

# MANUAL SOBRE PRODUÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL SABOROSA

**Nobutada NAKAMOTO**, Shinshu University, Japan

(Community Water Supply Support Center of Japan, <http://www.cwsc.or.jp/>)

Tradução: Hiroyuki Hino, Brasil

29-Abril 2008

## **PREFÁCIO**

Não podemos viver sem água. Todos precisam de água potável para beber. Sistemas modernos de abastecimento de água têm sido desenvolvidos a partir da observação da água que nasce nos mananciais, procurando reproduzir esse processo artificialmente. Um deles foi chamado de **“Filtração Lenta em Areia”**, que incorporou com sabedoria o mecanismo da própria natureza.

Esse processo tornava a água pura, isenta de bactérias patogênicas. No entanto, seu ponto fraco era a lentidão na remoção das impurezas. Esse processo de purificação foi, por muito tempo, equivocadamente concebido como um fenômeno puramente físico. Na realidade, trata-se de um **Processo de Purificação Ecológica**.

Após a 2ª Guerra Mundial, devido ao aumento da demanda por água potável no mundo inteiro, foi difundida uma moderna tecnologia de tratamento de água com a utilização de filtros rápidos, cujo processo foi denominado de filtração rápida. Embora essa tecnologia possa produzir de fato água potável em maior quantidade que a filtração lenta, recentemente vem sendo questionada por ser um processo parcial e ineficiente de tratamento de água, devido aos constantes problemas acerca de sua qualidade e de saúde pública, como o mau cheiro na água tratada, a incidência de câncer decorrente do cloro adicionado à água e o surto de diarreia na população causado por *Cryptosporidium*.

Recentemente, na tentativa de solucionar tais problemas, a filtração lenta vem ganhando mais atenção como um processo seguro e confiável para a produção de água potável, além de ser um processo natural. Entretanto, a utilização desse mecanismo da natureza deve levar em consideração o ambiente propício para os organismos vivos, pois, dependendo da água bruta, há diferenças no crescimento desses organismos.

Explicar o processo de purificação simplesmente pela abordagem física é inadequado. No entanto, tratando-se do fundamento básico do processo de filtração lenta em areia, este é idêntico ao que ocorre nos mananciais, isto é, basta interpretá-lo sob o ponto de vista da ação dos organismos.

Trata-se de um processo simples, barato e seguro para obtenção da água potável. Para isso, há necessidade de desfazer o equívoco conceitual sobre o processo de filtração lenta em areia procurando explicar ao leitor, de modo compreensível, os conceitos fundamentais envolvidos neste processo.

Durante a minha pesquisa na cidade de Ueda, visitei várias cidades do Japão e de outros países. Constatei que a maioria das estações de tratamento de água visitadas recorria ao uso de algicidas, acreditando que as algas prejudicam a qualidade de água potável. Este era o caso da Estação de Tratamento de Água de Miyakojima, em Okinawa, famosa pelo aproveitamento de água da chuva, e que usa água subterrânea como água bruta no sistema de filtração lenta em areia.

O responsável pela Estação, percebendo o equívoco no processo de tratamento, me procurou na Universidade de Ueda e o fiz compreender o papel das algas e dos organismos vivos na obtenção de uma água potável saborosa. Pesquisei a Estação de Tratamento e concluí que o sistema é viável tanto em clima tropical como em regiões temperadas. Pela compreensão da base conceitual, e usando um pouco de criatividade, foi possível construir um sistema próprio de tratamento de água. (*Obs.: A Estação está localizada em local úmido e quente*).

Em 2002, publiquei um livro intitulado *"NAMA DE OISHII SUIDOUSUI"* ("Água Encanada, Pura e Saborosa"), com o intuito de esclarecer o porquê de, no Japão, o Sistema de Filtração Lenta em Areia não ter sido aceito, e tentei explicar o processo de filtração baseado no ponto de vista biológico.

O livro teve muita repercussão no Japão, mas não foi suficiente para a compreensão do processo. Percebi que o problema estava no nome "Sistema de Filtração Lenta em Areia" e por este motivo, resolvi mudar o seu nome para "**Sistema de Purificação Ecológica**", com o intuito de desfazer essa confusão conceitual, esclarecendo que o processo não se trata de fenômeno físico e sim biológico.

Neste livro, procurei apresentar de modo simples os conceitos básicos do sistema de purificação ecológica. Para facilitar a leitura, adotei frases curtas, e é possível compreender qualquer capítulo, sem a necessidade de seguir a leitura seqüencial dos capítulos. Foram inseridos também inúmeros diagramas e fotos para ilustração. Procurei utilizar o mínimo possível a linguagem técnica, para que muitas pessoas do Brasil ou de outro País de língua portuguesa possam facilmente entender os fundamentos básicos do tratamento ecológico da água.

O desenvolvimento da tecnologia se dá após o sucesso do produto e de sua divulgação. Assim, espera-se que a real compreensão do aspecto estrutural e conceitual poderá vir posteriormente ao desenvolvimento da tecnologia.

Um grande número de pessoas no mundo está preocupado em preservar água potável e, assim, espero que outros povos traduzam este livro para suas respectivas línguas.

Finalmente, considero o Sistema de Filtração Lenta como uma tecnologia sustentável a favor da vida humana, um processo que articula a ciência pura e a tecnologia.

**Nobutada NAKAMOTO-Biólogo**

Universidade de Shinshu, Japão

Maio de 2005

### **Sobre a versão em português**

O Brasil, para mim, é a segunda Pátria. Estive no Brasil pela primeira vez em agosto de 1974, como participante de um programa de pesquisa sobre o ecossistema aquático das represas hidrelétricas, na qual participavam jovens pesquisadores da Universidade de São Paulo e da Universidade Federal de São Carlos.

Notei que fitoplânctons da represa do Broa, próxima de São Carlos, não tinham vitalidade. Porém, após uma chuva, eles se desenvolviam rapidamente. Percebi que, na natureza, os seres vivos passam sua maior parte de “barriga vazia” (ou com fome), o que é um estado até normal. Os jovens pesquisadores estavam ávidos à pesquisa e à procura de novas informações. Até mesmo os fundamentos básicos do “**Sistema de Purificação Ecológica**” necessitavam de uma colônia de seres vivos de “barriga vazia”, em atividade. Acredito que essa idéia nasceu no meio ambiente natural do Brasil.

A tecnologia de Filtração Lenta foi concebida na Inglaterra há 200 anos. Todavia, essa tecnologia vem recebendo concepção equivocada em vários países, inclusive no Japão. Para reverter essa situação, era necessário alterar o nome para “**Sistema de Purificação Ecológica**”. Percebi a importância do papel das algas e dos microorganismos no processo de tratamento de água, e procurei explicá-lo através de novas concepções.

Quando há alteração no ecossistema, altera-se também a sua população biótica. A partir da compreensão da realidade, devem ser criados mecanismos específicos adequados a cada tipo de ambiente. Essa tecnologia é semelhante à medicina oriental, ou seja, criar um ambiente que propicie o desenvolvimento dos seres vivos, de modo que suas atividades executem a limpeza da água. Os japoneses são um povo agricultor. É eficiente para cultivar o arroz, e se preocupa com a preservação da natureza. Nesse contexto, cultivar é a idéia básica, cujo sentido se aproxima do **Sistema de Purificação Ecológica**.

Estou muito satisfeito por este livro ser publicado em português. Nas Universidades do Brasil, onde depus uma parte da minha juventude, conheci vários estudantes nikkeis, entre os quais, o jovem Kozo Hino, um estudante de Biologia da Universidade de São Carlos. Recordo-me que, em janeiro de 1976, encontrei-o na rodoviária da cidade e me convidou para passar alguns dias na sua residência em São Paulo, cuja lembrança ocorreu há alguns dias.

Na casa de Kozo Hino, ouvi vários relatos sobre as dificuldades dos imigrantes japoneses no Brasil, bem como sobre os enormes esforços empreendidos para superá-las. Desde daquele tempo, venho mantendo a relação de amizade com a família Hino. Nessa oportunidade, solicitei ao Sr. Hiroyuki Hino, irmão de Kozo Hino, a tradução do meu livro "*Oishii mizu no tsukurikata*" para versão em português. Ele aceitou prontamente e, nessa versão, acrescentei o detalhamento de alguns assuntos onde julguei necessário.

No próximo ano, comemora-se o Centenário da Imigração Japonesa no Brasil. Inserindo-me nessa comemoração, gostaria que este livro pudesse contribuir para melhorar a vida dos latino-americanos. Este é o meu grande sonho.

Gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Samuel Branco, ao Prof. Dr. Jose Galizia Tundisi e ao Profa. Dra. Takako Matsumura Tundisi por terem me convidado e acolhido durante a minha juventude.

Esta publicação é dedicada ao falecido Kozo Hino, um amigo inesquecível que trabalhou incansavelmente para construção de ponte entre Brasil e Japão.

## **INDICE**

1. Os japoneses não apreciam água tratada com cloro
2. Pesquisa sobre água encanada saborosa como ponto de partida
3. Não é possível explicar a Remoção de bactérias pela filtração em areia
4. "Sistema de purificação ecológica": novo nome para o sistema de filtração lenta em areia
5. Novo nome e nova concepção
6. Solicitação de cooperação para a pesquisa
7. A cidade de Ueda utiliza tecnologia inglesa desde 1923
8. O Sistema de purificação ecológica (sistema de filtração lenta em areia) tem bom rendimento em termos de área ocupada
9. Sistemas de filtração rápida que usam tratamento químico requerem excesso de terreno
10. "Filtração comercial" e "filtração natural"
11. A descoberta do papel das algas no processo de tratamento por sistema de filtração ecológica
12. A água mais saborosa do Japão é a da cidade de Takasaki
13. Onde encontrar a água potável segura?
14. Uma maneira simples de obter água potável segura
15. A indústria têxtil e a origem da rede pública de abastecimento da água
16. Origem do sistema público de abastecimento de água e filtro de areia
17. Filtração lenta e James Simpson
18. Sistema de filtração lenta descendente de James Simpson
19. O rio Tamisa era tão sujo que sua água não servia para beber
20. Primeiro indicador de transparência
21. Aeração é necessária para suprir a falta de oxigênio dissolvido na água
22. A filtração lenta em areia é capaz de eliminar as bactérias patogênicas

23. Quando o número de bactérias comuns está abaixo de 100 por 1 mililitro, a água é segura
24. O tratamento por sistema de filtração lenta é biológico e não físico
25. A água que brota do manancial é límpida
26. Granulometria da areia
27. O segredo é fazer a água fluir lenta e naturalmente de cima para baixo
28. A Uniformidade da superfície de areia e o controle de fluxo de água são pontos fundamentais
29. Tanque de filtração lenta e algas
30. Algas filamentosas crescem na corrente de água lenta
31. As algas são responsáveis pela oxigenação da água
32. Algas excedentes e condição de oxigênio dissolvido no tanque de filtração
33. Quantidade de oxigênio na bolha
34. Construção de um coletor de algas
35. Formação de bolhas
36. Crescimento de colônia de algas e transparência da água filtrada
37. Ecossistema no tanque de filtração lenta
38. O papel das algas no tratamento ecológico
39. Algas transformam água dura em água mole
40. Entupimento do filtro e perda nominal de água
41. Idéias equivocadas sobre as algas que crescem no tanque de filtração
42. Os líderes japoneses não compreenderam o processo de tratamento ecológico
43. Foi um erro o fechamento do escoadouro na Estação de Tratamento de Tóquio
44. A reprodução de algas e seu descarte por escoadouro tornam a água rica em oxigênio
45. Na bolha de ar, a concentração do oxigênio é alta
46. A concentração do oxigênio no tanque de filtração se reduz quando o canal de escoamento não funciona
47. Tanque de filtração coberta
48. Relação entre velocidade de filtração e oxigênio dissolvido
49. Quanto mais rápida a filtração, melhor a qualidade da água filtrada
50. Relação entre tanque de filtração e crescimento de algas
51. Algas que no verão não conseguem crescer no tanque de filtração
52. Tamanho dos organismos e alimentos
53. Papel das fezes de animais na filtração lenta
54. Crescimento das algas e profundidade de água
55. Filtração através de tanque raso
56. Quanto mais raso for o tanque de filtração, melhor o crescimento das algas
57. Cobrindo o tanque de filtração durante o inverno
58. O Trabalho de raspagem
59. No tanque de onde crescem seres vivos impede-se a entrada de materiais em suspensão no meio filtrante
60. No meio da corrente lenta, uma diversidade de colônias de organismos está em atividade
61. Algas filamentosas tornam o tanque de filtração esverdeado

62. Animais que comem algas verdes
63. No tanque de filtração lenta vivem também os moluscos
64. Presença de aves no tanque que filtração lenta
65. Importância do ecossistema saudável
66. No tanque de filtração rápida, os animais não sobrevivem
67. Água com cloro foi imposição dos militares americanos
68. Água clorada muda a cor do cabelo e mata os peixes
69. Na Europa, a água não é clorada
70. Autoridades em tratamento de água reconhecem a toxicidade do cloro
71. Tratamento de água no Vietnã
72. Água potável segura para o povo indonésio
73. Tratamento ecológico em Bangladesh
74. Facilidade de manutenção do filtro ascendente
75. O Sistema de filtração lenta foi adotado também na Nigéria
76. Baixo custo da construção do sistema de filtração lenta (tratamento ecológico), em exemplo nos Estados Unidos
77. O tanque de filtração lenta usa terreno barato e de modo eficiente
78. Filtração na barragem do rio é uma filtração lenta em areia natural
79. Redescoberta da filtração em diques
80. Tecnologia de filtro de membrana no tratamento de água
81. O Sistema de filtração lenta (tratamento ecológico) evita a cryptosporidiose
82. O Sistema de filtração lenta da cidade de Ueda
83. Algas flutuando em grande quantidade é bom sinal de atividade no tanque de filtração
84. A Remoção das algas reduz alimentos para animais
85. Eliminação de algas através do canal de descarte móvel vertical
86. Construindo o próprio sistema de filtração lenta
87. Não é recomendável oferecer água com cheiro de cloro
88. Produzindo água potável utilizando o "ofurô"
89. Uso de um balde como modelo experimental
90. Aperfeiçoando o sistema de tratamento ecológico
91. Uma pequena estação de tratamento construída pela comunidade
92. Detecção dos organismos é limitada
93. A bactéria coliforme não é patogena
94. A água superficial tem melhor qualidade que a água profunda
95. No tratamento ecológico, não há interferência das algas tóxicas e Cryptosporidium
96. Nenhum alimento é completamente isento de bactérias. Acredite no potencial dos organismos vivos
97. Referências

\*\*\*\*\*

## 01- OS JAPONESES NÃO APRECIAM ÁGUA TRATADA COM CLORO.

Atualmente no Japão está enraizada a idéia de que “água segura” é aquela que é distribuída à população contendo cloro dissolvido, que mata as bactérias nocivas à saúde. Essa idéia é sustentada pela presença de cloro residual livre na boca da torneira em concentrações acima de 0,1 mg/litro, e ao mesmo tempo este é um valor fixado no Japão como padrão de segurança em termos de saúde pública. No entanto, observa-se que nessa água os peixes dourados morrem em pouco tempo.

Consumir essa água é realmente seguro?

Sabe-se que a água que nasce das montanhas é saborosa e não contém cloro dissolvido. Por este motivo, muitas pessoas buscam essa água, acreditando ser mais segura que a água encanada.

As estações de tratamento de água foram concebidas para fornecer água potável segura à população. Porém, nos dias de hoje, muitas pessoas preferem comprar água condicionada em garrafas de PET àquela fornecida pela estação.

Com o aproveitamento do ecossistema natural, é possível obter água potável de boa qualidade, muito superior a de muitas águas famosas. Todavia, no processo de purificação da água, deve-se necessariamente considerar o papel importante dos organismos vivos. Essa é a idéia fundamental deste manual.



*Fig.1-Em vários lugares do Japão existem famosas minas de água. Muitas pessoas buscam água nessas minas. Próximo à floresta de Wada, província de Nagano, da mina de pedra “Kokuyouseki” brota uma água muito saborosa e famosa desde a antiguidade. Essa água é conhecida como “Água Kokuyou”.*

## 02- PESQUISA SOBRE ÁGUA ENCANADA SABOROSA COMO PONTO DE PARTIDA

Em Ueno, uma cidade da província de Nagano, Japão, desde 1923 utilizava-se o tratamento biológico, ou seja, sistema de filtração lenta para a produção de água potável, cujo modelo foi importado da Inglaterra. Nesse sistema, a água bruta captada do rio atravessa lentamente a camada de areia que fica no fundo do tanque de filtração, com pouca profundidade. Com isso, a cidade fora abastecida, por muito tempo, com água muito saborosa e segura.

Em 1970, no entanto, com a construção da represa na cabeceira do rio, a água começou apresentar odor desagradável, o que causou preocupação aos consumidores. Após análise,

constatou-se que o responsável era a decomposição das plantas aquáticas e, para eliminá-las, iniciou-se a adição de cloro.

Quando comecei a trabalhar na Universidade de Shinshu (em Ueda, província de Nagano), em 1975, notei que grande quantidade de algas crescia no tanque de filtração da estação de tratamento de água de Ueda, e logo percebi que elas desempenhavam um papel importante no processo de purificação da água. Foi o que me interessou a fazer pesquisa nessa área.

Em 1974, nos EUA, foi comprovado que a adição do cloro na água para fins de esterilização forma produtos altamente cancerígenos (*trihalometanos*). Essa notícia fez com que o Departamento de Água da cidade de Ueda interrompesse imediatamente a adição do cloro na água bruta captada, prática que era utilizada embora o tratamento fosse biológico. Essa atitude (a adição de cloro), a meu ver, foi adotada precipitadamente, devido à idéia equivocada dos técnicos do Departamento. Como consequência, após a interrupção, constatou-se aumento das atividades dos organismos e, com isso, a água recuperou o sabor e desapareceu também o odor.

Esse fato foi o que me levou a pesquisar o processo de tratamento biológico da água, visando, sobretudo, desfazer essa idéia equivocada sobre o papel dos organismos vivos e algas. Estou nesse trabalho há mais de 20 anos.



*Fig. 2-No tanque de filtração da Estação de Tratamento de Someya, cidade de Ueda, cresciam muitas algas, que flutuavam sobre a superfície da água. Quando isso ocorria, melhorava o funcionamento do tanque de filtração.*

### **03- NÃO É POSSÍVEL EXPLICAR A REMOÇÃO DE BACTÉRIAS PELA FILTRAÇÃO EM AREIA**

O escocês John Gibb, em 1804, ao observar a água límpida que brotava numa mina, presumiu que poderia obtê-la, com a mesma qualidade, fazendo-a passar lentamente através de uma camada de areia, criando artificialmente o processo de purificação da água. Tal processo de filtração foi denominado de "**Filtração Lenta em Areia**" ("Slow Sand Filtration", em inglês).

No ano de 1829, um londrino chamado James Simpson desenvolveu um processo de filtração, fazendo com que a corrente de água atravessasse lentamente a camada de areia por gravidade. Ele constatou também que a filtração eliminava agentes causadores de doenças como cólera. No início, pensou-se que a eliminação de bactérias contidas nas impurezas da água poderia ser explicada pelos processos físicos e eletroquímicos. No entanto, tratando-se de grandes quantidades de impurezas, o desaparecimento da bactéria não era plenamente convincente

quando se compara o tamanho de uma bactéria e o de um grão de areia, que são respectivamente 1 microm e 1 milímetro, ou seja, 1000 vezes maior que a bactéria. Portanto, nessas dimensões, as bactérias deveriam atravessar facilmente a camada de areia, o que deixou o Simpson intrigado, haja vista que as explicações baseadas somente nos fenômenos físicos e químicos eram claramente insuficientes.

Mais tarde, com o surgimento das doenças contagiosas, o aperfeiçoamento dos microscópios e a partir do avanço na área de pesquisa das doenças, constatou-se que havia uma relação intrínseca entre o desaparecimento das bactérias e a ação dos organismos que vivem na superfície da camada de areia. Esta evidência forçou a criar um novo nome mais apropriado: **“Filtração Biológica”**. Entretanto, a permanência usual do termo “Filtração Lenta em Areia” continuou causando um equívoco conceitual acerca do processo de purificação da água, uma vez que o fenômeno físico ainda era a base interpretativa do processo de filtração.

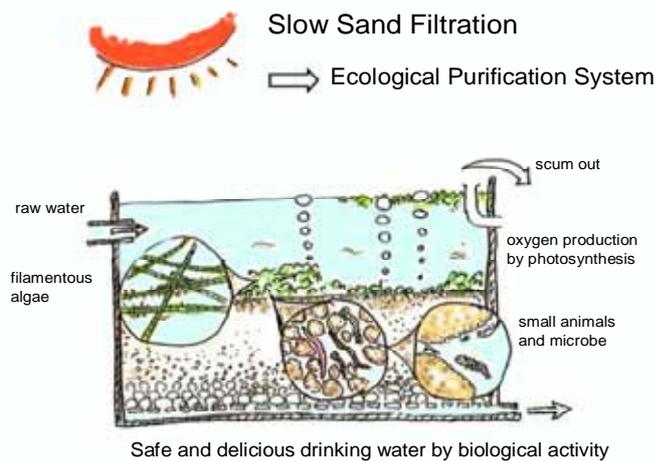


*Fig. 3-Em geral, o processo de filtração pode se dividir em três tipos: 1-filtração por peneira, a mais simples, e de malhas grandes; 2-filtração em camada de cascalho, e 3-filtração em camada de areia fina.*

#### **04-“SISTEMA DE PURIFICAÇÃO ECOLÓGICA”: NOVO NOME PARA O SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA EM AREIA**

No “Sistema de Filtração Lenta em Areia”, verificou-se que a atividade das algas que vivem na superfície da areia era responsável pela remoção de bactérias. Esse sistema foi desenvolvido há 200 anos e, na época, fora visto apenas como um processo físico de filtração. Somente há 150 anos atrás que se compreendeu a importância dos microrganismos e pequenos animais que vivem na camada de areia, no tratamento de água, ou seja a *“filtração biológica”*, um termo mais adequado. Infelizmente, o termo “Sistema de Filtração Lenta em Areia”, continuou sendo usado por várias décadas.

Pensei muito sobre como desfazer tal equívoco conceitual. Quando percebi o papel das algas no processo de tratamento de água, resolvi dar um novo nome ao “Sistema de Filtração Lenta em Areia”, o que permite dar uma nova interpretação ao processo de purificação da água. Proponho, assim, o nome **“Sistema de Purificação Ecológica”**, incluindo nele a etapa de pré-filtração. Com esse novo nome, acredito que o papel de diversos organismos vivos no processo de filtração não será mais ignorado, e contornar o equívoco.



*Fig. 4-A filtração lenta em areia não é um simples processo físico de filtração: trata-se de purificação biológica. A água potável saborosa é produzida num ecossistema saudável, onde as atividades biológicas exercem funções importantes.*

## 05- NOVO NOME E NOVA CONCEPÇÃO

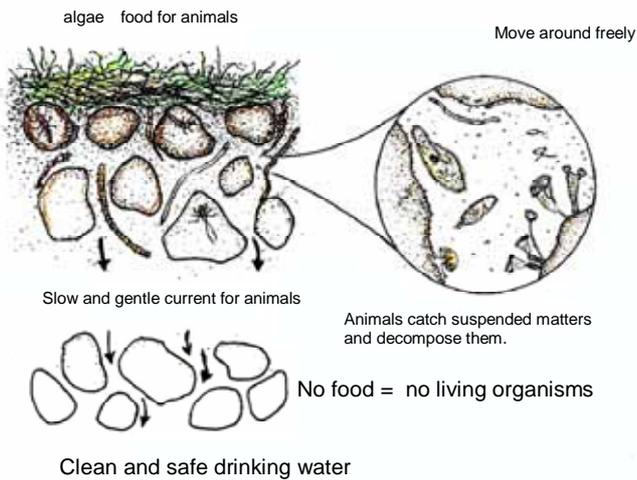
A água da nascente é límpida e translúcida. O homem, na tentativa de produzir água igual a da nascente, “copiou” o ambiente da nascente, atravessando lentamente a água através do filtro de areia. Daí surgiu a denominação “Filtração Lenta em Areia”.

Não obstante, havia concepção equivocada acerca da Filtração Lenta em Areia, pois, no processo, as funções das plantas e dos animais aquáticos que crescem no tanque de filtração eram ignoradas.

Em geral, a água que brota da montanha é saborosa. Na floresta, as folhas que caem no chão são degradadas por organismos, fungos e bactérias, transformando-as em farto e rico alimento para diversos organismos que vivem no solo, ambiente no qual a cadeia alimentar está em pleno funcionamento. É nesse contexto que há produção de água potável de boa qualidade. A famosa água potável é nada mais que essa água engarrafada. Essa concepção biológica do processo de filtração torna inadequado o nome “Tratamento por Sistema de Filtração Lenta em Areia”, devendo, portanto, ser substituído por **“Sistema de Purificação Ecológica”**, cujo nome reflete melhor o processo de purificação, incorpora a participação dos microrganismos e desfaz o equívoco.

As algas que realizam a fotossíntese tornam-se também alimentos para microrganismos. A fotossíntese distribui o oxigênio na água e acelera a decomposição de matérias orgânicas presentes na água. Trata-se de uma importante prova de que as algas desempenham um importante papel no processo de “Filtração Lenta em Areia”. Atribui-se também no processo uma nova concepção, pois, a real compreensão do **“Sistema de Purificação Ecológica”** só ocorrerá desde que passemos a conceber o processo de purificação sob o ponto de vista dos organismos vivos.

Com esse novo nome e nova concepção, ofereço água de baixo custo, saborosa e segura.



*Fig. 5.1-As atividades biológicas são fundamentais na produção de água de boa qualidade. Algas, pequenos animais e organismos microscópicos são indispensáveis ao Sistema de Purificação Ecológica.*

O Sistema de Tratamento Ecológico compõe-se de duas estruturas básicas: curto tempo de trabalho e longo tempo de utilização. Os animais que vivem no meio filtrante reúnem partículas em suspensão, fragmentando-as para comê-las. Encontram-se nesse meio desde microorganismos que apenas são observáveis por meio de microscópios, como nematódeos, minhocas, e até as larvas de insetos.

Dentro do tanque de filtração, estabelece-se entre os seres vivos a relação presa-predador, mais conhecida por cadeia alimentar ou cadeia trófica. Os animais, depois de ingerirem alimentos (ração ou partículas de impurezas), os eliminam sob a forma de fezes. No entanto, a maior parte do alimento ingerido não sofre completa decomposição.

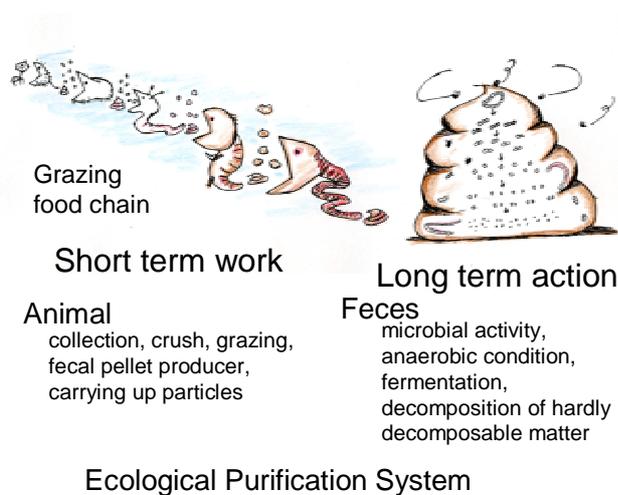
Os animais reúnem partículas de impureza, transformam-nas em fezes e as expulsam para fora do seu corpo. A colônia de organismos vive apenas em alguns centímetros da camada de areia, e apenas por alguns minutos, enquanto a água atravessa esse meio. É nesse curto espaço de tempo que as impurezas são removidas; portanto, pode-se dizer que se trata de um "tratamento instantâneo".

No interior das fezes expelidas pelos animais, as bactérias estão em plena atividade, consumindo oxigênio. Com a falta de oxigênio, inicia-se no interior das fezes o processo de fermentação anaeróbia das matérias orgânicas que não são decompostas em condições normais. Esse processo gera odor desagradável e leva bastante tempo.

Sabe-se que os animais não vivem sem oxigênio. São as algas que produzem oxigênio e transformam o ambiente aquático, tornando-o propício para melhorar as atividades dos animais. Portanto, a coexistência de oxigênio e fezes é um fator importante para a saúde do ecossistema aquático.

No tanque de filtração, o tratamento passa por um *trabalho de curta duração* e um *processo de longo período*. Entretanto, não se trata de uma filtração mecânica em areia, mas sim de um tratamento no qual há participação efetiva das comunidades hidrobiológicas.

No Tratamento Ecológico, portanto, o tamanho da areia não tem nenhuma influência no processo de filtração.



*Fig. 5.2-No tanque de filtração vivem muitos seres de diversos tamanhos. Os animais põem no seu interior qualquer coisa que entra na boca, em curto período de tempo. Todavia, dentro das fezes, pela falta de oxigênio, e aos poucos, inicia-se a fermentação anaeróbica. Nesse processo, os materiais normalmente difíceis de se decomporem são reduzidos ao tamanho molecular, o que ocorre em um período de tempo bastante longo.*

## 06- SOLICITAÇÃO DE COOPERAÇÃO PARA A PESQUISA

Em fevereiro de 1987, encaminhei ao Departamento de Água da Prefeitura de Ueda um Projeto de Cooperação à Pesquisa. Não recebi nenhuma ajuda financeira da Prefeitura para me livrar do condicionamento da divulgação do resultado da pesquisa junto ao Departamento. Simplesmente não queria ser pesquisador da Universidade subordinado à Prefeitura.

Antes de iniciar a minha pesquisa, consultei alguns artigos publicados a respeito do tratamento de água. Na maioria dos casos estudados sobre o processo de tratamento de água, a presença das algas era considerada nociva. Quanto ao Tratamento por Filtração Lenta em Areia, as algas filamentosas tinha alguma utilidade, sem, no entanto, nenhuma confirmação comprobatória. Por este motivo, iniciei a pesquisa para comprovar o papel benéfico das algas no tratamento de água e produzir um relatório que pudesse servir como referência aos livros didáticos.

Na cidade de Ueda existem duas estações de tratamento de água pelo Sistema de Filtração em Areia (Sistema de Purificação Ecológica), ambas mantidas pela Prefeitura, que fornecem água saborosa e barata à população. Há, por outro lado, uma parte da Cidade onde a água é abastecida pelo Departamento de Água da Província de Nagano. Essa água é tratada por produtos químicos através do Sistema de Filtração Rápida. A água produzida por este sistema apresenta um gosto desagradável e é mais cara que água fornecida pela Prefeitura. Por este motivo, todo o final de ano, a Prefeitura de Ueda cobre essa diferença de taxas.

Na época, para concessão de autorização à pesquisa, o Departamento de Água da Prefeitura de Ueda me solicitou que não divulgasse no relatório qualquer comparação entre dois sistemas de tratamento de água: Sistema de Filtração Rápida (químico) e Sistema de Filtração Lenta em Areia (Sistema de Purificação Ecológica), isto porque o Departamento já sabia que o segundo era

mais eficaz na produção de água de boa qualidade. Concordei com a condição do Departamento de Água, por acreditar ser o tratamento ecológico um tema muito interessante à pesquisa e também, para nossos estudantes, uma nova área da Ecologia Aplicada.

Assim, pude começar a pesquisa. No início, a pesquisa ia maravilhosamente bem, e parecia que seria concluída rapidamente. No entanto, levou muito mais tempo que o previsto. Os resultados alcançados na pesquisa em Ueda tiveram repercussão internacional, razão pela qual agradeço imensamente ao Departamento de Água da Prefeitura de Ueda pela oportunidade e liberdade em realizá-la.



