribeirão do Alegre - Parâmetros hidráulicos.

Ponto	Posição em relação à confluência	Xh (m)	Yh (m)	Rh (m)	V (m/s)	Fr (adim)	Q (L/s)	GST (g/s)
12	Antes	4,72	0,24	0,26	0,254	0,171	325,8	2,5
13	Depois	13,8	0,12	0,144	0,402	0,357	734	34,41

Tabela 4. Levantamento hidráulico 1995 - Afluentes - Parâmetros qualitativos.

Ponto	T (°C)	CE (μS/cm)	Od (mg/L)	TB (NTU)	SST (mg/L)
3	21,5	21	6,2	3	0
4	22	22	6,8	4	0,816
5	17	14	6,7	1	1,34
7	20	19	6,7	25	148,2
10	21	10	7,1	41	105

Tabela 5. Levantamento hidráulico 1995 - Água da Cachoeira - Parâmetros qualitativos.

Ponto	T (°C)	CE (µS/cm)	Od (mg/L)	TB (NTU)	SST (mg/L)
1	19	23	6,5	11	23
6	19,5	23	6,8	7	7,4
2	18,5	27	7,1	5	0
11	19	27	7,8	5	0,95
9	20	24	7,3	21	182
8	18	24	7,3	30	42

Tabela 6. Levantamento hidráulico 1995 - Ribeirão do Alegre - Parâmetros qualitativos.

Ponto	Posição em relação à confluência	T (°C)	CE (µS/cm)	Od (mg/L)	TB (NTU)	SST (mg/L)
12	antes	22	23	7,4	20	7,69
13	depois	23	23	6,3	34	46,86

Correlacionando-se as áreas das secções transversais do canal principal com a sua respectiva distância da cabeceira, tem-se a seguinte relação:

$$As = 3 \times 10^{-15} \times dist^4 - 4 \times 10^{-11} \times dist^3 + 2 \times 10^{-7} \times dist^2 - 2 \times 10^{-5} \times dist + 0,0028... (4)$$

$$R^2 = 0,9863$$

Sendo:

$As$  = área da secção (m<sup>2</sup>)

$Dist$  = distância da cabeceira (m)

Essa equação, integrada no intervalo [0, 9000], que é o comprimento do riacho, fornece o volume da calha molhada de 17.634,6 m<sup>3</sup>. Com a vazão de saída do riacho de 408,57 L/s (734,2-325,7), mostrada na Tabela 3, obtém-se que a água do riacho se renova a cada 11,98 h ou 2 vezes ao dia na época seca. Considerando também que a taxa de produção de sedimentos obtida foi de 31,91g/s (34,41-2,5), tem-se que o riacho carrega 1,376 t cada vez que se renovava, ou 2,75 t/dia para o ribeirão do Alegre.

## MONITORAMENTO DURANTE A FASE INICIAL DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Durante o período entre 04/09/95 e 28/08/96 foram coletados e obtidos dados dos parâmetros para um monitoramento com o objetivo de se avaliarem as condições do riacho na fase inicial do processo de recuperação, para posterior comparação ao longo da recuperação. A coleta foi mensal e a Tabela 7 apresenta os valores médios para os parâmetros hidráulicos e qualitativos no ribeirão do Alegre, que demonstrou características muito alteradas após a confluência com o riacho Água da Cachoeira.

Verifica-se, pela Tabela 7, que a turbidez se elevou em 50,65%. A condutividade elétrica da água aumentou muito pouco. A temperatura da água se elevou em 4,55%, em média, e o teor de oxigênio dissolvido se manteve próximo, com discreta elevação, de 1,68%, contrariando o esperado, que seria uma diminuição nos valores. Esses dados sugerem a influência dos parâmetros hidráulicos, pois apesar da temperatura ter se elevado, a largura aumentou muito, ampliando a área de exposição ao oxigênio atmosférico. O nível da lâmina decresceu e a turbulência aumentou, contribuindo para a melhor oxigenação da água.

Tabela 7. Dados do Monitoramento do Ribeirão do Alegre 1995/1996.

Parâmetro (Valor médio)	Ponto 12 Antes da confluência	Ponto 13 Após a confluência	Variação (%)
Largura(m)	4,53	12,67	179,7
Lâmina (m)	0,297	0,172	-42,08
Fr (adim)	0,2332	0,3537	51,67
Turbidez (NTU)	22,92	34,53	50,65
CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	48,41	49,33	1,9
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	24,15	25,25	4,55
Od (mg/L)	7,70	7,83	1,68

Durante o período chuvoso, de 26/11 a 12/12/96, foram obtidos dados de vazão e carga de sedimentos nas duas secções do ribeirão do Alegre. Somando-se a esses dados aqueles obtidos no monitoramento anterior, foi possível montar um conjunto de dados de vazão e de carga de sedimentos para o riacho Água da Cachoeira, mediante a subtração dos valores da secção 12 da secção 13.

