

## Redução no Consumo de Água na Indústria: Estudo de Caso da Kodak do Brasil

**Edmundo Dantes Pacheco**

*Divisão de Meio Ambiente, Kodak Brasileira Com. Ind. Ltda  
Rod. Presidente Dutra, km 154,7 - São José dos Campos, SP*

**José Carlos Mierzwa**

*Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Almeida Prado, 271 - Cidade Universitária - CEP 05508-900 - São Paulo, SP - mierzwa@usp.br*

**Hélio Nóbile Diniz**

*Instituto Geológico do Estado de São Paulo - Av. Miguel Stefano, 3900 - Água Funda  
04301-903 São Paulo, SP - heliodiniz@igeologico.sp.gov.br*

**Ivanildo Hespanhol**

*Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Av. Prof. Almeida Prado, 271 - Cidade Universitária - CEP 05508-900 São Paulo, SP - ivanhes@usp.br*

Recebido: 14/02/01 - revisão: 28/07/01 - aceito: 05/08/01

---

### RESUMO

*Embora o Brasil possua 14% de toda a água doce do planeta, algumas regiões, como os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, apresentam problemas de escassez do produto; o recurso hídrico. Nestas regiões, a recarga natural dos aquíferos não é suficiente para compensar o uso das águas subterrâneas pelas indústrias, residências e agricultura. A análise das várias alternativas para otimizar o uso dos recursos hídricos e, conseqüentemente, minimizar os problemas associados com a escassez de água potável, aponta para a adoção de reuso da água nas indústrias, agricultura e abastecimento público. O reuso da água é viável e, este processo está sendo desenvolvido em indústrias do Estado de São Paulo, como a Kodak do Brasil, que é o assunto deste trabalho.*

**Palavras-chave:** *reuso da água, aquífero Caçapava, Kodak do Brasil.*

---

### INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da demanda de água em algumas regiões do planeta, mesmo naquelas que apresentam uma grande disponibilidade hídrica, como é o caso do Brasil onde, de acordo com os dados apresentados pelo World Resources Institute (1997, 1998), encontram-se aproximadamente 14% de todos os recursos hídricos mundiais, começam a surgir problemas relacionados ao uso indiscriminado dos recursos hídricos.

O problema do uso indiscriminado dos recursos hídricos é detectado nas grandes regiões urbanas do Brasil, como no Rio de Janeiro e em São Paulo, onde há grande demanda no consumo de água devido ao crescimento populacional e, onde os recursos hídricos superficiais apresentam restrições de uso devido à poluição, principalmente acar-

retada pelo lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais (Tucci, 1995; Maia Neto, 1997).

O equacionamento do problema do uso da água é bastante complexo, e deve envolver os diversos setores que tenham influencia direta ou indireta sobre o mesmo. Ao governo cabe desenvolver políticas que visem a gestão integrada dos recursos hídricos, buscando-se proteger as fontes de água disponíveis, assegurando à população e aos demais setores da sociedade, o acesso à água de boa qualidade. Cabe à população em geral, à indústria e aos demais segmentos econômicos e sociais, a tarefa de utilizar a água de forma a evitar o desperdício, utilizando-se racionalmente os recursos hídricos disponíveis.

Dentre as diversas alternativas que podem ser adotadas e desenvolvidas para a otimização do uso dos recursos hídricos e, conseqüentemente,

para a minimização dos problemas associados ao uso indiscriminado da água, deve-se considerar a adoção de programas de reuso de água, sendo que os mesmos podem ser feitos para fins urbanos, industriais e agrícolas, contribuindo para a conservação desses recursos, cada vez mais escassos.

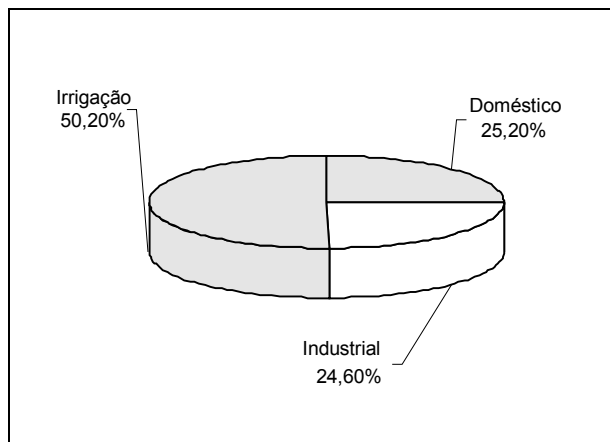
Um dos esquemas de reuso bastante discutido e utilizado, refere-se ao reuso de esgotos sanitários tratados na agricultura e irrigação de áreas verdes (Helmer et al., 1991; Hespanhol, 1992, 1997 e Mujeriego, 1998). Embora este esquema apresente muitos benefícios, no caso específico das regiões industrializadas como ocorre no Estado de São Paulo, onde o consumo de água pelas indústrias é bastante significativo conforme pode ser verificado no gráfico da Figura 1, é imperativo que sejam desenvolvidos programas de reuso específicos para a indústria.