*Fig. 6-A carta enviada ao Departamento de Água da Prefeitura de Ueda, em 1988, solicitando autorização para realizar a pesquisa sobre tratamento da água por Sistema de Filtração Lenta em Areia. Na carta, esclareci que os recursos financeiros à pesquisa viriam do fundo das Universidades, a fim de evitar a interferência do Departamento na divulgação dos resultados.*

## 07- A CIDADE DE UEDA UTILIZA TECNOLOGIA INGLESA DESDE 1923

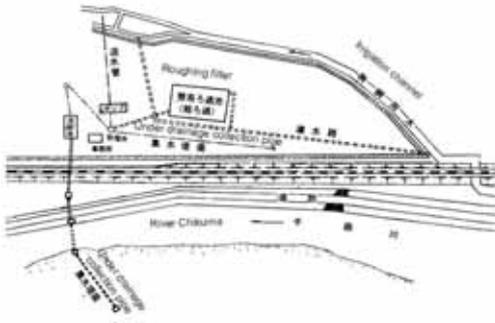
Durante as eras Meiji (1868 a 1912) e Taishyo (1912 a 1924), a sericultura era a principal atividade do País. Na época, a cidade de Ueda se desenvolveu como pólo industrial de tecelagem, recebendo, em 1910, a escola profissionalizante de fiação e tecelagem.

Para abastecer a cidade com água de boa qualidade, em 1923 foi construída uma Estação de Tratamento por Filtração Lenta em Areia (Sistema de Purificação Ecológica), tendo como modelo a da cidade de Yokohama, cuja tecnologia fora importada da Inglaterra.

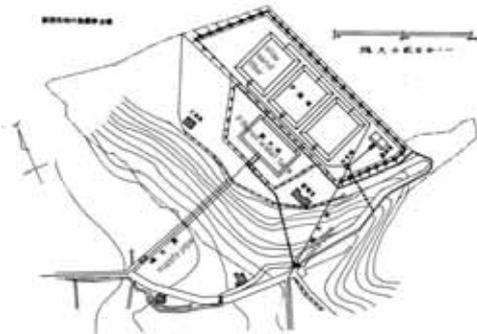
Como o Sistema de Purificação Ecológica (Tratamento por Filtração Lenta em Areia) era inapropriado para águas com grande quantidade de impurezas, as indústrias de tinturas recorriam à água do rio Chikuma, que era mais limpa, conduzindo-a através de dutos até a Estação de "Someya-dai".

Na época da instalação, foram construíds apenas três tanques de filtração de 780 m<sup>2</sup> e 1 tanque de distribuição de água filtrada. As paredes dos tanques de filtração eram construídas em argila, apenas, e revestidas por blocos de rochas.

A água bruta captada desse rio, como não continha impurezas, não provocava o entupimento do filtro, dispensando, assim, sua manutenção. Adicionalmente, não era necessário adicionar cloro no final do processo.



*Fig. 7.1-A água bruta é captada no rio Chikuma pelo canal de irrigação, e levada por tubulação até o tanque de pré-filtração com cascalhos, onde as impurezas primárias são removidas. Posteriormente, a água é levada à estação de tratamento.*



*Fig. 7.2-Em 1923, a Estação de Tratamento de Água consistia apenas de 3 tanques de filtração e 1 reservatório de água tratada. Como os materiais em suspensão eram previamente removidos, os filtros quase não entupiam, facilitando, desse modo, sua manutenção.*

## **08- SISTEMA DE PURIFICAÇÃO ECOLÓGICA (SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA EM AREIA) TEM BOM RENDIMENTO EM TERMOS DE ÁREA OCUPADA**

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão, para eliminar as impurezas da água bruta, adotou o sistema de filtração rápida, que utiliza produtos químicos coagulantes. A cidade de Ueda, com o aumento da população e o conseqüente aumento da demanda pela água potável, realizou a ampliação de sua Estação de Tratamento de Água. A água bruta era captada diretamente do rio e recebia agentes coagulantes para remover os materiais em suspensão e, em seguida, tratada por filtração lenta em areia. O tanque de filtração da época tinha parede vertical; no fundo, a área de filtração era de 780 m<sup>2</sup>. No ano de 1984, a Estação contava com sistema de adição de coagulantes, tanque de precipitação, 13 (treze) tanques de filtração e 1 (um) reservatório para armazenar água tratada.

Antes da Guerra, a Estação de Tratamento de Someya (cidade de Ueda) era abastecida pelo rio Chikuma. Hoje, é abastecida pelo seu afluente, o rio Kangawa, cuja água superficial apresenta turbidez maior que a do rio Chikuma, razão pela qual existe a propensão para o entupimento do filtro. Durante o verão, período quente e com muito sol, quase não ocorre entupimento do filtro, contrariamente ao que ocorre no período de inverno. Isto acontece porque, no verão, a atividade dos organismos vivos é maior que no inverno. Considerando-se que num filtro com área de 780 m<sup>2</sup> é possível filtrar a uma taxa de 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de água por dia, tem-se um volume de 3.900 m<sup>3</sup> de água tratada por dia. Supondo-se que cada pessoa gaste 0,3 m<sup>3</sup> de água por dia, esse volume é suficiente para abastecer uma população de 13.000 pessoas. Com o funcionamento de 12 dos 13

tanques existentes, a Estação poderá beneficiar com água potável uma população de 156.000 pessoas.

A instalação mostrada na foto abaixo tem capacidade para abastecer 150 mil pessoas, apresentando bom rendimento em termos de área.



*Fig. 8-Estação de Tratamento de Água Someya, da cidade de Ueda, em 1984 (Foto cedida pela Prefeitura de Ueda). Os tanques de filtração ocupam a maior parte da área da Estação sendo desnecessárias outras instalações.*

### **09- SISTEMAS DE FILTRAÇÃO RÁPIDA QUE USAM TRATAMENTO QUÍMICO REQUEREM GRANDE EXTENSÃO DE ÁREA**

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão experimentou um período de rápido crescimento industrial e também de aumento populacional. Para atender a demanda de água, adotou o Sistema de Filtração Rápida como nova tecnologia para tratamento, substituindo a tecnologia em uso, o Sistema de Purificação Ecológica (Sistema de Filtração Lenta em Areia). Em decorrência, em várias partes do Japão foram instalados Sistema de Filtração Rápida. Estes eram considerados sinônimo de modernização, devido a utilização de novos equipamentos e de produtos químicos. Comparando-se a velocidade de filtração desses dois sistemas, o de Filtração Rápida mostrava-se, de fato, maior.

O Governo de Província de Nagano, em 1964, construiu na cidade de Ueda uma Estação de Tratamento de Água usando o Sistema de Filtração Rápida. Hoje, essa Estação abastece parte da cidade de Ueda e outras cidades da região. De acordo com o folheto informativo, esse Sistema tem capacidade de produzir 48.000m<sup>3</sup> de água potável por dia, fornecendo água para 61.700 pessoas. Esse potencial de abastecimento é menor que o do Sistema de Purificação Ecológica (Sistema de Filtração Lenta em Areia) da cidade de Ueda.

É inegável que, em termos de velocidade de filtração, a do Sistema de Filtração Rápida supera a do Sistema de Filtração Lenta: 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia contra 5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. Além disso, o tanque de filtração tem maior rendimento e ocupa menor espaço. Por outro lado, tratando-se da área total ocupada pela Estação, a área ocupada pelo Sistema Purificação Ecológica é menor que a do Sistema de Filtração Rápida. Isto porque esse último, além dos tanques de filtração, necessita de várias instalações especiais e maior quantidade de área, destinadas ainda a abrigar a grande quantidade de sedimentos produzidos. Assim, considerando-se a área total ocupada, as Estações praticamente se igualam.

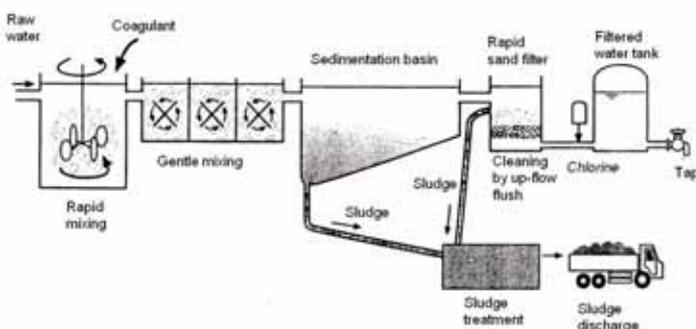
No Sistema de Filtração Rápida, se faz necessário adicionar produtos químicos coagulantes na água bruta para precipitar as impurezas. Porém, aquelas impurezas que não conseguem reagir com os produtos químicos coagulantes acabam atravessando o filtro, como por exemplo, as partículas que provocam odor desagradável. Isto requer mais uma instalação para adicionar o carvão ativado. Mas o problema não se limita apenas ao odor, pois, conforme já confirmado, a adição do cloro produz substâncias cancerígenas. Nesse Sistema, como as bactérias acabam atravessando o filtro, acreditava-se que a adição do cloro era imprescindível. No entanto, recentemente foi demonstrado que apenas a adição do cloro não consegue remover *ooquistos* de *Cryptosporidium*, um protozoário que provoca diarreia coletiva.

As pessoas comuns não devem depender de equipamentos de alta tecnologia e de produtos químicos perigosos. Isso porque, quando ocorrem problemas nos equipamentos, é necessário contratar especialistas, o que resulta na elevação do custo de manutenção.



*Fig. 9.1-Foto da Estação de Tratamento de Água da cidade de Ueda, que usa Sistema de Filtração Rápida. As áreas de formato retangular são os locais onde os sedimentos produzidos estão em processo de secagem ao sol. As áreas quadradas destinam-se a 12 (doze) tanques pequenos de filtração, 4 (quatro) tanques circulares de sedimentação e 1 (um) tanque para mistura de produtos químicos. Embora a área ocupada pelos tanques de*

*filtração seja pequena, a instalação de outros equipamentos acaba por demandar uma área total maior. Nesse Sistema, a velocidade de filtração é maior que a do Sistema de Filtração Lenta. Porém, diariamente são produzidas enormes quantidades de sedimentos.*



*Fig. 9.2-O custo do tratamento dos sedimentos produzidos é mais alto que o do tratamento da água.*

## 10- "FILTRAÇÃO COMERCIAL" E "FILTRAÇÃO NATURAL"

Em Sri Lanka, em uma das ilhas localizada no Oceano Índico, com o financiamento da JICA (Japan International Cooperation Agency), foram construídos um hospital e uma Estação de Tratamento de Água sob a responsabilidade do senhor Okada. Como o Sri Lanka é um país em desenvolvimento, já se conhecia a deficiência de manutenção da maioria das Estações que usa o Sistema de Filtração Rápida. Nessas regiões tropicais, os rios são extremamente turvos devido às constantes chuvas e, para remover as impurezas, torna-se imprescindível o uso de coagulantes. Por ser uma nação em desenvolvimento, a aquisição de produtos químicos, bem como a

manutenção dos instrumentos de precisão e de outros equipamentos, inviabilizavam o funcionamento da Estação.

O Senhor Okada ao se lembrar do meu artigo "*Registro de Conversa*", publicado no Jornal Asahi, em maio de 1995, me procurou para conhecer o Tratamento por Sistema de Filtração Lenta em Areia (Sistema de Purificação Ecológica). Nesse encontro, expliquei-lhe que a adoção desse Tratamento em Sri-Lanka era possível desde que fosse retirada previamente a maior parte das impurezas por sedimentação. Como decorrência da conversa com o Senhor Okada, em 2001, viajei a Sri-Lanka para orientar os técnicos locais. O Senhor Ananda Weerante, um supervisor da obra, me fez um interessante comentário, dizendo que o Sistema é uma verdadeira "*filtração natural*", diferente da "*filtração comercial*", muito usada na região. Esse comentário me deixou feliz, porque ele captou bem os princípios básicos que envolvem no processo de filtração, assim como o aproveitamento inteligente dos recursos da natureza.



*Fig. 10-Os princípios que envolvem o Sistema de Purificação Ecológica foram explicados aos técnicos em Sri Lanka. O edifício ao fundo é o local onde funcionava o Sistema de Filtração Rápida, hoje desativado.*

#### **11-A DESCOBERTA DO PAPEL DAS ALGAS NO PROCESSO DE TRATAMENTO POR SISTEMA DE FILTRAÇÃO ECOLÓGICA**

Atualmente, no Japão, a maioria da água potável é produzida por sistemas de filtração rápida, um modelo importado dos EUA. Nesse sistema de tratamento, as partículas de impurezas são coaguladas por produtos químicos e sedimentadas. Todavia, o sistema não é capaz de eliminar por completo os agentes patogênicos, razão pela qual se faz necessária a adição do cloro. Entretanto, essa substância, além de ser cancerígena, é ineficaz contra protozoários como *Cryptosporidium*, que atravessam o filtro e provocam a diarreia aos consumidores. Dessa forma, o Tratamento por Sistema de Filtração é considerado parcial. Esse sistema só consegue retirar as impurezas, mas não é capaz de eliminar o odor desagradável da água, o que faz com que se adicione o carvão ativado, conseqüentemente elevando o custo da água tratada.

Na Europa e nos EUA, após a contaminação de suas águas por *Cryptosporidium*, deu-se o início das pesquisas acerca dos processos de obtenção de água mais saudável e, depois, concluiu-se que o "velho" Sistema de Purificação Ecológica (Sistema de Filtração Lenta em Areia) era mais seguro.

A eficiência do cloro como agente de desinfecção da água também foi um outro aspecto questionado. O consumidor rejeita a água com cheiro de cloro.

No Japão, devido à divulgação do Tratamento por Sistema de Purificação Ecológica, cidades como Takasaki, Nagoya e Okazaki adotaram esse Sistema. A cidade de Mihara, Província de Hiroshima, por exemplo, fez opção por este sistema na ocasião da troca sua Estação de Tratamento. Em março de 2004, a instalação foi concluída. Outros locais como Okinawa (Japão), países como Indonésia, Bangladesh, Vietnã, Camboja e Nigéria, com a minha assessoria, construíram suas próprias Estações de Tratamento baseando-se na Filtração Biológica (Tratamento por Sistema de Filtração Lenta em Areia).



*Fig. 11.1-No tanque de filtração da Estação de Tratamento de Água de Ueda, encontram-se algas flutuando na superfície da água. Elas produzem oxigênio, o que torna o ambiente favorável à atividade de diversos organismos vivos. aparentemente, a sua presença é vista como indesejável, mas, ao contrário, elas desempenham um papel importante no processo de purificação da água.*

## **12- A ÁGUA MAIS SABOROSA DO JAPÃO É A DA CIDADE DE TAKASAKI**

A cidade de Takasaki tem uma Estação de Tratamento (Kenzaki), que está em funcionamento desde 1910. A conhecida cervejaria Kirin, para montar sua fábrica, realizou várias pesquisas sobre a qualidade de água em muitos lugares do Japão e selecionou a cidade de Takasaki porque tinha a melhor água do País. Assim, a Estação de Kenzaki foi construída na Era Meiji, com a tecnologia inglesa que dispensava o uso dos produtos químicos. Uma vez que o quesito principal para produção de boa cerveja era a abundância da boa água, a empresa solicitou à prefeitura de Takasaki autorização para instalação da Estação de Tratamento (Wakata) idêntica, ao lado da Estação de Tratamento de Kenzaki. Como o sabor da cerveja está diretamente relacionado à qualidade de água captada, sempre que a cerveja apresentava sabor diferente, a Estação era responsabilizada. Por este motivo, os funcionários da Estação procuravam fazer pesquisas para melhorar a qualidade da água e concluíram que a melhor forma de obter água de boa qualidade é deixar que a própria natureza se encarregue do processo, sem uso dos produtos químicos.

Na produção da cerveja utiliza-se o fermento, que contém microorganismos. Porém, a atividade de fermentação é inibida quando a concentração padrão do cloro na água estiver acima de 0,1 mg/L. Portanto, havia a necessidade de reduzir a concentração de cloro para a mais baixa possível.

A Estação de Wakata costuma oferecer água potável produzida aos visitantes, sem adição do cloro. Essa água é inodora, leve, suave, e até um pouco adocicada. O Diretor da Estação está convicto de que essa água é a melhor do Japão, e costuma dizer: *"faço questão de fazer a propaganda dessa água"*.

Originalmente, no modelo inglês de Tratamento não havia necessidade de adição do cloro. Todavia, a legislação japonesa obriga a adição do cloro quando ela é destinada à população, uma

prática herdada dos EUA na 2ª Guerra, quando seus soldados carregavam o cloro para matar instantaneamente as bactérias. Durante a ocupação do Japão, os nortes americanos impuseram esta prática através da lei, o que o Japão defende até hoje. A legislação japonesa é muito estranha neste aspecto.



*Fig. 12.1-Tomando água sem cloração produzida na Estação de Tratamento de Água de Takasaki pelo Sistema de Purificação Ecológica (Sistema de Filtração Lenta em Areia). Devido ser um processo biológico, essa água é muito saborosa, a melhor do Japão.*



*Fig. 12.2-A foto da Estação de Tratamento de Água de Kenzaki, da cidade de Takasaki. Desde 1910, a estação fornece água de boa qualidade. A Estação simplesmente capta a água bruta, que passa por sedimentação e é filtrada lentamente através da areia.*



*Fig. 12.3-A Estação de Tratamento de Água de Wakata, construída em 1964, foi inicialmente projetada para utilizar coagulantes químicos, a fim de retirar partículas sólidas em suspensão. Hoje, mesmo que a água esteja bastante suja, o processo de sedimentação é feito sem a adição de coagulantes.*

### **13- ONDE ENCONTRAR ÁGUA POTÁVEL SEGURA?**

As pessoas antigas sabem que água da montanha é límpida, saborosa e segura. Essa água saborosa que brota naturalmente do solo está armazenada no subsolo, está em movimento e é rica em oxigênio dissolvido.

A água do poço é também uma água subterrânea e transparente. Normalmente ela é bastante segura para ser consumida in natura, porém, deixando-a em repouso, torna-se marrom avermelhada devido à precipitação de íons de ferro e manganês que estão em suspensão na água. Por outro lado, as águas subterrâneas das planícies ou das áreas baixas, praticamente, não se movimentam e, por este motivo, há águas que, aparentemente limpas, podem se tornar marrom avermelhada em contato com o ar. Trata-se de um indicador da presença de grande quantidade de metais e de pouco oxigênio dissolvido. Sabe-se que o consumo prolongado de água contendo metais pesados pode prejudicar a saúde.

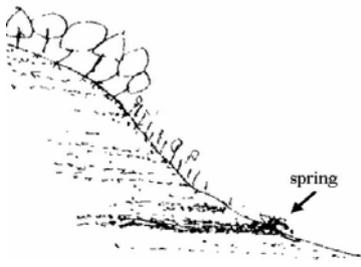


Fig. 13.1-A água que brota da montanha é límpida, saborosa e segura, devido a processos naturais de tratamento.

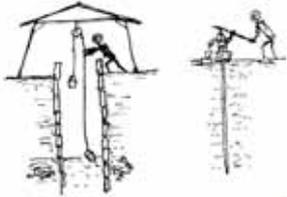


Fig. 13.2-Poços e bombas de sucção são meios para se ter acesso à água. Entretanto, em geral, a água recolhida por meio de bombas de sucção tem um gosto amargo, devido à presença de íons metálicos em grande quantidade. Isso não ocorre em águas de poços, devido à superfície da água estar em contato com o ar, o que promove a precipitação e oxidação dos íons metálicos.

#### 14-UMA MANEIRA SIMPLES DE OBTER ÁGUA POTÁVEL SEGURA

Nos rios e lagos, os peixes nadam com vigor, devido suas águas conter boa quantidade de oxigênio dissolvido, e pequena concentração de poluentes como metais pesados.

Em termos de utilização da água no âmbito mundial, constata-se que o uso da água da chuva é muito freqüente. Essa água, embora não esteja contaminada por metais pesados, pode conter *agentes patogênicos* perigosos, razão pela qual não se recomenda bebê-la "in natura". Para se livrar dos agentes patogênicos a população ferve a água previamente.

Para obtenção de água pura em grande escala, foi idealizado durante o século XVI o conhecido filtro Venetian (Baker, 1949), que imitava a água natural do manancial e que fez muito sucesso na época.



Fig. 14.1-Os peixes nadam vigorosamente nas águas límpidas dos rios e lagos. Mas, quando essa mesma água for consumida diretamente pelas pessoas, pode provocar a diarreia.

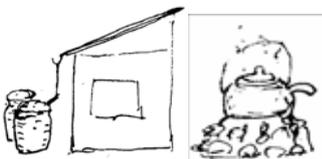


Fig. 14.2-Nos lugares onde não há disponibilidade de água superficial (rios e lagos), subterrânea, ou ainda, quando a água é imprópria para beber, a solução é aproveitar a água da chuva, que pode ser recolhida do telhado e ser armazenada num reservatório. No entanto, o consumo direto dessa água pode provocar doenças. Portanto, a recomendação é fervê-la previamente.

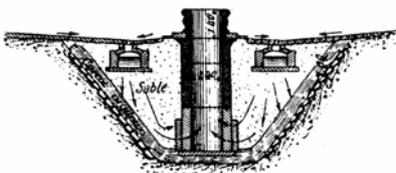


Fig. 14.3-O Filtro Venetian produzia artificialmente água pura, semelhante a do manancial (Baker, 1949).

#### 15- A INDÚSTRIA TÊXTIL E A ORIGEM DA REDE PÚBLICA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água é essencial à vida cotidiana, de modo que as redes de distribuição de água à população já existem há muito tempo. Para o abastecimento, no entanto, era necessário captar água de boa qualidade de fonte longínqua. Às vezes, por falta de tratamento adequado, essa água era contaminada por agentes patogênicos, transmitindo doenças à população.

O sistema moderno de tratamento e distribuição de água parece ter origem na Escócia, a aproximadamente 200 anos atrás. Nessa época, o famoso inventor de máquina a vapor, o escocês James Watts, deu impulso à Revolução Industrial, aumentando a produtividade industrial. Com a expansão do comércio mundial, as pequenas indústrias têxteis da Inglaterra, antes caseiras, transformaram-se em grandes corporações industriais e passaram a empregar mais mão de obra. Conseqüentemente houve a explosão populacional da metrópole inglesa.

Na época da Revolução Industrial, havia um empresário chamado John Gibb, que tingia tecidos. Ele enfrentava um grande problema: a falta de água limpa para lavar os tecidos após o tingimento. A água do rio próximo não era apropriada para essa finalidade, por ser água leitosa. Ele observou que a água que brotava no leito do rio era límpida e, partindo-se dessa observação, fez a água bruta atravessar entre os pedregulhos e areias, o que tornou a água bastante limpa.

Com esse experimento, ele construiu um sistema de tratamento de água próprio para abastecer sua indústria de tintura têxtil.

No Japão, antes da Guerra, as atividades industriais no setor de tecelagem eram bastante intensas. Na época, muitas das indústrias ligadas ao setor têxtil, como consumiam grande volume água limpa, possuíam seu próprio sistema de tratamento de água.

As indústrias de papel e celulose também consomem muita água. Em 1887, o Governo construiu a primeira indústria do setor no Japão. Nessa indústria foi construída também uma Estação de Tratamento de Água sob orientação do especialista inglês Palmer. Essa estação constituiu-se no primeiro modelo inglês de tratamento de água por filtração lenta introduzido no Japão. Seu funcionamento consistia basicamente na captação da água bruta do rio e adução para o tanque de decantação. Posteriormente, a água passava pela filtração (Jiro Higuchi e seu avô, Palmer, 1998).

## **16-ORIGEM DO SISTEMA PÚBLICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E FILTRO DE AREIA**

A Instalação de Tratamento de Água construída por John Gibb consistia de um tanque de sedimentação circular, medindo aproximadamente 183cm de diâmetro. Na parte interna havia outro tanque de filtração de mesma largura, feito de pedregulhos e areias. A água bruta com impurezas entrava no tanque exterior de sedimentação, e fluía atravessando lentamente as paredes de pedregulhos e areias. A água filtrada era armazenada num tanque circular de aproximadamente 7,2m de diâmetro, que ficava bem no centro.

No começo, Gibbs produzia água limpa apenas para lavagem de tecidos. Devido ao excesso de produção, começou a vender essa água à população da cidade. Durante o verão de 1804, ele enchia os tonéis de vinho com água (cada tonel corresponde a 480 galões ou 1.817L), e transportava-os em duas carroças, 7 vezes ao dia, vendendo água de casa em casa ao preço de 1 centavo o galão (3,78 L). Em apenas um dia, ele conseguia vender 6.700 galões (25.400L). Essa forma de distribuição de água originou o sistema público de distribuição.

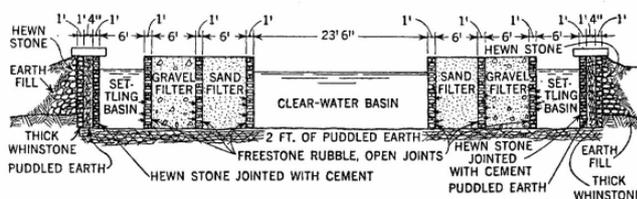
A água produzida e comercializada por Gibbs ficou famosa em toda a Inglaterra, e o processo de purificação foi denominado de “Filtração Paisley”. Através do filtro Paisley, foi possível obter água de boa qualidade simplesmente filtrando lentamente a água, ou seja, utilizando o Sistema de Filtração Lenta em Areia.

Esse nome, por outro lado, foi a origem da confusão conceitual, isto porque a boa qualidade da água não está relacionada com o tipo de filtração, mas sim com a ação dos microorganismos. Esse fato só seria confirmado quando a Europa foi assolada pela cólera, 100 anos mais tarde.

O Filtro Paisley mostrava-se eficiente, e o processo ficou conhecido por “Filtração Lenta em Areia”. Esse fato histórico nos mostra que, no começo, faz-se a instalação e, com seu sucesso, dá-se o nome, o que ocorre somente depois que os mecanismos e princípios são compreendidos.

Em geral, por causa do sucesso de uma técnica, recebe o nome da técnica aquilo que provocou o equívoco conceitual, como ocorre no presente caso. O engano foi o de adotar o nome desconsiderando o processo envolvido na filtração. Somente mais tarde, quando se descobriu que o sistema de filtração lenta em areia envolve processos biológicos, esse equívoco foi desfeito. Descobriu-se recentemente que o crescimento das algas tem importância na produção de alimentos para os animais aquáticos.

Compreende-se, desse modo, que o desenvolvimento da técnica nem sempre é capaz de revelar os verdadeiros mecanismos e princípios envolvidos em um processo.



*Fig. 16-O Filtro Paisley ficou famoso ao produzir água de boa qualidade por simples filtração lenta em areia. Acreditava-se que o mecanismo consistia puramente no processo físico de filtração.*

## 17- FILTRAÇÃO LENTA E JAMES SIMPSON

Durante a Revolução Industrial foi possível construir um sistema de tratamento de água por Filtração Lenta ou Tratamento Biológico para obtenção de água potável.

O sistema em uso atualmente em escala mundial, a Filtração Lenta (Tratamento Biológico), foi concebido por um jovem inglês chamado James Simpson. Seu pai era supervisor de uma companhia de água. Ele nasceu em 25 de julho de 1799 numa casa que ficava entre a bomba da água e o rio Tamisa. Aos 24 anos (1823), começou trabalhar como supervisor na mesma companhia em que o pai trabalhava.

Nessa época, o rio Tamisa era poluído por efluentes domésticos e a população local sofria com esse problema. Simpson, aos 27 anos (1826), sem o conhecimento da companhia, iniciou experiências para tentar solucionar esse problema. No ano seguinte, em janeiro de 1827, recebeu autorização da empresa para realizar uma grande experiência. Viajou cerca de 3.220 km ao norte da Inglaterra a fim de estudar várias estações de tratamento de água existentes naquela região. O relatório dessa pesquisa foi publicado com o título de *Inspection trip "Quest for Pure Water"*, e ele o entregou à Companhia em 1º de novembro de 1827.

Na época da Revolução Industrial na Inglaterra, havia basicamente três categorias de sistemas de filtração: 1-filtração lateral; 2-filtração ascendente, e 3-filtração descendente.

Simpson observou que havia filtros em funcionamento contínuo por curto período de tempo e outros com longo tempo, até mesmo um filtro em funcionamento contínuo há 16 anos. A partir dessas observações, Simpson realizou experiências e fez suas próprias inovações ao sistema de filtração.



*Fig. 17.1-James Simpson (1799 – 1869), o inventor do moderno sistema de tratamento por filtração lenta em areia.*

## **18- O SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA DESCENDENTE DE JAMES SIMPSON**

O sistema de filtração usado no experimento do James Simpson consistia de 2 tanques de sedimentação e um tanque de filtro de areia de 93 m<sup>2</sup>. A camada de água sobre a areia tinha 38 cm de espessura e a de areia, ou seja, do meio filtrante, tinha espessura aproximada de 60cm. Essa camada era coberta por uma outra, contendo pedregulho, e de mesma espessura.

Simpson, durante 8 meses, após esvaziar o tanque de filtração, realizou sistematicamente a limpeza do filtro de areia a cada 14 dias. Ele notou que as impurezas encontravam-se retidas até 1cm de profundidade e, aos 8cm de profundidade, não encontrara nenhum traço de impurezas. Com essa observação ele escreveu no seu relatório que a camada de filtro de areia com 1cm de espessura era suficiente.

O grande mérito do trabalho de James Simpson foi o de comprovar que apenas 1cm de espessura da camada de areia era suficiente para reter impurezas. O seu sistema consistia de: captação de água bruta que era conduzida até o tanque de sedimentação e armazenada por alguns dias para se obter a floculação das impurezas, e posteriormente, filtrada lentamente, de cima para baixo, por filtro de areia através da força gravitacional.

Por mais três anos, Simpson realizou experimentos e visitou várias partes da Inglaterra. Em janeiro de 1829, construiu um tanque de filtração medindo 64m x 64m (4.047m<sup>2</sup>), que serviu como base para o atual Sistema de Filtração Lenta em Areia (Sistema de Purificação Ecológica). Nessa época, a velocidade diária de filtração era de 2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> a 3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Infelizmente, a planta detalhada desse sistema não foi encontrada. Mas, supondo-se que o Sistema tenha velocidade diária de filtração de 2,5m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, pode-se chegar a 10.177m<sup>3</sup> de água tratada diariamente. Se uma pessoa consome 100 litros de água, o volume de água produzida poderia abastecer uma população aproximada de 100 mil pessoas.

Atualmente, como naqueles tempos, as impurezas são previamente retiradas da água bruta num tanque de sedimentação, antes de passar para o Sistema de Filtração Lenta em Areia. Para remover os flocos acumulados na superfície do meio filtrante (camada de areia do filtro), a retirada da água por baixo do filtro até hoje é usada.

Deste modo, pode-se afirmar que o processo de Tratamento de Água por Sistema de Filtração Lenta em Areia foi idealizado por Simpson.

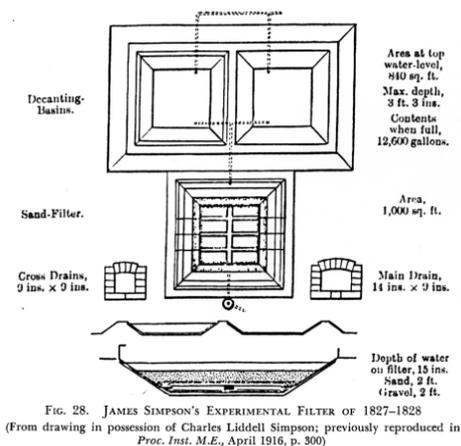


Fig. 18.1-O Sistema de Filtração Lenta usado por Simpson no seu experimento, consistia de 2 tanques de decantação e 1 tanque de sistema de filtro lento (processo de tratamento biológico). Para drenar água, foram construídos canais de tijolos nas laterais do tanque. O tanque de filtração tinha 100m<sup>2</sup> de área. Relativamente, a área destinada ao tanque de decantação era muito maior que a do tanque de filtração.

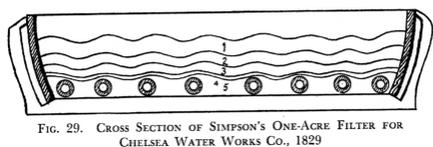


Fig. 18.2-A planta do Sistema de Filtração Lenta em Areia usada por Simpson. O tanque de filtração tinha cerca de 4.047m<sup>2</sup>. A estrutura era construída de areia, pedregulho e pedras de vários tamanhos, praticamente iguais ao atual Sistema de Filtração Lenta em Areia.