Foram elaborados três gráficos do tipo logXlog para melhor visualização da amplitude. As Figuras 2, 3 e 4 mostram a produção de sedimentos em suspensão totais, fixos e voláteis, em ( $\text{g/s}$ ), em relação à vazão ( $\text{L/s}$ ) para a bacia na fase inicial do tratamento.

As respectivas equações, na forma potencial são:

$$GST = 2,5357 \times 10^{-9} \times Q^{3,7376} \quad (r^2=0,691) \dots\dots\dots(5)$$

$$GSF = 7,3960 \times 10^{-12} \times Q^{4,5925} \quad (r^2=0,6088) \dots\dots\dots(6)$$

$$GSV = 2,7970 \times 10^{-6} \times Q^{2,3324} \quad (r^2=0,54) \dots\dots\dots(7)$$

Ao longo do processo de recuperação da bacia, ao serem obtidas novas correlações desse tipo, é esperado que os coeficientes angulares das retas; 3,7376 para GST; 4,5925 para GSF e 2,3324 para GSV, sejam diminuídos, indicando menores amplitudes.

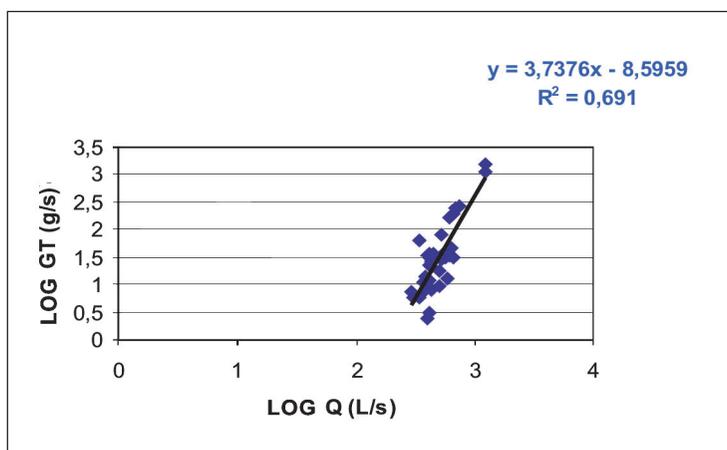


Figura 2. Produção de sedimentos em suspensão totais – bacia da Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

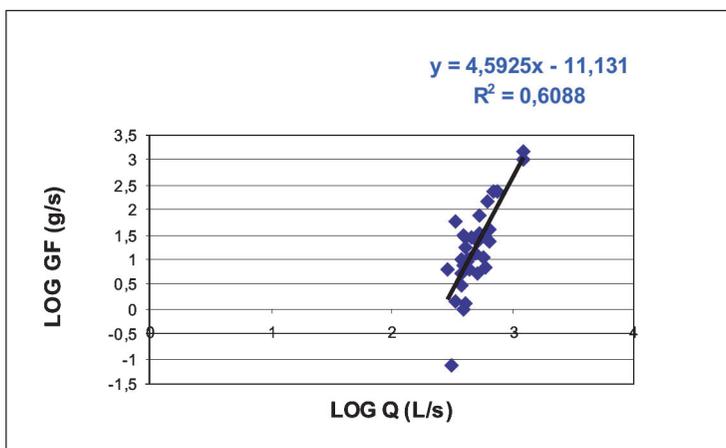


Figura 3. Produção de sedimentos em suspensão fixos – bacia da Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

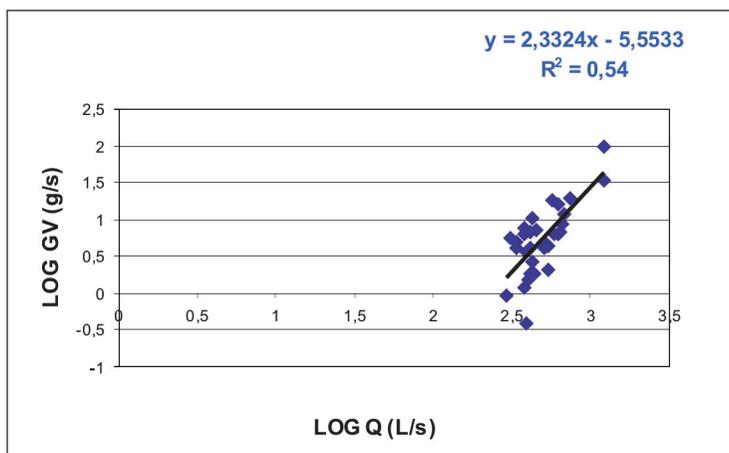


Figura 4. Produção de sedimentos suspensos orgânicos – bacia da Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

Devido à impossibilidade de se realizar periodicamente o monitoramento, foram feitas duas medições no período de estiagem, que permitiram uma avaliação da recuperação nos canais estudados, do riacho Água da Cachoeira e do ribeirão do Alegre.