Um programa de reuso para a indústria, devido às diferenças existentes entre os diversos ramos de atividade, além da distribuição espacial das indústrias em várias regiões do Estado, deve ser desenvolvido individualmente. À primeira vista, isto pode parecer mais complexo que os programas de reuso para fins agrícolas e para irrigação de áreas verdes.

Contudo, o que se verifica é que o reuso de água na indústria é viável e já vem sendo desenvolvido por várias indústrias no Estado de São Paulo. Para demonstrar a viabilidade dos programas de reuso de água na indústria, é apresentado neste trabalho o exemplo da empresa Kodak do Brasil, que por meio de um procedimento de recuperação de uma de suas matérias-primas, onde se utiliza uma combinação de processos físico-químicos, viabilizou o reuso da água, presente em um dos seus efluentes, como a água de resfriamento em um sistema semi-aberto.

A Kodak Brasileira Com. Ind. Ltda é uma das empresas da Eastman Kodak Company, cuja sede situa-se em Rochester, NY, EUA. No Brasil, a Kodak possui uma unidade situada na cidade de São José dos Campos, Estado de São Paulo. Nesta unidade produz papel fotográfico e filmes para radiografia.

Há três anos a empresa vem promovendo a redução do consumo de água em seus processos e investe em pesquisa, pois entende que a água doce, potável, apesar de ser um bem disponível na natureza, é finito, e que o consumo indiscriminado associado ao desperdício poderá acarretar problemas de abastecimento em um futuro próximo.



**Figura 1. Projeção para a distribuição do consumo de água no Estado de São Paulo para o ano de 2010 (SMA, 1997).**

Neste período de tempo a empresa mapeou suas principais áreas de oportunidades de redução do consumo de água, bem como instalou projetos voltados para tal fim.

A necessidade primeira de se implantar um programa voltado para a redução do consumo de água vem através da observância da Lei Federal 6.938/81, a qual possui um parágrafo que cita a necessidade de se implantar programas voltados para a redução do uso de recursos naturais.

## GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

A unidade de São José dos Campos da Kodak do Brasil, está situada a 100 km ao leste da capital São Paulo, no local de coordenadas geográficas 23° 13' de latitude sul e 45° 58' de longitude oeste, em uma região conhecida como Vale do Paraíba. O Vale do Paraíba está localizado entre a Serra do Mar, cuja encosta sudeste encontra o Oceano Atlântico, e a Serra da Mantiqueira, cujo ponto mais alto é o Pico das Agulhas Negras, com 2.787 metros de altitude.

O Vale do Paraíba é constituído por uma extensa bacia sedimentar, a Bacia de Taubaté, de idade terciária, com área de 2.500 km<sup>2</sup> e profundidade máxima em torno de 850 m (Marques, 1990). Trata-se de um graben alongado na direção NE-SO, condicionado por reativações de falhas transcorrentes existentes no embasamento cristalino, de idade Pré-Cambriana Superior.

Essa bacia é inteiramente percorrida por um dos mais importantes rios do sudeste brasileiro, o rio Paraíba do Sul, e possui um importante aquí-  
f-  
f-  
f-

fero, o aquífero Caçapava, do Terciário Superior, que apresenta um bom potencial de aproveitamento das águas subterrâneas.

Toda a água consumida pela empresa advém de quatro poços tubulares profundos, que captam água do aquífero Caçapava. Todo o abastecimento de água da região ou vem desse aquífero ou do rio Paraíba do Sul, que nasce no leste do Estado de São Paulo, na Serra do Mar, a 150 km da cidade de São José dos Campos. Este rio abastece a demanda do sul do Estado de Minas Gerais e do norte e leste do Estado do Rio de Janeiro. No Estado do Rio de Janeiro, situado na região sudeste do Brasil, o rio Paraíba do Sul deságua no Oceano Atlântico.

