

SUMMARY

The surface water of reservoirs undergoes a purifying process know as conventional water treatment aimed at making in potalbe. This proces requires the addition of certain chemicals, such as: aluminium sulphate, hidrated lime and liquid chloride. This defines the preservation of the natural reservoir water potabily preventing as additional consumption of chemicals. The protecting forest in the water springs (sources) also be-nejits indirectly as it protects the natural properties of the water in reservoirs for treatment. The results were obtained from the protection of water springs in the Iguacu River sources, in wich surface water was kept in reservoirs for treatment and later water supply since 1980 for the metropolitan área of Curitiba of additional volume of 1130 t/year of sulphate: 450 t / year of hidrated lime and 125 t / year of chloride.

1. INTRODUÇÃO

São evidentes as pressões exercidas sobre os ecossistemas naturais dos quais depende a humanidade. A desordenada ocupação do espaço físico ambiental tem tornado problemático a utilização dos recursos naturais. Os recursos hídricos sofrem acentuada degradação à medida em que o processo de ocupação da terra evolui, quer pelo crescimento dos centros urbanos, quer pela própria expansão das fronteiras agrícolas.

O abastecimento de água para a população urbana transforma-se a cada dia problema de segurança de vida maior. Este é ainda mais crítico quando se refere às águas superficiais captadas e purificadas nas Estações de Tratamento de Água.

Como se observa, a dependência e necessidade de tecnologia sofisticada de tratamento relega a plano secundário a proteção das águas na microbacia de captação. Em outras palavras, prioriza-se a questão da purificação e distribuição da água como produto de consumo e esquece-se da água como matéria-prima.

A floresta desempenha importante papel na conservação dos recursos hídricos na medida em que serve de filtro de impurezas ou conserva intacta uma área de preservação permanente. Além diso, considerando o processo normal de tratamento torna-se fundamental no controle da erosão e conseqüentemente da turbidez das águas.

A caracterização e posterior avaliação dos benefícios indiretos das florestas de proteção requer conhecimento das mais variadas áreas científicas. No caso por exemplo desse trabalho, a apresentação dos resultados finais exigiu conhecimentos de engenharia sanitária, no entendimento do funcionamento da Estação de Tratamento, de química de purificação no entendimento das reações dos produtos químicos, de hidrologia florestal na questão da influência da floresta no ciclo hidrológico, e finalmente na base econômica de alocação de recursos que fundamenta a análise do valor monetário do benefício indireto de proteção.

Os resultados, considerando o tratamento convencional das águas em Curitiba, mostram que a evolução da turbidez das águas de 1965 a 1980 proporcionalmente atualmente (a partir de 1980) um consumo adicional de produtos químicos de: 1130 toneladas/ano de sulfato de alumínio, 450 toneladas/ano de cal hidratada e 125 toneladas/ano de cloro líquido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Águas superficiais. Poluição e Tratamento

De acordo com a ocorrência na natureza, BITTENCOURT³ classifica as águas em: águas meteorológicas, águas superficiais e águas subterrâneas. As águas superficiais apresentando 1,5 a

* Engenheiro florestal. M.Sc., Professor do Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná. (CREA 8114-D)

3% do volume total de água doce da Terra, tem suas propriedades físicas, químicas e biológicas definidas pelas características das bacias hidrográficas: formação geológica, atividades da população, utilização do solo, condições climáticas e vegetação de recobrimento. São essas águas aproveitadas para abastecimento público.

As águas captadas para abastecimento público devem satisfazer às exigências agrupadas em dois tópicos: higiene e palatabilidade. A higiene subentende que as águas devem ser livres de contaminação (doenças hídricas), livre de substâncias tóxicas e substâncias minerais e orgânica. A palatabilidade subentende que as águas devem satisfazer as exigências humanas quanto à visão (incolor e límpida), paladar (sabor peculiar), olfato (inodora) e trato (temperatura moderada e saturada de oxigênio).

2.1.1 Autodepuração das águas

Segundo muitos autores, entre eles KLEERENKOPER⁷ e BITTENCOURT³, as águas em seu estado natural de equilíbrio apresentam a propriedade de se autopurificarem, conservando assim, suas características naturais originais. SABBAG³ apresenta esse processo em função de três agentes: agentes físicos (gravidade, luz e aeração), agentes químicos (oxidação e redução) e agentes biológicos (microorganismos). A alteração das interações entre os fatores do ecossistema água altera o seu equilíbrio e conseqüentemente afeta o processo de autodepuração.

2.1.2 Poluição das águas

A alteração dos mananciais hídricos pode ocorrer de três maneiras: sedimentação (erosão), poluição industrial (resíduos industriais) e poluição urbana (resíduos de esgotos). A carreação dos poluentes para os mananciais interfere no ecossistema água proporcionando a formação de turbidez, coloração e gastos inaceitáveis à potabilidade natural, além de promover o assoreamento dos reservatórios.

KITTREDGE citado por GUERREIRO⁶, ilustrou o problema da erosão na

formação da turbidez das águas, em experimentos realizado na bacia de Coweeta — E.U.A. com 85,8 ha. Antes do corte do povoamento florestal a turbidez das águas apresentavam em média 4 ppm (mg/l). Após o corte a média subiu para 94 ppm, com valor mínimo de 10 ppm e valor máximo de 3.500 ppm.