## 19- O RIO TAMISA ERA TÃO SUJO QUE SUA ÁGUA NÃO SERVIA PARA BEBER

Desde que James Watt inventou a máquina a vapor, a Inglaterra entrou num período áureo da grande expansão industrial. Por sua vez, o aumento da população na metrópole industrial



“Grau de Transparência” do rio Tamisa. Essa invenção tornou-se uma referência para a medida do “Grau de Transparência”.

Na época, o Sistema de Filtração Lenta (Tratamento Biológico), devido a sua simplicidade, era visto com ceticismo quanto à sua eficácia no tratamento de água poluída. No entanto, James Simpson, em 1829, construiu e usou esse sistema, conseguindo tratar a água poluída do rio Tamisa, fazendo-a passar lentamente através do filtro de areia, semelhante ao Sistema de Filtração Lenta de hoje. Nas regiões onde Simpson distribuía essa água tratada houve redução significativa de vítimas com doenças infecciosas, entre as quais a cólera, e por este motivo ficou muito famoso. Esse resultado satisfatório de tratamento de água obrigou a Companhia de Água de Londres a adotar o Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Biológico).



*Fig. 20.1-Michael Faraday foi o primeiro cientista a medir a transparência da água natural. A caricatura ao lado mostra Faraday tentando lançar um cartão branco na água poluída do rio Tamisa, quando aparece o “Espírito do rio”. O cartão não é mais visível com a profundidade de 2,5 cm. Faraday foi primeiro a medir, cientificamente, o Grau de Transparência.*



*Fig. 20.2-O rio Tamisa estava poluído por esgotos e, por falta de oxigênio, provocava terrível odor. Para melhorar a qualidade da água, recorria-se até a um barco agitador. Essa água, mesmo poluída, pode ser transformada em água potável, utilizando-se o Sistema de Filtração Lenta em Areia, tal como fez James Simpson.*

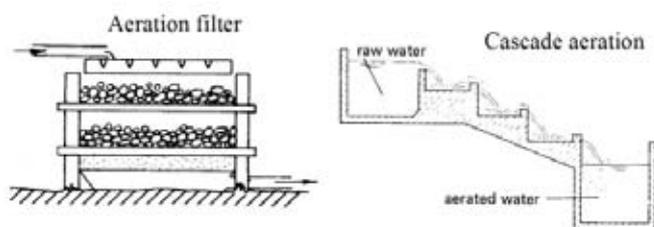
## **21- A AERAÇÃO É NECESSÁRIA PARA SUPRIR A FALTA DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA**

Durante a Revolução Industrial na Inglaterra, a maioria dos rios foi poluída pelos efluentes domésticos e industriais. Compreendeu-se que a falta de oxigênio dissolvido na água era a origem do mau cheiro pela não degradação da matéria orgânica.

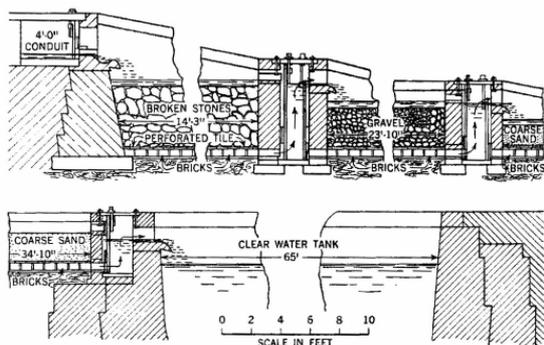
Para solucionar esse problema, era necessário fazer a aeração da água poluída. A figura abaixo mostra um dispositivo de aeração, fazendo com que a água bruta entre em contato com o ar atmosférico.

A medida da concentração de oxigênio dissolvido na água – OD - foi adotada como um indicador de poluição da água do rio Tamisa. O seu desenvolvimento resultou na **DBO** (Demanda Bioquímica de Oxigênio), um parâmetro que mede a quantidade de oxigênio necessária para degradar a matéria orgânica. Segundo o registro da época, baseando-se nas condições climáticas

de Londres, eram necessários 5 dias, a 20°C para eliminar o odor. Atualmente, o parâmetro DBO é utilizado mundialmente.



*Fig. 21.1-Como pré-tratamento de águas poluídas e de águas com falta de oxigênio, faz-se necessário realizar a aeração (Heber, 1985).*



*Fig. 21.2-Um artifício para aeração de água, em sistema de degraus múltiplos.*

## **22- A FILTRAÇÃO LENTA EM AREIA É CAPAZ DE ELIMINAR AS BACTÉRIAS PATOGÊNICAS**

Em 1829, quando James Simpson ainda trabalhava na Companhia de Água, tratou a água do rio Tamisa por Sistema de Filtração Lenta em Areia. A água tratada abasteceu o Palácio de Buckingham, a Catedral de Westminster, e até o Congresso. Três anos mais tarde, Londres foi assolada pela cólera, que matou muitas pessoas. Anos depois, toda a Inglaterra foi atingida pela doença e a causa foi atribuída à poluição do rio Tamisa, visto que nos lugares de Londres, onde a água estava sendo tratada por Sistema de Filtração Lenta, a incidência da doença era pequena. Esse fato fez com a prefeitura de Londres, em 1852, expedisse um comunicado à Companhia de Água, obrigando-a utilizar o sistema de filtro lento em suas estações de tratamento da água. Essa medida deu bom resultado, tornando o Sistema de Filtração Lenta (Filtração Biológica), uma referência contra a cólera. A notícia espalhou-se rapidamente em toda Europa, bem como para o mundo todo e muitas das estações construídas tiveram como base esse Sistema.

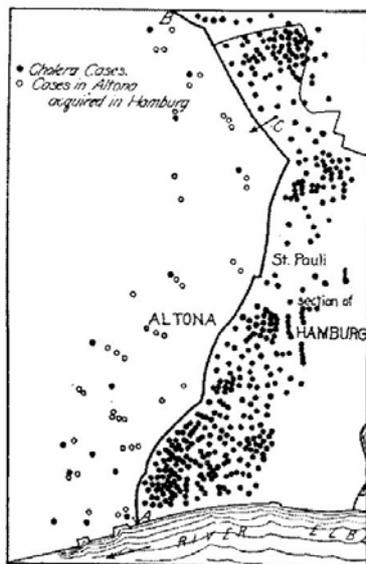
A eficiência do Sistema de Filtração Lenta em Areia veio se confirmar no verão de 1892, quando se comparou o número de pessoas doentes por cólera entre duas cidades da Alemanha, Hamburgo e Altona, separadas pelo rio Tamisa. Havia uma nítida diferença.

Ambas as cidades eram abastecidas pela água do rio Tamisa, tratada apenas por simples decantação. Com a notícia do sucesso de tratamento de água em Londres, as duas cidades resolveram adotar o famoso Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico). A cidade de Altona conseguiu concluir seu sistema em 1892, no auge da doença. Por outro lado, a cidade de Hamburgo não conseguiu terminar o seu sistema, e como consequência, a cidade

registrou inúmeros doentes. Observou-se que a doença, na maioria dos casos, atacava crianças, idosos e adultos com baixa resistência. Porém, alguns trabalhadores adultos saudáveis da cidade de Altona adoeciam também. O fato foi investigado e concluiu-se que essas pessoas trabalhavam na cidade de Hamburgo, onde contraíam a doença.

Assim, quando o Sistema de Filtração Lenta em Areia foi confirmado como um excelente processo de tratamento de água e que eliminava a bactéria patogênica da cólera (*Vibrio cholerae*), a notícia espalhou-se rapidamente no Mundo.

No Japão, no final da era Edo e no começo da era Meiji, houve surtos de cólera. Na época, o país sabia da boa reputação do Tratamento da Água pelo Sistema de Filtração Lenta em Areia, usado na Inglaterra, em 1883. A Prefeitura de Yokohama contratou Palmer, um técnico inglês, para construir a sua primeira Estação de Tratamento de Água com esse Sistema. A Estação foi inaugurada em 17 de outubro de 1887.



*Fig. 22-1-Mapa mostra a incidência da cólera nas cidades de Hamburgo e Altona, na faixa de 400 m de cada lado do rio, durante o período de agosto a novembro de 1892. Segundo o relatório do Deneke (1895), a cidade de Hamburgo, que distribuía água tratada apenas por decantação, o número de doentes era grande. A cidade de Altona, por sua vez, distribuía água tratada por Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Biológico), e o número de doentes na cidade era bem menor que o de Hamburgo. Desse modo, a eficiência do Sistema foi comprovada.*

### **23- QUANDO O NÚMERO DE BACTÉRIAS COMUNS ESTÁ ABAIXO DE 100 POR 1 MILILITRO, A ÁGUA É SEGURA**

Quando a eficiência do Sistema de Filtração Lenta em Areia contra bactérias patogênicas como a da cólera foi confirmada, o cloro ainda não era usado nesse sistema. A sua utilização só foi adotada quando foi introduzida a tecnologia de Filtração Rápida, com o intuito de eliminar bactérias patogênicas no final do processo de tratamento.

Na mesma época em que o Sistema de Filtração Lenta em Areia comprovava sua eficácia para remover as bactérias patogênicas, conseguiu-se também estabelecer relação entre o volume de água e a quantidade de bactérias genéricas. Ficou comprovado que, em 1 mililitro de água, a presença inferior a 100 bactérias comuns não oferecia perigo à saúde humana. Não se trata, no entanto, de completa ausência de bactérias, ou seja, água esterilizada. Hoje, o Padrão de

Potabilidade estabelece que a quantidade inferior a 100 bactérias em 1mL de água, não oferece perigo. Essa referência é usada mundialmente.

É sabido que as pessoas saudáveis têm auto-resistência às doenças e, por este motivo, mesmo expostas às bactérias patogênicas elas não se manifestam. Não há talheres ou pratos completamente ausente de bactérias; não há alimentos completamente esterilizados. O número de bactérias patogênicas é pequeno comparado às bactérias comuns, e por este motivo, não há necessidade de esterilizar a água. É possível considerar que a adição de cloro para esterilização da água seja mais nociva à saúde humana.

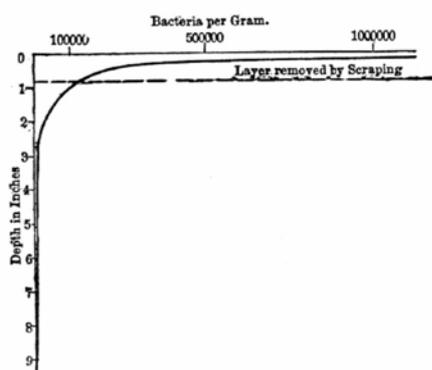


*Fig. 23-O famoso poço da cidade de Matsumoto. Embora esta água não esteja esterilizada, a população bebe-a com tranqüilidade. As bactérias encontram-se em todos os lugares e podem ser carregadas pelos ventos e poeiras do ar. A adição de bactericidas pode ser mais perigosa à saúde.*

#### **24- O TRATAMENTO POR SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA É BIOLÓGICO E NÃO FÍSICO**

No livro de A. Hazen, *"The filtration of public water supply"*, publicado em 1905, está registrado que as bactérias e impurezas encontram-se na parte superior do meio filtrante (camada de filtro). Para a limpeza da areia impregnada de sujeira era necessária a remoção da camada de areia. Durante o inverno, como o acúmulo de impurezas era grande, era necessário raspar uma grossa camada de areia. Por outro lado, durante o verão, embora se verificasse o crescimento de algas na superfície da água do tanque, o acúmulo de impureza no meio filtrante era muito pequeno, e por isso, bastava remover uma fina camada de areia de aproximadamente 2,5cm, o que diminuía o tempo de trabalho.

Ao longo de 20 anos, Hazen investigou os tanques de filtração, com agitação e sem agitação. Ele concluiu que, no tanque sem agitação, o crescimento das algas era maior, mas o acúmulo de impureza no meio filtrante era menor. Esse resultado indicava claramente que o crescimento de algas era benéfico e tinha função relevante na remoção tanto das impurezas quanto das bactérias. Esse resultado foi confirmado no registro da época, em Berlim. Entretanto, o Sistema de Purificação Ecológica foi descrito como exceção e visto com reserva.



*Fig. 24.1-Remoção de bactérias no tanque de filtração lenta, em Berlim.*

## 25- A ÁGUA QUE BROTA DO MANANCIAL É LÍMPIDA

No Tratamento por Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico), a água atravessa lentamente o meio filtrante para se obter a água limpa, cujo processo é semelhante ao que ocorre no manancial dos rios.

Nas beiras do rio Chikuma, que corta ao meio a cidade de Ueda (província de Nagano), a água límpida brota naturalmente entre as pedras, areias e muitas algas. Essa água mantém-se limpa mesmo que o leito principal do rio fique turvo. As pedras e areias funcionam como um verdadeiro filtro, que é a base para o tratamento por Filtração Lenta em Areia (Processo de Purificação Ecológica). Esta é a origem desse nome.

No Japão, a areia usada no Sistema de Filtração Lenta tem diâmetro padrão entre 0,3mm a 0,45 mm. As areias são provenientes dos rios, porém hoje se utilizam também as areias encontradas nas proximidades do mar e nas embocaduras dos rios. As areias, que originalmente eram pedras de grande tamanho, tornaram-se pequenas por desgaste nos rios ao longo dos anos. Elas são lavadas e selecionadas de acordo com o tamanho.

Nas Estações de Tratamento, as areias são reutilizadas por várias vezes e, por isso, a prática ideal consistiria em selecionar aquelas com maior dureza. As areias de origem vulcânicas não são recomendadas, por conter elementos como ferro e manganês. Como o Japão é um país vulcânico, raramente se consegue areias duras de boa qualidade, razão pela qual o País está usando areia importada da China.



*Fig. 25.1-Nas beiras do rio Chikuma que atravessa a cidade de Ueda (província de Nagano) há inúmeras nascentes de água. Essa água se mantém limpa mesmo que o rio principal fique turvo. Embora os grãos de areia não sejam uniformes, a água que brota no local é muito limpa.*

## 26- GRANULAÇÃO DA AREIA

O tamanho da bactéria é de cerca de 1/1000 mm. Levando-se em consideração o tamanho das bactérias e o espaço entre os grãos de areia, a remoção das bactérias não pode ser explicada apenas por fenômenos físicos. Na verdade, a remoção das bactérias e vírus se deve à ação dos microorganismos que vivem na parte superior do meio filtrante que tornam a água limpa e segura. Os protozoários patogênicos como *Cryptosporidium* são efetivamente removidos, mesmo sem necessidade de recorrer a agentes químicos.

Atualmente no Japão, para se garantir a potabilidade da água, a legislação exige a adição de cloro no final do tratamento. Na boca da torneira, a concentração do cloro residual deve ser de 0,1 mg/L e, por este motivo, a maioria da água encanada do Japão apresenta odor de cloro.

No tratamento por Sistema de Filtração Rápida, as partículas em suspensão são aglutinadas por coagulantes químicos, precipitados e filtrados rapidamente no tanque de filtração, tornando assim a água potável. As impurezas são retidas no filtro de areia e, para removê-las, injeta-se água limpa no sentido inverso, o que acaba removendo também a areia. Por este motivo, no Sistema de Filtração Rápida, costuma-se usar as areias com diâmetro maior que o do Sistema de Filtração Lenta, ou seja, de aproximadamente de 0,6mm. O processo de injetar água no sentido inverso resulta em agitação da areia, o que prejudica as atividades dos microorganismos, pois os mesmos não conseguem sobreviver no meio filtrante em movimento, e nem mesmo as bactérias decompositoras que eliminam o mau cheiro da água. Desse modo, com o processo de limpeza com fluxo de água inverso, as bactérias patogênicas conseguem sobreviver, razão pela qual a adição do cloro no final do processo é indispensável.

No Tratamento pelo Sistema de Filtração Lenta (Tratamento Ecológico) conhecido mundialmente, como não há agitação da areia e nem adição de produtos químicos, os microorganismos continuam ativos, produzindo água de boa qualidade.



*Fig. 26.1-A foto à esquerda mostra areias usadas no Sistema de Filtração Lenta (Tratamento Ecológico) e, à direita, areias usadas no Sistema de Filtração Rápida. A granulação das areias do primeiro Sistema é menor que a do segundo; ambos são cristais duros. Embora as bactérias tenham um tamanho de 0,001mm, a Filtração Lenta*

*consegue removê-las. A Filtração Rápida, por se tratar de um processo físico, não consegue eliminar as bactérias.*

## **27- O SEGREDO É FAZER A ÁGUA FLUIR LENTA E NATUALMENTE DE CIMA PARA BAIXO**

A camada de areia do meio filtrante do tanque de Filtração Lenta (Tratamento Ecológico) tem espessura aproximada de 1 m. Abaixo desta camada há outras sucessivas camadas de areia e cascalho, com granulação maior. A água que atravessa lentamente esse meio filtrante é recolhida num tanque de armazenamento.

Trata-se de um simples processo natural de fluxo de água, o de cima para baixo. As partículas em suspensão são retidas na superfície da areia ou na parte superior da camada do meio filtrante.



*Fig. 27.1-A foto mostra a secção do tanque de Sistema de Filtração Lenta em construção. Nota-se que as areias do meio filtrante são constituídas de diferentes granulações. Atualmente, o meio filtrante utilizado é mais espesso.*

## **28- UNIFORMIDADE DA SUPERFÍCIE DE AREIA E CONTROLE DE FLUXO DE ÁGUA SÃO PONTOS FUNDAMENTAIS**

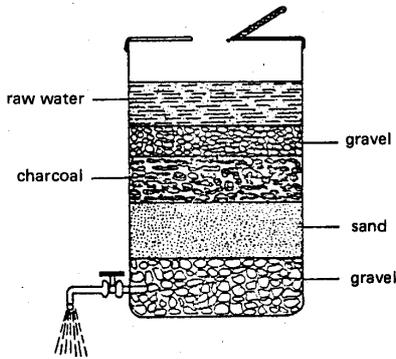
Para que a filtração seja bem sucedida, o meio filtrante deverá estar bem estruturado, isto é, as areias deverão estar bem distribuídas e uniformes em toda a área do filtro. Se a água atravessa mais rapidamente uma determinada área do filtro, nesse local há acúmulo de impurezas em quantidade maior do que em outras partes. As partículas de impurezas retidas e acumuladas na superfície da areia são cuidadosamente removidas, sem agitação, de modo que elas não infiltrem na parte inferior do meio filtrante. James Simpson foi quem teve a idéia de retirar água da superfície de areia e remover as impurezas acumuladas.

No Sistema de Filtração Lenta (Tratamento Ecológico), a água flui de cima para baixo, muito parecido com o que ocorre na natureza, razão pela qual a impureza não consegue penetrar no interior do meio filtrante.

O tanque de filtração recebe também matérias orgânicas que são retidas no filtro e servem de alimentos para microorganismos presentes na água. Por este motivo, na superfície do filtro vive uma grande variedade de microorganismos. Esses seres vivos não se instalam nos lugares onde não há alimentos, como no fundo do filtro. Esse é o ponto chave do Tratamento Ecológico.

Antigamente, para se obter água limpa, costumava-se encher um barril de água e filtrá-la através de pedregulho, carvão e areia. Essa técnica apenas removia as impurezas, e não resultava em uma água segura para se beber. Isto porque existe uma diferença básica entre filtração feita no barril e no Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico). No barril, a água bruta é simplesmente abastecida somente quando era preciso filtrá-la. Além disso, a água sofre agitação, e o fluxo da água no filtro não é uniforme: ora é rápido, ora é realizado em velocidades muito baixas, ocorrendo a saída de impurezas através do fundo do barril. Desse modo, a água não se torna potável no barril, mesmo havendo a proliferação de organismos. Isto porque, antes mesmo disso, o próprio barril fica sujo.

Pode-se concluir, com isso, que a filtração no barril é apenas um processo físico.



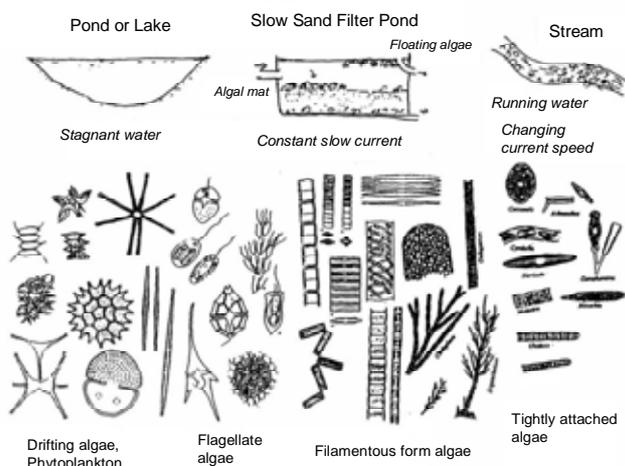
*Fig. 28.1-Barril com múltiplas camadas de filtro. Esse filtro não é capaz de remover completamente as impurezas contidas na água. Isto porque, dentro do barril, o fluxo de água não é uniforme. Dessa forma, há a passagem de microorganismos e de impurezas pela torneira. A técnica de se utilizar o barril de múltiplas camadas não é, portanto, suficiente para se garantir a produção de água potável segura.*

## 29- TANQUE DE FILTRAÇÃO LENTA E ALGAS

O Japão é um país privilegiado, possuindo muitas florestas e verdes campos. Isso se deve à alta incidência de sol e às chuvas regulares, que enriquecem o solo com nutrientes.

As plantas terrestres se desenvolvem usando a energia solar, da mesma forma como as plantas aquáticas. As águas dos lagos e das represas às vezes tornam-se esverdeadas, o que é causado pela proliferação de plânctons vegetais (fitoplânctons), que se desenvolvem absorvendo os raios solares principalmente sobre a superfície da água, onde esses raios solares são mais intensos. No leitos dos rios e nos córregos existem tipos de algas que crescem aderindo-se a pedras e cascalhos.

Em um tanque de Tratamento Ecológico com cerca de 1m de profundidade, a água flui lentamente pela ação da gravidade. Muitas das algas que crescem na superfície da água acabam sendo levadas pela corrente de água. As algas do tipo das que aderem nas pedras e cascalho dos rios, ou no fundo do tanque de filtração, não conseguem crescer, devido à corrente de água que flui de cima para baixo, condições nas quais somente as algas do tipo filamentosas conseguem. Por este motivo, apenas algas filamentosas crescem no tanque de filtração lenta.



*Fig 29.1-Tipos diferentes de algas encontradas em represas, lagos, leito dos rios e nos tanques de Tratamento Ecológico. Nos lagos e nas represas onde não há corrente de água, desenvolvem-se algas flutuantes. No tanque de Filtração Lenta crescem algas filamentosas; nos leito dos rios, desenvolvem-se colônias de algas do tipo aderente.*

## 30- ALGAS FILAMENTOSAS CRESCEM NA CORRENTE DE ÁGUA LENTA

A água atravessa lentamente a colônia de algas filamentosas. Como a água bruta é rica em nutrientes, e devido à pequena profundidade do tanque, estendem-se no fundo células em formato de fios ligadas uma às outras, com comprimentos variando entre 1/10 a 1/20mm, destacando-se entre elas as algas diatomáceas. Observando Sistemas de Filtração Lenta (Tratamento Ecológico), lagos e represas de vários locais, nota-se em primeiro lugar a presença das algas diatomáceas *Melosira*.

Outros tipos de algas diatomáceas, filamentosas e algas verdes ocorrem num ambiente de correnteza da água como num tanque de filtração lenta, predominando as algas filamentosas. Caso se prolongue a filtração, as algas diatomáceas são devoradas pelos animais e tornam-se algas verdes.



*Fig. 30.1-No fundo do tanque de filtração observam-se tapetes de algas filamentosas. A liberação de gás oxigênio, devido à fotossíntese das algas, faz com que elas subam à superfície da água.*



*Fig. 30.2-Pegando-se as algas com as mãos, percebe-se que elas são formadas por fios extremamente finos.*



*Fig. 30.3-Observando-se algas as com o microscópio, nota-se que a maioria é do tipo "Melosira varians". Porém, encontram-se também outras espécies de algas filamentosas.*

### **31- AS ALGAS SÃO RESPONSÁVEIS PELA OXIGENAÇÃO DA ÁGUA**

Quando o tanque de Filtração Lenta em Areia recebe muita luz solar, desenvolve-se uma variedade de vegetais, entre os quais as algas. Sabe-se que para cultivar verduras são necessários os adubos. As águas captadas do rio para o tanque de filtração são ricas em nutrientes e, por este motivo, cresce no tanque grande quantidade de algas. Elas realizam a fotossíntese, transformando gás carbônico e água em matéria orgânica e gás oxigênio, que se dissolve na água. Quando a luz é intensa, a produção do gás oxigênio é grande. Porém, a água

não consegue dissolvê-lo totalmente, e o excedente escapa para o exterior na forma de bolhas de gás.

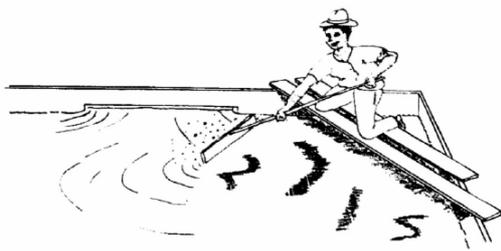
Dessa forma, a formação de bolhas de gás é um bom indicador das atividades das algas, como também de boa oxigenação da água.

As algas, durante o dia, realizam fotossíntese, produzindo o gás oxigênio que se dissolve na água. Quando a água fica saturada de oxigênio, o gás excedente se desprende da água na forma de bolhas, carregando consigo algas que, antes, ficavam aderidas na superfície da areia. Ao subirem à superfície da água, são automaticamente drenadas para o canal de descarte existente na lateral do tanque de filtração. Evidentemente, o descarte da alga consumidora de oxigênio reduz também o consumo do oxigênio no tanque pelas algas, o que melhora bastante o visual do tanque.

O procedimento de descarte é importante. Caso isso não seja feito, as algas que flutuam na superfície da água apodrecem e impedem também que a luz solar atinja a superfície da areia do meio filtrante. Dessa forma, a realização sistemática de limpeza é extremamente importante.



*Fig. 31.1-As algas que crescem na superfície de areia do meio filtrante sobem à superfície da água juntamente com bolhas de gás oxigênio, durante o processo de fotossíntese. As algas que sobem à superfície são automaticamente drenadas para o canal de descarte.*



*Fig. 31.2-O Manual de Filtração Lenta, publicado na Holanda, mostra como descartar algas que flutuam na superfície da água (Visscher et al. 1985).*

## **32 - ALGAS EXCEDENTES E CONDIÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NO TANQUE DE FILTRAÇÃO**

Quando a velocidade de filtração é lenta, não há crescimento de algas filamentosas e, no seu lugar, surgem fitoplânctons flutuantes. Com baixa velocidade de filtração e pouca saída de água excedente, pelo represamento, a água se aquece, diminui sua densidade, e a movimentação da água próxima à superfície cessa. A água bruta que entra no tanque, por ser mais fria, desloca-se

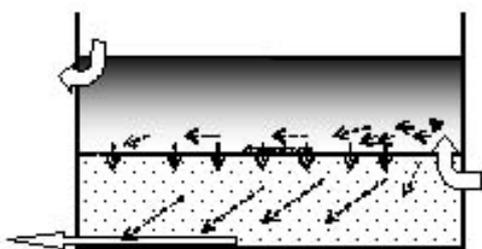
para o fundo. Durante o dia, por decorrência da fotossíntese, aumenta a dissolução do oxigênio na superfície da água. Porém, no fundo, pela baixa temperatura, esse fenômeno não ocorre. Sobre a superfície do meio filtrante depositam-se fitoplânctons inativos. Durante a noite, em todo tanque, diminui o nível de oxigênio dissolvido.

Quando a velocidade de filtração é rápida, no tanque crescem algas filamentosas sobre a superfície da camada de areia do filtro, que se soltam e sobem à superfície. O ideal é que haja a constante renovação das algas. Não havendo automaticamente a sua remoção através do canal de descarte, permanecem flutuando na superfície, o que ocasiona o aquecimento da água da superfície e a diminuição de sua densidade. Por outro lado, a água que entra no tanque, como tem baixa temperatura, flui para o fundo do tanque.

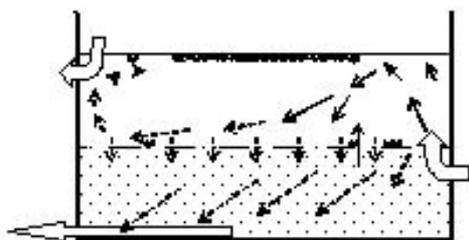
A água superficial, devido à fotossíntese das algas, torna-se rica em oxigênio dissolvido; porém, isso não ocorre com toda água do tanque.

As algas mortas ou aquelas que têm pouca vitalidade acabam depositando-se no fundo e se decompõem; como na superfície do meio filtrante vivem organismos decompositores que consomem oxigênio, nesse local verifica-se empobrecimento do oxigênio dissolvido, razão pela qual é comum observar falta de oxigênio dissolvido no interior do meio filtrante durante a noite e pela manhã.

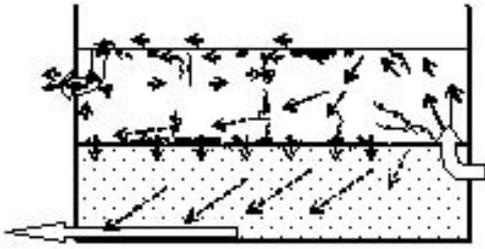
Quando ocorre regularmente a remoção automática de algas da superfície de água pelo canal de descarte, com aumento da incidência de luz solar no tanque, a água se torna rica em oxigênio dissolvido, propiciando, assim, o aumento de atividade dos seres vivos no tanque de filtração.



*Fig. 32-1. Em baixa velocidade de filtração, e não havendo descarte de algas, desenvolvem-se fitoplânctons flutuantes.*



*Fig. 32.2-Mesmo que a velocidade de filtração esteja ideal, no caso de não haver descarte, a superfície da água do tanque pode ficar repleta de algas, com risco de faltar oxigênio durante a noite no interior do tanque.*



*Fig. 32.3-No tanque de filtração, havendo bom funcionamento do descarte das algas que flutuam sobre a superfície da água, toda água do tanque de filtração torna-se rica em oxigênio dissolvido.*



*Fig. 32.4-Na foto, observam-se algas flutuando, que se juntam ao redor do canal de descarte.*

### **33- QUANTIDADE DE OXIGÊNIO NA BOLHA**

Sobre a areia do meio filtrante crescem algas que, durante à noite, consomem o oxigênio para sua respiração. Com isso, diminui a quantidade de oxigênio dissolvido na água.

Mediu-se a quantidade de oxigênio dissolvido na água na entrada e na saída do tanque, e constatou-se que, após o pôr do sol - período em que as algas não realizavam mais a fotossíntese - a concentração do oxigênio dissolvido na água na saída era maior que da entrada, e que esse nível de concentração mantinha-se até altas horas da noite, por causa das bolhas de ar formadas durante o dia.

Teoricamente, no momento da formação da bolha, a concentração do oxigênio no interior da bolha é de 100%, mas, na prática, constatou-se que continha apenas 40%, devido à tendência de estabelecer um equilíbrio com a concentração de oxigênio dissolvido na água. Como se sabe, o ar é composto por cerca de 80% de nitrogênio e 20% de oxigênio. A água está em contato com o ar, e o gás nitrogênio também está dissolvido na água em grande quantidade. Os gases contidos no interior da bolha exercem um trabalho no sentido de estabelecer um equilíbrio com o meio. Assim, a concentração máxima do oxigênio no interior da bolha que é 40%, mas tende a diminuir até atingir o nível de 20%, após o por do sol.

O aparecimento da bolha tem um papel importante, mesmo durante a noite, porque ela deixa a água do tanque de filtração, um ambiente rico em oxigênio.