A demanda de água através de poços tubulares profundos, em toda a região, vem fazendo com que o consumo já seja superior à capacidade de recarga do aquífero, de acordo com os seguintes dados (DAEE, 1977):

#### Aquífero Caçapava:

- Recarga anual do aquífero:  $250 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano;
- Consumo (previsão feita em 1977 para o ano 2000):
  - Indústria:  $670 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano;
  - Uso doméstico:  $300 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano;
  - Irrigação:  $580 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano.

A recarga do aquífero corresponde a apenas 16% do total do consumo, de 1.550 m<sup>3</sup>/ano. O estudo do DAEE (1977) revelou que, na época, as águas superficiais correspondiam a 84% do consumo e as águas subterrâneas correspondiam aos 16% restantes. Caso este percentual de consumo tenha permanecido constante, teríamos que hoje o consumo de água subterrânea de 230 m<sup>3</sup>/ano seria exatamente igual à recarga do aquífero Caçapava. É, portanto, uma situação limite.

Em algumas regiões do Vale do Paraíba o aquífero já apresenta rebaixamento do nível d'água de até 50 m em relação ao nível medido há 25 anos, decorrente da excessiva exploração verificada no decorrer desse período.

## USO DA ÁGUA E REDUÇÃO NO CONSUMO

A Kodak, em sua unidade de São José dos Campos, consome em média 1.550 m<sup>3</sup>/dia. Esta água é incorporada ao produto, utilizada em sanitários e na limpeza do processo produtivo, conforme é apresentado no gráfico da Figura 2.

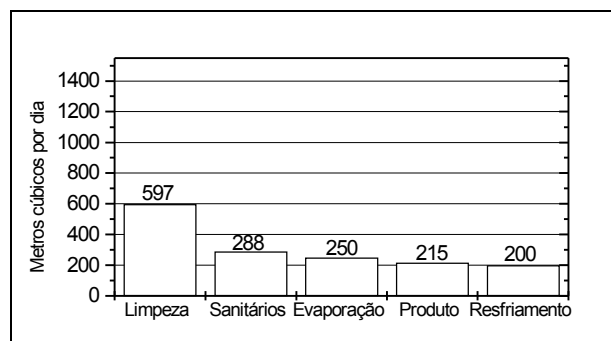


Figura 2. Distribuição do uso da água na Kodak.

A seguir, são descritas as atividades que vem colaborando com a redução do consumo, na Kodak brasileira, em São José dos Campos.

#### 1. Aprimoramento operacional:

Todos os sanitários foram reformados passando a utilizar caixas d'água que despejam apenas 6 litros por descarga. Substituição de torneiras convencionais por torneiras de pressão. Uso de chuveiros elétricos em substituição às duchas.

#### 2. Redesign do processo:

Substituição de processo de fabricação convencional, por *batch* com necessidade de limpeza dos reatores com água a cada novo *batch*, por processo contínuo, com redução de perdas decorrentes da limpeza constante dos reatores e, substituição de recipientes de estocagem de produto de 20 kg por recipientes de 120 kg, com redução do uso da água utilizada na limpeza dos recipientes.

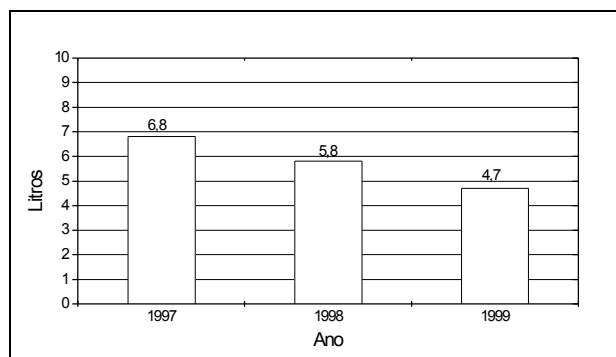
#### 3. Reciclagem no processo/reuso:

A instalação de osmose reversa, após o tratamento convencional por precipitação dos resíduos líquidos contendo prata, possibilitou o reuso diário de 150 m<sup>3</sup> de água nas torres de resfriamento, com uma economia de 10% na água captada.

O total do conteúdo de prata no efluente antes do processo de osmose reversa situa-se na faixa de 0,5 a 1,5 ppm e, após o processo, situa-se entre 0,02-0,06 ppm. Isto possibilitou o uso da água que anteriormente era evaporada para recuperação da prata, em torres de resfriamento.