A poluição urbana trazendo bactérias de esgoto, produz as mais variadas doenças hídricas entre elas a febre tifóide (*Salmonella typhosa*).

O excesso de algas, processo esse chamado eutrofização das águas, liberam compostos ou gases de decomposição produzindo gosto e odor as águas e interferindo no processo de purificação, em particular na filtração (AWWA²). KNESSE et al⁸ dizem que existe 15 a 20 principais nutrientes que desempenham papel principal na eutrofização das águas.

2.1.3 Química e física das águas

A assimilação fotossintética (algas clorofiladas) e atmosfera (onde existe em 21%) são as duas fontes de oxigênio das águas. As fontes de dióxido de carbono são a decomposição e a respiração de microorganismos. BITTENCOURT³ afirma que as águas naturais puras sem influência do homem estão normalmente saturadas de oxigênio, variando esses teores de 2 a 5 mg/l. O gás carbônico, além de estar livre no corpo da água, apresenta-se associado com carbonato e bicarbonato.

A DBO — Demanda Bioquímica de Oxigênio, isto é o oxigênio consumido do corpo receptor é de 54 g/dia ou seja, cada indivíduo leva a um consumo diário de 54 g de oxigênio do corpo receptor água. (BRANCO et al⁴).

Além de ser tóxico ao ser humano (acidez) o gás carbônico livre nas águas é agressivo, possuindo alto poder dissolvente em águas tratadas nas canalizações (efeito corrosivo). (KLEEREKOPER⁷ e AWWA²).

2.1.4 Turbidez

As causas da turbidez são toda sorte de substâncias em suspensão, tais como microorganismos, detritos orgânicos,

argilas, matéria orgânica: fibras, colóides orgânicos ou inorgânicos.

A turbidez é importantíssima no processo convencional de tratamento das águas, isto porque, define a quantidade de coagulante a ser adicionado no processo de purificação adotado. São consideradas passíveis de tratamento, águas com turbidez variável e como convenientes águas com turbidez virtualmente ausentes (BRANCO et al⁴).

2.1.5 Alcalinidade, Acidez e Dureza

A alcalinidade das águas representa o conteúdo de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (alcalinidade cáustica) e ocasionalmente boratos, silicatos e fosfatos. A alcalinidade facilita a suspensão coloidal do coagulante sulfato de alumínio. (BORSARI³, BITTENCOURT³).

A acidez ocorre devido a presença de dióxido de carbono, sulfatos de ferro e alumínio, gás sulfídrico e ácidos minerais. A maioria das águas não poluídas apresentam-se com pH dentro da faixa recomendada de 6,0 a 8,5. (BRANCO et al⁴).

A dureza é definida pela quantidade de compostos de cálcio e magnésio que estão geralmente em forma de carbonatos, bicarbonatos e sulfatos e também pela existência de íon ferro, manganês, estrôncio e alumínio em menores proporções (BITTENCOURT³). A dureza temporária é função dos carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio. A dureza permanente é função dos sulfatos, cloretos e nitratos.

As substâncias que produzem dureza reagem com o sabão formando compostos insolúveis fazendo com que a espuma apareça depois da precipitação completa de sais responsáveis pela dureza. (AWW², AZEVEDO¹).

2.1.6 Outras características

Muitos outros aspectos podem ser analisados quanto a qualidade das águas (BITTENCOURT³). Entre eles pode-se citar:

a. Cloretos: Teores acima de 250 mg/l (limite permissível de tratamento) dão gosto desagradável às águas.

b. Alumínio: A dosagem exagerada de sulfato de alumínio (os resíduos expresso em quantidade de alumina não deve ultrapassar 0,3 mg/l) pode produzir efeitos tóxicos pois seus compostos não são assimiláveis pelo organismo.

c. Chumbo: Prova casos de saturnismo (intoxicação-cólicas) pelo uso contínuo de águas com concentração desde 0,14 mg/l.

2.2 Tratamento convencional das águas

O tratamento de purificação das águas superficiais captadas é conhecido como tratamento convencional das águas. Tem como finalidade melhorar a sua qualidade para abastecimento em três aspectos: higiênico, estético e econômico. (AZEVEDO¹).

O tratamento convencional consiste na captação, floculação, decantação, abrandamento ou correção, desinfecção e profilaxia (Figura 1). Isto se dá obedecendo limites permissíveis de poluição para tratamento de águas superficiais. (Quadro 1).