### DADOS OBTIDOS EM 31/07/2000 E 08/07/2003

No ano de 2000 foram obtidos os dados nas duas secções do ribeirão do Alegre e uma no canal que se formou no exutório da bacia do riacho Água da Cachoeira. As Tabelas 8 e 9 mostram os dados coletados e obtidos.

Tabela 8. Dados obtidos em 2000 - Parâmetros hidráulicos.

Ponto	Xh (m)	Yh (m)	Rh (m)	V (m/s)	Fr (adim)	Q (L/s)
12	2,4	0,341	0,2633	0,512	0,2649	415,57
13	5,5	0,341	0,2288	0,59	0,2948	879,27
Exutório da Água da Cachoeira	2,0	0,338	0,2273	0,702	0,3863	427,07

Tabela 9. Dados obtidos em 2000 - Parâmetros qualitativos.

Ponto	T (°C)	CE (μS/cm)	Od (mg/L)	TB (NTU)
12	16,7	55	9,1	11
13	17,1	58	9,1	15
Exutório da Água da Cachoeira	17,4	60	9,0	14

A Figura 6, do ano de 2000, mostra o canal formado no exutório da bacia.

Em julho de 2003 foram obtidos novamente dados em quatro secções, sendo as duas do ribeirão do Alegre e duas no riacho água da Cachoeira. Na Água da Cachoeira foram medidas as secções do canal, agora com dimensões diferentes, consequência do melhor manejo; e outra a 650m do exutório, ou 8.350m da cabeceira, chamada de ponto 14. As Tabelas 10 e 11 mostram os dados coletados nessa época. A Figura 7 mostra o exutório da bacia em 2003.

Tabela 10. Dados obtidos em 2003 - Parâmetros hidráulicos.

Ponto	Xh (m)	Yh (m)	Rh (m)	V (m/s)	Fr (adim)	Q (L/s)	GST (g/s)	GSF (g/s)	GSV (g/s)
14	2	0,603	0,3761	0,302	0,1082	339,37	1,7	0,416	1,28
Exut. da Água da Cachoeira	1,8	0,64	0,374	0,48	0,1913	436,88	1,61	0	1,61
12	1,6	0,508	0,3107	0,647	0,2829	487,59	11,13	7,49	3,64
13	6,6	0,366	0,3294	0,386	0,2019	924,47	8,67	3,63	5,45

Tabela 11. Dados obtidos em 2003 - Parâmetros qualitativos.

Ponto	T (°C)	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Od (mg/L)	TB (NTU)	SST (mg/L)	SSF (mg/L)	SSV (mg/L)
14	19,8	46	8,26	9,18	5,011	1,227	3,78
Exutório da Água da Cachoeira	17,6	45	8,44	9,43	3,698	0	3,69
12	18,64	42	8,48	15,7	22,83	15,36	17,46
13	17,8	43	8,31	10,1	9,38	3,929	5,45

## ALTERAÇÃO NA DINÂMICA DOS CANAIS DO SISTEMA EM ESTUDO

Entre os anos de 2000 e 2003 a dinâmica no exutório da bacia do riacho Água da Cachoeira foi alterada completamente, com a inundação pelo represamento a alguns quilômetros a jusante no ribeirão do Alegre. Essa barragem provocou uma linha de remanso, cujo nível ultrapassa a cota do exutório, de 420m, submergindo as seções transversais do estudo proposto para essa bacia. Já houve uma inundação em 2002 e, devido a obras em uma rodovia que também foi prejudicada pelo remanso, a barragem foi aberta expondo a área e permitindo o curso dos

canais, inclusive as medições de 2003. A inundação definitiva ocorreu no segundo semestre de 2003, inviabilizando novos estudos nessas secções.

Assim sendo, o ponto com alguns dados, que pode ser utilizado para futuras comparações é o ponto 14, que era o ponto mais próximo do exutório passível de medições.