Na Figura 3 é mostrada a redução do consumo da água, no período 1997/1999, para a mesma quantidade de produto gerado na Kodak brasileira, de São José dos Campos.

Na Figura 4 é mostrada a evolução do percentual de água descartada em relação à água cap-



**Figura 3. Consumo de água na Kodak brasileira, de São José dos Campos, por m² de papel/filme fotográfico produzido.**

tada através dos poços tubulares profundos, no período compreendido entre julho de 1998 a junho de 2000.

Na Figura 5 é mostrada a redução percentual obtida no consumo da água da Kodak Brasileira, em São José dos Campos, no período 1998/2000. A redução conseguida no período 1998/1999 equivale a 378 m³/dia. Esta quantidade de água é suficiente para abastecer um bairro com 600 residências.

## RECUPERAÇÃO DA PRATA

O principal produto presente nos processos industriais de geração de papel fotográfico e filme para radiografia é o nitrato de prata. O sistema de recuperação de prata tem por objetivo recuperar a prata presente nos produtos fora de especificação, águas de processo e aparas de papel e filme fotográfico.

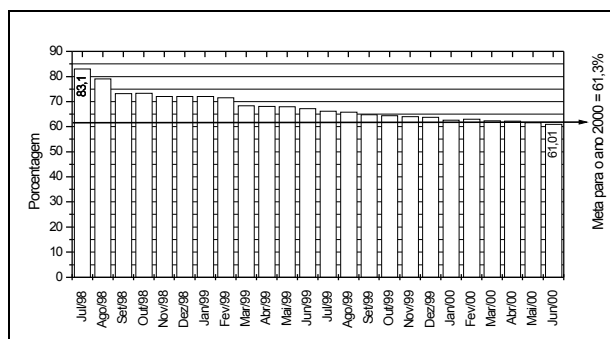
A recuperação da prata presente nos materiais a serem processados é efetuada em duas etapas a saber:

- recuperação de prata de correntes líquidas;
- recuperação de prata de materiais sólidos.

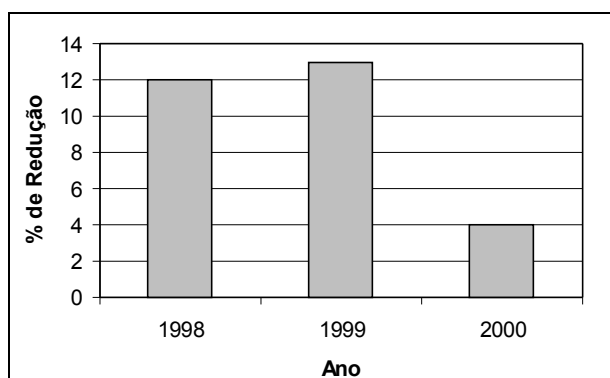
Como este trabalho trata do reuso da água, a seguir será apresentado apenas o processo de recuperação de prata das correntes líquidas.

### Recuperação da prata das correntes líquidas

As correntes ricas em prata, oriundas dos processos produtivos, lavagem de gases, digestão dos filmes de raios-x e provenientes da torre de



**Figura 4. Porcentagem média mensal da água captada em poços e descartada na Estação de Tratamento de Efluentes.**



**Figura 5. Redução percentual do consumo da água no período 1998/2000.**

resfriamento, são submetidas ao processo de coagulação/floculação e sedimentação, sendo utilizado o sulfato de alumínio como coagulante, e o processo realizado em bateladas. Nesse processamento, a maior parte da prata presente é precipitada, sendo separada da fase líquida por sedimentação e posteriormente por centrifugação.

Após a sedimentação dos sólidos, o sobrenadante é removido e processado em uma unidade de osmose reversa, obtendo-se o permeado, que é utilizado como água de reposição na torre de resfriamento, e o concentrado, que retorna para o processo de coagulação e floculação.

Os sólidos que haviam sedimentado são submetidos ao processo de centrifugação, para remoção do excesso de água e, posteriormente, encaminhados para a unidade de calcinação, onde é eliminada toda a água presente. Atualmente a calcinação é realizada por terceiros, estando em fase de implantação, uma unidade local.

O material obtido no processo de calcinação é coletado e submetido ao processo de purificação por fusão em forno do tipo cadinho, a uma temperatura de 1200°C.