2.2.1 Adição de sulfato de alumínio

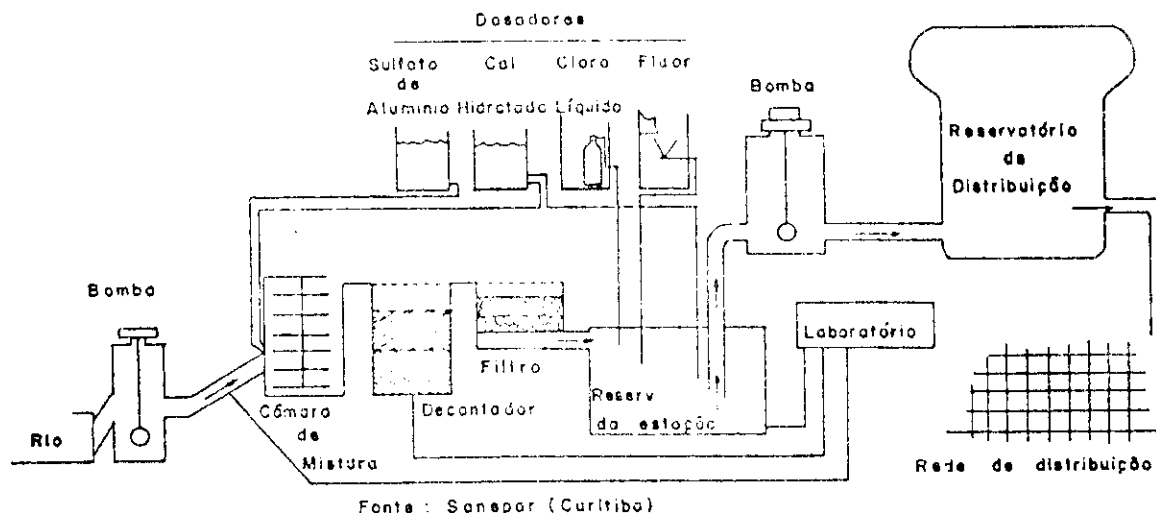
A sedimentação é o processo pelo qual se verifica a deposição de partículas granulares e material floculante. No processo de tratamento de água a floculação é induzida pela adição do coagulante sulfato de alumínio.

O sulfato de alumínio reage com a alcalinidade natural produzindo precipitações floculantes (hidróxido de alumínio). A superfície dos flocos é grande, permitindo a absorção de materiais dissolvidos, envolvendo as partículas em suspensão. Essas impurezas concentradas precipitam-se nos chamados tanques de decantação.

2.2.2 Filtração

A adição de sulfato de alumínio, mistura, floculação e decantação, reduz a matéria em suspensão que vai para os filtros e muda o material fino para uma forma que é mais facilmente removida pelos filtros. Os filtros eliminam a matéria fina em suspensão através de elementos porosos.

FIGURA 1. Tratamento convencional das águas



2.2.3 Abrandamento

De acordo com AWWA² e AZEVEDO¹, o processo de abrandamento pela adição da cal hidratada tem a finalidade de remover a acidez das águas devido a adição do coagulante, elevando o pH para aproximadamente 8,5 e evitando a ocorrência do gás carbônico livre o qual é corrosivo e tóxico.

2.2.4. Desinfecção

A finalidade da adição do cloro líquido é destruir bactérias entéricas vegetativas (p. ex. causadoras de febre tifóide), bactérias que formam esporos (gênero *Anthrax*), protozoários (*E. histolytica*), vermes (*Esquistossoma*), vírus (*Hepatite infecciosa*) e algas que provocam gosto e odor às águas.

2.2.5 Profilaxia

Aplicação de flúor nas águas de abastecimento tem a função de evitar a ocorrência de cáries ou má-formação dos dentes e ossos na população jovem abastecida de água tratada. (BITTENCOURT³).

2.3 Floresta como proteção das águas de Tratamento

A importância das florestas na proteção e conservação dos mananciais pode

ser basicamente resultante das seguintes ações:

- Ação mecânica, servindo de obstáculo físico aos agentes poluidores.
- Ação de absorção e filtração, interferindo nos agentes poluidores de maneira indireta pela influência no ciclo hidrológico, como filtro de ar.

Especificamente nesse trabalho, a importância maior refere-se à interferência da floresta nos processos do ciclo hidrológico (MOLCHANOV¹⁰). A floresta intercepta a chuva, evita a ação desestruturalizada das gotas, propicia condições ótimas de infiltração, reduz o escoamento superficial evitando o fenômeno da erosão que tem como efeito a sedimentação das águas, isto é, reduz ao mínimo o teor de turbidez.

A floresta nativa é considerada o tipo de vegetação que permite menores teores de turbidez em rios que as atravessam. Considerando, como exemplo, os dados fornecidos por JORGE citado por BRANCO et al.⁴, que determinou para as condições históricas de uso dos solos no Estado de São Paulo um período de 15 anos a erosão média de 4 kg/ha/ano em mata nativa, 400 kg/ha/ano em pastagens e 26.000 kg/ha/ano em pastagens, pode-se conceituar o seguinte exemplo:

Considerando um reservatório de água de 10.000 m³ de águas captadas em

QUADRO 1 — Critérios e padrões de águas superficiais destinadas ao abastecimento público