*Fig. 33.1-Mediu-se a concentração de oxigênio dentro da bolha num dispositivo improvisado de coletor de bolhas e constatou-se a alta concentração desse gás. Quando a bolha estava em equilíbrio com o ar, a concentração de oxigênio encontrado foi cerca de 20%. Porém, durante o dia de maior incidência solar, chegou a atingir 40% e, após anoitecer, chegou-se aos 20% pela manhã. Conclui-se por este fato que parte do oxigênio da bolha estava sendo transferida à água.*

### 34- CONSTRUÇÃO DE UM COLETOR DE ALGAS

Em um tanque de filtração de pouca profundidade, a superfície da areia do meio filtrante fica coberta por uma variedade de algas. Para analisá-las, foi construído manualmente um aparelho coletor de algas. Este aparelho é mergulhado até o fundo do tanque e, em seguida, bate-se o fundo com uma âncora (peso), de modo que algas se desprendam da superfície da areia. Munido de uma bomba de sucção, recolhe-se o material.

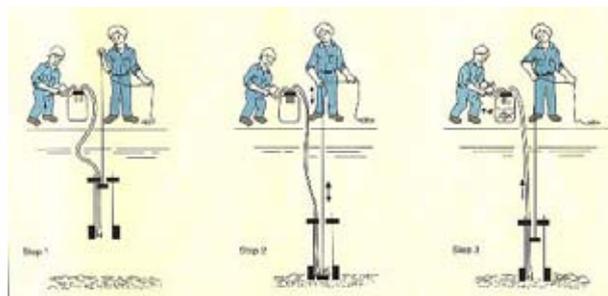
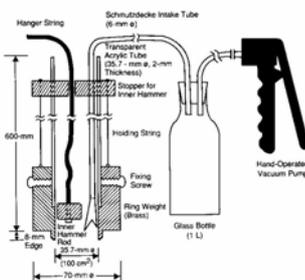
No início do trabalho, usou-se um coletor de tubo de vidro, mas hoje, o mesmo foi substituído por uma proveta de plástico.



*Fig. 34.1-Coletor de algas*



*Fig. 34.2-Coleta de uma amostra no tanque de filtração. Atualmente, o tubo de vidro foi substituído por uma proveta de plástico.*



*Fig. 34.3-Diagrama do aparelho coletor.*

*Fig. 34.4-Modo de usar o aparelho coletor.*

### 35- FORMAÇÃO DE BOLHAS

Nos dias com boa insolação, observam-se o crescimento rápido de algas e o aparecimento de bolhas de gases no tanque de filtração. Essas bolhas gasosas arrastam consigo os tapetes de algas da superfície de areia do meio filtrante.

Quando a luz solar é bastante intensa, observa-se a saída de bolhas de gás oxigênio logo após o desprendimento dos tapetes de algas da camada do meio filtrante, na área livre da areia, pelo contato com água nova. Isso demonstra que a água em torno do tapete de algas estava saturada com gás oxigênio. As algas que emergem à superfície da água seguem em direção ao canal de drenagem e são descartadas. Com isso, a luz solar, novamente, consegue atingir o fundo do tanque, dando-se, assim, a continuidade ao processo de fotossíntese.

Havia uma idéia de que quando o tapete de algas se desprendia, as partículas de impurezas penetravam na areia do meio filtrante, e por este motivo tal procedimento era visto com ceticismo. Como no interior do meio filtrante vivem microorganismos, uma parte das impurezas é retida por esses microorganismos; mesmo as impurezas que conseguem penetrar na camada de areia não conseguem atravessá-la, porque as algas as capturam e as removem do meio filtrante. Quando o desprendimento de algas é intenso, dificulta-se o entupimento do filtro e, com isso, a vida útil do tanque de filtração é prolongada.



*Fig. 35.1-Nos dias de alta insolação, os tapetes de algas sobem à superfície, juntamente com as bolhas de oxigênio que são formadas pelas atividades de fotossíntese.*



*Fig. 35.2-Acreditava-se que quando os tapetes de algas se desprendem, a superfície da areia do meio filtrante ficava exposta à infiltração de impurezas.*



*Fig. 35.3-Os tapetes de algas se desprendem quando há muita incidência de luz solar. Na água do tanque de filtração, o gás oxigênio dissolvido está saturado, e pela superfície de areia saem as bolhas de gás, o que dificulta a infiltração de impurezas.*



*Fig. 35.4-No local onde os tapetes de algas foram removidos observa-se a renovação de algas.*



*There is super saturated condition of dissolved oxygen on the bottom by the activity of photosynthesis of the algal mat on the bottom. When the filter operation is suddenly stopped, so many bubbles are formed at the surface of the sand layer at that time. However, there is gentle water current during normal operation period. Small amount of oxygen bubbles are formed by the photosynthesis and these are trapped in the algal mat at the bottom.*

*Fig. 35.5-Oxigênio no estado supersaturado emerge da água sob a forma de bolhas por causa da interrupção abrupta da filtração.*

### **36- CRESCIMENTO DAS COLÔNIAS DE ALGAS E TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA FILTRADA**

Usando o equipamento coletor de algas, investigou-se o crescimento de colônias de algas no tanque de filtração lenta. Verificou-se, nos primeiros 10 dias, um rápido crescimento e, posteriormente, constatou-se a duplicação do crescimento, isto é, de 2 para 4, de 4 para 8, de 8 para 16, de 16 para 32 e assim por diante. Após algum tempo, o volume de algas se estabilizou, embora houvesse contínuo crescimento de algas sobre superfície da areia. Isto porque uma parte das algas é removida juntamente com as bolhas de gás e descartada através do tubo de drenagem. Com o passar do tempo, o volume de algas no tanque igualou-se ao das algas descartadas, o que significa que o volume de algas no tanque atingiu seu estado de produção permanente e constante.

Utilizando-se de um instrumento mais sensível (o *método clorofila*) para determinar a quantidade de algas na água filtrada, usou-se um papel de filtro com 4cm de diâmetro, a fim de reter partículas de até o tamanho de bactérias. Filtrando a partir de algumas dezenas de litros até 200 litros de água, coletaram-se partículas de algas que foram submetidas à análise através do microscópio. Nos locais onde não havia ainda a formação de colônia de algas, conseguiu-se recolher algumas amostras de algas. Observando essas algas através do microscópio, identificou-se que se tratava de algas filamentosas. Na medida em que a colônia de algas crescia na superfície do meio filtrante, havia a diminuição gradativa de partículas de microalgas retidas no papel de filtro, e quase não mais havia partículas no meio aquoso quando a colônia de algas atingia o estado de estabilidade.

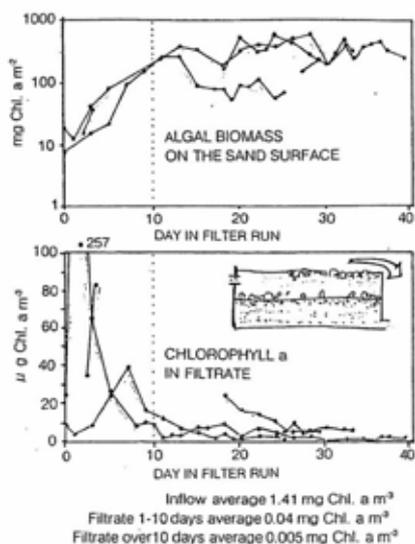
Nesse estágio, a concentração de microalgas era menor do que se observava na "Maré Negra" que ocorre no Oceano Pacífico, cuja extensão tem até 40m de espessura. O grau de transparência da água aproximou-se da água do mar à profundidade de 100m. Após 10 dias de medição, a quantidade de algas na água filtrada era cerca de  $0,005\text{mgchl.a/m}^3$  (*método clorofila*).

A partir desse fato, ficou evidente que, quando as algas crescem no tanque, a água torna-se limpa. Na medida em que aumenta o tempo de filtração, aumenta a quantidade de organismos vivos e, conseqüentemente, melhora a qualidade da água filtrada. Esse fato explica o episódio

ocorrido em Berlim há 100 anos, quando, durante o verão, constatou-se uma proliferação de algas no tanque de filtração e as partículas de impurezas não conseguiam infiltrar até o fundo do meio filtrante.

Quando há atividade da colônia de organismos, a água torna-se limpa. Sendo assim, pode-se considerar, em princípio, a proliferação de algas como um bom indicador da qualidade de água.

No Japão, em muitos lugares, quando as algas tomam conta do tanque de filtração, costuma-se interromper a filtração para limpeza, raspando a camada de areia. Esse procedimento, infelizmente, está na contramão do processo correto de filtração lenta.



*Fig. 36.1-Relação entre filtração lenta contínua e o desenvolvimento de colônias de algas sobre a superfície da areia do meio filtrante e a quantidade de microalgas encontradas na água filtrada.*

### 37- ECOSSISTEMA NO TANQUE DE FILTRAÇÃO LENTA

Constatou-se que, nos dias de boa insolação, há desprendimento de bolhas de gases, que removem as algas que se encontram sobre a superfície da camada de areia do filtro. Dessas áreas desprendem-se gases que dificultam a penetração de impurezas no meio filtrante. Além disso, a transparência da água obtida dessa maneira assemelha-se em muito àquela que se encontra na natureza.

No entanto, apenas o desprendimento do tapete de algas da superfície da camada de areia não explica suficientemente o fato das impurezas não entrarem na parte mais profunda da areia. Quando ocorre a proliferação de colônia de algas, aumenta também a quantidade de microorganismos. Estes capturam e comem as impurezas.

As algas do tanque, ao se desenvolverem, produzem oxigênio. Elas também se tornam alimentos para uma variedade de microorganismos. Esses, por sua vez, devoram as bactérias patogênicas, deixando a água em boas condições de ser consumida com segurança.

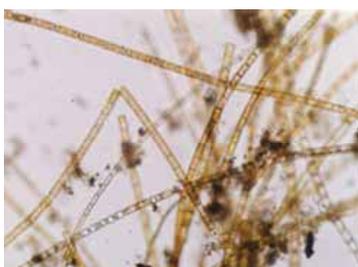
Os microorganismos somente sobrevivem num lugar onde conseguem alimentos, isto é, na superfície da areia do meio filtrante. É importante, portanto, criar um ambiente favorável para que os microorganismos vivam com “tranqüilidade”.

No tanque de Filtração Lenta em Areia, uma diversidade de microorganismos está em plena atividade para produzir água de boa qualidade. Como as algas que crescem são descartadas automaticamente do tanque, os lixos orgânicos também são descartados automaticamente pelos organismos vivos. Observando uma colônia de algas através do microscópio, vê-se que elas capturam as impurezas contidas na água.

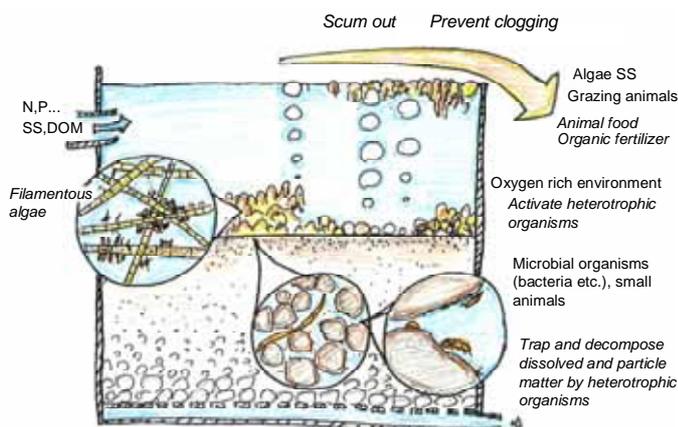
Assim, conclui-se que a essência do Tratamento Ecológico é criar um ambiente propício para que uma variedade de microorganismos exerça a máxima atividade.



*Fig. 37.1-Com a luz solar em abundância, a colônia de algas realiza fotossíntese, produzindo bolhas de gás que arrastam as algas à superfície.*



*Fig. 37.2-Utilizando-se microscópio, pode-se observar que as impurezas estão sendo capturadas pelas algas filamentosas.*



*Fig. 37.3-As águas que entram no tanque de filtração contêm nutrientes. Com boa insolação, proliferam-se algas filamentosas e uma diversidade de microorganismos, que criam um ecossistema propício à obtenção de água potável de qualidade e segura.*

### 38- O PAPEL DAS ALGAS NO TRATAMENTO ECOLÓGICO

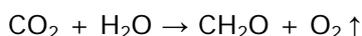
Do interior do tanque de filtração, com pouca profundidade, as algas excedentes são descartadas pelo canal de drenagem, havendo, dessa forma, um contínuo e equilibrado desenvolvimento das mesmas. As impurezas “capturadas” pelas algas são removidas automaticamente pelo canal de drenagem, o que evita o entupimento do filtro.

A incidência dos raios solares estimula o processo fotossintético, aumentando a concentração de oxigênio dissolvido na água do tanque, estimulando as atividades dos microorganismos. Com o crescimento das algas, os nutrientes dissolvidos na água bruta tendem a diminuir; estas se tornam em alimentos para muitos organismos aquáticos.

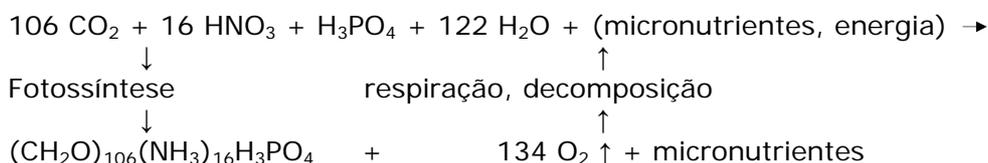
O processo fotossintético eleva o pH da água, e com isso, ocorre a hidroxilação dos íons de metais pesados e, conseqüentemente, sua precipitação. A cor marrom observada sobre a camada de areia é um sinal desses compostos precipitados.

No tratamento Ecológico, ocorrem os seguintes fenômenos biológicos:

1) Produção de oxigênio através da fotossíntese: propicia condições favoráveis para heterótrofos (decompositores, como bactérias e outros microorganismos):



2) Redução de Nutrientes através do desenvolvimento das algas:



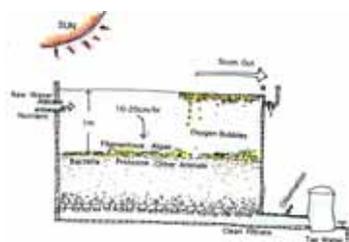
Este processo é denominado de oligotrofização, oposto à eutrofização, e significa a redução de nutrientes no corpo d'água.

3) A alga é uma dos muitos tipos de alimentos dos microorganismos decompositores no processo de Tratamento Ecológico, representando produção de alimento e fonte de energia para organismos heterotróficos

4) Elevação do pH e aumento da concentração de oxigênio dissolvido devido à mudança de baixa concentração de CO<sub>2</sub> para condição de alto pH

5) Transformação dos íons metálicos em compostos de hidróxidos e precipitados: (**bio-mineralização**).

6) Redução de íons metálicos: redução de metais pesados tóxicos



*Fig. 38.1-Algas que se desenvolvem no tanque de filtração por Tratamento Ecológico desempenham um importante papel. No Japão, ainda existe a obrigatoriedade em adicionar o cloro na água, porém na verdade, isso não é necessário.*

### 39- AS ALGAS TRANSFORMAM ÁGUA DURA EM ÁGUA MOLE

Na ilha de Miyako, em Okinawa, a água consumida pela população é de origem subterrânea. A ilha é de formação coral, não há rios e sua principal atividade é a agricultura.

Essa água subterrânea, além de conter muitos nutrientes, é também é uma "água dura", devido à dissolução do carbonato de cálcio. Quando essa água era tratada pelo processo de filtração lenta, o tanque de filtração cobria-se rapidamente com algas e emanava mau odor. Por este motivo, a recomendação era adicionar algicida (cloro) com propósito de eliminar as algas. A adição de cloro, com a morte das algas, resolvia o problema do mau odor, mas também eliminava os microorganismos. Portanto, isto resultava em que o procedimento se resumisse na simples passagem da água subterrânea pelo filtro de areia.

Quando ainda não havia água encanada na ilha, a população local recorria à água do poço ou da chuva. Segundo opinião de alguns, os alimentos cozidos na água da chuva ficavam mais saborosos. Mesmo depois da chegada da água encanada, algumas residências continuaram usando a água da chuva.

O senhor Murase, um pesquisador que defende a utilização da água da chuva, visitou essa ilha para estudar o funcionamento da estação de tratamento de água pelo Sistema de Filtração Lenta em Areia. Logo constatou que havia um problema no sistema de filtração e sugeriu ao técnico da estação que fosse consultar um especialista em sistema de filtração lenta, o professor Nakamoto, da Universidade de Shinshu.

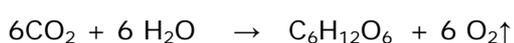
O senhor Tomari procurou-me e expôs o problema. Recomendei interromper a adição de cloro, de modo a favorecer o funcionamento do sistema de tratamento ecológico, bem como a remoção das algas em excesso do tanque de filtração.

Ele, ao retornar à ilha, imediatamente interrompeu a adição do cloro e colocou em prática as orientações recebidas. Como resultado, os consumidores manifestaram que o mau cheiro da água desapareceu e o sabor melhorou, segundo o seu relato.

O processo de fotossíntese das algas se intensifica com a abundância da luz solar e, com isso, ocorreu o amolecimento da água dura da fonte subterrânea. Quando as algas foram removidas sistematicamente, a superfície da areia do meio filtrante ficou branca. Observando atentamente o local, havia formação de cristais de carbonato de cálcio, assim como, as algas também eram impregnadas com esses cristais.

A proliferação de grande quantidade de algas criava um ambiente esteticamente ruim no tanque de filtração, o que motivava a sua remoção. Esse trabalho de remoção, como foi explicado no capítulo 37, acaba ajudando os organismos a melhorar a qualidade da água e é um procedimento muito importante no processo de tratamento ecológico de água.

O processo intensivo da fotossíntese aumenta o gás oxigênio e diminui o gás carbônico.



O bicarbonato de cálcio é decomposto em carbonato de cálcio e gás carbônico. O carbonato de cálcio que não é solúvel em água deposita-se.



*Fig. 39.1-Com a interrupção do lançamento de algicida, houve um grande aumento de algas no tanque de filtração. Mesmo no tratamento ecológico, há necessidade de remover as algas que emergem na superfície da água.*



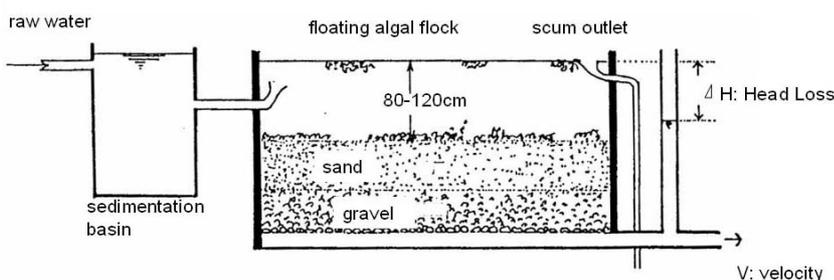
*Fig. 39.2-Observando-se as algas com o microscópio, notou-se a presença de cristais brancos e transparentes aderidos às algas. Em decorrência da atividade fotossintética, a superfície da areia ficava branca com a formação de carbonato de cálcio.*

#### 40- ENTUPIMENTO DO FILTRO E PERDA NOMINAL DE ÁGUA

Para determinar o grau de entupimento do filtro, usa-se o termo **“Perda de Carga Nominal”**, que é o gradiente de diferença de nível de água, antes e depois da filtração.

Quando o filtro entope, ocorre a diminuição da vazão da água e conseqüentemente o aumento da diferença de nível de água entre a entrada e a saída. Essa diferença está relacionada com a velocidade de filtração, isto é, se a velocidade de filtração diminui, diminui também a diferença de nível da água; ao contrário, se a velocidade de filtração é rápida, a diferença de nível aumenta. Desse modo, a partir da relação **velocidade padrão de filtração** e o **nível de água**, é possível obter a perda de carga nominal.

A perda de carga nominal no tanque de filtração lenta está intimamente relacionada à velocidade de filtração. No tanque de filtração lenta, a resistência à filtração, simplesmente recorre-se ao método de Darcy para corrente de água lenta. Na Inglaterra, para filtração lenta, a velocidade de filtração padrão usada é 4,8 m/dia.



*Fig.40.1-Esquema de filtração lenta*

$\Delta H = k \times V$  ( método de Darcy ) , onde:

$\Delta H$  = perda de carga nominal (m);  $k$  = constante (resistência à filtração);  $V$  = velocidade de filtração (m/d).

H: carga nominal;  $k$ : constante de resistência;  $V$ : relação de velocidade de filtração,  $H = k \times V$ , sendo a diferença de nível uma relação direta da velocidade de filtração.

Por meio da fórmula acima é possível determinar a perda de carga nominal ( $H_n$ ) padrão a partir da velocidade padrão de filtração ( $V_n = 4,8$  m/d), da perda de carga nominal observada ( $H_{ob}$ ) e da velocidade de filtração observada ( $V_{ob}$ ), onde se tem:  **$H_n = (H_{ob} \div V_{ob}) \times V_n$**

No Japão, para determinar o grau de entupimento, adota-se a perda de carga nominal observada ( $H_{ob}$ ), enquanto que na Europa usa-se o padrão nominal da perda de água ( $H_n$ ).

Em Ueda (província de Nagano), cuja cidade capta água do rio, foi pesquisado o grau de entupimento no verão e no inverno. Viu-se que durante o fevereiro de 1990, mês de baixa turbidez da água e com pouca atividade dos organismos, registrou-se uma alta perda de carga nominal, o que ocasionou o entupimento do filtro. No verão (junho de 1990), por outro lado, um período em que a atividade biológica é notadamente elevada, embora a entrada de impurezas no tanque esteja alta, quase não se verificou o aumento da perda de carga nominal e nem o entupimento do filtro.

Em junho de 1979, visando eliminar as algas indesejáveis, usou-se o cloro. Porém, o resultado foi frustrante, pois ocorreu o entupimento do filtro ainda que a temperatura da água estivesse elevada.

A água do canal foi bombeada para tambores de plástico que foram usados como modelo do sistema de filtração lenta. Num desses tambores criou-se condições para o desenvolvimento de algas e, no outro, as condições contrárias, para comparar a diferença de resistência à filtração.

Adotou-se uma profundidade de 8cm de lâmina de água e 40cm de espessura do meio filtrante. No fundo, estendeu-se um pano sobre o qual foi colocada uma camada de cascalho e, através do fundo do tambor, injetou-se jato de água para dentro do tambor. A partir da medida de diferença de pressão da água entre a superfície e o fundo do meio filtrante, determinou-se a resistência de filtração. A partir da velocidade de filtração foi possível calcular o valor da "perda de carga nominal padrão".

A experiência foi realizada no mês de maio, época em que se verifica a redução do volume da água do rio devido ao uso da água para irrigação do arrozal. Inicialmente, o grau de impurezas no canal era de 5 a 15 graus (mg/L). Após a filtração, era de 0,1 graus. A velocidade de filtração foi ajustada para ficar próxima à velocidade padrão, ou seja, 5 m/dia.

A diferença de nível de água que representa a perda de carga nominal muda de acordo com a velocidade de filtração. Calculou-se, então, o valor da perda nominal de carga padrão. A perda verificada no filtro coberto aumentava com o passar dos dias. No tanque de filtração que recebe a luz solar, as algas crescem e a atividade dos organismos aumenta, não se verificando perdas no filtro.

Dentro da água turva vivem principalmente algas com baixa atividade, não sendo adequadas para alimentar os animais. Desse modo, acumulam-se impurezas no filtro coberto, havendo por consequência o aumento da resistência à filtração. Por outro lado, no tanque, onde incide a luz solar, as algas crescem e se proliferam na superfície da areia do meio filtrante, tornando-se excelente alimento para animais, além de dificultar o entupimento do filtro.

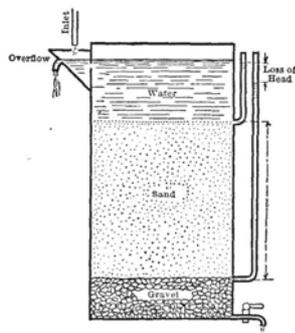


Fig. 40.2-Entupimento do filtro e grau de perda de carga nominal.

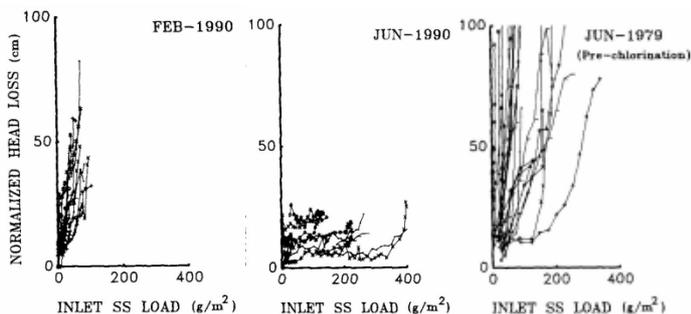


Fig.40.3-Diferença de volume de impurezas que entram no tanque de filtração e o entupimento nominal de água nos meses de fevereiro (inverno) e junho (verão) de 1990. No mês de junho de 1979, foi usado algicida para provocar a inatividade biológica no tanque. Mesmo assim, ocorreu o entupimento.

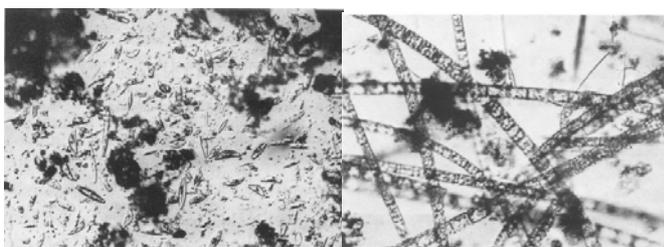


Fig. 40.4-Durante o inverno, com a baixa temperatura da água, se os raios solares não atingirem suficientemente o fundo do tanque, as algas filamentosas que entram no tanque de filtração juntamente com a água bruta, aderem-se à superfície da areia; através do microscópio observam-se as algas Periphytons aderidas sobre a superfície de areia do meio filtrante, provocando o entupimento. Ao contrário, o desenvolvimento das algas filamentosas dificulta o entupimento.



Fig. 40.5-Construíram-se modelos usando tambores, nos quais foi colocada água através de bomba da água. Um dos tambores foi exposto ao sol e o outro não recebeu a incidência de raios solares, para verificar se há diferença na resistência à filtração (perda de carga nominal).

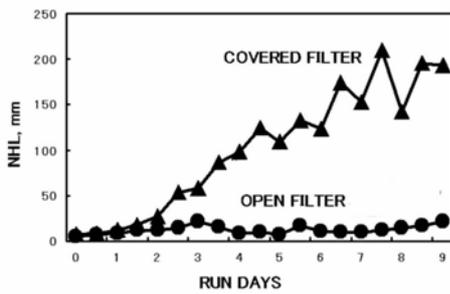


Fig. 40.6-Diferença na resistência à filtração ( $H_n$ , perda nominal de água padrão) usando como modelo, um tambor recebendo luz solar e, outro, um tambor coberto.

#### 41- IDÉIAS EQUIVOCADAS SOBRE ALGAS QUE CRESCEM NO TANQUE DE FILTRAÇÃO

O Japão entrou em "boom" econômico a partir de 1964, ano em que houve a Olimpíada de Tóquio. Nesse contexto econômico favorável, o aumento de consumo e o desperdício tomaram conta do país e, como consequência, os rios tornaram-se sujos por dejetos de diversas espécies, principalmente os rios das grandes metrópoles. Os efluentes domésticos lançados nos rios provocavam mau cheiro, da mesma forma como ocorreu com o rio Tâmis.

Nessa época, o Japão, com sua economia em ascensão, optou por tratar a água com o uso de produtos químicos pelo Sistema de Filtração Rápida de alto custo, em detrimento do Sistema de Filtração Lenta, mais barato, estimulando a construção de estações de tratamento de água com tecnologia de filtração rápida. Por outro lado, o tratamento pelo sistema rápido, para ser completo, exigia a utilização de produtos químicos, o que requeria a contratação de mais químicos do que biólogos.

Na Estação de Tratamento de Tamagawa, em Tóquio, que captava água bruta no rio de mesmo nome, funcionavam dois sistemas de filtração: o de filtração rápida e o de filtração lenta.

Como a água captada do rio Tamagawa era turva, de início, adicionavam-se o hipoclorito de sódio e o carvão ativado para promover a oxidação. Após a adição de cloro, a água passava pelo sistema de filtração rápida e depois por sistema de filtração lenta. Devido à adição de cloro tóxico, os organismos vivos não conseguiam sobreviver nesse ambiente. A água era, em seguida, mecanicamente filtrada por filtro de areia. Com isso, acreditava-se que estava sendo feito um tratamento completo e perfeito. Na época, o Departamento de Água de Tóquio, motivado por essa idéia equivocada e pelo ceticismo contra o processo de Tratamento Ecológico, não estimulou a sua implantação.

Em 1964, nas regiões que receberam essa água surgiu o que era conhecido como "Kashin Beck", doença que provocava o desenvolvimento irregular dos ossos. Após a pesquisa, identificou-se que o produto da reação entre cloro e matéria orgânica era o responsável pela doença.

O senhor Sadao Kojima, então chefe do Departamento na época, declarou o "mea-culpa" dizendo: "vergonhosamente, foi eu quem produziu pela primeira vez no Japão água com sabor ruim". Minha intenção era tornar a água potável e segura e, para isso, adicionava cloro em

quantidade 20 vezes acima do padrão adotado na maioria das Estações de Tratamento do Japão. Hoje, admito esse erro. Para a desinfecção da água, na maioria dos casos, a concentração de 1 ppm de cloro é suficiente; nas águas mais límpidas, 0,5 ppm. Na época, eu colocava 100 ppm. Isso é um recorde mundial que até hoje não foi quebrado (Água Potável, Hoje – 1996).

A adição do cloro é um procedimento básico para o tratamento de água por Sistema de Filtração Rápida e muitos dos especialistas no assunto achavam que não havia solução para o problema do cheiro do cloro na água. Isso foi anterior à confirmação de que o cloro na água produzia um composto cancerígeno. Em 1974, nos EUA, a formação do composto cancerígeno **“trihalometano”** durante o processo de tratamento motivou a imediata paralisação do uso do cloro e o problema foi evitado.



*Fig. 41.1-Durante a Olimpíada em Tóquio, em 1964, o tanque de sedimentação da Estação de Tratamento de Tamagawa ficava escuro devido à adição de carvão ativo (Água Potável, Hoje – 1996; Sadao Kojima e outros).*

## **42- OS LÍDERES JAPONESES NÃO COMPREENDERAM O PROCESSO DE TRATAMENTO ECOLÓGICO**

No início da minha pesquisa (1990) sobre o tratamento da água por Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico), fui visitar o Departamento de Água de Tóquio, considerado, na época, um referencial no Japão.

Para mim, a visita foi uma indignação, ao constatar que a Estação ainda praticava a adição do cloro mesmo sabendo que a substância provoca “Kashin Beck”. Esta doença foi diagnosticada no ano de 1964, na época da Olimpíada de Tóquio e, dez anos depois (1974), os EUA identificaram o composto *trihalometano* como responsável por essa doença, resultante da reação entre cloro e composto orgânico na água. Transcorrido mais de 20 anos, quando o mundo todo já tinha deixado o uso do cloro, o Departamento ainda recorria à adição de cloro na produção de água potável.

Ao visitar o Departamento, cheguei à conclusão de que os responsáveis que trabalham na Estação de Tratamento de Água de Tóquio, embora sejam considerados líderes japoneses no assunto, não haviam compreendido o importante papel das algas que cresciam no tanque de filtração. Para eles, a adição do cloro no tanque de filtração visava apenas eliminar as bactérias presentes na água.

Será que os responsáveis consideravam o Sistema de Filtração Lenta em Areia uma tecnologia antiga e, por este motivo, resolveram introduzir uma nova e moderna tecnologia? Tal equívoco, infelizmente, se disseminou em várias outras Estações de Tratamento de Água do Japão.