## DESEMPENHO DOS PARÂMETROS NO PERÍODO DE RECUPERAÇÃO, DE 1995 A 2003

A Tabela 12 mostra os dados obtidos nas medições realizadas. Os dados do ponto 14 são de 22/07/96, representando a fase inicial. Não foi possível a realização das medições em 2003 exatamente na secção de 1996, devido ao acesso dificultado pela vegetação herbácea densa, própria do processo de recuperação. As Figuras 8 e 9 mostram bem as características desse trecho do rio em 1996 e 2003.

O dados mostram a recuperação da bacia mediante o comportamento dos parâmetros:

**Largura:** É o parâmetro mais prontamente verificado devido à elevada retração. No riacho Água da Cachoeira as secções dos pontos 14 e exutório, muito largas no início, se retraíram a níveis próximos entre si, 2,0 e 1,8 m, respectivamente. No ribeirão do Alegre houve retração, inclusive na secção a montante, a 12, que mesmo estando posicionada antes da confluência, recebia a influência do elevado assoreamento.

**Lâmina, ou nível d'água:** Com a retração da largura, a profundidade da secção se elevou nos 4 pontos estudados. No riacho Água da Cachoeira, nos pontos 14 e no exutório, as alturas das lâminas de água ficaram muito próximas. No ribeirão do Alegre, após a confluência, houve uma diminuição da lâmina, porém a diferença entre os pontos 12 e 13 foi menor que em 1995.

**Turbulência do escoamento:** No riacho Água da Cachoeira a turbulência tendeu a uma redução, como consequência da elevação da lâmina d'água. No ribeirão do Alegre, para a secção do ponto 12 houve um aumento, e para a secção do ponto 13, uma redução. A diferença entre essas duas secções diminuiu, com valores mais próximos entre si.

**Raio hidráulico:** É provavelmente o parâmetro que melhor evidencia a recuperação dos canais desse sistema. No riacho Água da Cachoeira, considerando os pontos 14 e o exutório, que estão na porção inferior da bacia, o raio hidráulico evoluiu para um mesmo valor praticamente, próximo a 0,37. O mesmo ocorreu com o ribeirão do Alegre, com valores também muito próximos. Isso demonstra o reajustamento dos canais.

O raio hidráulico, em 2003, da secção do exutório, foi 7,01 vezes maior que o obtido em 1995, e ainda 2 vezes menor que aquele avaliado para as condições sem assoreamento.

Tabela 12. Dados Gerais das Medições Realizadas.

	Largura (m)			Lâmina (m)		
<b>ponto</b>	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003
<b>14</b>	10,5	(-)	2	0,13	(-)	0,603
<b>exutório</b>	25	2	1,8	0,053	0,33	0,64
<b>12</b>	4,72	2,4	1,6	0,24	0,341	0,508
<b>13</b>	13,8	5,5	6,6	0,12	0,341	0,366
	Velocidade (m/s)			Vazão(L/s)		
<b>ponto</b>	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003
<b>14</b>	0,268	(-)	0,302	416,5	(-)	339,37
<b>exutório</b>	(-)	0,702	0,48	408,5	427,07	436,88
<b>12</b>	0,254	0,512	0,647	325,8	415,57	487,59
<b>13</b>	0,402	0,59	0,3826	734	879,27	924,47
	Turbulência (Fr)			Raio Hidráulico (m)		
<b>ponto</b>	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003
<b>14</b>	0,213	(-)	0,1082	0,145	(-)	0,3761
<b>exutório</b>	(-)	0,3863	0,1913	0,052	0,2273	0,374
<b>12</b>	0,171	0,2649	0,2829	0,26	0,2633	0,3107
<b>13</b>	0,357	0,2948	0,2019	0,144	0,2288	0,3294
	GST(g/s)			GSF (g/s)		
<b>ponto</b>	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003
<b>14</b>	11,7	(-)	1,7	8,19	(-)	0,416
<b>exutório</b>	31,91	(-)	1,61	(-)	(-)	0
<b>12</b>	2,5	(-)	11,13	(-)	(-)	7,49
<b>13</b>	34,41	(-)	8,67	13(-)	(-)	3,63

		GSV (g/s)			Turbidez (NTU)		
ponto	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003	
14	2,98	(-)	1,28	32	(-)	9,18	
exutório	(-)	(-)	1,61	(-)	14	4,43	
12	(-)	(-)	3,641	20	14	15,7	
13	(-)	(-)	5,45	34	15	10,1	
		CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )			SST (mg/L)		
ponto	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003	
14	50	(-)	46	28,12	(-)	5,011	
exutório	(-)	60	45	(-)	(-)	3,698	
12	23	55	42	7,69	(-)	22,83	
13	23	58	43	46,86	(-)	9,386	
		SSF (mg/L)			SSV (mg/L)		
ponto	95/96	2000	2003	95/96	2000	2003	
14	19,68	(-)	1,227	7,16	(-)	3,78	
exutório	(-)	(-)	0	(-)	(-)	3,69	
12	(-)	(-)	15,36	(-)	(-)	7,46	
13	(-)	(-)	3,929	(-)	(-)	5,45	