Constituintes ou Características		Permissível	Conveniente
Físicas	Cor (unidade de cor)	75	10
	Odor (qualitativo)	Descritivo	Virt. Ausente
	Temperatura*	Variável	Virt. Ausente
	Turbidez	Variável	Virt. Ausente
Microbiológicas	Coliformes totais** (NMP/100 ml)	10.000	100
	Coliformes fecais** (NMP/100 ml)	2.000	20
SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS	Alcalinidade (mg/l)	Descritivo	Traços
	Amônia (mg/l)	0,5 (como N)	0,01
	Arsênico* (mg/l)	0,05	Ausente
	Bário* (mg/l)	1,0	Variável
	Boro* (mg/l)	1,0	Variável
	Cádmio* (mg/l)	0,01	Variável
	Cloreto* (mg/l)	250	25
	Cromo hexavalente* (mg/l)	0,05	Ausente
	Cobre* (mg/l)	1,0	Virt. Ausente
	Oxigênio dissolvido (mg/l)	4 (média mensal)	Próxima a Saturação
	Fluoreto* (mg/l)	Traços	Descritivo
	Dureza* (mg/l)	Variável	Variável
	Ferro (filtrável) (mg/l)	0,3	Virt. Ausente
	Chumbo (mg/l)	0,05	Ausente
	Manganês (filtrável)* (mg/l)	0,05	Variável
	Nitratos + Nitritos* (mg/l)	10 (como N)	Virt. Ausente
	pH (faixa)	6,0 — 8,5	Descritivo
	Fósforo* (mg/l)	Descritivo	Variável
	Selênio* (mg/l)	0,01	Ausente
	Prata* (mg/l)	0,05	Brando
Sulfato* (mg/l)	250	50	
Sólidos totais* (filtrável)	500	200	
Iões de urânio* (mg/l)	5,0	Ausente	
Zinco* (mg/l)	5,0	Virt. Ausente	
SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS	Cianeto* (mg/l)	0,20	Ausente
	Oleos e graxas*	Virtual Ausente	Ausente
	I Aldrin*	0,017	Ausente
	N Clordano*	0,003	Ausente
	S DDT*	0,042	Ausente
	E		
	T Dieldrin*	0,017	Ausente
	I Endrin*	0,001	Ausente
	C Heptacloro*	0,018	Ausente
	I Lindano	0,056	Ausente
D			
A			
S Organofosfatos + carbonatos	0,1	Ausente	
Radioatividade	Radio 226*	3	1
	Estrôncio 90*	10	2

FONTE: BRANCO et al.4 (Water Quality Critéria, 1968).

* O tratamento convencional tem pequeno efeito sobre esses constituintes.

** São médias aritméticas de 5 amostras mensais.

NMP (Número Máximo Provável).

rios que atravessam uma área de 30 ha de floresta nativa, pastagens ou culturas de algodão deduz-se que: se 50% das partículas erodidas não são filtráveis e produz turbidez, o reservatório que capta água do rio que atravessa a mata nativa, apresenta águas com 6 ppm de turbidez. As águas do reservatório da área de pastagens 600 ppm e águas providas da área de cultura de algodão 39.900 ppm.

Pelas condições de funcionamento das estações de tratamento a dosagem média determinada pelo teste COSSMAN (conforme Quadro 2), a dosagem média de sulfato de alumínio seria de 10 ppm para águas provenientes de áreas de mata e acima de 42 ppm para aquelas de pastagens. Para as águas provenientes da área de cultura de algodão a dosagem necessária ultrapassa à condição normal de funcionamento. Nesse caso há necessidade de diminuição de vazão, aumento do tempo de decantação etc.

QUADRO 2 — Dosagens para o teste de floculação COSSMANN

Turbidez	Dosagem de sulfato de alumínio (ppm ou mg/l)		
	Mínima	Máxima	Média
10	5	17	10
15	8	20	14
20	11	22	17
40	13	25	19
60	14	28	21
80	15	30	22
100	16	32	24
150	18	37	27
200	19	42	30
300	21	51	36
400	22	62	39
500	23	70	42

FONTE: SANEPAR

2.4 Instrumentos de avaliação de Benefícios indiretos

Na procura de formas de avaliação dos benefícios indiretos há necessidade de que os conhecimentos para tal abranjam concepções correlatas da teoria de análise de custos e benefícios.

MISHAN⁹ diz que na análise de custos e benefícios, o economista substitui o conceito mais preciso de receita

pelo conceito menos exato, embora significativo, do benefício social. Trabalha então com um custo de oportunidade, isto é, o valor social a que se renuncia quando os recursos em questão são transferidos para atividades econômicas alternativas.

ROSS¹³ propõe que para se chegar a um indicador aproximado de crescimento anual em bem-estar, ter-se-ia que deflacionar o PNB — Produto Nacional Bruto — de um valor que se poderia chamar de ENB — Efluente Nacional Bruto. O ENB seria um coletor estatístico de todos os serviços negativos produzidos no curso da produção de bens e serviços positivos.

FRANÇOIS⁵ apresenta como instrumento de avaliação de benefícios indiretos, os seguintes instrumentos:

- a. Indicador custo social
- b. Indicador benefício
- c. Indicador custo de substituição
- d. Indicadores de opinião pública
- e. Indicador relação custo/benefício

3. ESTUDO DE CASO — AVALIAÇÃO DO PREJUÍZO

3.1 Caracterização da área de estudo

A área estudada é de aproximadamente 67 mil hectares e está localizada na região nordeste-leste de Curitiba, correspondente às nascentes do Rio Iguazu e encosta da Serra do Mar. (Figura 2). Apresenta em seu espaço físico os centros urbanos de Colombo, Quatro Barras, Piraquara e área nordeste de Curitiba.