*Fig. 42.1-Departamento de Água de Tóquio, onde eram realizadas experiências sobre adição direta do cloro no tanque de filtração lenta. Matando-se os organismos vivos, estava eliminada a possibilidade de haver Tratamento Ecológico.*

#### **43- FOI UM ERRO O FECHAMENTO DO ESCOADOURO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE TÓQUIO.**

Na Estação de Tratamento de Tóquio, o sistema de filtração rápida não eliminava o mau cheiro provocado pela decomposição das algas. Para evitá-lo, os técnicos adicionavam algicida no tanque de captação de água bruta, a fim de eliminar as “indesejáveis algas”. Na instalação do Tratamento Ecológico, mesmo havendo o dispositivo para escoamento de água excedente, este não era utilizado, tendo sido fechado por concreto, por se considerar o escoamento da água desperdício de água captada.

A Estação captava água da cabeceira do rio Tamagawa, que era uma água limpa e não causava entupimento do filtro. Além disso, era rica em nutrientes, o que propiciava o desenvolvimento das algas. Como o dispositivo de escoadouro de algas não era usado e fechado por concreto, a morte e a decomposição das algas provocavam o mau cheiro na água tratada.



*Fig. 43.1-Tanque de filtração, onde o escoadouro encontrava-se fechado, impedindo que as algas saíssem. Os técnicos achavam que o escoadouro gerava desperdício de água captada. Na época, a idéia de “água poluída” era relacionada com o crescimento de algas.*

#### **44- A REPRODUÇÃO DE ALGAS E SEU DESCARTE POR ESCOADOURO TORNAM A ÁGUA RICA EM OXIGÊNIO**

Pesquisei a variação de concentração do oxigênio dissolvido na água ao longo do dia no tanque de filtração de Ueda, quando nele crescem algas. A profundidade do tanque pesquisado era cerca de 1m e a velocidade de filtração aproximada era de 4m por dia.

Na água bruta captada, a concentração do oxigênio dissolvido manteve-se quase inalterada ao longo do dia, enquanto que na água da saída, a variação era muito grande. Após o nascer do sol (6:00h), constatava-se um rápido aumento na concentração do oxigênio dissolvido, e pouco

depois do meio dia (12:00h), a concentração atingia o seu nível máximo. Só se verificava o atraso no pico devido ao tempo em que a água atravessava o meio filtrante.

Ao entardecer, quando diminui a intensidade da luz solar, observou-se na saída da água a diminuição da concentração do oxigênio. O pôr do sol foi se deu em torno de 18:00h, e até a meia noite (24:00h), a concentração do oxigênio dissolvido na saída era maior que a da entrada. A variação da concentração de oxigênio na saída, ao longo do dia se dava da seguinte forma: rápido aumento na parte da manhã, com gradativa diminuição à tarde. O menor valor da concentração encontrado foi de 4 a 5mgO<sub>2</sub>/L, e Grau de Saturação máximo de 180% e mínimo de 60%.

O aparente fato de ainda haver produção do oxigênio mesmo depois do pôr do sol, quando não há mais luz solar, pode ser explicado pelo desprendimento das bolhas de oxigênio que estão no meio filtrante.

Quando há luz solar intensa e, ao mesmo tempo, há descarte eficiente de algas, o tanque de filtração torna-se um ambiente favorável ao aumento de oxigenação da água.

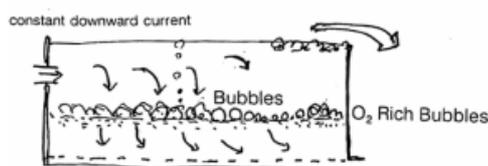


Fig. 44.1-No tanque de Filtração Lenta em Areia, quando a colônia de algas se desenvolve e sua quantidade se estabiliza, observa-se o desprendimento de bolhas na camada de areia, que deixam a água do tanque de filtração repletas de oxigênio dissolvido.

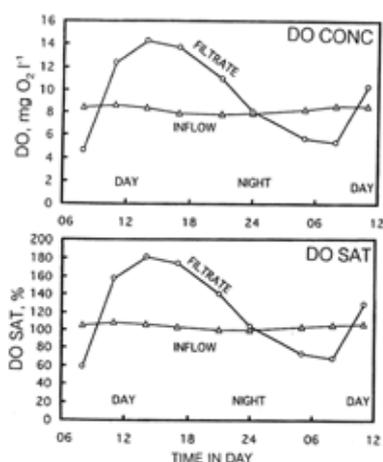


Fig. 44.2-Mediu-se a concentração de oxigênio dissolvido na água na entrada e na saída no tanque de filtração lenta. Para a água de entrada, quase não se verificou variação. Na água de saída, verificou-se uma nítida variação longo do dia: após o nascer do sol, a concentração aumentava rapidamente e, após o pôr-do-sol (18:00h), continuava, aparentemente, a produção de oxigênio. Na verdade, isso ocorreu devido à saída de oxigênio contido na bolha de ar formada durante o dia.

#### 45- NA BOLHA DE AR, A CONCENTRAÇÃO DO OXIGÊNIO É ALTA

No tanque raso de filtração do Tratamento Ecológico, o desenvolvimento das algas é excelente. Quando a fotossíntese é intensa, aumenta a produção de bolhas de ar e a subida das bolhas arrastam consigo as algas para superfície da água. Cobriu-se a superfície da água usando uma tela de plástico para recolher as bolhas de gás que emergem da água. Recolheram-se também as bolhas de ar no fundo do tanque. Usando *pirogarol*, mediu-se a proporção do oxigênio nessas bolhas. Na parte da tarde encontrou-se 40%; durante a noite, quando as algas não realizam fotossíntese a proporção diminuiu, obtendo-se o valor de 20% ao amanhecer. A proporção do

oxigênio no ar atmosférico é de 20%, concentração igual à água capturada na entrada, o que demonstra o estado de equilíbrio entre as duas fases. Agitando vigorosamente a água capturada com a mão para produzir bolhas, nelas constatou-se 20% de oxigênio. Embora as bolhas produzidas pela fotossíntese devam conter 100% de oxigênio, em tese, devido à tendência de estabelecer o equilíbrio com o meio, 40% foi o valor encontrado.



Fig. 45.1-Coletaram-se bolhas utilizando um saco plástico e mediu-se a porcentagem de gás oxigênio.

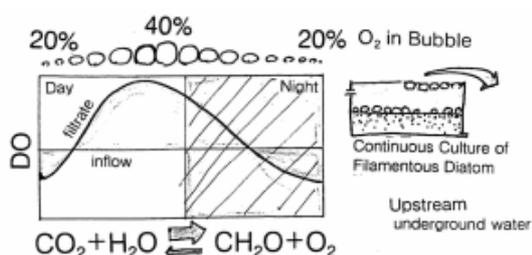


Fig. 45.2-Durante a fotossíntese, a produção do oxigênio é grande. A porcentagem de gás oxigênio dentro da bolha é de 40%, quando a fotossíntese é intensa e reduz a 30% ao amanhecer.

#### 46- A CONCENTRAÇÃO DO OXIGÊNIO NO TANQUE DE FILTRAÇÃO SE REDUZ QUANDO O CANAL DE ESCOAMENTO NÃO FUNCIONA

O uso prolongado de filtração aumenta a colônia de algas e também as larvas de insetos que se alimentam delas. Quando as algas são removidas através de canal de escoamento, acabam levando também esses animais. Se não houver o descarte das algas que crescem nos tanques, os animais que delas se alimentam também não são descartados. Nesse tipo de tanque, as algas que produzem oxigênio por fotossíntese são devoradas pelos animais e a produção do oxigênio fica comprometida. O oxigênio produzido pela fotossíntese, mesmo sendo positivo, devido à grande atividade de respiração e decomposição, apresenta saldo zero ao final do dia. Como a superfície da água está em contato com o ar atmosférico durante o dia, há o escape de oxigênio para o ar atmosférico. Por isso, ao amanhecer, a concentração do oxigênio dissolvido poderá se reduzir ao máximo.

As primeiras algas filamentosas que crescem no tanque de filtração lenta são facilmente devoradas pelos animais. Com o uso prolongado do filtro, aparecem as algas verdes, que são mais difíceis de serem devoradas.

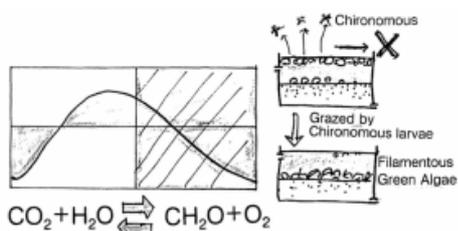


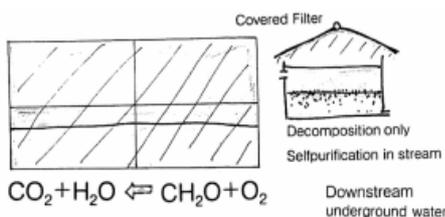
Fig. 46.1-Se as algas que flutuam na superfície da água não forem removidas, ao amanhecer, a água poderá ficar sem oxigênio. Além disso, as algas filamentosas acabam se transformando em alimentos para os animais e as algas verdes acabam predominando.

## 47- TANQUE DE FILTRAÇÃO COBERTO

O fundamento básico do Sistema de Filtração Lenta é a **purificação de água por organismos vivos**. Se na água bruta há matéria orgânica para alimentar os organismos e oxigênio suficiente, o sistema funciona mesmo coberto. No entanto, quando se tem água limpa da montanha ou do rio como água bruta, o tanque de filtração coberto não funciona, inviabilizando o Tratamento Ecológico, devido à ausência de nutrientes orgânicos.

No caso de utilização da água superficial dos rios, há, por causa dos materiais em suspensão, facilidade para o entupimento do filtro. Isso se deve à dificuldade de desenvolvimento dos animais, bem como do crescimento das algas que capturam as partículas em suspensão. Na água bruta captada da represa ocorre o mesmo fenômeno.

No tanque de filtração ocorre uma série de decomposições, de forma semelhante com o que ocorre durante o trabalho que a natureza faz para limpar a água dos rios. O ideal seria não cobrir o tanque de filtração, e sim deixar que os organismos vivos se encarreguem de purificar a água, como nos mananciais.



*Fig. 47.1-No tanque de filtração coberta ocorre somente a decomposição. Esse processo é semelhante ao que ocorre nas águas freáticas (ou subterrâneas), encontradas sob o leito dos rios.*

## 48- RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE DE FILTRAÇÃO E OXIGÊNIO DISSOLVIDO

No Sistema de Filtração Lenta europeu, a velocidade de filtração padrão usada é de 4,8 m/dia (no Japão, esse parâmetro se situa entre 4 e 5 m/dia). Esse padrão é obtido a partir de observação experimental. A partir da água de saída, mede-se a variação de concentração de oxigênio ao longo do dia; a variação torna-se menor quando a velocidade é rápida e, ao contrário, a variação torna-se maior, quando a velocidade é lenta. O pico máximo da dissolução torna-se lento quando a velocidade de filtração fica lenta. Caso a velocidade de filtração seja elevada, o período de pico fica mais curto, adaptando-se à quantidade de luz solar.

Durante a noite, quase não há variação da concentração do oxigênio dissolvido, mas a concentração é um pouco menor do que a do dia. Quando o canal de escoamento não está funcionando, existe a tendência de falta de oxigênio. Se na água bruta há muitos nutrientes e há crescimento de algas, em vez de diminuir a velocidade de filtração é melhor remover diretamente as algas que flutuam no tanque. Caso a velocidade de filtração fique demasiadamente lenta, o tanque de filtração torna-se semelhante ao da lagoa, e há o desenvolvimento de algas e fitoplânctons flutuantes na superfície da água, razão pela qual a variação diária da dissolução do oxigênio torna-se grande, provocando falta de oxigênio dissolvido ao amanhecer. É recomendável, portanto, deixar o canal de escoamento em

funcionamento, e aumentar a velocidade de filtração para um valor acima de 2 m/dia. É necessário, também, diminuir a profundidade do tanque.

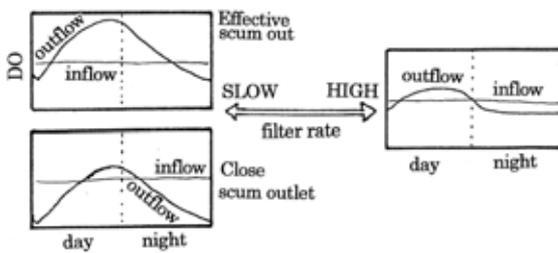


Fig. 48.1-O gráfico mostra a relação entre velocidade de filtração e oxigênio dissolvido ao longo do dia. Caso haja proliferação de algas, a melhor forma é removê-las diretamente, em vez de diminuir a velocidade de filtração.

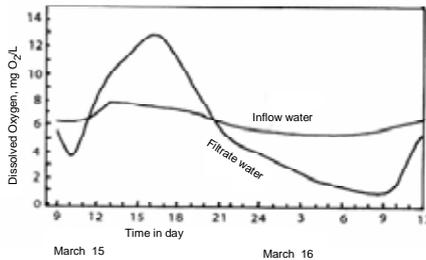


Fig. 48.2-Exemplo da variação de concentração de oxigênio dissolvido quando a velocidade de filtração é também lenta. Quando o canal de escoamento não está em funcionamento, há perda de oxigênio durante à noite e, pela manhã, a concentração de oxigênio fica extremamente baixa.

#### 49- QUANTO MAIS RÁPIDA A FILTRAÇÃO, MELHOR A QUALIDADE DA ÁGUA FILTRADA

Na cidade de Londres, Inglaterra, a distribuição de água potável à população é feita 100% pelo sistema de filtração lenta. O Tamisa tornou-se um rio rico em nutrientes orgânicos, provenientes das áreas agrícolas, e dos efluentes domésticos da metrópole. Para solucionar esse problema, a água captada do rio fica armazenada num reservatório de captação por mais de um mês, tempo suficiente para que as matérias orgânicas sejam decompostas. Nesse reservatório de captação proliferam fitoplânctons. No início, para sua remoção, recorria-se ao micro-filtro (micro rede de aço) e depois se fazia tratamento por filtração lenta. Hoje, usa-se a filtração por cascalho grosso, como pré-tratamento.

Por serem ricas em nutrientes nessas águas, há a proliferação de algas. Durante o dia, pela boa atividade fotossintética das algas, ocorre boa dissolução do oxigênio; porém, à noite, devido à respiração das algas, reduz significativamente a quantidade do gás oxigênio no meio filtrante, o que provoca quase ausência desse gás ao amanhecer. Durante o dia, observa-se grande variação do oxigênio dissolvido. Realizou-se um experimento aumentando a velocidade de filtração de 20cm/hora para 40cm/hora, tendo como resultado a melhoria da qualidade de água filtrada. Diante desse resultado, todas as estações de tratamento de água que captam água do rio Tâmis passaram a adotar valor de 40 cm/hora como padrão de velocidade de filtração.

Quanto à quantidade de luz e temperatura, em termos de comparação entre Londres e as regiões tropicais, observa-se que nessas ultimas, o nível de incidência de luz é maior e a temperatura também é mais alta. Embora o processo de fotossíntese das algas se intensifique com o aumento da quantidade de luz, a dissolução do gás diminui com o aumento da temperatura da água, provocando a diminuição do oxigênio residual na água.

Para os microorganismos, a sua atividade aumenta com o aquecimento da água e, com isso, acelera-se também a taxa de diminuição do oxigênio dissolvido. Para que não haja deficiência de oxigênio durante a noite, recomenda-se que a corrente de água esteja rápida.



Fig. 49.1-Em Londres, Inglaterra, o tratamento da água é feito 100% por Sistema de Filtração Lenta em Areia. A água rica em nutrientes do rio Tâmis é recolhida e tratada. Nas áreas circundadas com pontos brancos encontram-se as Estações de Tratamento (fonte: mapa extraído do Google-Internet)



Fig. 49.2-Estação de Tratamento do Ashford Common, a maior do rio Tamisa. Existem nela 32 tanques de filtração com 3,0m de largura e 100m de comprimento. (fonte: Google Mapa)

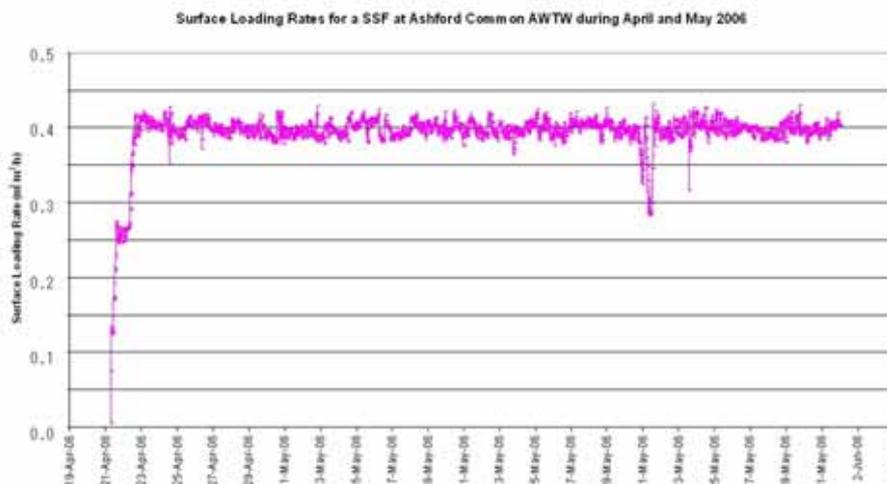


Fig. 49.3-A velocidade real de filtração é regulada logo após o início da filtração para o padrão de 40 cm/hora (fonte: informação da rede de água do Tamisa).

## 50- RELAÇÃO ENTRE TANQUE DE FILTRAÇÃO E CRESCIMENTOS DE ALGAS

Pesquisando várias Estações de Tratamento de Água do Japão, constatei que nas estações instaladas em áreas montanhosas, cuja fonte de água bruta contém poucos nutrientes, as algas se desenvolviam com dificuldade. O mesmo acontecia com as águas captadas das represas. No

entanto, nas áreas onde há atividade agrícola ou captação de água poluída das metrópoles, era comum a proliferação de algas no tanque de filtração em grande quantidade.

Quando o tanque é abastecido por água dos riachos ou córregos, ricas em nutrientes, as algas se desenvolvem com vigor. Por outro lado, no caso da captação de água de represa, como nela há desenvolvimento de fitoplânctons, os nutrientes acabam sendo consumidos por eles, prejudicando o crescimento de algas no tanque de filtração.

Como o sistema de tratamento com filtro rápido não consegue remover algas, sua presença foi considerada inconveniente e, por extensão, essa idéia foi atribuída também ao Tratamento Ecológico, que passou a ser entendido como um fator prejudicial para o processo de tratamento de água. Desse modo, havia muitas Estações de Tratamento que usavam algicidas. Houve até uma estação onde o tanque de filtração foi aprofundado, de modo que a luz solar não atingisse o fundo, evitando, assim, o aparecimento de algas.

Armazenando água bruta no tanque de decantação e fazendo-a descansar por 1 a 2 dias, as matérias em suspensão acabam acumulando-se no fundo do tanque de decantação. Nessas condições, inicia-se o aparecimento de algas. Como os fitoplanctons absorvem os nutrientes, o tanque de filtração recebe água com poucos nutrientes, o que dificulta o desenvolvimento de algas neste local. Esse fato foi observado na Estação de Tratamento de Nagoya e também na de Tóquio. No caso oposto, se a água entra no tanque de filtração com bastante nutrientes, haverá a proliferação de fitoplânctons, que viram alimentos para os microorganismos vivos. O aumento da atividade dos microorganismos dificulta o entupimento do filtro e prolonga a vida útil do Sistema de Filtração Lenta em Areia, ou seja, do Tratamento Ecológico.

Como o Japão passou a utilizar o Sistema de Filtração Rápida, as algas que se desenvolvem no tanque de filtração foram responsabilizadas pelo mau cheiro da água tratada por este Sistema.

A pulverização com sulfato de cobre foi uma medida adotada para eliminar algas. O sulfato de cobre, além de matar algas, matava também os organismos vivos, causando, com isso, o entupimento do filtro. Assim, no tanque de filtração, a colônia de organismos se tornava inativa e os plânctons que ficam na superfície da areia do filtro não eram mais capturados e degradados pelas algas, entrando no interior da camada de areia e causando o entupimento do filtro. Esse fenômeno foi observado na Estação de Tratamento de Tóquio.

Para manter os organismos vivos ativos no processo de Tratamento Ecológico, a água bruta captada não deve receber qualquer "bactericida", não apenas na estação de tratamento da água, mas também na represa.

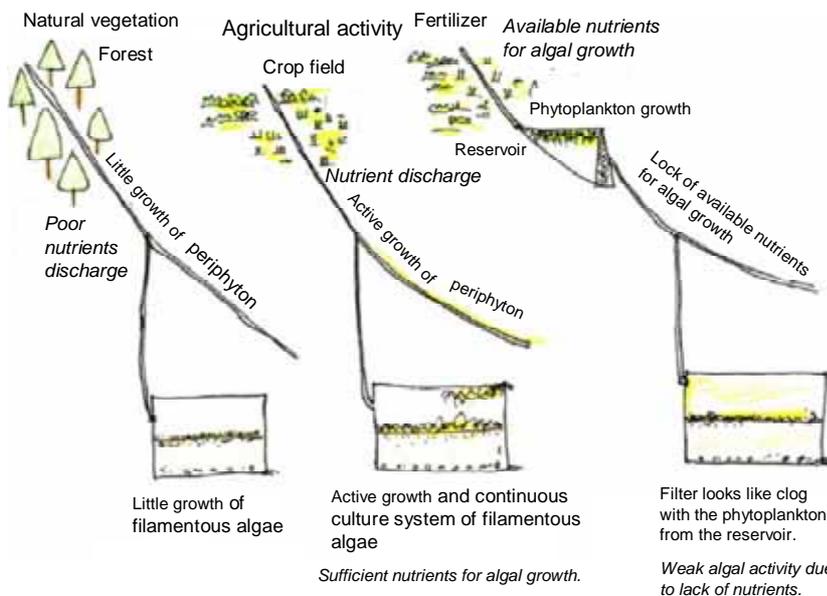


Fig. 50.1-Diferentes tipos de crescimento de algas em diferentes mananciais

## 51- ALGAS QUE NO VERÃO NÃO CONSEGUEM CRESCER NO TANQUE DE FILTRAÇÃO

A Estação de Tratamento de Nagoya - que utiliza o Sistema de Tratamento Ecológico – fornece água para o 2º maior sistema de distribuição de água potável do Japão. Sua capacidade de filtração (lenta) é de 140 mil toneladas por dia. Somada ao Sistema de Filtração Rápida, chega a produzir 290 mil toneladas de água tratada.

Esta estação começou a ser construída no ano de 1910 e foi concluída em 1914. A água bruta, captada do Rio Kiso, é levada ao tanque de armazenamento em Ooyama, depois para tanque de precipitação de Toriimatsu, e finalmente à Estação de Tratamento de Nabeya-Ueno.

Em Toriimatsu, há cinco tanques de precipitação, cuja capacidade chega a processar 185.811 toneladas de água por dia. O conjunto de tanques de precipitação de Dooyaueno situa-se numa área de 2.879m<sup>2</sup> e possui 14 unidades. A velocidade de filtração padrão é de 4m por dia, produzindo 140 mil toneladas de água potável.

Em Toriimatsu, o tempo de retenção (tempo de troca) está projetado para cerca de 1 dia. Porém, na realidade é de 2 dias, devido à filtração lenta. A água captada do Rio Kiso contém um bom nível de nutrientes, o que proporciona o desenvolvimento de fitoplâncton flutuante durante o verão, como "*Synedra*".

Os tanques de Dooyaueno, ao contrário, recebem águas com fitoplancton e poucos nutrientes. Por receber poucos nutrientes e a velocidade de filtração ser baixa, quase se vê o crescimento de algas filamentosas nos tanques. Os "*Synedra*" tornam-se alimento para os animais e, durante o verão, com o aquecimento da água, os animais entram em plena atividade, razão pela qual não ocorre o entupimento do filtro, podendo-se assim, utilizá-lo por muitos meses. Entretanto, quando o tempo de filtração for muito longo, ao invés de algas diatomáceas, surgem algas

verdes, que deixam o tanque com cor esverdeada, uma vez que os animais têm dificuldade para digerí-las.

No tanque de precipitação de Toriimatsu, durante o período de outono a inverno, quando a temperatura começa a diminuir, ocorre a mistura de água da superfície com a do fundo e, nessa época, as algas que necessitam de luz solar não conseguem se desenvolver. Por esse motivo, durante o inverno, a água do Rio Kiso, que tem pouca quantidade de nutrientes, não pode ser usada para abastecer o tanque de precipitação. Por outro lado, as águas no tanque de Nabeya-ueno, mesmo durante o inverno, contêm nutrientes, razão pela qual ocorria o crescimento de algas filamentosas.

Quando se trata de águas vindas das represas hidrelétricas e dos reservatórios, há dificuldade de crescimento das algas filamentosas no tanque de filtração. No tanque de filtração ocupado com os fitoplânctons, aparentemente há uma visão de que o filtro ficará entupido. Porém, isso não ocorre porque esses fitoplânctons se tornam alimentos para animais, impedindo, desse modo, o entupimento do filtro.



*Fig. 51.1-A água do rio Kiso é captada e levada para o tanque de precipitação de Toriimatsu, onde é armazenada por 1 a 2 dias, para que as partículas de suspensão sejam decantadas. Durante o verão, crescem os fitoplânctons.*



*Fig. 51.2-No tanque de filtração da estação de tratamento de água de Nabeya-ueno, o crescimento das algas filamentosas é difícil no verão. Isso se deve à escassez de nutrientes na água.*

## **52- O TAMANHO DOS ORGANISMOS E DOS ALIMENTOS**

Pelo processo de tratamento de água através da filtração lenta (Tratamento Ecológico), a água é purificada pela ação de microorganismos vivos. É uma água saborosa e segura, isenta de impurezas e quase não se verifica a presença de bactérias e vírus. Esse fato se deve às ações de diversos pequenos animais que vivem na parte superior do meio filtrante que somente são visíveis ao microscópio.

Vamos agora comparar o tamanho dos organismos e seus alimentos. Enquanto o homem possui cerca de 1,5m de altura, o tamanho do grão de arroz é cerca de 1/100 a 1/1000 do tamanho do homem.

Nós comemos os alimentos que consideramos saborosos, enquanto os bebês colocam na boca qualquer coisa. Se o bebê estiver com fome, pega do chão qualquer objeto e o coloca na boca. Como o bebê tem o paladar muito sensível, se o alimento tiver gosto ruim, imediatamente o bebê o expelle para fora da boca. Os alimentos são digeridos e aqueles que não são digeridos são descartados na forma de fezes.

Observando atentamente os peixes coloridos, eles comem alimentos grudados na areia que tem tamanho aproximado de 1/10 até 1/100 do seu tamanho.

As larvas de insetos aquáticos ingerem qualquer coisa que vem junto com a água. No tanque de filtração, além dessas larvas, vivem organismos microscópicos dos tipos *Rotifer* e *Daphnia*. Na superfície da camada de areia e no seu interior vivem minhocas aquáticas e insetos. Vivem também animais com tamanho entre 1/10mm a 1/100mm, como "*Paramecium*". Seu corpo é envolvido por ciliados e nadam livremente na água. O alimento desses pequenos animais é aproximadamente 1/10 do seu corpo ou partícula menor que isso, cerca de 1 micron. Esse tamanho é comparável ao das bactérias e vírus. Pelo Tratamento Ecológico é possível eliminar microorganismos com esse tamanho, tais como bactérias patogênicas.

Os animais digerem alimentos que possam ser degradados; aqueles que não são degradados são descartados na forma de fezes. O intervalo de tempo entre o momento em que é feita a alimentação e o momento do descarte das fezes é de cerca de doze horas. Nos animais pequenos esse tempo é de apenas alguns minutos. Portanto, esses animais, na maioria dos casos, não acumulam alimentos no seu corpo. O fato de animais ingerirem alimentos e posteriormente transformá-los em fezes tem um papel importante devido à ocorrência de um longo processo de decomposição no interior das fezes.

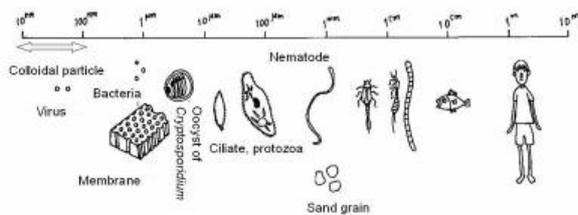


Fig. 52.1-Tamanho comparativo entre animais e comidas



Fig. 52.2-Alguns microorganismos presentes no tanque de filtração lenta. Além destes, há muitos outros.

### 53- O PAPEL DAS FEZES DE ANIMAIS NA FILTRAÇÃO LENTA

Os animais, em geral, não conseguem fazer decomposição dos alimentos em pouco tempo. O organismo desses animais reúne as impurezas e as transforma em pelotas de fezes. No interior

das fezes, estão em atividade as bactérias e microorganismos. Devida à falta de oxigênio, ocorre o fenômeno conhecido por fermentação anaeróbia, através da qual as matérias não oxidadas serão decompostas. No interior do corpo dos animais, pelo fato dos alimentos permanecerem durante um curto espaço de tempo, sua decomposição é incompleta, sendo a porção não-decomposta expelida na forma de fezes, onde é completada a decomposição.

A eliminação de bactérias e vírus no processo de tratamento de água pelo Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico) pode ser explicada pela ação dos microorganismos – no tanque de filtração lenta está em atividade uma diversidade de organismos, mas esses não atravessam o tanque de filtração. Os materiais orgânicos vêm juntamente com a água captada e se acumulam sobre a superfície da camada de areia do meio filtrante. Por este motivo, os organismos só se alojam na superfície do meio filtrante. Assim, o termo “lento” é atribuído à corrente de água que não consegue arrastar consigo os organismos microscópicos.

Em inglês, o termo “Filtração Lenta em Areia” é “*Slow Sand Filtration*”. Nesse tipo de sistema, a velocidade de filtração padrão é considerada 5 m ao dia, o que corresponde a uma velocidade de 20cm/hora ou 50micron/segundo, aproximadamente. O tamanho de organismos como os ciliados varia entre algumas dezenas de microns a uma centena de microns. Esses organismos podem se locomover, facilmente, a uma distância de dezenas de vezes o tamanho do seu corpo. A filtração lenta representa, também, uma velocidade de água que não consegue arrastar os microorganismos como ciliados, que se alimentam de bactérias.

A velocidade de filtração padrão da água do Rio Tâmis, na Inglaterra, por exemplo, era de 4,8m por dia, ou  $4,8\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ , mas foi testada, também, com uma velocidade de 12m por dia, ou  $12\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ . Mesmo com essa velocidade, não houve nenhum problema com relação à qualidade da água, segundo o relatório apresentado na época.

Diante do resultado, pode-se concluir que é fundamental manter constante a velocidade de filtração, cuja corrente de água não consiga arrastar consigo os microorganismos.

### **O SIGNIFICADO DO FLUXO LENTO**

Por que a água que nasce da montanha é límpida? Essa água, transparente e límpida, corre entre as grandes rochas e forma riachos e, mesmo com a chuva regular, se mantém limpa. Todavia, quando ocorre enxurrada, a água do riacho fica turva, não só pelo resultado da ação mecânica dos pedregulhos, mas também pelo movimento das colônias de microorganismos que vivem entre as rochas à procura da captura de pequenas partículas de sujeira. Nas grandes enxurradas, as areias e os pedregulhos são arrastados pela água, assim como as colônias de animais. Assim elas não conseguem mais capturar as sujeiras, razão pela qual a água do córrego se torna turva. Mas, quando a corrente de água se estabiliza, as atividades dos microorganismos voltam, regenerando a água e a tornando límpida novamente.

Igualmente, no interior do meio filtrante dos tanques de filtração lenta, os microorganismos conseguem capturar, além das partículas de sujeira, os vírus e as bactérias.

A Filtração Lenta significa, desse modo, manter um ambiente favorável às atividades dos microorganismos evitando que estes sejam removidos pela correnteza de água. O mecanismo não se baseia em simples filtração mecânica através da areia fina e independe do tamanho da areia.