**Carga de sedimentos:** Em termos de carga total a redução foi drástica, quase 20 vezes menor, no canal do riacho Água da Cachoeira. Os valores nos dois pontos, secção 14 e exutório estão praticamente no mesmo nível, indicando melhoria da qualidade da água na bacia. No ribeirão do Alegre houve uma elevação no ponto 12, mas que não está relacionada com a bacia em estudo. Em 2003 foram obtidos dados das frações de sedimentos, e a volátil foi mais expressiva no riacho, mostrando a influência da densa vegetação herbácea bem próxima ao canal.

**Turbidez:** Reduziu muito no canal do riacho Água da Cachoeira e com valores próximos nas duas secções. No ribeirão do Alegre, embora a turbidez tenha sido maior no ponto 12, em 2003, ela decresceu no ponto 13, evidenciando a

influência da água mais limpa do riacho água da Cachoeira, situação contrária ao período inicial do processo de recuperação.

**Condutividade elétrica:** Em 2003, o parâmetro mostrou-se praticamente constante nos dois canais e houve uma redução em relação ao ano 2000. Apesar da falta de dados sobre o manejo da adubação e calagem na bacia, observa-se que a concentração salina, ou a produção de sedimentos dissolvidos, do ribeirão do Alegre não se modifica ao receber o riacho Água da Cachoeira.

**Concentração de sedimentos em suspensão:** Como esse parâmetro gera o parâmetro carga de sedimentos, observa-se o mesmo comportamento, com a redução drástica no período entre 1995 e 2003, e uma predominância, atualmente, da fração orgânica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recuperação dos canais e a melhoria da qualidade de suas águas foram quantificadas pelos dados demonstrados ao longo desses oito anos. Embora tenham alcançado bons níveis de recuperação, esta ainda estaria em andamento, pois o efeito maior foi da conservação dos solos, das vias de acesso, e ainda o isolamento da área ciliar de proteção. Com o crescimento da floresta que foi plantada e a regeneração das áreas manejadas, é esperado que haja mais efeitos benéficos à recuperação dos canais. Devido ao barramento a jusante e conseqüente submersão das secções 12, 13 e do exutório, o estudo da recuperação da bacia, mediante monitoramento do canal, poderá ser reavaliado e feito a partir do ponto 14, o mais próximo do exutório. Com a formação da represa, deverão ser incluídos estudos limnológicos.

## AGRADECIMENTOS

A Vilma Spinosa e Patrícia de Mello, do Centro de Pesquisas em Ciências, da Fundação de Ensino do Município de Assis (FEMA), pelo apoio em laboratório. A Alberto Francisco, pelo auxílio às medições em campo. Ao pessoal da Estação Experimental João José Galhardo e da Floresta Estadual de Assis, pelo companheirismo. Ao Instituto Florestal e à JICA, pela grande e única oportunidade a nós oferecida.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Martins, M.E. 1996. Levantamento hidráulico de superfície para fins de monitoramento hidrológico na bacia do riacho Água da Cachoeira. **In:** ENCONTRO DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 2. Rio de Janeiro, 1996. **Anais...** Rio de Janeiro. pp. 189-197.

Martins, M.E. & Honda, E. A . 2000. Caracterização dos parâmetros hidráulicos e de qualidade da Água no ribeirão do Alegre, na fase inicial do processo de recuperação de sua sub-bacia riacho Água da Cachoeira. **In:** SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. Campinas, 2000. **Anais...** Campinas. pp. 324-333.

Pimenta, C. F. 1981. **Curso de Hidráulica Geral**. v. 2. Editora Guanabara Dois. Rio de Janeiro, RJ. 436p.

## DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



Figura 5. Exutório da Água da Cachoeira, em 1993, Paraguaçu Paulista, SP.



Figura 6. Exutório da Água da Cachoeira, em 2000, Paraguaçu Paulista, SP.



Figura 7. Exutório da Água da Cachoeira, em 2003, Paraguaçu Paulista, SP.



Figura 8. Aspecto do ponto de medição 14, na Água da Cachoeira, em 1996, Paraguaçu Paulista, SP.



Figura 9. Aspecto da vegetação a uma distância aproximada de 100m a montante do ponto de medição 14, na Água da Cachoeira, em 2003, Paraguaçu Paulista, SP.