As águas para abastecimento da região metropolitana de Curitiba, provém de duas Estações de Tratamento de Água. A E.T.A. Tarumã, funcionando desde 1947, inicialmente tratava águas captadas no rio Piraquara e posterior à 1965 no rio Iraí. A E.T.A. Iguazu, operando desde 1969 recebe águas da nascente do rio Iguazu.

A vegetação original compondo a paisagem da área é de floresta subtropical pluvial (Serra do Mar), região de

Observando-se o quadro 3, nota-se um gradativo aumento da turbidez média nos anos subsequentes a 1965. A turbidez atinge o máximo de 38,80 ppm no ano de 1979, o que representa 7,4 vezes mais que a turbidez do início do período (1965).

A amplitude de variação entre a menor e maior média anual indica também a deteriorização das condições originais. No ano de 1966 essa amplitude foi de 7,00 ppm, enquanto que em 1975 foi de 111,06 ppm, conservando-se daí até 1980 com variação próxima de 90 ppm.

3.2.2 Evolução da turbidez na E.T.A. Iguaçú

O reservatório de captação das águas para a E.T.A. Iguaçú, por estar localizada mais distante das nascentes e consequentemente pela maior influência recebida das atividades de aproveitamento do solo, apresenta águas com teores de turbidez maiores em relação a E.T.A. Tarumã. Por exemplo, no ano de 1970 a turbidez média anual era de 19,42 ppm na E.T.A. Iguaçú e 7,96 ppm na E.T.A. Tarumã. (Quadro 3)

Isoladamente o problema é mais grave: além de apresentar um aumento de 22,28 ppm na média anual para o ano de 1976 em relação à 1970, observa-se que a amplitude de variação entre a menor e maior média diária verificada anualmente chega a atingir 182,40 ppm (1978).

A amplitude da diferença entre a menor e maior média diária nos anos do período sofre variações consideráveis, não havendo tendência de aumento, motivo esse dado pelo já alto grau de aproveitamento das bacias contribuintes quando da entrada em funcionamento da estação em 1979.

3.3 Consumo de produtos químicos nas E.T.As.

O quadro 4 mostra o consumo de produtos químicos para tratamento de um certo volume anual de água tratada. Refere-se também a dosagem média anual desses mesmos produtos para o período em estudo.

QUADRO 3 — Turbidez média anual do período

Ano	E.T.A. TARUMÃ					Obs.
	Menor média		Média	Maior média		
	ppm	Dia	ppm	ppm	Dia	
1965	0.90	07/07	4.95	18.00	09/12	*
1966	4.43	01/12	6.82	11.43	/09	*
1967	—	—	—	—	—	**
1968	—	—	—	—	—	**
1969	3.20	01/11	8.17	25.00	12/02	*
1970	2.85	11/03	7.96	23.85	21/03	*
1971	3.30	15/06	7.71	21.00	26/05	*
1972	3.40	08/05	8.75	42.00	08/01	*
1973	8.65	31/12	19.97	78.49	18/05	***
1974	7.01	04/06	15.83	93.28	28/12	***
1975	5.23	14/07	16.55	117.39	26/01	***
1976	7.74	03/07	20.23	93.73	17/10	***
1977	9.56	14/06	20.07	94.64	08/02	***
1978	11.00	06/06	38.80	105.00	22/08	*
1979	13.00	03/06	34.18	120.00	31/09	*
1980	13.00	05/06	28.51	112.00	30/03	*

Ano	E.T.A. IGUAÇU					Obs.
	Menor média		Média	Maior média		
	ppm	Dia	ppm	ppm	Dia	
1970	7.30	24/08	19.42	80.00	08/09	**
1971	8.00	27/07	19.02	61.00	07/08	*
1972	8.00	02/03	26.55	110.00	19/11	*
1973	11.83	08/02	29.42	180.00	30/11	***
1974	9.56	03/06	31.93	173.81	01/09	***
1979	13.65	10/10	34.54	132.41	02/10	***
1976	13.65	28/07	41.70	165.62	09/12	***
1977	13.2	31/12	36.40	161.07	02/03	***
1978	13.60	31/05	34.02	196.60	04/02	*
1979	13.50	02/04	30.96	176.00	27/01	*
1980	10.00	09/06	31.22	145.00	10/06	*

FONTE: SANEPAR

* Média das médias diárias observadas

** Dados inexistentes

*** Médias corrigidas (média da máx. e mín. diária)

* Média da turbidez observada nos últimos 4 meses do ano

Nota-se que os teores de turbidez não apresentam correta relação com as dosagens de produtos químicos verificadas no período. Isto se deve às condições de funcionamento histórico das estações de tratamento, ou seja, evolução tecnológica e capacitação de pessoal e que podem ser analisadas considerando:

a. Vazão não uniforme da água tratada

b. Concentração da solução química adicionada

c. Regulagem de dosadores

d. Problemas nos filtros e decantadores alterando a vazão ou fluxo de água tratada

e. Demanda de água em períodos de pique

f. Antecedência do teste de dosagem química

Um aspecto importante é o uso em anos mais recentes (a partir de 1976) do teste COSSMAN para a determinação da dosagem certa de sulfato de alumínio.