*Fig. 53.1-Na praia observam-se pelotas de fezes dos animais microscópicos. Esses animais alimentam-se de partículas de impurezas e depositam suas fezes na superfície de areia. São transportadores de fezes peletizadas. No interior de fezes ocorre a decomposição anaeróbia.*



*Fig. 53.2-Às margens do Rio Chikuma, na Província de Nagano, entre algas, observam-se teias construídas por insetos. A água límpida do rio é resultante, também, da atividade dos insetos que ficam entre as algas, que capturam partículas suspensas na água.*

#### **54 - A RELAÇÃO ENTRE O CRESCIMENTO DAS ALGAS E A PROFUNDIDADE DA ÁGUA**

Havendo luz solar e nutrientes na água, mesmo em pouca quantidade, os seres que realizam fotossíntese se desenvolvem na superfície do meio filtrante. Devida à baixa velocidade do fluxo de água, ocorre o crescimento de algas como as filamentosas e as diatomáceas. Essas algas produzem oxigênio na água, através da fotossíntese, e servem de alimentos para microorganismos. A existência de uma grande quantidade de larvas na superfície do filtro, mesmo com a entrada maciça de impurezas, faz com que o entupimento do meio filtrante seja dificultado, porque os microorganismos se alimentam dessas impurezas. Portanto, as atividades dos microorganismos ajudam a tornar a água mais limpa e melhoram o processo de tratamento. Quanto mais microorganismos em atividade, maior o poder de tratamento.

Acreditava-se que o mau cheiro da água nas torneiras dos domicílios era provocado pelas algas que morriam e apodreciam na água. No sistema de Tratamento por Filtração Lenta (Tratamento Ecológico), para boa oxigenação de suas águas, recorre-se ao mecanismo de escoamento para remover as algas excedentes. Deve-se considerar o crescimento de algas no tanque de filtração como fator positivo. A concepção de que o crescimento de algas é nocivo só tem sentido para sistema de filtração rápida.

No entanto, infelizmente, essa concepção equivocada foi argumento para aprofundar o tanque de filtração lenta, fazendo com que a luz solar não alcance o fundo do tanque, impedindo que as algas cresçam no local. Mesmo que houvesse o aparecimento de algas no fundo, a pressão da água dificultaria formação de bolhas de ar. Conseqüentemente, as algas deixam de subir à superfície da água. Nesse tipo de tanque, o crescimento das algas é deficiente. Mesmo que apareçam algumas, elas são facilmente devoradas pelos microorganismos. Além disso, tratando-se de águas captadas em rios, nos tanques de filtração, onde o crescimento de algas é escasso, a maior parte das impurezas que entra não é capturada pelas algas e acaba provocando o entupimento do filtro.

Em suma, nos tanques onde algas não crescem, não há também alimentos para microorganismos e sua população fica estagnada, provocando, como conseqüência, o aumento da incidência de entupimento do filtro.



*Fig. 54.1-Tanque de filtração com 1,8m de profundidade, que tinha como finalidade impedir o crescimento de algas.*

## **55-FILTRAÇÃO ATRAVÉS DE TANQUE RASO**

Quando foi construída a Estação de Tratamento de Wakada, na cidade de Takasaki, província de Gunma, ela foi concebida baseada na idéia de que a presença de algas no tanque de filtração é indesejável para o processo de tratamento.

Expliquei ao Diretor do Departamento de Água da Wakada a relação entre o crescimento de alga no tanque de filtração e a qualidade da água. Após essa explicação, o Diretor fez diminuir imediatamente a profundidade do tanque para facilitar o crescimento das algas. Com menos profundidade, a luz solar penetra mais facilmente até o tanque e, como conseqüência, aumenta a fotossíntese. Se a pressão da água for pequena, facilita o desprendimento da bolha de ar e as algas que se localizam na superfície do meio filtrante, tornam-se numa estrutura sólida de algas do tipo filamentosas. Os materiais em suspensão, que vêm juntamente com água bruta, são retidos por essas algas e são levados à superfície e descartados automaticamente através do canal de escoamento. Além disso, as algas se tornam alimentos para animais. Na parte superior do meio filtrante aumenta a ocorrência de microorganismos e, mesmo durante as chuvas, os materiais em suspensão que entram na camada de areia são eliminadas por estes

microorganismos. As atividades dos animais são as principais responsáveis pela diminuição de entupimento dos filtros. Mesmo durante tufões, quando os rios ficam bem turvos, não há necessidade de flocculantes, bastando o tanque de precipitação.

Caso o tanque de filtração seja demasiadamente fundo, como a luz solar não consegue atingir o fundo do tanque, a fotossíntese é prejudicada, dificultando que as algas subam à superfície da água. Nos tanques rasos, ao contrário, a atividade fotossintética é plena, dificultando o entupimento do filtro. Mesmo durante a época de chuvas, quando os tanques de filtração costumam receber águas barrentas, não há problema de entupimento dos filtros.

No tanque de filtração, onde o processo fotossintético é intenso, a produção de bolha de ar é também intensa. Mesmo durante a noite, o ambiente aquático consegue manter o oxigênio dissolvido, melhorando, assim, a qualidade de água tratada.

Portanto, pode-se concluir que quanto menor a profundidade do tanque, melhor fica o resultado do tratamento da água.



*Fig. 55.1-O tanque de filtração que a profundidade foi reduzida. Na superfície do meio filtrante, as algas crescem com vigor e as partículas de impurezas não conseguem penetrar na camada de areia, dificultando o entupimento.*

## **56 - QUANTO MAIS RASO FOR O TANQUE DE FILTRAÇÃO, MAIOR O CRESCIMENTO DE ALGAS.**

Os rios do Japão não ficam turvos por vários dias.

As algas, mesmo cobertas por sujeiras, se tornam limpas pela ação das bolhas liberadas no processo de fotossíntese, levadas à superfície e descartadas pelo escoadouro. Também pelas atividades dos microorganismos, as partículas de impurezas ficam retidas e impedidas de atravessar a camada de areia do meio filtrante. O tanque de filtração funciona bem quanto menor for a sua profundidade, que, idealmente, seria de 30cm e não de 100cm, como se encontra comumente.

Muitos acreditam que, durante o inverno, as algas interrompam o crescimento devido à baixa temperatura da época. Não obstante, nas pequenas poças rasas de água do Rio Titose, aonde a temperatura chega a quase zero grau, crescem algas filamentosas *diatomáceas melosira*. Nas águas límpidas que correm lentamente nas poças, as algas conseguem realizar fotossíntese e crescer.

Dessa maneira, no interior da água, as algas e outros animais estão em plena atividade, mesmo sob uma temperatura de congelamento da superfície de água.



*Fig. 56.1-Na poça de água do Rio Chikuma, mesmo nas épocas frias, crescem algas filamentosas diatomáceas melosira, que aparecem flutuando na superfície da água. Como a poça tem pouca profundidade, elas sobem à superfície juntamente com as bolhas de ar.*

## **57 - COBRINDO O TANQUE DE FILTRAÇÃO DURANTE O INVERNO**

Nos tanques de filtração instalados no Norte da Europa e, mesmo, no Norte dos EUA, a superfície da água costumava congelar durante o inverno. A água bruta captada nessa época, devida à baixa atividade dos organismos vivos, fazia com que o filtro ficasse frequentemente entupido. No inverno, o trabalho de raspagem da camada de areia, para limpeza do filtro, era muito árduo devido à grossa camada de gelo que se formava na superfície da água.

Em 1890, na Estação de Tratamento de Água de Berlim, foi feita uma pesquisa sobre o efeito da cobertura do tanque de filtração, na obtenção de água potável, sob o ponto de vista da ação dos microorganismos. O resultado mostrou que o desenvolvimento era melhor sem a cobertura (Hazen, 1905). Na época, esse resultado foi associado à luz solar que desempenhava a função bactericida. No entanto, sob o ponto de vista de manutenção do filtro durante o inverno rigoroso de janeiro, quando a temperatura atingia níveis abaixo de zero, pelo senso comum, indicava que cobrir o tanque era a melhor opção. Porém, constatou-se que, mesmo abaixo de  $-5^{\circ}\text{C}$ , o tanque sem cobertura não reduzia o seu poder de remoção das bactérias.

Hazen, na época, embora tenha dito que a eliminação da bactéria tinha relação com as atividades dos microorganismos, não conseguiu estabelecer essa relação. Na época, recomendou que, nas regiões onde há ocorrência de inverno muito rigoroso, para facilitar a limpeza, fossem construídos tanques de filtração lenta com cobertura. Entretanto, hoje se sabe que são as atividades dos microorganismos que impedem o entupimento dos filtros e que as algas se tornam alimentos para os microorganismos. Sob esse ponto de vista, quando a água superficial é usada como água bruta, a recomendação é que se faça o pré-tratamento da água num tanque de precipitação e, em seguida, se faça a filtração no tanque raso. Recomenda-se, ainda, que se cubra o tanque, prolongando ao máximo possível o tempo de filtração e criando-se um ambiente aquático propício para o desenvolvimento de organismos, obtendo-se, assim, uma água de boa qualidade.

Para se evitar o congelamento da água no tanque de filtração, basta cobri-lo com vidro, num processo semelhante à estufa.



*Fig. 57.1-Hazen (1905), no seu livro, sugeriu que, durante o inverno, quando a temperatura média atinge abaixo de zero grau (linha de cima do mapa), a melhor forma é cobrir o tanque.*



*Fig. 57.2-No Japão, nas regiões frias, existem tanques de filtração cobertos, mas os mesmos entopem facilmente.*

## 58- O TRABALHO DE RASPAGEM

A raspagem é um trabalho antigo e de baixo nível tecnológico. A água que entra no tanque de filtração muitas vezes vem acompanhada da lama que se deposita no fundo sob a forma de uma placa, e deve ser removida. Nos tanques rasos de filtração, onde as atividades das algas e microorganismos são intensas, promove-se uma proteção ao entupimento do filtro, sendo, de vez em quando, necessária a remoção da camada superior de areia.

O trabalho não é difícil. Basta retirar a água do tanque de filtração até aparecer a camada superior de areia e, em seguida, fazer a raspagem com rodo. Quando o nível de água abaixar cerca de 20cm, dentro da camada de areia, deve-se fechar a saída da água que fica no fundo do tanque, tomando o cuidado de se evitar que toda água saia, para manter os organismos vivos. Remove-se, então, o lodo que fica misturado com a areia, numa espessura aproximada de 0,5cm a 1cm. Não é recomendada a retirada de uma espessura maior que essa. Esse trabalho faz com que a água adquira uma coloração amarronzada, mas conserva vivos os microorganismos. Não é correta a remoção de toda areia com a coloração amarronzada, sob o pretexto de ser areia suja ou lodo.

Na Estação de Tratamento de Takasaki, após remover lodos da superfície da camada de areia, ela é novamente planada e, em seguida, a água é recolocada. Esse trabalho dura, aproximadamente, entre três e quatro horas. No processo de reversão de água há alguns procedimentos específicos: em geral, há mais de dois tanques de filtração interligados. Semelhante ao que ocorre na cuba de cozinha, a água filtrada no tanque contíguo é aproveitada para ser injetada no tanque em processo de limpeza, no sentido de baixo para cima. Quando a

água começa a brotar, na superfície na camada de areia, completa-se com água, por cima, para se evitar que a camada superficial seja danificada. Desse modo, os animais que vivem na camada superior da areia permanecem vivos e impedem que as algas residuais se infiltrem no interior da camada de areia. É importante ressaltar também que o tempo de serviço deve ser o mínimo possível para a preservação da vida dos seres que vivem no interior da camada de areia.

Quando agentes causadores de entupimento não entram no tanque, não é necessário o trabalho de raspagem. Simpson, quando realizava a pesquisa sobre o sistema de filtração em diversas localidades da Inglaterra, encontrou alguns tanques que, por cerca de dezesseis anos, nunca tinham sido submetidos a raspagem. Nesse caso, supõe-se que água era proveniente de florestas, pois, tratando-se de água limpa de mina, sem partículas em suspensão, não haveria acúmulo de lodo.

Por outro lado, no caso em que as estações de tratamento recebem água bruta diretamente de rios, sempre há a ocorrência de lodos que, aos poucos, acabam entupindo o filtro. Portanto, faz-se necessária a remoção sistemática de lodo, antes da ocorrência de entupimento.

A limpeza do tanque de filtração lenta é um procedimento de baixa tecnologia que poderá ser executado por trabalhador comum, ao contrário do que ocorre com o sistema de filtração rápida, de alta tecnologia, que exige pessoal especializado. Quando surge algum problema, nesse tipo de sistema, é necessária a assistência de empresas especializadas, na sua maioria instaladas nas grandes metrópoles.



*Fig. 58.1-A entrada de água barrenta no tanque de filtração provoca o entupimento do filtro, razão pela qual, de vez em quando, é necessário o esvaziamento do tanque, para remoção do lodo acumulado na superfície da camada de areia. A camada a ser raspada deverá ser a menor possível. Embora a superfície da areia do filtro esteja aparentemente suja, esta deverá ser mantida com um pouco de água,*

*para que os microorganismos, que são úteis ao processo, não sejam removidos e continuem ativos. O tempo de trabalho também deverá ser mais curto possível.*



*Fig. 58.2-O trabalho de limpeza do tanque de filtração lenta pode ser executado por pessoas não especializadas. As areias removidas na limpeza poderão ser reutilizadas após a sua lavagem.*

## 59 - NOS TANQUES ONDE OCORRE O CRESCIMENTO DE SERES VIVOS, EVITA-SE A ENTRADA DE MATERIAIS EM SUSPENSÃO NO MEIO FILTRANTE

Observando atentamente a superfície da camada de areia removida por um instrumento construído manualmente, verificou-se que apenas uma camada de alguns centímetros estava suja.

Olhando pelo microscópio a parte amarronzada da areia, constatou-se a presença de vários microorganismos e bactérias. Constatou-se, ainda, que, no interior da camada de areia, não houve nenhuma alteração na coloração, o que demonstra que as atividades dos seres vivos somente ocorriam até as camadas alguns centímetros abaixo da superfície da areia.

Conclui-se que o entupimento do filtro é uma decorrência do acúmulo de resíduos de lodo na superfície da camada de areia.

No sistema de filtração lenta, a infiltração de matérias em suspensão no meio filtrante é dificultada, devido às ações de colônias de microorganismos que vivem na parte amarronzada da camada de areia e, por esse motivo, recomenda-se remover apenas uma fina camada. A camada de cor levemente amarronzada, na verdade, se trata de uma película de algas. No tanque, elas estão numa forma filamentosa, cobrindo toda superfície do meio filtrante.

Não há necessidade de se fazer a troca da areia na sua totalidade, pois os materiais em suspensão não conseguem atingir as camadas mais profundas. Portanto, não é necessária a lavagem da parte interna da areia.



*Fig. 59.1-Na Estação de Tratamento de Água de Wakata, Província de Gunma, a água captada do rio, após ficar em repouso por cerca de doze horas no tanque de precipitação, é transferida ao tanque de filtração. A raspagem da camada de areia do filtro é realizada todos os meses, regularmente. Durante o verão, a atividade dos seres vivos é grande, mesmo com a filtração sem interrupção, não se verificando o*

*aumento da ocorrência de entupimento do filtro. No inverno, quando a temperatura da água é baixa, diminuem as atividades dos seres vivos. Com isso, a incidência do entupimento aumenta um pouco.*

*Nessa estação do ano, dispensa-se a adição de coagulante, até que a concentração da matéria em suspensão alcance 250mg/litro (a visão do dedo desaparece em alguns centímetros da superfície da água). Mesmo durante um tufão, quando a água está extremamente barrenta, a eliminação de matéria em suspensão é feita usando apenas o tanque de precipitação.*



*Fig. 59.2-Uma amostra da camada superior de areia é coletada no momento da remoção de uma camada de areia.*



*Fig. 59.3-Condição da parte superior da camada de areia. O lodo (algas e barro) se deposita na superfície, porém, no interior, não há lodo (aspecto da parte superior da camada de areia da Estação de Tratamento de Takazaki, onde o Sistema de Filtração Lenta foi adotado).*

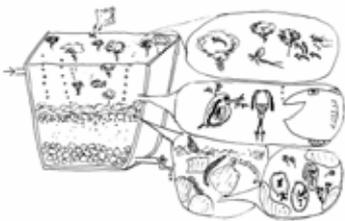
## **60 - NO MEIO DA CORRENTE LENTA, UMA DIVERSIDADE DE COLÔNIAS DE ORGANISMOS ESTÁ EM ATIVIDADE**

Quando há luz, nutrientes e água em abundância, os organismos se desenvolvem. Num ambiente onde a corrente de água é uniforme e lenta, os microorganismos vivem em plena atividade, assim como outros animais que se alimentam desses microorganismos. Todos os animais necessitam de alimentos.

Na água, as algas utilizam a energia solar para realizarem a fotossíntese, produzindo, assim, a matéria orgânica. Uma variedade de organismos vive na corrente de água lenta, criando um ambiente no qual a cadeia alimentar funciona com perfeição.

Nesse ambiente, as algas não se tornam apenas um alimento para animais. No processo de crescimento, elas liberam oxigênio, tornando o tanque de filtração lenta em areia um ambiente aquático repleto de oxigênio dissolvido.

No tanque de filtração lenta (Tratamento Ecológico), no interior do meio filtrante, atuam os microorganismos que capturam as bactérias e as decompõem. Por essa razão, faz-se necessária a criação de condições para que os microorganismos não sejam descartados. Levando-se em consideração as ações das algas e dos animais é possível compreender melhor os processos envolvidos no Tratamento Ecológico.



*Fig. 60.1-Onde há ocorrência de correntes de água lenta, diversos organismos estão em atividade. Esses organismos se alimentam de bactérias patogênicas. Nesse ambiente, os microorganismos, que apenas podem ser vistos com o auxílio de microscópio, estão ativos. Os alimentos só entram por cima e são fundamentais para a sobrevivência desses organismos. Por esse motivo, nas camadas inferiores de areia do filtro, não são encontrados organismos vivos.*

## **61 - ALGAS FILAMENTOSAS TORNAM O TANQUE DE FILTRAÇÃO ESVERDEADO**

Em geral, as primeiras algas que aparecem no tanque de filtração são algas do tipo diatomáceas. Elas são verdes devido aos pigmentos de clorofila fotossintética. Além da clorofila, por conter também calotenóides de cor avermelhada da cenoura, a cor das algas parece ser a de chá verde-marrom. As algas do tipo diatomáceas são excelentes alimentos para larvas dos insetos aquáticos.

Quando a água bruta é relativamente limpa, a vida útil do tanque de filtração é longa. Começam a surgir, também, organismos de crescimento lento, em relação às algas, e, dentro dessas condições, as algas diatomáceas são mais facilmente devoradas pelos animais. Por essa razão, aos poucos, predominam as algas verdes do tipo filamentosas que têm películas mais duras, com células maiores, dificultando que os organismos se alimentem dessas.

Em várias partes do Japão, durante o verão, nota-se, na superfície do tanque de filtração, a presença de algas verdes. Pela pesquisa, constatou-se que nesses tanques, no início, predominavam algas diatomáceas. Algum tempo depois, começaram a aparecer, nas proximidades das margens do tanque, muitos casulos vazios de insetos aquáticos, flutuando na superfície da água. Esse fato prova que as algas diatomáceas são devoradas pelas larvas de insetos durante o verão, uma época de temperatura alta, reduzindo a sua população e sendo substituídas por algas verdes filamentosas de cor esverdeada.

Os animais se alimentam de algas, notadamente, quando a temperatura da água é mais alta. As algas verdes também realizam fotossíntese, distribuem nutrientes, produzem matéria orgânica e oxigênio e se tornam alimento para microanimais que vivem no interior da camada de areia, mesmo processo que ocorre com as algas diatomáceas.



*Fig. 61.1-As algas diatomáceas que crescem nos tanques rasos de filtração são devoradas pelos organismos aquáticos, causando um aumento de algas verdes filamentosas. Foi medido o volume de algas verdes filamentosas (Spirogyra) quando o tanque foi esvaziado.*



*Fig. 61.2-Algas diatomáceas são excelentes alimentos para larvas de insetos. Com o surgimento de algas diatomáceas, cresce a população de larvas de insetos que se alimentam destas. Na época quente, nota-se a ocorrência de casulos de insetos vazios e a redução de algas diatomáceas, além do aumento da população de algas verdes. Isso se deve à estrutura celular dura das algas verdes, que dificulta o ataque das larvas.*



*Fig. 61.3-Imagem de Melosira varians (filamentares varians), em ampliação de 10 microns.*



*Fig. 61.4-Imagem de Spirogyra (algas verdes filamentosas). Sua célula é mais larga do que a das diatomáceas.*

## 62 - ANIMAIS QUE COMEM ALGAS VERDES

A cor verde que aparece no aquário de peixes é devida às fezes dos peixes que contém algas verdes não digeridas. As células das algas verdes são maiores e mais duras do que a das algas diatomáceas. Quando o tanque de filtração lenta adquire uma coloração verde, é sinal de que os organismos comuns, que vivem no tanque, não digeriram as algas verdes.

Os tanques onde se desenvolvem algas com a cor de “chá verde” e algas verdes produzem, igualmente, água de boa qualidade e segura. São as atividades dos microorganismos e dos microanimais, que vivem na parte superior do meio filtrante, que contribuem para tornar a água segura e saborosa.

Nas florestas, sob as árvores, encontram-se muitas folhas caídas, sob as quais vive uma grande variedade de animais, como minhocas e microorganismos, que só podem ser vistos através do microscópio. Nesse ambiente, semelhante ao do meio filtrante do tanque de filtração lenta, na superfície do solo, os organismos estão em plena atividade. Ali, onde os animais, vegetais e bactérias estão em atividade, é produzida a água límpida da montanha. Não se tratam de trabalhos isolados de algas específicas e nem de animais consumidores específicos, mas sim, de uma conjunção das ações de algas e dos animais que vivem no ambiente local.



*Fig. 62.1-O uso prolongado de filtração provoca o aparecimento de algas de cor verde. Contra a correnteza, crescem algas verdes filamentosas (Spirogyra, Hydrodictyon, Cladophora Oedogonium, etc). Durante o trabalho de raspagem da camada superior de areia dos filtros, pegando-as com a mão, constata-se que elas são de fato duras.*

## 63 - NO TANQUE DE FILTRAÇÃO LENTA VIVEM TAMBÉM OS MOLUSCOS

Em arrozais irrigados, costuma ocorrer a proliferação de algas verdes. Este fato se deve aos animais e larvas de insetos que comem preferencialmente as algas diatomáceas e poupam as algas verdes. Nos arrozais, são encontrados, também, caramujos. Esses moluscos, por possuírem rádula, órgão localizado na cavidade bucal, em forma de placa denteada, que tem a função de raspar os órgãos vegetais, conseguem digerir as algas verdes duras com facilidade. São muito parecidos com os caramujos e lesmas que vivem nas hortas e se alimentam de hortaliças.

A explicação para o aparecimento de algas no tanque de filtração lenta em areia (Tratamento Ecológico) pode ser atribuída, também, ao aparecimento de caramujos e moluscos nos arrozais, isto é, em ambos os casos não são utilizados herbicidas ou inseticidas.

Dessa maneira, pode-se dizer que o tratamento de água por sistema de filtração lenta (Tratamento Ecológico) é um processo de tratamento inteligente, que apenas utiliza os recursos vivos encontrados na natureza, não recorrendo ao uso de produtos químicos. Portanto, trata-se de um método seguro para produção de água potável de boa qualidade.



*Fig. 63.1-O uso prolongado de filtração promove o aparecimento de caracóis, caramujos e uma variedade de moluscos. Nas regiões onde a temperatura da água é elevada, aparece grande quantidade de moluscos.*

#### **64- PRESENÇA DE AVES NO TANQUE DE FILTRAÇÃO LENTA**

Durante o verão, muitas andorinhas se reúnem no tanque de filtração. No outono e no fim da primavera, época ainda fria, surgem também marrecos e, no fim da tarde, morcegos. No tanque e no seu entorno, podem ser encontradas muitas cascas de larvas, o que é um bom indicador da existência de farto alimento para aves.



*Fig. 64.1-Durante as tardes de verão reúnem-se muitas andorinhas ao redor dos tanques de filtração lenta. As andorinhas capturam os insetos voadores.*



*Fig. 64.2-Nos tanques de filtração lenta de Londres aparecem cisnes que comem algas verdes (Cladophora).*

#### **65- IMPORTÂNCIA DE UM ECOSSISTEMA SAUDÁVEL**

No tanque de filtração lenta, em areia, (Tratamento Ecológico) da Estação de Tratamento de Água do Rio Tâmsa, em Londres, vivem grandes cisnes. Sobre os muros de concreto que cercam o tanque de filtração são encontradas fezes de cisnes e de patos selvagens. Essas aves vêm para se alimentar de algas verdes e de outras plantas aquáticas. No tanque de filtração lenta em areia (Tratamento Ecológico), juntam-se também outros insetos que atraem aves. Esse cenário é uma demonstração de um ecossistema saudável.

Por outro lado, os pássaros podem trazer o vírus da gripe (*influenza*), o que é uma preocupação das autoridades de Saúde. A possibilidade de contaminação da água por esse vetor pode ser descartada, tendo em vista que os organismos que vivem na água devoram os vírus, evitando a doença. Como se sabe, os microorganismos vivem na parte superior da camada de areia. Por outro lado, nas camadas mais profundas, como não há alimentos, esses animais não se instalam. É natural que as aves procurem um ambiente onde possam viver em conforto. Margens de represas, onde não são avistadas aves, apresentam indícios da ausência de alimentos e de serem um lugar impróprio para vida animal. No processo de tratamento de água por sistema de

filtração lenta em areia (Tratamento Ecológico) há a participação de diversos microorganismos que são os responsáveis pela produção de água saborosa e saudável. No ambiente de filtração, onde a água corre lenta e naturalmente, a eficácia do processo não é devida apenas à filtração, mas também, à participação ativa de diversos organismos. A compreensão do sistema de filtração lenta sob o ponto de vista de um ecossistema biológico é que leva à compreensão da forma de se administrar uma Estação de Tratamento Ecológico.



*Fig. 65.1-Durante a época de inverno, no entorno dos tanques de filtração reúnem-se os gansos. Um ecossistema saudável é o mais eficaz sistema de purificação de água.*

## **66 - NO TANQUE DE FILTRAÇÃO RÁPIDA, OS ANIMAIS NÃO SOBREVIVEM**

O método inglês de tratamento de água, pelo sistema de filtração lenta (Tratamento Ecológico), foi difundido também nos EUA. Nessa época, os rios ainda não eram poluídos pelos dejetos domésticos como hoje. A pouca quantidade de alimentos para seres vivos nos dejetos impedia o aumento da sua população.

Os filtros, por outro lado, entupiam facilmente com os lodos. Para remover os materiais em suspensão que vinham com a água bruta, recorria-se aos coagulantes. A água sobrenadante passava rapidamente pelo filtro de areia grossa. Esse método foi inaugurado nos EUA em 1885 e ficou conhecido como tratamento de água por filtração rápida. Na “coluna de filtração rápida” (tanque) como resultado da adição de coagulantes químicos, não se verificavam atividades de microorganismos. Quanto ao filtro, os materiais precipitados acumulavam-se rapidamente, o que frequentemente provocava a necessidade de limpeza, através de inversão do fluxo de água. Durante esse procedimento é que as bactérias atravessam o filtro. Na Europa, em 1897, para combater as bactérias nocivas, foram adicionados alvejantes em pó. Nos EUA, em 1910, foi utilizado o gás cloro para desinfecção da água. Esse procedimento novo foi difundido rapidamente em todos os EUA e, posteriormente, também para todo o mundo.

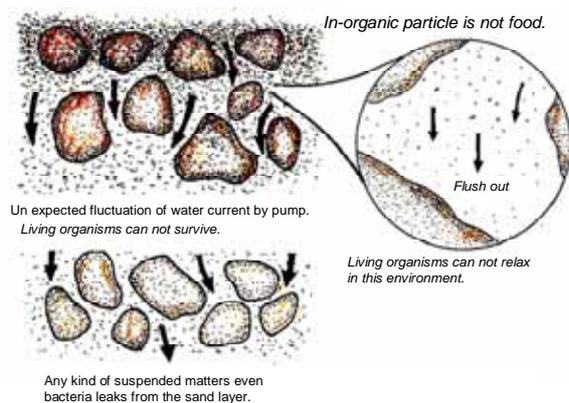
No tanque de filtração rápida, para lavagem do filtro, usa-se o fluxo ascendente de água pressurizada, cujo procedimento possibilita que as pequenas partículas e bactérias atravessassem o filtro, necessitando, para tanto, adição de bactericida no final do processo. Essa adição, sob o ponto de vista bacteriológico, resolvia o problema, mas o método não conseguia eliminar as partículas de impurezas por completo.

O padrão para o grau de partículas em suspensão no caso de água potável fornecida pela rede de água encanada é de 2mg/litro. Em 1983, nos EUA, ocorreu um surto de diarreia causado por *Cryptosporidium* que atravessou o tanque de filtração rápida, envolvendo uma população de

400 mil pessoas. No Japão, por este motivo, recomendou-se a redução do grau de partículas em suspensão de 2mg/litro para 0,1mg/litro. Porém, na prática, não se conseguia atingir este valor devido às próprias características da filtração rápida. Através de tratamento por filtração lenta consegue-se, facilmente, alcançar este valor, podendo chegar até 0,01mg/litro.

No Japão, como decorrência do seu desenvolvimento econômico rápido após a 2ª Guerra Mundial, os rios foram afetados pela poluição. Viam-se as represas e lagos repletos de fitoplanctons que, quando morriam, apodreciam e provocavam o mau cheiro na água. Esse mau cheiro, não era eliminado pelo processo de filtração rápida. Em 1960, por equívoco, foi utilizada algicida para eliminar algas que cresciam no tanque de filtração lenta, por considerá-las como indesejáveis. Outro equívoco foi a associação da deficiência da tecnologia utilizada na filtração rápida ao fato de não se produzir água de boa qualidade, levando os responsáveis a trocar pelos processos de tecnologia avançada.

O sistema de tratamento por filtração rápida é mais adequado quando recebe água bruta limpa. Para uso de água bruta suja ou água de represa onde crescem plânctons esse sistema não é adequado. Nesse caso, é requerido o tratamento com o carvão ativado ou a purificação por processo de ozonização, ambos de tecnologia avançada.



*Fig. 66.1-O uso de coagulantes no Tratamento de Água, no sistema de filtração rápida, compromete a sobrevivência dos seres vivos, além de facilitar o entupimento do filtro por lodos, tornando necessária uma constante limpeza do filtro, através do fluxo de água no sentido inverso. Esse procedimento acarreta a morte dos seres vivos; as partículas de impureza e bactérias acabam facilmente atravessando as camadas do tanque de filtração. Desse modo, para assegurar a potabilidade da água, isenta de bactérias, o cloro é adicionado como bactericida.*

## **67 - A ÁGUA COM CLORO FOI IMPOSIÇÃO DOS MILITARES AMERICANOS**

Antes da Segunda Guerra Mundial, o tratamento de água vinha sendo feito através do sistema de filtração lenta, isento de cloro. Nos portos japoneses, os navios estrangeiros se abasteciam de água potável. Essa água, mesmo atravessando o equador, conservava o seu sabor e era bastante segura. Entretanto, após a derrota do Japão na guerra, os militares que desembarcaram no solo nipônico constataram que a água não era tratada pelo cloro, causando preocupação. Dessa forma, os militares obrigaram a adição do cloro em todas as estações de tratamento de água existentes no Japão, estabelecendo que o nível de cloro residual padrão, no final da distribuição, deveria estar acima de 0,4mg/litro, o mesmo valor usado pelos militares americanos nos campos de batalha. Hoje, este padrão ainda é usado nas redes públicas de água do Japão, sendo que em alguns lugares, o nível de cloro residual se situa muito acima deste padrão.