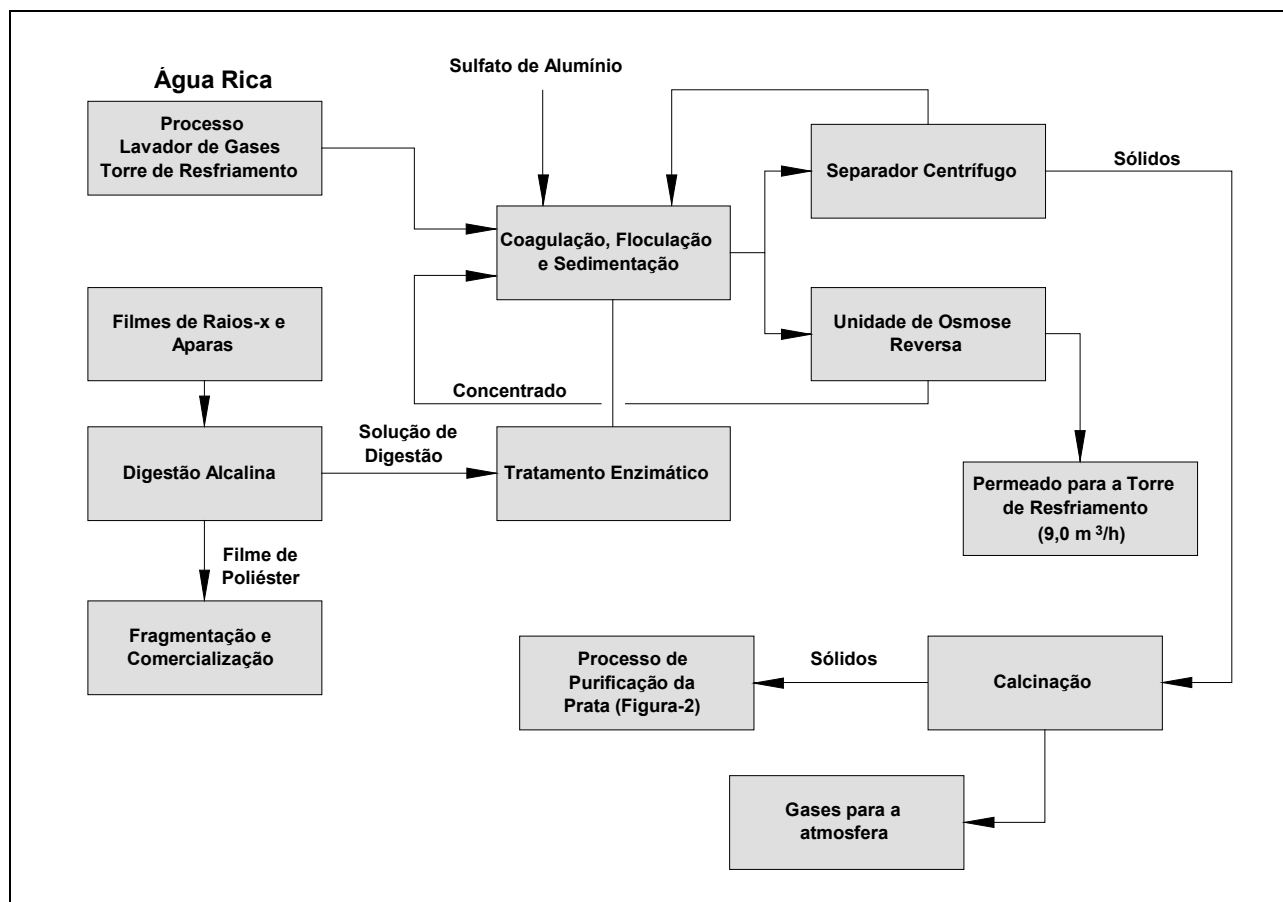


Figura 6. Processo de recuperação de prata das correntes líquidas.

No caso dos filmes de raios-x, a gelatina que se encontra impregnada de prata, depositada sobre uma película de poliéster, é removida pela ação de um álcali. A solução resultante deste processo é submetida a um tratamento enzimático, para a liberação da prata. O filme de poliéster isento de qualquer traço de prata e outras substâncias é fragmentado, sendo posteriormente comercializado.