QUADRO 4 — Consumo de produtos químicos nas E.T.As. (1965-1980)

ANO	VOLUME TRATADO (m ³)	E.T.A. TARUMÃ							
		SULFATO DE ALUMÍNIO		CAL HIDRATADA		CLORO LÍQUIDO		FLUOSSILICATO DE SÓDIO	
		kg	ppm	kg	ppm	kg	ppm	kg	ppm
1965	26.583.025,00	705.699,593	26,55	384.230,000	14,45	20.278,200	0,76	36.350,000	1,37
1966*1	28.160.268,00	717.414,609	25,48	386.450,000	13,72	23.424,000	0,83	33.056,000	1,37
1967*1	29.737.511,00	729.129,624	24,52	388.669,100	13,07	26.569,800	0,89	-	*0
1968	30.183.057,00	817.471,493	27,08	439.481,880	14,56	32.065,080	1,06	-	*0
1969	30.189.834,00	829.650,700	27,48	447.124,000	14,81	33.498,000	1,11	38.400,000	1,27
1970	28.566.349,00	684.402,400	23,15	393.207,000	13,30	32.750,450	1,11	40.220,000	1,36
1971	31.006.196,00	700.129,800	22,58	410.436,000	13,24	45.041,500	1,45	40.000,000	1,29
1972	30.751.467,00	677.551,900	22,03	441.322,000	14,35	37.541,000	1,22	42.376,900	1,38
1973	28.136.161,00	535.750,700	19,04	391.427,600	13,91	36.559,000	1,30	39.234,100	1,39
1974	25.442.603,00	579.694,900	22,78	370.760,00	14,57	41.305,000	1,62	28.065,100	*2
1975	27.014.456,00	707.674,226	26,20	440.868,500	16,32	52.723,830	1,95	13.912,100	*3
1976	23.705.125,00	557.555,800	23,52	346.326,000	14,61	47.600,000	2,01	9.400,000	*4
1977	24.701.631,00	616.283,500	24,95	369.826,000	14,97	50.500,000	2,04	12.146,000	*5
1978	22.148.187,00	661.250,000	29,86	359.510,000	16,23	53.132,000	2,40	5.513,000	*6
1979	20.050.429,00	737.940,700	36,80	425.590,000	21,23	56.650,900	2,83	19.557,000	0,95
1980	23.004.039,00	721.570,200	31,37	389.315,000	16,93	55.162,500	2,40	14.018,300	*7
TOTAL	430.380.338,00	10.979.170,140		6.384.543,880		644.799,260			
E.T.A. IGUAÇU									
1970	6.370.780,00	215.545,000	33,83	80.104,000	12,57	9.465,500	1,49	-	
1971	5.921.668,00	208.956,000	35,29	69.806,000	11,79	9.757,000	1,65	-	
1972	9.755.945,00	391.034,000	40,09	134.944,000	13,83	17.131,000	1,76	-	
1973	13.993.535,00	405.131,000	28,95	184.591,000	13,19	25.539,000	1,92	-	
1974	25.210.156,00	762.227,000	30,23	285.106,000	11,31	46.330,000	1,83	-	
1975	38.806.325,00	1.225.344,000	31,56	432.960,000	11,16	70.298,000	1,81	-	
1976	43.710.410,00	1.152.016,000	26,36	463.642,000	10,61	74.780,000	1,71	18.725,000	*8
1977	42.353.531,90	1.490.194,000	35,18	596.283,000	14,08	104.393,000	2,46	32.069,000	*9
1978	45.036.828,00	1.519.709,000	33,74	582.931,000	12,94	113.391,000	2,52	21.248,50	*10
1979	54.497.789,00	1.906.178,000	34,98	752.912,000	13,82	141.682,000	2,60	81.831,00	1,50
1980	55.960.248,00	2.199.640,000	39,31	852.876,000	15,24	159.470,000	2,85	58.732,00	*11
TOTAL	341.617.209,90	11.475.974,000		4.436.155,000		772.236,500			
TOTAL GERAL	771.997.248,90	22.455.144,140		10.820.698,88		1.417.035,760			

FONTE: SANEPAR

- *0 Dados inexistentes
- *1 Dados estimados
- *2 Dosagem paralizada 08/11 a 07/12
- *3 Dosagem paralizada 01/02 a 30/04
- *4 Dosagem paralizada 01/05 a 12/11
- *5 Dosagem paralizada 20/05 a 26/10
- *6 Dosagem paralizada 15/01 a 26/03 e 01/05 a 08/12
- *7 Dosagem paralizada 17/06 a 20/08 e 10/11 a 13/12
- *8 Dosagem paralizada 01/04 a 15/04 e 03/05 a 31/10
- *9 Dosagem paralizada 01/06 a 19/10 e 16/10 a 10/12
- *10 Dosagem paralizada 16/01 a 15/03 e 01/05 a 06/12/78
- *11 Dosagem paralizada 17/06 a 20/08 e 10/11 a 31/12/80

Anteriormente essa dosagem era feita empiricamente com base no teor mínimo de turbidez da água distribuída, independentemente da mínima dosagem necessária para igual teor de turbidez.