Na década de 80, quando foi divulgado que o cloro prejudicava a saúde, aumentou-se a utilização de aparelhos de filtros caseiros. Em 1984, o Ministério de Saúde criou o Departamento de Pesquisa sobre Produção de Água Saborosa. Esse Departamento, no seu relatório, registrou que para água potável ser saborosa, o padrão de cloro residual deveria ser inferior a 0,4 mg/litro. Por interpretação equivocada, o termo “inferior” fora entendido por muitas empresas de distribuição de água como sendo o “mínimo”, razão pela qual elas continuaram distribuindo água com o cloro acima da concentração recomendado pelo Departamento.

A partir de abril de 2004, entrou em vigor uma nova Lei sobre rede de distribuição de água potável, na qual o cloro foi considerado como um agente nocivo à saúde, sendo que essa Lei “recomenda” que sua concentração residual na água seja inferior a 1 mg/litro.

No entanto, como se trata apenas de “recomendação”, muitas empresas de distribuição de água não a seguiram.

Pelo tratamento por sistema de filtração rápida, como as bactérias atravessam o filtro e as matérias orgânicas são parcialmente decompostas, a ausência de cloro foi a grande preocupação das autoridades, na época.

No que diz respeito ao cloro residual, a Lei estabelece que sua concentração deva ser mantida acima de 0,1 mg/litro, na saída das torneiras (no caso do cloro residual global, o valor deverá ser acima de 0,4 mg/litro), cujos valores, na realidade, são os impostos pelos militares americanos e ainda em vigor.

Como, no Japão, 70% das estações de tratamento de água adotam sistema de filtração rápida, ainda é corrente o uso do cloro no final do processo de tratamento. Mesmo no caso do tratamento de filtração lenta, cujo sistema não requer a adição do cloro, para garantir o padrão de segurança, faz-se a adição do cloro.



*Fig. 67.1-Um militar americano supervisiona adição de cloro na Estação de Tratamento de Água no Japão.*

## **68 - A ÁGUA CLORADA MUDA A COR DO CABELO E MATA OS PEIXES**

Os cabelos dos nadadores mudam de cor nas piscinas. Com finalidade séptica, adiciona-se na piscina o hipoclorito de cálcio (produto da reação entre hidróxido de cálcio e gás cloro), comumente usado como alvejante, bactericida e desinfetante. Essa substância na água provoca

descoloração e causa problemas na pele humana. Além disso, mata os peixes. Diante desses fatos, surge a pergunta: a água clorada é realmente boa para nosso consumo? O homem é um animal de grande porte e de pouca sensibilidade. Bebendo, a doença provocada pela água clorada não surge de imediato, mas seu consumo prolongado acarreta doenças crônicas.

Sabe-se que o cloro, quando adicionado à água, reage com as matérias orgânicas contidas na água, produzindo o *triclorometano*, uma substância venenosa, cancerígena e que pode provocar mutação genética. Em 1974, nos EUA, as vítimas do *triclorometano* entraram na justiça e o problema se estendeu a todo o Mundo. No Japão, 10 anos antes (1962), a água distribuída pela Estação de Tratamento de Água de Tamagawa em Tóquio provocou a doença de "Kashin-Beck" (doença ósteo-degenerativa), causada também pela reação entre o cloro e a matéria orgânica. Uma vez constatada a doença, a Estação interrompeu imediatamente a adição de cloro e o problema foi evitado.

Mesmo assim, ocorreram acidentes por *Cryptosporidium*, um protozoário patogênico resistente ao cloro, que causaram problemas de abastecimento de água. O fato é que todos esses problemas têm relação direta com o uso de produtos químicos no processo de tratamento de água por sistema de filtração rápida.

Com a mudança para o sistema de filtração lenta, com certeza, pode-se obter uma água pura e saborosa.



Fig. 68.1-Água encanada clorada é realmente segura para o consumo humano?

#### IS THE WATER SAFE TO DRINK?

Robert H. Harris and Edward M. Brecher and the Editors of Consumer Reports  
Consumer Reports 1974. June: 436-443:  
The Problem  
Consumer Reports 1974. July: 538-542:  
How to make it safer  
Consumer Reports 1974. August: 623-627:  
What you can do



Fig. 68.2-Reportagem de H. Harris, 1974, com o título: "É segura a água que bebemos"? (Robert H. Harris and Edward M. Brecher and the Editors of Consumer Report. Consumer Report 1974. 6. 436-443). A reportagem anunciou o perigo do uso do bactericida cloro como cancerígeno. A partir dessa reportagem, iniciaram-se no mundo inteiro vários questionamentos a respeito do uso do cloro como desinfetante.

### 69 - NA EUROPA, A ÁGUA NÃO É CLORADA

No jornal londrino, The Times, na edição de 7 de outubro de 2002, o jornalista Anthony Browne publicou um artigo no qual afirma que "... água engarrafada é desnecessária, uma vez que a

água da torneira já é pura". Ele se fundamentou no seguinte fato: atualmente, a rede de água potável na Inglaterra já atingiu um excelente nível de qualidade, sendo que a população pode, tranquilamente, consumir a água da torneira sem nenhuma preocupação. Portanto, não há necessidade de se comprar água engarrafada. A empresa distribuidora de água deveria, apenas, fornecer água para geladeira ou solicitar que o fabricante de geladeira instale um dispositivo para receber água da rede de distribuição. Assim, o Departamento de Água deveria enlatar água da rede e distribuí-la gratuitamente em bares e restaurantes, de modo que possa divulgar a qualidade de água distribuída. O Departamento poderia distribuir as latas vazias às famílias para que elas sejam abastecidas pela água da rede e resfriada na geladeira. Com essas medidas é possível que a população possa receber água de boa qualidade e segura, melhor que a água mineral vendida, além de reduzir seu preço a 1/10.000 da água mineral.

Em Londres, a água potável é 100% produzida por meio do Tratamento Ecológico, ou seja, pelo Sistema de Filtração Lenta em Areia e, há anos, não utiliza o cloro na água filtrada. Na Europa, em geral, a água bruta captada é de má qualidade devido à poluição dos rios e lagos. As matérias em decomposição não são eliminadas no processo de purificação. Com a adição de cloro, ocorre uma reação com a matéria orgânica em decomposição, produzindo substâncias cancerígenas, fato este já conhecido há 30 anos. Atualmente, a idéia de que a adição de cloro por longo tempo faz mal à saúde vem ganhando cada vez mais adeptos. A água com cheiro de cloro é rejeitada pelos consumidores, razão pelo qual, hoje está aumentando estações de tratamento de água que não utilizam cloro. Na rede de distribuição, a água dentro da tubulação está sob alta pressão, o que evita sua contaminação por impurezas, mesmo quando ocorrem vazamentos.

Na Europa, com a adoção do sistema de filtração lenta em areia, a venda de água engarrafada caiu drasticamente.



Fig. 69.1-Matéria publicada no Jornal The Times em 10 de julho de 2002. O artigo denuncia o efeito nocivo da água clorada e conclama a população a deixar de comprar água engarrafada, e consumir apenas a água encanada.



Fig. 69.2-É um absurdo o Departamento de Água vender água engarrafada à população. A Cidade de Mihara, Província de Hiroshima, capta água do Rio Numata para sua Estação de Tratamento, construída em março de 2004, que usa o sistema de filtração lenta. A água produzida nessa estação foi engarrafada e distribuída à população com a finalidade de comprovar sua boa qualidade. Por outro lado, uma estação de tratamento que usa sistema de filtração rápida vendia água de fonte natural, armazenando-a numa garrafa de plástico. Fato como este comprova que o processo de tratamento de água pelo sistema de filtração rápida é inadequado.

## 70 - AUTORIDADES EM TRATAMENTO DE ÁGUA RECONHECEM A TOXICIDADE DO CLORO

Na Europa, já é consenso, entre autoridades, que a água clorada é um veneno. As autoridades japonesas começaram um movimento de revisão do processo de tratamento de água, visando oferecer à população água de boa qualidade e sem o cloro.

Para discussão desse assunto, gostaria de recomendar a publicação do Dr. Magara, da Universidade de Hokaido – Japão, ex-Diretor do Departamento de Engenharia, “Cloro: riscos e benefícios”. (Revista da Sociedade de Ecologia Aquática 25 (8): 27-29, 2002).

O Dr. Magara diz, nessa publicação, que o tratamento de água por Sistema de Filtração Lenta em Areia evita a cólera e se trata de um método ideal em termos de saúde pública. A cólera surge quando a quantidade de vírus ultrapassa 100 unidades por 1 ml de água (valor de referência no Japão). No Japão, após a 2ª Guerra Mundial, seguindo a orientação dos militares americanos, adotou-se a adição excessiva de cloro na água e, como conseqüência, começou surgir casos de câncer e de diarreia provocados pelo protozoário *Cryptosporidium*, para o qual o cloro é inerte. Nos países da Europa, o uso do cloro na água potável não é obrigatório, razão pela qual há muitas empresas que não o utilizam. Há outro problema que é o cheiro forte do cloro que a população reclama, levando a aumentar o número de distribuidores de água sem cloro. Assim, a população voltou a confiar na água encanada, sem cloro, retomando o seu consumo nas mesas dos lares europeus.

O professor Watanabe, da Universidade de Hokaido, escreveu no seu livro “*Desenvolvimento da Tecnologia de Tratamento da Água e Água Encanada do Futuro*” (Revista da Sociedade de Água Encanada, 71 (11): 2-15, 2002), que, “se não há matéria orgânica que possa ser decomposta por seres vivos, não há sobrevivência de microrganismos”. Na Holanda, nas reuniões, é servida água encanada ao invés de água em garrafa pet; nos supermercados, não se vende água engarrafada. O fato é que, na Holanda, o cloro não é adicionado na água encanada.

Uma representante do Instituto de Seguro Medicinal disse o seguinte: “é possível ter água encanada sem cloro. Precisamos é rever o paradigma de que o cloro residual na água potável é

indispensável". Em artigo publicado em outubro de 2002, o Dr. Shoichi Kunikane, do Instituto Nacional de Saúde Pública do Japão, afirmou que a água, para ser potável, não necessita da adição de cloro, e que considera estranhas as normas que determinam um limite mínimo para o cloro residual.

Assim, as autoridades japonesas para o Tratamento de Água estão mudando suas convicções sobre a necessidade de adição de cloro na água potável. Espera-se que, nos próximos anos, nós nos livremos da água encanada clorada. Para isso, basta mudar para o Tratamento Ecológico. Dessa forma, é necessário reivindicar essa mudança junto às autoridades.



*Fig. 70.1-Ter cloro na água potável é um fato conhecido por todos, mas para os peixes a substância é tóxica.*

## **71 - O TRATAMENTO DE ÁGUA NO VIETNÃ**

No Vietnã, a população que vive na região tropical do Rio Mecon fazia tratamento de água de forma bastante simples: a água suja do rio era recolhida e filtrada num balde que continha cascalho e areia, o que tornava a água aparentemente limpa. A água produzida desse modo era utilizada para lavar utensílios domésticos. Para beber, essa mesma água era colocada num outro recipiente contendo três velas de filtro para reter as bactérias. Era um aparelho doméstico bem criativo para produção de água potável.

No Vietnã, o filtro de cerâmica vem sendo utilizado há mais de 100 anos, por sua simplicidade em eliminar as bactérias na produção de água potável. É comum também encontrar esse tipo de filtro na América do Sul, África e em outros países do Sudeste Asiático. No interior do recipiente há um filtro de cerâmica no qual a água atravessa lentamente e retém as bactérias; a água flui pela ação da gravidade por pequenos orifícios da vela. As partículas dissolvidas também atravessam o filtro.



*Fig. 71.1-Dispositivo simples para produção de água potável no Vietnã.*

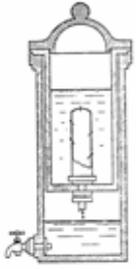


Fig. 71.2-Esquema de filtro de cerâmica que consegue eliminar as bactérias.



Fig. 71.3-Países em desenvolvimento necessitam de tecnologia simples.

## 72- ÁGUA POTÁVEL SEGURA PARA O POVO DA INDONÉSIA

Graças às iniciativas das ONGs do Japão, com a participação da empresa Yamaha Implementos Agrícolas, foi possível construir uma Estação de Tratamento no Bairro Karawang, na periferia da Cidade de Jacarta, na Indonésia, a fim de oferecer gratuitamente à população local, a água de boa qualidade, sem uso de produtos químicos.

Nessa Estação, a água poluída de um rio tropical é captada e recalçada pela bomba até um tanque de precipitação. Posteriormente, a água é repassada a outros tanques dispostos em escadarias onde crescem algas e microorganismos que absorvem as sujeiras e as eliminam em grãos de fezes, que se depositam no fundo dos tanques. Em cada tanque, esses depósitos são periodicamente removidos e depois a água passa pelo processo de filtração lenta. Desse modo, produz-se uma água potável de boa qualidade e com boa oxigenação, isenta de bactérias e também de produtos químicos.

Com a instalação da Estação no Bairro Karawang, desapareceram os casos de diarréia e cegueira na população. A água tratada foi distribuída à população, a uma cota de 20 litros por família, acondicionados em um galão de plástico, sendo que cada família paga pela água uma pequena taxa, cujo valor foi reduzido a 1/50 do que estava sendo cobrado pela prefeitura local, fato que deixou a população muito satisfeita. O valor da taxa foi definido pela própria associação local, que criou quatro pontos de distribuição de água no bairro com horário fixo de atendimento. Elegeu também um supervisor responsável por cada ponto, para recolhimento da taxa. Essa forma de administração de ponto de distribuição foi criada em 1999 e hoje possui até um fundo para pagamentos de manutenção.



Fig. 72.1-Sistema de Filtração Lenta que fornece água potável para 2.000 pessoas na Indonésia. Esse sistema é administrado pela própria comunidade local e funciona há seis anos, sem problemas.



Fig. 72.2-Água captada passa por processos de pré-tratamento em vários tanques onde as colônias de seres vivos atuam removendo matérias em suspensão. Nos tanques que são instalados na laje da casa, crescem algas e microorganismos que capturam impurezas e as depositam no fundo do tanque.

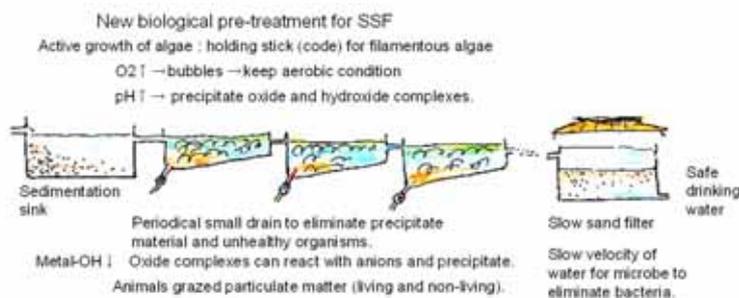


Fig. 72.3-Etapa de pré-tratamento que consiste de vários tanques, dentro dos quais há linhas de escovas que prendem as algas. No tanque, surgem diversos microorganismos que capturam matérias em suspensão que entram no tanque e fazem com que essa matéria seja precipitada ao fundo do tanque. De vez em quando é necessária a retirada do

lodo e de pelotas de fezes que se acumulam no fundo, pela parte inferior do tanque. Faz-se necessária, também, a remoção das algas excedentes. Através do crescimento de algas e de microorganismos contribui-se para a redução da matéria orgânica em suspensão. Assim, a água, com a diminuição da matéria em suspensão pode, finalmente, passar pelo sistema de filtração lenta.



Fig. 72.4-A população se dirige ao posto coletivo de distribuição de água.

### 73 - O TRATAMENTO ECOLÓGICO EM BANGLADESH

Tomei conhecimento, através do Site do "Ásia Arsênico", que, em Bangladesh, a população que mora à beira do Rio Ganges estava contaminada por arsênico e havia um grupo de pesquisa tentando resolver este problema. Pensei em ajudar na construção de uma estação de tratamento de água potável saudável. Era possível remover o arsênico da água subterrânea por meio do sistema de filtração lenta, no entanto, o problema era a remoção do arsênico que impregnava a instalação. Para contornar o problema, o grupo optou por utilizar água de outro rio, sem contaminação por arsênico, mas contaminada por bactérias patogênicas, e tratá-la com o uso de

Sistema de Filtração Lenta. No início, o grupo construiu uma planta de Sistema de Filtração coberta, mas o fluxo de água parava facilmente. Orientei o grupo para que construísse um sistema de filtração lenta onde deveriam crescer algas e microorganismos. Assim o grupo solicitou ajuda financeira à JICA (*Japan International Cooperation Agency*) para viabilizar o projeto de Tratamento Ecológico de baixo custo e isento de produtos químicos, com produção estimada em 15 m<sup>3</sup> por dia. Hoje, a Estação está sendo administrada pela própria população.

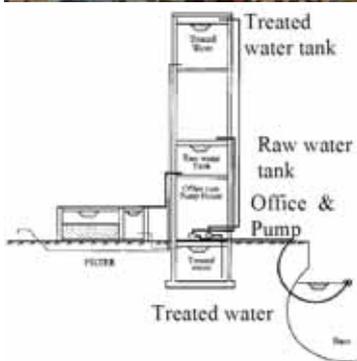
Nesse processo, a água da represa passa por pré-tratamento em tanque de precipitação e “pré-filtração” (ascendente), repetidos por quatro vezes. Após esse procedimento, a água é finalmente filtrada por Sistema de Filtração Lenta (Tratamento Ecológico), produzindo dessa maneira água potável.

No tanque de precipitação, as impurezas são depositadas no fundo e os plânctons são decompostos por meio da filtração ascendente. Sobre a camada de cascalho, crescem algas que se tornam alimento para os microorganismos que, pela sua atividade, aceleram o processo de decomposição. Repetindo o processo várias vezes, conseguiu-se produzir uma água limpa e segura, isenta de bactérias patogênicas. Para não haver falta de oxigênio dissolvido na água faz-se necessária a remoção periódica do material acumulado no fundo do tanque, abrindo a válvula de descarga.

Através desses procedimentos foi possível obter água de boa qualidade.



*Fig. 73.1-Primeira Estação de Tratamento de Água usando o Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico) construída no Bangladesh. Trata-se de uma pequena instalação que abastece aproximadamente 1.500 pessoas e é composta por: torre de captação de água, pré-tratamento e tratamento ecológico. As explicações sobre fundamentos do tratamento à população são assimiladas e auxiliam na administração da Estação.*



*Fig. 73.2-Diagrama da planta.*



*Fig. 73.3-O sistema consiste em dois conjuntos de filtros com propósito de manutenção. Cada conjunto contém cinco filtros com cascalho grosso e um tanque de filtração lenta. Essa planta está projetada para produzir 15 m<sup>3</sup> de água potável por dia, mas sua capacidade máxima pode chegar a 30 m<sup>3</sup>. A*

água captada passa através de cinco tanques de filtros com cascalho grosso que retém matérias em suspensão de qualquer grau e não usa nenhum produto químico, um verdadeiro Tratamento Ecológico.



Fig. 73.4-Dentro do filtro de cascalho grosso crescem algas filamentosas que são devoradas pelos animais que é um tipo de decomposição biológica. Processos alternativos de produção orgânica e decomposição heterófica são os melhores meios de purificação de matéria de difícil decomposição. Com o crescimento de algas, torna-se necessária, diariamente, a remoção das algas que aparecem flutuando. Através desse conjunto de procedimentos é que se produz água saborosa.

#### 74- FACILIDADE DE MANUTENÇÃO DO FILTRO ASCENDENTE

Nos riachos, o processo de purificação da água ocorre quando a água passa por meio da colônia de algas, microorganismos e bactérias decompositoras de matérias orgânicas (*transformação da matéria orgânica em inorgânica*). É no interior do filtro de cascalho que ocorrem as atividades dos seres vivos. Se não houver atividades dos seres vivos no interior do meio filtrante, não se consegue retirar as minúsculas partículas em suspensão, funcionando como uma simples filtração.

No tanque de filtração que utiliza algas é comum acumular lodos que deverão ser removidos. Para facilitar o trabalho de remoção, a recomendação é projetar tanque de filtração que receba o fluxo de água do fundo do tanque, de baixo para cima, controlado através de um registro que, ao ser aberto, faz com que a água entre por baixo e arraste consigo os lodos retidos no filtro. Esse tipo de procedimento está sendo usado nas regiões tropicais onde seus rios são muito sujos, como no Sirilanka e em Bangladesh. É importante que na parte superior do meio filtrante permaneça uma camada de água para que algas continuem a crescer, de modo que sirvam de alimento para os microorganismos.

No entanto, quando há crescimento excessivo de algas, ocorrendo seu apodrecimento, deve-se realizar a sua remoção, um trabalho muito simples, podendo ser executado até pela própria população local.

Os microorganismos após digerirem os alimentos, os eliminam na forma de fezes. Uma parte das matérias orgânicas é decomposta dentro da água e outra parte no interior das fezes, onde ocorre o processo de fermentação anaeróbia devido ao oxigênio estar ausente. Quando este processo é repetido por quatro vezes, poderá decompor até mesmo os inseticidas e herbicidas.

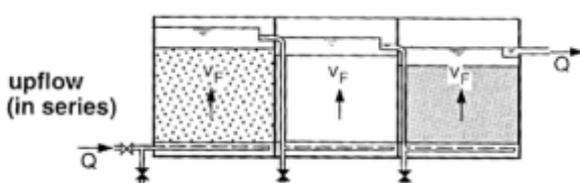
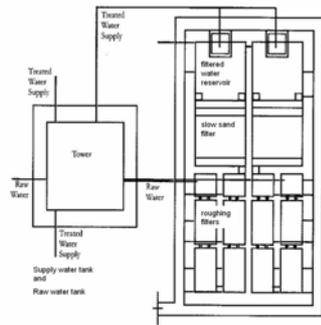


Fig. 74.1-Filtro ascendente de cascalho grosso. Este tipo de filtro é de mais fácil manutenção. Os lodos retidos no interior do cascalho são removidos apenas abrindo-se a descarga localizada no fundo do tanque (Wegelin, 1996).



*Fig. 74.2-Diagrama da estação de tratamento. Visando facilitar a manutenção, ela é projetada para dois conjuntos de filtros. A água bruta atravessa os tanques de filtro ascendente de cascalho grosso por cinco vezes. Um desses tanques é pequeno e os outros quatro são de mesmo tamanho. Após atravessar os tanques de cascalho grosso, a água é filtrada no tanque de filtração lenta e armazenada no reservatório de água potável, e levada à torre de distribuição por meio de bombeamento.*

## 75- SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA FOI ADOTADO TAMBÉM NA NIGÉRIA

Quando eu estava preparando um site em inglês, visando divulgar o tratamento de água por sistema de filtração lenta, recebi uma mensagem eletrônica da Nigéria. O País tinha um plano para construir uma Estação de Tratamento e me pediu esclarecimento sobre o Tratamento Ecológico. Após uma breve explicação, fui convidado a visitar Nairobi, mas achei melhor a vinda deles ao Japão para lhes apresentar o detalhamento do processo de tratamento. Logo depois, em 2003, recebi os técnicos daquele País na Universidade de Shinshu onde eu trabalho. Expliquei-lhes o processo, com muitos detalhes, sendo que os visitantes voltaram satisfeitos. Um ano depois, em 17 de julho de 2004, recebi notícias da Nigéria com várias fotos da Estação de Tratamento recém construída, como: captação da água do Rio Niger, tanque de sedimentação, tanque de filtração lenta, reservatório de água potável e torre de distribuição.

Como no caso da Nigéria, posso afirmar que é possível construir uma Estação de Tratamento de Água por conta própria, desde que os fundamentos básicos do processo de Filtração Lenta sejam bem explicados e assimilados.



*Fig. 75.1-Fase de construção do tanque de captação da água do Rio Niger.*



*Fig. 75.2-Construção do tanque de precipitação.*



*Fig. 75.3-Construção do tanque de filtração*



*Fig. 75.4-Teste de operação para purificação da água. A bomba funciona com energia solar.*



*Fig. 75.5-Fase final de construção da Estação de Tratamento. Em frente pode ser vista a bateria, sendo carregada pela energia solar.*

## **76 - BAIXO CUSTO DA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA (TRATAMENTO ECOLÓGICO), UM EXEMPLO NOS ESTADOS UNIDOS**

Descobri num artigo no jornal da Associação de Distribuidoras de Água do Estado de Oregon, nos EUA, que, em setembro de 1994 haveria uma reunião de estudos sobre o tratamento de água por filtração lenta (Tratamento Ecológico).

Um ano antes, em 1993, na Cidade de Milwaukee, Estado de Wisconsin, nos EUA, ocorreu um surto de diarreia causada por *Cryptosporidium* que atingiu aproximadamente 400 mil pessoas.

Para solucionar este problema, realizou-se um estudo para escolher a melhor forma de tratamento de água. Depois do estudo, o sistema de tratamento por filtração lenta (Tratamento Ecológico) foi o escolhido.

Na Cidade Salem, no Estado de Oregon (EUA), desde 1937 o tratamento de água estava sendo feito por Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico). Em 1970, quando visitei a Estação, ela estava reformada. Fiquei surpreso ao observar que o tanque de filtração mais parecia a uma lagoa com pouca profundidade; era simplesmente circundado por uma barragem rústica. No fundo do tanque, apenas a areia, sob a qual havia tubos para captação da água. O trabalho de raspagem, no caso de entupimento, era feito pela máquina da própria companhia. Mas, sob o ponto de vista do Sistema de Filtração Lenta em Areia, a instalação era suficiente.



*Fig. 76.1-Estação de Tratamento de Água por Sistema de Filtração Lenta em Areia da Salem - EUA, localizada no subúrbio da cidade. É uma simples lagoa natural circundada por barragem. A terra nesses locais é barata.*



*Fig. 76.2-A remoção de lodos é feita pela máquina.*

## **77- TANQUE DE FILTRAÇÃO LENTA USA TERRENO BARATO E DE MODO EFICIENTE**

No Japão, a Estação de Tratamento Ecológico está sendo considerada ineficiente por ocupar uma área muito grande em relação ao sistema de filtração rápida. No entanto, a fundamentação sobre o Tratamento Ecológico exige apenas tanque de filtração. A Estação de Tratamento de Sakai, em Tóquio, a maior do Japão, por exemplo, (construída em 1924), até hoje está em pleno funcionamento, sem ter passado por qualquer reforma. Para sua construção foi adquirida uma área florestal na região de Mussashi-No, em Tóquio, que tinha um preço bastante módico em relação ao da Metrópole, pois na Metrópole o preço do terreno é altíssimo, inviabilizando a construção da Estação. Estimou-se, na época, que o custo da construção poderia ser recuperado pela cobrança de taxa, num período de um ano a alguns anos.

A Estação de Tratamento de Sakai possui vinte tanques, medindo cada um 87m de comprimento e 54m de largura. Considerando a velocidade de filtração padrão de  $4,8\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ , pode-se produzir mais de  $20.000\text{m}^3$  de água em cada tanque. Pelo cálculo, se cada pessoa consumir 300 litros de água por dia, os vinte tanques podem abastecer cerca de 1,5 milhões de pessoas.

Essa estação é abastecida pelo Reservatório de Murayama, cuja água é relativamente limpa, mas recebe também fitoplânctons que se tornam alimentos, razão pela qual há o aumento da população de animais. Quase não se observa o entupimento do filtro, e sua vida útil é bastante longa. A água bruta que entra no reservatório dispensa o pré-tratamento, necessitando apenas de tanque de filtração. Se a captação da água bruta for de manancial com matéria em suspensão, não há qualquer entupimento do filtro, podendo, assim, aumentar ainda mais a velocidade de filtração. Nos tanques de filtração lenta da Estação de Tratamento de Tóquio – Kinuta Shimo, por exemplo - a velocidade padrão é  $9,5\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ . Na Estação de Kinuta Kami, que capta água da nascente do rio, a velocidade é  $8,5\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ .

Em termos de área ocupada, tomando-se como referência a Estação de Tratamento de Tóquio, que tem um tanque de  $100\text{m}^2$  ( $10\text{m} \times 10\text{m}$ ) de área, supondo-se que a velocidade de filtração seja de  $9,0\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ , a produção diária de água potável chega a 900.000 litros. Considerando que cada indivíduo use 300 litros, esse tanque de  $100\text{ m}^2$  poderá abastecer uma população de 3.000 pessoas. Para uma Estação que deve atender 10.000 pessoas, é necessária uma área três vezes maior, ou seja,  $300\text{m}^2$ . Esse valor, em termos de área, é bastante razoável.



*Fig. 77.1-Estação de Tratamento de Água de Sakai, em Tóquio, é a maior estação que utiliza o Sistema de Filtração Lenta em Areia. Somente a instalação com tanques de filtração é suficiente.*



*Fig. 77.2-A Estação de Tratamento de Kinuta-Shimo capta água da nascente do rio, vinda das profundezas, razão pela qual não há matérias em suspensão. A velocidade de filtração é de  $9,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$  e tem capacidade de fornecer  $88.000 \text{ m}^3$  de água potável, atendendo cerca de 300.000 pessoas, por dia.*

## **78 - A FILTRAÇÃO NAS BARRAGENS DE RIO É UMA FILTRAÇÃO LENTA NATURAL**

A Estação de Tratamento de Água de Tottori capta sua água da nascente do Rio Sendaigawa, através de tubulação instalada no fundo do rio. O índice de partículas em suspensão nessa água é de cerca de  $0,005 \text{ mg/L}$ , segundo os dados apresentados no site da Prefeitura local. Quando não há agitação e se tomam os devidos cuidados na captação, esse valor é igual ao da água tratada pelo Sistema de Filtração Lenta.

As partículas em suspensão são decompostas por microorganismos. As partículas que atravessam o meio filtrante não são do mesmo tipo que se encontram na água superficial captada, pois, após a decomposição, se tornam matéria inorgânica. No caso da filtração rápida, isso não se verifica porque as partículas permanecem inalteradas devido à agitação na camada de areia.

O processo de Tratamento Ecológico é capaz de produzir, artificialmente, água potável, reproduzindo os processos que ocorrem nas nascentes de rios. No Japão, existem muitas Estações que captam água diretamente das nascentes de rios. Embora elas produzam água saborosa, a utilização de bomba na captação da água arrasta consigo partículas em suspensão e, por este motivo, por medida de segurança, o tratamento deve ser complementado com o uso do Sistema de Filtração Lenta em Areia.

A Estação de Tratamento de Água de Kinuta, em Tóquio, capta água da nascente do Rio Tama, através de uma tubulação. Como água do rio é de baixa turbidez, não ocorre entupimento. A Estação está em funcionamento desde 1928, mas, como ocorre crescimento de algas no tanque, infelizmente, ainda não é bem vista. Sua velocidade de filtração é de  $8,5 \text{ m}/\text{dia}$  ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ ), sendo  $137.000 \text{ m}^3$  de produção diária de água potável de boa qualidade, podendo abastecer cerca de 500.000 pessoas. Além disso, quase não há necessidade de manutenção especializada e produz água de baixo custo.



*Fig. 78.1-Um modelo de tubo usado para captação de água bruta. À direita, o modelo utilizado na Estação de Kinuta, em Tóquio.*



*Fig. 78.2-Estação de Tratamento de Água da Kinuta de Tóquio. A água bruta é captada da nascente do Rio Tama, isenta de materiais em suspensão.*

## **79- REDESCOBERTA DO PROCESSO DE FILTRAÇÃO NOS DIQUES**

Atualmente, a filtração que ocorre em diques está chamando a atenção. O consumidor prefere água natural, de mina, à água tratada por alta tecnologia, de alto custo. O fundamento do tratamento por Sistema de Filtração Lenta foi reproduzir, artificialmente, a água semelhante à que brota nos leitos dos rios, cuja eficiência do processo fora reconhecida.

Era comum, na Alemanha, a construção de poços rasos, em áreas de inundação, nas várzeas dos rios, para produzir, artificialmente, água com características semelhantes à de nascente, que vem das profundezas do solo; cavando, um pouco, nessas áreas, a água aflorava facilmente à superfície. Assim, bastava captá-la com uma bomba.