### Características do processo

Modo de Operação → Batelada;  
Tratamento → Coagulação/Floculação, Separação de Sólidos e Osmose Reversa;

Coagulação/Floculação:  
Coagulante → Sulfato de Alumínio;

Separação de Sólidos:  
Sedimentação e Centrifugação;

Unidade de Osmose Reversa:

Alimentação = 18,0 m³/h;  
Recuperação de Água = 50%;  
Vazão de Permeado = 9,0 m³/h;  
Vazão de Concentrado = 9,0 m³/h;

Tratamento dos Filmes de Raios-x:  
Digestão Alcalina e Enzimática;  
Filme de poliéster → Fragmentação e comercialização (30 a 40 toneladas/15 dias).

Na Figura 6 encontra-se uma representação esquemática do processo de recuperação de prata das correntes líquidas.

### CONCLUSÕES

Embora os recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, sejam abundantes no sudeste brasileiro, o consumo e uso indiscriminado tem causado problemas de escassez no Estado de São Paulo.

A Kodak do Brasil, em observância à Lei Federal 6.938/81 e ciente das necessidades de se

implantar programas de redução de consumo dos produtos naturais vem, há três anos, promovendo a redução do consumo de água em seus processos. Assim sendo, a empresa investe em pesquisa, visando reduzir os problemas de abastecimento previstos para um futuro próximo.

O mapeamento das principais áreas de consumo de água mostrou oportunidades de redução do consumo, bem como permitiu a instalação de projetos que visam conseguir substancial economia.

Em três anos de medidas de redução do consumo, obteve-se redução de 378 m<sup>3</sup> de água por dia, para um total de 1.550 m<sup>3</sup>/dia de consumo, ou seja, uma economia efetiva de 20% na água captada do aquífero Caçapava.

## REFERÊNCIAS

- DAEE (1977). *Estudo de água subterrânea - Região Administrativa 3 - São José dos Campos*. Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, Governo do Estado de São Paulo, vol. 3, São Paulo.
- HELMER, R.; HESPANHOL, I. & SALIBA, J. (1991). Public health criteria for the aquatic environment: recent WHO guidelines and their application. *Water Science Technology*, 24 (2.): 35 - 42.
- HESPANHOL, I. (1992). Le recyclage des déchets humains. *Santé du Monde, Le Magazine de L'Organisation Mondiale de La Santé*, Juillet-Aout. 1992, Paris, p. 12 - 13.
- HESPANHOL, I. (1997). Esgotos como recurso hídrico - Parte 1 - Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais. *Revista Engenharia*, São Paulo, 523: 45 - 58.
- MAIA NETO, R. F. (1997). Água para o desenvolvimento sustentável. *A Água em Revista - Revista Técnica e Informativa do CPRM*, Rio de Janeiro, Ano V, novembro de 1997, 9: 21 - 32.
- MARQUES, A. (1990). Evolução tectono-sedimentar e perspectivas exploratórias da bacia de Taubaté, São Paulo, Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, jul/set. 1990, 4 (3): 253 - 262.
- MUJERIEGO, R. (1998). *Reutilización de aguas residuales en usos municipales y campos de golf*. Seminário Internacional - "Reuso da Água na Região Metropolitana de São Paulo", São Paulo, abril de 1998.
- SMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (1997). *Gestão das águas - 6 anos de percurso*. Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (ed), p. 128.
- TUCCI, C. E. M. (1995). Alguns desafios brasileiros em recursos hídricos e meio ambiente - Parte 1, *A Água em Revista - Revista Técnica e Informativa do CPRM*, Ano III, novembro de 1995, 6: 9 - 21.
- WORLD RESOURCE INSTITUTE (1997). World Resources, internet: <http://www.wri.org/wri>.
- WORLD RESOURCE INSTITUTE (1998). World Resources, internet: <http://www.wri.org/wri>.

## **Reduction of Industrial Water Consumption - Case Study of Kodak do Brasil**

### **ABSTRACT**

*Although Brazil possesses 14% of all the fresh-water on the Planet, water resources are scarce, in some regions, such as the states of São Paulo and Rio de Janeiro. In those regions, natural recharge of the aquifers is not sufficient to make up for groundwater used by industries, households and agriculture. The study of the various alternatives to optimize water resources use and, consequently, minimize the problems associated with the scarcity of clean water, indicates that water should be reutilized in industries, agriculture and public supply. Water reutilization is feasible, and this process is being developed in industries in the state of São Paulo, such as Kodak do Brasil, which is the subject of this paper.*

*Keywords: water reutilization, Caçapava aquifer, Kodak do Brasil.*