As dosagens de sulfato de alumínio dos anos de 1973 (E.T.A. Tarumã) e 1976 (E.T.A. Iguaçú) subentendem melhores condições relativas que regeram o processo de tratamento das águas no período, uma vez que a turbidez nesses anos é consideravelmente maior que a dos anos iniciais.

Dessa forma a utilização da dosagem verificada como parâmetro de análise do consumo adicional de produtos químicos reduz a diferença entre o consumo mínimo e o consumo máximo e consequentemente o benefício de proteção com base nos prejuízos evitados. Isto porque, conforme a própria tabela do teste COSSMAN, a dosagem de produtos para tratar águas in-natura em 1965 (menor turbidez) seria muito inferior aquela obtida nos boletins das E.T.As.

Por outro lado, a evolução da dosagem de cloro líquido proporciona uma melhor visualização do problema da poluição hídrica dos mananciais. Observa-se pelo quadro 4 que a dosagem desse produto evoluiu na E.T.A. Tarumã, de 0,76 ppm em 1965 para 2,83 ppm em 1979 e na E.T.A. Iguaçú de 1,49 ppm em 1969 para 2,85 ppm em 1980.

3.4 Avaliação do benefício indireto de proteção

Este trabalho adota o conceito do indicador benefício entendido da seguinte forma: A não existência da floresta de proteção acarreta em prejuízos que podem ser quantificados posteriormente a sua ocorrência. De outra maneira: O benefício é semelhante aos danos que poderiam ser evitados.

A sistemática adotada define como primeiro passo a caracterização do prejuízo físico, ou seja, o volume adicional de produtos químicos. Posteriormente com base nos custos atuais dos produtos, avaliação econômica dos prejuízos. (RIZZI¹²)

3.4.1 Quantificação física

Considerando o exposto até o presente momento e considerando que a avaliação proposta é de análise do benefício histórico pode-se dentro dos dados de consumo do período de 1965-1980 definir a dosagem mínima ideal e a dosagem efetivamente observada nos boletins. A diferença entre essas dosagens multiplicada pelo volume de água tratada é igual ao prejuízo ou consumo adicional de produtos químicos que poderia ser evitado caso as águas conservassem suas qualidades naturais de 1965.

A quantificação desse volume refere-se ao prejuízo a partir de 1980, tomando como base o volume de água tratada nesse mesmo ano. O quadro 5 mostra o consumo adicional de produtos químicos bem como a média anual de consumo adicional à partir de 1980. Utiliza a dosagem mínima e máxima históricas.

Para cálculo, considerou-se o tratamento de 23.004.039 m³ de água na E.T.A. Tarumã e 55.960.248 m³ na E.T.A. Iguaçú.

Observa-se pelo quadro 5 que o consumo adicional de produtos químicos em 1980, considerando as duas estações de tratamento e processando aproximadamente 79 milhões de m³ de água, foi de cerca de 1133 toneladas de sulfato de alumínio, 446,8 toneladas de cal hidratada e 125 toneladas de cloro líquido.

3.4.2 Quantificação monetária

O quadro 6 mostra os custos do volume adicional de produtos químicos. Esses custos foram calculados com base no preço do quilograma de junho de 1985, ou seja: Cr\$ 587,00/kg de sulfato, Cr\$ 392,00/kg de cal e Cr\$ 1.300,00/kg de cloro.

Observa-se no Quadro 6 que o prejuízo verificado no ano de 1980 é de Cr\$ 1.001.144.000,00. Diz-se que o benefício indireto, de proteção dos mananciais, conservando-se os teores de turbidez de 1965, é semelhante a esse custo. Seria considerado como o valor do benefício gerado pelas matas de proteção caso ainda existissem. Considerando o custo adicional por m³ de água tratada, observa-se um prejuízo anual de Cr\$ 27,49/m³.

QUADRO 5 — Média anual de consumo adicional a partir de 1980

E.T.A.	Dosagem (mg/l)	Consumo (kg)	Consumo adicional (t)	Dosagem média adicional a partir de 1980 (g/m ³ de água tratada)
TARUMÁ	SULFATO DE ALUMÍNIO		408,5	17,76
	Mín. 19,04	437.996,90		
	Máx. 36,80	846.548,60	187,7	8,16
	CAL HIDRATADA			
	Mín. 13,07	300.662,80		
	Máx. 21,23	488.375,70		
IGUAÇU	CLORO LÍQUIDO		47,6	2,07
	Mín. 0,76	17.483,10		
	Máx. 2,83	65.101,30	724,7	12,95
	SULFATO DE ALUMÍNIO			
	Mín. 26,36	1.475.112,10		
	Máx. 39,31	2.199.791,30	259,1	4,63
CAL HIDRATADA				
Mín. 10,61	593.738,20			
Máx. 15,24	852.834,20			
IGUAÇU	CLORO LÍQUIDO		76,1	1,36
	Mín. 1,49	83.380,80		
	Máx. 2,85	159.486,70		

FONTE: RIZZI¹² (1981).

QUADRO 6 — Valores monetários do volume adicional de produtos químicos

E.T.A.	Produto químico	Consumo adicional (t)	Custo total do volume adicional Cr\$	Custo por m ³ de água tratada (Cr\$)
TARUMÁ	Sulfato de Al	408,5	239.789.500,00	10,42
	Cal hidratada	187,7	73.578.400,00	3,20
	Cloro líquido	47,6	61.800.000,00	2,69
SUB-TOTAL			375.247.900,00	16,31
IGUAÇU	Sulfato de Al	724,7	425.398.900,00	7,60
	Cal hidratada	259,1	101.567.200,00	1,81
	Cloro líquido	76,1	98.930.000,00	1,77
* Preços de junho/1985				
SUB-TOTAL			625.896.100,00	11,18
TOTAL			1.001.144.000,00	27,49

4. CONCLUSÕES

Quando se trabalha com avaliação dos benefícios florestais indiretos é frequente observar que existem muitos aspectos intimamente relacionados e que envolvendo em seu conjunto outras áreas, precisariam ser objetos de uma análise mais detalhada.

O obstáculo maior no cálculo do benefício indireto não está em conceituar o princípio de avaliação, mas sim, definir o parâmetro de conceituação dos prejuízos evitados, isto é determinar fisicamente os danos.

O valor do benefício perdido (prejuízo verificado) mostra perfeitamente a importância da floresta de proteção, quanto apenas ao aspecto dos produtos químicos, não avaliando os benefícios complementares dessas mesmas formações florestais, como por exemplo re-creação.

Dentro da exposição deste trabalho existem aspectos da influência da floresta, que poderiam perfeitamente serem objeto de avaliação como por exemplo: controle da erosão, assoreamento e dragagem de rios, prejuízos de inundações, doenças hídricas, danos econômicos, consumo adicional de sabão, pré-cloração evitada, etc.

Por outro lado, a conservação dos recursos hídricos necessitam de um planejamento da ocupação da microbacia de captação que leve em consideração o equilíbrio ecológico natural. (NEGRET¹¹).

5. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação econômica do benefício indireto de proteção a qualidade das águas in-natura através da análise da evolução do teor de turbidez das águas captadas para abastecimento da região metropolitana de Curitiba.

Foi concluído que, considerando o processo convencional de tratamento e a evolução da turbidez das águas superficiais captadas para o período de 1965 a 1980, o prejuízo anual à partir de 1980 atinge a soma de Cr\$ 1.001.144.000,00 à custo de junho de 1985.

Dessa forma fica evidente que a degradação das qualidades naturais das águas pela ineficiente política de conservação das matas ciliares, complementada pela falta de planejamento da ocupação do espaço físico tem fornecido consequências econômicas importantes.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AZEVEDO, N. Tratamento de águas de abastecimento. S.P.E.P.U. 1966. 329 p.
2. A.W.W.A. American Water Works Association. Água tratamento e qualidade. Zed. Rio de Janeiro. Liv. Tec. 1964. 465 p.
3. BITTENCOURT, A.J.; BORSARI, N. & SABBAG. O Controle da qualidade da água. Curitiba. Organização Pan-Americana da Saúde. OMS. 1966. 313 p.
4. BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. Poluição: proteção e usos múltiplos de represas. S.P.Blücker. 1977. 185 p.
5. FRANÇOIS, T. Evaluacion de la utilidad de las influencias de los montes. In: La influencia de los montes. Roma. F.A.O. 1962. p. 267-310.
6. GUERREIRO, M.G. A floresta na conservação do solo e da água. Lisboa. Sá da Costa. 1962. 193 p.
7. KLEEREKOPER, H. Introdução ao estudo da limnologia. R.J. Imprensa Nacional. 1944. 329 p.
8. KNEESE, A.J.; ROLFE, S.E. & HARMED, J.W. Ecologia y contaminacion, formas de cooperacion internacional. Buenos Aires. Marymar. 1974. 366 p.
9. MISCHAN, E.J. Análise de custos-benefícios: uma introdução informal. R.J. Zahar. 1976. 488 p.
10. MOLCHANOV, A.A. Hidrologia florestal. Lisboa. Fund. Cal. Gulbenkian. 1971. 595 p.
11. NEGRET, R. Ecosistema: unidade básica para o planejamento da ocupação territorial. R.J. F.G.V. 1982. 99 p.
12. RIZZI, N.E. Avaliação do benefício florestal de proteção à potabilidade natural das águas para abastecimento da região metropolitana de Curitiba. Curitiba, UFPR. 1981. 127 p. (tese de mestrado).
13. ROSS, S. Economia do meio ambiente. In: CONSERVAÇÃO AMBIENTAL: uma missão nacional para a década dos setenta. R.J. Fortune. 1972. p. 61-78.