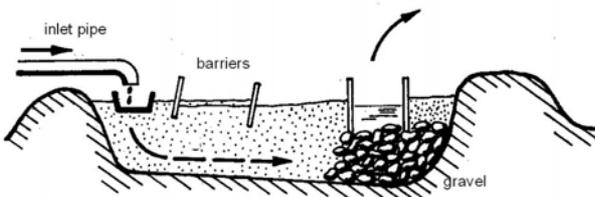
É muito fácil construir, manualmente, o filtro de Paisley de 1804. Se a qualidade dessa água for boa, colocava-se desinfetante antes de consumir, apenas como medida de segurança.

No sopé de montanhas, há várias fontes de água, sobretudo, em terrenos onde crescem plantas hidrófitas (plantas que crescem em áreas de inundação). Esse é um bom indicador para se encontrar muita água subterrânea. Cravando-se um tubo, nesses locais, pode-se recolher água límpida. A Cidade de Suzaka, na Província de Nagano, distribuía esse tipo de água à população, após a adição do cloro. No entanto, na época das chuvas, algumas vezes, a água superficial apresentava-se turva e, para aproveitá-la, foi construída uma estação de tratamento por filtração lenta. No tanque de filtração, via-se crescer muitas algas filamentosas, porém, não ocorria entupimento do tanque de filtração lenta, mesmo com o uso contínuo ao longo de um ano. Não se via, também, o acúmulo de sujeira na superfície do meio filtrante. Essa água filtrada era de fato muito saborosa.

Quanto à utilização de água subterrânea como água bruta, pelo fato de não conter sujeira, o entupimento é mais difícil. Por outro lado, essa água não é saborosa por conter componentes minerais originários das rochas, que estão dissolvidos na forma de íons muito reativos. Esses componentes iônicos, num ambiente onde há oxigênio em abundância, facilmente se oxidam e se depositam. Nos tanques de filtração lenta, onde há a incidência de muita luz solar, ocorre o crescimento de uma diversidade de algas. Os componentes que interagem com os seres vivos são facilmente removidos; a água, nessas circunstâncias, fica muito saborosa.



*Fig. 79.1-Processo de filtração em dique, na Estação de Tratamento de Muruhaimm na Alemanha, onde a água do Rio "Ruru" era desviada até um tanque raso, sendo produzida, artificialmente, água com qualidade semelhante à da encontrada em nascentes. Por meio de uma tubulação, essa água é recalçada e distribuída à população.*



*Fig. 79.2-Construindo manualmente a filtração de nível (Heber, 1985).*



*Fig. 79.3-Estação de Tratamento de Nishibara, na Cidade de Suzaka, que capta água do manancial e a trata por filtração lenta. Cada tanque de filtração mede  $6,8m \times 13,5m = 91,8 m^2$ . No tanque de filtração crescem algas; elas saem automaticamente pelo canal de descarte e são despejadas no rio. Dessa forma, é possível ficar mais de um ano sem nenhuma manutenção.*

## **80- TECNOLOGIA DE MEMBRANAS FILTRANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUA**

A Cidade de Ogose, na Província de Saitama, tratava água captada da nascente do Rio Oppe através de Sistema de Filtração Rápida. Não se recorria ao uso do coagulante por não haver matérias em suspensão. Por outro lado, quando a cabeceira do rio recebia efluentes domésticos ou matérias em suspensão a água ficava turva e, conseqüentemente, a água captada era afetada. O uso de bomba para captação também aumentava a turbidez da água. Em 1996, 70% da população da cidade foi contaminada por um surto de diarreia, causada por *Cryptosporidium* e,

por este motivo, em 1998, a Prefeitura de Saitama construiu uma nova estação de tratamento com a capacidade para 4.000ton/dia, usando o filtro de membrana de micro-poros, com propósito de reter a passagem de protozoários após a filtração rápida.

Esse fato mostra claramente a ineficácia do sistema de filtração rápida.

É importante pensar sobre a estratégia contra os materiais em suspensão, mas faz-se necessário também considerar o custo da energia gasta, bem como o custo da manutenção. O custo do sistema de filtração rápida adotado era grande, ao passo que sua capacidade de produção não apresentava diferença significativa se comparada ao tanque de filtração lenta instalado na Estação de Tratamento de Ueda. Se a Cidade de Ogose tivesse optado por um sistema de filtração lenta, captando água do Rio Oihen, certamente teria evitado tanto o entupimento do filtro quanto as despesas com a sua manutenção, pois a própria população poderia assumir essa tarefa.

Embora na Europa a eficiência do tratamento da água por Sistema de Filtração Lenta em Areia esteja comprovada, no Japão essa informação não foi muito divulgada.

A Prefeitura de Ogose, após consultar o Governo Central e o Governo da Província, foi aconselhada a adotar sistema de filtração por membrana, fornecido por uma empresa especializada. A tomada de decisão foi rápida, ao contrário do que ocorreu com o Sistema de Filtração Lenta em Areia que ainda não havia sido regulamentado. Tanto os órgãos governamentais, quanto a Associação de Distribuidores de Água do Japão e os fabricantes de membranas, não divulgaram as informações sobre o tratamento de água por Sistema de Filtração Lenta em Areia já consagrado na Europa.

Qual será o tempo útil da instalação? O fato é que esse tipo de membrana não consegue reter as partículas dissolvidas na água. Trata-se, portanto, de uma medida paliativa e requer, certamente, novos e altíssimos investimentos. Há que se considerar também os custos com a contratação de vários técnicos especializados para manter a instalação em funcionamento, além de arcar com alto custo para instalação de equipamentos e manutenção destes.



*Fig. 80.1-Estação de Tratamento de Água da Cidade de Ogose. Esta instalação requer grande quantidade de energia e de técnicos especializados.*

## **81 - O SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA (TRATAMENTO ECOLÓGICO) EVITA A CRIPTOSPORIDIOSE**

Em 1993, nos EUA, após o surto por *Cryptosporidium*, foi criado o "Centro de Pesquisa Americana sobre Filtração Lenta". O estudo confirmou que o Sistema de Filtração Lenta em Areia

era o melhor sistema de tratamento de água e, por consequência, muitas outras estações de tratamento adotaram esse Sistema.

Visitei uma dessas estações, localizada na Cidade de Central Bridge, no Estado de Nova York. Sobre a cobertura da Estação havia um tanque de captação de água bruta. Ao redor da Estação, observava o gado pastando livremente. É sabido que o animal é hospedeiro do protozoário *Cryptosporidium*, mas o problema era descartado por utilizar o tratamento por filtração lenta.

Em Londres, as ovelhas pastam soltas ao longo das margens do Rio Tâmsa. Se adotasse o tratamento, usando o sistema de filtração rápida, certamente poderia provocar a ocorrência de *Cryptosporidium*. Isso não ocorre se a filtração é feita por Sistema de Filtração Lenta em Areia.

No Japão, o *Cryptosporidium* costuma surgir por consequência de falhas do sistema de filtração rápida. Se substituíssem esse sistema por Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico) certamente esse problema poderia ser evitado. No entanto, infelizmente, o sistema de filtração lenta tem pouca receptividade no País.



*Fig. 81.1-Ao redor da represa de captação da Estação de Tratamento da cidade de Central Bridge, por sistema de filtração lenta, há muito gado solto. O problema do Cryptosporidium é exclusivo do Sistema de Filtração Rápida. Substituindo-o por Sistema de Filtração Lenta, esse problema desaparece.*

## **82- SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA DA CIDADE DE UEDA**

A Estação de Tratamento de *Someya*, da Cidade de Ueda, adota o Sistema de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico). A Estação ocupa uma área de 780m<sup>2</sup> (19,5m x 40m); sua velocidade padrão de filtração é de 5,0m/dia (5,0m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia) o que produz 3.900m<sup>3</sup> de água potável em cada tanque. Essa quantidade pode abastecer 13.000 pessoas, se cada pessoa consumir, em média, 300 litros/dia. Nos dias de boa insolação, é possível observar nos tanques uma grande quantidade de algas o que revela a plena atividade dos seres vivos.

Essa Estação de Tratamento, na época da construção, captava água bruta da nascente do rio. Por esse motivo, não ocorria o entupimento do filtro pelo lodo. Mas, quando começou a captação da água superficial do rio, surgiu o problema do entupimento, resultante da grande quantidade de material em suspensão. Para removê-los, foram utilizados, equivocadamente, floculantes, uma vez que o processo de tratamento ecológico não requer qualquer adição de produto químico, em caso excepcional, em tanque de precipitação.

Na Estação de Tratamento de Ogoe (superior e inferior), em Tóquio, há apenas tanque de precipitação devida à captação de água ser da nascente do rio. No tanque de filtração crescem algas diatomáceas que, aos poucos, transformam-se em algas verdes. A Estação de Tratamento

de *Sakai*, em Tóquio, capta água do Rio *Tama*, que é armazenada num tanque por um dia. Isso leva a maioria dos materiais em suspensão a se sedimentarem no fundo do tanque, sendo que o crescimento de fitoplâncton evita o entupimento do filtro.

A presença de fitoplâncton dá a aparência de entupimento no filtro, mas isso não ocorre porque o fitoplâncton se torna alimento para animais aquáticos.

O fundamento básico do Tratamento Ecológico está no tanque de filtração. Em termos de aproveitamento do terreno, é favorável também.



*Fig. 82.1-O tanque de filtração lenta da Cidade de Ueda tem 780m<sup>2</sup> de área. Esse tanque fornece 3.900m<sup>3</sup> de água potável por dia. Observam-se algas flutuando na superfície da água. Isso é uma prova de que os seres vivos estão em plena atividade.*



*Fig. 82.2-Estação de Tratamento de Água da Sodeyama, em Okinawa. A ilha, de formação calcária, capta água do subsolo. Por isso, a instalação só precisa de tanque de filtração e de distribuição de água potável. Ao pesquisar esta Estação, foi possível compreender o Tratamento Ecológico nas regiões tropicais.*

### **83 - A OCORRÊNCIA DE ALGAS FLUTUANDO EM GRANDE QUANTIDADE É UM BOM SINAL DE ATIVIDADE NO TANQUE DE FILTRAÇÃO**

Se a água bruta do rio que entra no tanque de filtração lenta traz muitos nutrientes e há luz do sol, as algas crescem em abundância. Tratando-se de um tanque raso, a luz atinge o fundo; sobre a superfície da camada de areia cresce uma variedade de algas que realizam fotossíntese, produzindo um grande volume de oxigênio. O mesmo gás não dissolvido transforma-se em bolhas e sobe à superfície levando consigo as algas.

Usando a rede de pesca com malha de 1mm, recolhi uma amostra das algas que sobem à superfície. Essas algas, normalmente, são descartadas automaticamente através do canal, mas, para fazer o recolhimento durante o período da tarde, o canal foi fechado.

Se as algas forem automaticamente descartadas, haverá também a redução de nutrientes da água.



*Fig. 83.1-Para evitar a saída das algas que flutuam através do canal de descarte, construiu-se uma rede de malha circular.*



*Fig. 83.2-As algas diatomáceas que flutuam são coletadas por uma rede (malha de 1cm e 50cm de profundidade), feita manualmente.*



*Fig. 83.3-As algas que emergem são recolhidas da margem do tanque por meio da rede.*

#### **84- A REMOÇÃO DAS ALGAS REDUZ OS ALIMENTOS PARA OS ANIMAIS**

Durante o verão, o tanque de filtração lenta da Cidade de Ueda produz grande quantidade de algas (vide a foto 81.1). Elas são excedentes de produção diária de um tanque de 780m<sup>2</sup>. Na medição, num período de onze dias, constatou-se que a média de produção por m<sup>2</sup> foi de 173g de peso úmido, ou seja, 26g de peso seco, 7,81g de matéria orgânica, 0,37g de nitrogênio, 0,032g de fósforo e 16,5g de cinza. Com o descarte automático de algas do tanque é possível reduzir, da água captada, uma grande quantidade de nutrientes. Das algas recolhidas é possível produzir toneladas de adubos e rações.

A remoção de algas significa também a retirada de nutrientes dissolvidos na água. Portanto, essa idéia poderá ser aplicada para melhorar a qualidade de água dos rios (despoluição dos rios), bem como para reduzir a proliferação de fitoplâncton nas represas de abastecimento. O tratamento por Sistema de Filtração Lenta em Areia é um verdadeiro sistema de Tratamento Ecológico.

Na Figura 84.1, são recolhidas as algas que flutuam na Estação de Tratamento de Kamiyama (Ilha de Miyako, Okinawa), que usa água subterrânea. A quantidade recolhida é a equivalente a 1 (um) dia, em um único tanque.



*Fig. 84.1-Volume de algas recolhidas em um tanque de Filtração Lenta de 780m<sup>2</sup>, em apenas um dia. É um desperdício não aproveitá-las.*



*Fig. 84.2-As algas recolhidas servem de ração para animais e também como adubo. Após o recolhimento das algas, a água fica com poucos nutrientes, tornando-se potável. Na Ilha de Miyako, em Okinawa, de formação coral, devido às suas águas de temperatura alta e à baixa concentração de silicatos, as algas verdes filamentosas crescem rapidamente.*

## **85- ELIMINAÇÃO DE ALGAS ATRAVÉS DO CANAL DE DESCARTE MÓVEL VERTICAL**

A água superficial do rio que entra no tanque de filtração, por conter ricos nutrientes, faz com que as algas cresçam com vigor. Portanto, essas algas devem ser removidas sistematicamente. Caso contrário, elas são devoradas pelos animais.

Quando há proliferação de algas, muitas delas morrem, apodrecem e decompõem-se no tanque, o que produz água com odor. A falta de oxigênio faz com que os organismos e pequenos animais que vivem no interior da camada de areia migrem para abaixo da camada de areia.

No tanque de Tratamento Ecológico, as algas que sobem à superfície da água precisam ser removidas através do canal de descarte. Esse procedimento é indispensável para se obter uma água potável de boa qualidade. Para esse fim, existem até tanques com criação de peixes para que estes as comam. Dada a importância do canal de descarte, este foi transformado em canal de descarte móvel vertical, o que facilitou o procedimento de descarte das algas.



*Fig. 85.1-Algas flutuantes são facilmente descartadas através de canal de descarte móvel vertical.*

## **86 - CONSTRUINDO SEU PRÓPRIO SISTEMA DE FILTRAÇÃO LENTA**

Na Região Norte da Província de Shiga, onde há muitas casas de campo, seus moradores construíram uma pequena estação de tratamento de água. A água bruta é captada da montanha, através de tubulações que levam até a caixa de filtração, que contém uma camada de cascalho grosso, para pré-tratamento, a fim de reter os materiais em suspensão. Em seguida, a água é filtrada numa caixa de Filtração Lenta em Areia (Tratamento Ecológico), produzindo, dessa maneira, água potável e segura. A água transportada pela tubulação para pré-filtração em cascalho grosso, contém ainda muito material em suspensão, levando ao constante entupimento do filtro, razão pela qual se exigia sua freqüente limpeza. Para reduzir o árduo trabalho de limpeza, cobriu-se o filtro com algumas camadas de feltro que retinha partículas em suspensão,

mesmo sendo pequenas. De vez em quando, o feltro era retirado e lavado para ser reutilizado. Abaixo do feltro ficava a camada de areia, não havendo necessidade de limpeza nessa camada. A remoção automática das algas excedentes era feita através do aumento do volume de captação de água na caixa. A instalação permitiu produzir água potável de boa qualidade, sem adição de produtos químicos e sem adição de cloro, sendo que a água produzida era armazenada e distribuída aos moradores. Essa instalação tinha capacidade para abastecer cerca de 100 pessoas por dia, e a sua administração era feita pelos próprios moradores. No início, a limpeza do filtro era muito trabalhosa, mas a introdução do feltro resolveu esse problema.

O fundamento básico do Tratamento Ecológico é passar lentamente a água com matéria em suspensão através do meio filtrante.

Alguns produtores de arroz que não utilizam agrotóxicos resolveram também construir o seu próprio Sistema de Filtração Lenta, usando, para isso, um arrozal de área muito reduzida, de 1m x 1m. A camada de areia tinha uma espessura de 80cm, sobre a qual era deixado um espelho de água de cerca de 10 cm de espessura. A velocidade de filtração dessa instalação era de 5 m/dia ( $m^3/m^2/dia$ ), o que fornecia  $5m^3$  de água potável por dia, quantia suficiente para o consumo de 17 pessoas.



*Fig. 86.1-Um tubo foi usado para captar água de mina que tem pouca matéria em suspensão.*



*Fig. 86.2-A água de mina captada passa por pré-filtração e, posteriormente, por Filtração Lenta em Areia. O meio filtrante é coberto por camadas de feltro. Essa instalação pode abastecer cerca de 100 pessoas.*



*Fig. 86.3-O arrozal foi transformado num tanque de precipitação. A água é filtrada numa caixa de filtração lenta. Essa instalação fornece  $5m^3$  de água tratada por dia, volume suficiente para o consumo de 17 pessoas (considerando um consumo per-capita de 300 litros por pessoa por dia).*

## **87- NÃO É RECOMENDÁVEL FORNECER ÁGUA COM CHEIRO DE CLORO**

Eu não gostaria que as crianças tomassem água com cheiro de cloro, pois o mesmo traz prejuízo à sua saúde. Para evitá-la, fiz um poço na minha residência, a fim de produzir água para

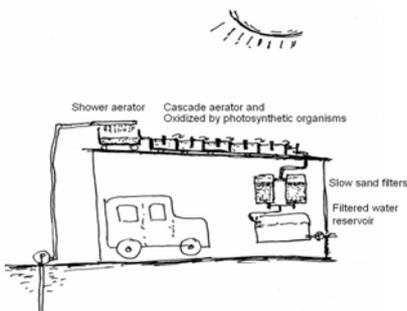
consumo próprio. A água produzida, porém, ao entrar em contato com o ar, ficou amarronzada e emanava forte cheiro de ovo podre, o que indicava a presença do gás sulfídrico. A roupa ficava amarronzada com a lavagem. Essa água, com pouco oxigênio dissolvido, continha íons de ferro e de manganês. Na tentativa de solucionar esse problema, consultei um empresário do ramo. Ele me recomendou que instalasse um sistema de tratamento de água caríssimo. Então procurei pesquisar na Internet e descobri que o Sistema de Filtração Lenta pode eliminar tanto íons de ferro quanto de manganês, utilizando uma instalação simples para produção de água potável. Usei o modelo de sistema de filtração lenta construído na Indonésia pela empresa Yamaha, cujo processo de tratamento faz com que água percorra o canal por sucessivos degraus. Adaptei esse modelo na laje da garagem da minha casa onde construí várias comportas com canais com vários degraus a fim de provocar a plena oxidação e criar condições favoráveis à proliferação de seres vivos. Com o crescimento de algas, os íons de ferro e de manganês são eliminados por precipitação. Com esse sistema, construído no teto da garagem da minha casa, foi possível produzir minha própria "água natural pura e saborosa", sem cloro.



*Fig. 87.1-Mesmo água com cheiro de gás sulfídrico é possível de ser transformada em água de boa qualidade, usando recursos próprios da natureza. Sobre a laje da garagem foi construído um canal de água com cascatas, a fim de oxigenar a água pela atividade de seres vivos e remover os íons de ferro e de manganês, tornando a água propícia à Filtração Lenta em Areia.*



*Fig. 87.2-Para completar o processo de produção de água potável doméstica, foi construída, na garagem, uma pequena estação de Tratamento Ecológico.*



*Fig. 87.3-Água de poço com cheiro de gás sulfídrico: expondo-lhe suficientemente ao ar e com as algas realizando a fotossíntese, as substâncias se reduzem e se precipitam. A água fica saborosa depois de passar pelo Tratamento Ecológico.*

## 88 - PRODUZINDO ÁGUA POTÁVEL UTILIZANDO UM OFURÔ

Para se obter água potável e segura por intermédio de seres vivos, basta ter um tanque com pouca profundidade, retirar matérias em suspensão e passar por meio filtrante de areia.

Para comprovar essa tese, solicitei o uso de um terreno à Prefeitura de Ueda onde construí uma pequena instalação de tratamento de água, usando um ofurô de plástico. Nessa experiência, a água foi captada no taque de sedimentação da Estação de Tratamento de Ueda, previamente filtrada em cascalho grosso e rica em nutrientes.

A água vinha do tanque de sedimentação da Estação de Tratamento pré-filtrada. No lado direito, foi improvisada uma caixa de descarga do vaso sanitário, acoplada a um medidor de pressão.

Havia necessidade de controlar a entrada de água no tanque de filtração e de padronizar a velocidade de fluxo de água, por meio da estabilização da pressão. O aumento da velocidade de entrada da água provocava o aumento do acúmulo de lodo no ofurô, o que era um problema para o meio filtrante de areia.

Foram abertos dois orifícios na banheira de ofurô: um na lateral e outro no fundo. O orifício do fundo foi aproveitado para recolhimento de água filtrada através de um tubo com registro com o qual se podia, facilmente, controlar o fluxo de água, caso ocorresse algum entupimento do filtro. No orifício lateral, foi instalado um medidor que fornece o nível e a pressão da água. Ajustando-se o nível da água a cerca de 10 cm sobre a superfície do meio filtrante, as algas cresciam com vigor durante o ano inteiro. Com a remoção das algas, diminuem, também, os nutrientes, o que torna essa água parecida com a de manancial ou de mina. É importante controlar a velocidade da corrente de água que deverá ser bem lenta.

Essa simples instalação permitiu obter água com grau de turbidez abaixo de 0,1. Vale ressaltar que as algas excedentes que flutuam na superfície da água devem ser removidas e, para tanto, basta permitir o excesso de água, provocando transbordamento.



*Fig. 88.1-A banheira de ofurô, em vista lateral, permite o uso de até 2,5m<sup>3</sup> de água potável por dia, o que equivale ao consumo de sete pessoas, pelos padrões de consumo no Japão.*

## **89- USO DE UM BALDE COMO MODELO EXPERIMENTAL**

Com um balde de plástico é possível obter água de boa qualidade. A água bruta pode ser captada do rio, por meio de uma bomba, fazendo-a correr por gravidade por terreno em declive, que é o ideal para a instalação. No experimento em questão, isso não foi possível. Com dois baldes colocados em série, para se criar dois filtros ascendentes (como o lodo se acumula de baixo para cima, de vez em quando é necessário removê-lo, abrindo a saída de água que fica no fundo do balde), que funcionam como reguladores da pressão de água. O balde de plástico funciona como Sistema de Filtração Lenta. No fundo se coloca cascalho; forra-se o cascalho com

um pano, cobrindo o restante apenas com a areia. Essa instalação consegue facilmente obter um grau de turbidez menor que 0,1. Sob intensa insolação, crescem algas e aparecem também animais que se alimentam delas. Independentemente da cobertura ou não do balde, a presença das algas diminui o entupimento do filtro. O fato mostra claramente que o rendimento é melhor num ambiente onde os animais estão em plena atividade.

Realizando lentamente a filtração (um pequeno movimento não interfere, mas não devem ser feitos movimentos bruscos), praticamente os lodos não se infiltram até o fundo da camada de areia.

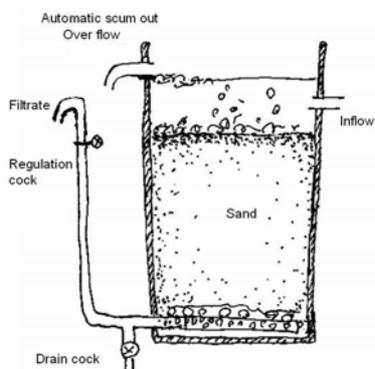
Por este modelo, usando balde de plástico, é possível construir uma estação de tratamento de água doméstica simples. Entretanto, para garantir uma água segura, recomenda-se que a água produzida nessa "Estação de Tratamento" seja submetida à análise de verminose, levando uma amostra da água a um posto de saúde para análise.



*Fig. 89.1-A água é bombeada e, controlando-se a pressão na caixa, é despejada no tanque de filtração lenta.*



*Fig. 89.2-Dentro do balde do filtro de areia, crescem algas filamentosas. Essas algas viram alimentos para animais e promovem a atividade de microorganismos no interior da camada de areia, produzindo água segura e de boa qualidade.*



*Fig. 89.3-Diagrama do filtro de balde. As algas que aparecem flutuando devem ser removidas diariamente e, para isso, coloca-se água em excesso, de modo que as algas sejam automaticamente descartadas pelo transbordamento.*

## **90- APERFEIÇOANDO O SISTEMA DE TRATAMENTO ECOLÓGICO.**

O principal fundamento do tratamento ecológico é a remoção de matérias em suspensão em tanque de sedimentação e pela pré-filtração. No sistema de Filtração Lenta em Areia é importante manter cerca de 10 a 30cm de água sobre a superfície do meio filtrante. Para isso,

pode-se aproveitar a bóia do reservatório do banheiro. Outro aspecto importante é a remoção diária das algas excedentes. Se forem poucas algas, a tarefa de remoção poderá ser feita manualmente; caso contrário pode ser instalado um tubo móvel de descarte ou mesmo ser utilizada uma tábua reguladora de nível de água, como aquelas encontradas nos arrozais. O modo mais prático para remoção das algas excedentes é a colocação de água em excesso, de modo que a água transborde e carregue, automaticamente, as algas que estão na superfície. Nas Estações de Tratamento onde o mecanismo de descarte funciona bem, há a produção de água de boa qualidade.

Caso ocorra entupimento no filtro basta remover, através de raspagem, os materiais acumulados na camada superficial do filtro. É importante, também, a conservação da camada de areia. Para conter sua perda pelo fundo, utiliza-se um pano, sobre o qual se coloca a camada de areia, cuja espessura recomendada é de pouco mais de 50cm.

É necessário também, que a velocidade de filtração seja constante. Para que isso ocorra, é necessário criatividade. A água deve permanecer fluindo, mesmo em situações em que há resistência na camada de areia. A mudança repentina da velocidade de fluxo da água facilita a infiltração dos materiais em suspensão, no filtro. A potabilidade padrão da água filtrada é de cerca de 0,1mg de sólidos em suspensão. No entanto, como medida de segurança, é recomendável realizar análises de verminose.

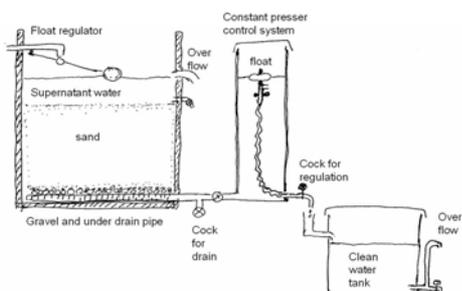
Dentre muitas pessoas que consultaram o meu Site, livros e que assistiram às minhas palestras, o senhor Miyajima construiu o seu próprio sistema de tratamento e constatou a simplicidade na sua construção e eficiência do tratamento. Ele construiu três tanques de pré-filtração e, para o sistema de filtração lenta, utilizou um tambor de poliuretano. Como coletor, usou um tubo de PVC que foi serrado para se obter linhas de fendas. Para tubos de distribuição, usou a mangueira de plástico. Foram coletadas amostras de cascalho e de areia do leito do Rio Abukuma e o controle de fluxo de água foi feito, apenas, por meio da variação do nível da água. A instalação conseguiu produzir 720 litros de água tratada por dia.

No primeiro tambor houve pequena resistência à filtração em razão da presença de ferro e manganês na água bruta que, em contato com ar, aglutinam-se devido à formação de colônia de bactérias férricas e manganosas. Nos primeiros dias, foi difícil controlar o fluxo de água no tambor, mas, aos poucos, a estabilidade foi atingida. Logo, além das bactérias, algas e microorganismos começaram se instalar no tambor. Quase não se observou mais o entupimento do filtro a partir do segundo tambor.

A temperatura da água, durante a experiência, variou de 12° C a 17°C e o nível de matéria em suspensão, na água bruta, variou entre 4 e 15mg/L. A quantidade de colônias de coliformes fecais encontrada em 100ml (método MPN) foi de 4.600 colônias, e o número de bactérias de coliformes fecais foi de 93 colônias. Dois dias após o início do experimento, o nível de matéria

em suspensão, que era de 1 grau, foi diminuindo aos poucos e o número de colônias de coliformes fecais estava reduzido a 430/100 ml, chegando quase a zero em alguns dias.

A quantidade de outras bactérias, depois de 10 dias, era de 10 colônias por ml, valor seguro para ser bebida.



*Fig. 90.1-Diagrama de uma unidade de filtração simples. A chave para se obter água de qualidade é o mecanismo eficiente de remoção de algas flutuantes através do transbordamento de água do recipiente.*



*Fig. 90.2-Um sistema de purificação de água que é possível construir, até num fim-de-semana. Cascalhos e areias podem ser coletados do leito de rios e lavados. O tempo necessário para montagem é pouco mais de meia hora. O sistema é útil nos períodos de estiagem.*



*Fig. 90.3-No primeiro tambor, apareceram colônias de ferro-bactérias e manganês-bactérias, pelo fato da água bruta conter esses elementos dissolvidos. Nesse tambor, um ambiente aquático rico em oxigênio facilita a proliferação de bactérias. A partir do 2º tambor, por não haver mais bactérias, diminui a resistência à filtração.*



*Fig. 90.4-No fundo do tambor foi instalado um tubo com fendas como coletor de água, sobre o qual se depositam cascalhos e areia. O tubo coletor foi envolvido com um pano para impedir que a areia entre.*



*Fig. 90.5-Para completar a filtração usou-se uma balde de plástico. Na água filtrada não se constatou a presença de coliformes fecais. É uma água segura, sob o ponto de vista bacteriológico. Na foto, embora a água não esteja ainda transbordando, as algas mortas são descartadas, automaticamente, com o excesso de água.*

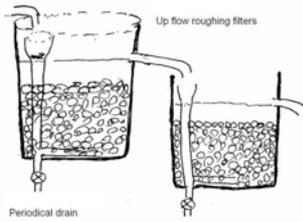


Fig. 90.6-Para águas residuais, devido à falta de oxigênio na água bruta, há necessidade de realizar o pré-tratamento, através de vários filtros ascendentes de cascalho, ligados entre si. Sobre a superfície da camada de cascalho deve ser deixado, sempre, um pouco de água. Se ocorrer entupimento do filtro, coloca-se água para que o lodo seja transferido para outro tanque. É preciso fazer, sistematicamente, a drenagem, a partir do fundo do tambor.

## 91 - UMA PEQUENA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO CONSTRUÍDA PELA COMUNIDADE

Aproveitar os recursos da natureza inteligentemente é nada mais do que o resultado da compreensão do seu funcionamento.

Vamos agora construir uma Estação de Tratamento de Água. Para isso, usaremos como referência um diagrama muito simples que está na revista "*Slow Sand Filtration*" (Visscher et al. 1985), uma publicação holandesa da IRA (International Water and Sanitation Center).

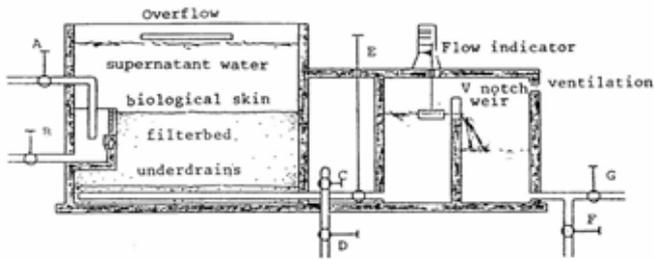


Fig. 91.1-Diagrama da instalação do Sistema de Filtração Lenta em Areia e suas partes principais.

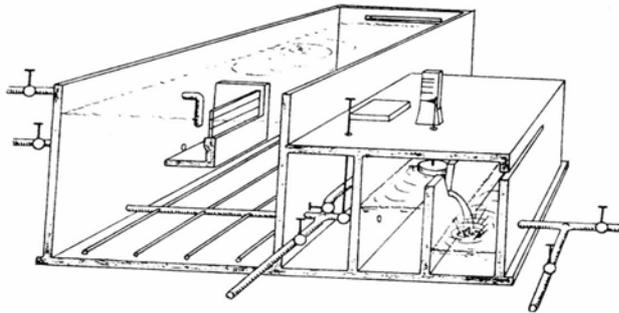


Fig. 91.2-Diagrama do Sistema de Filtração Lenta em Areia.

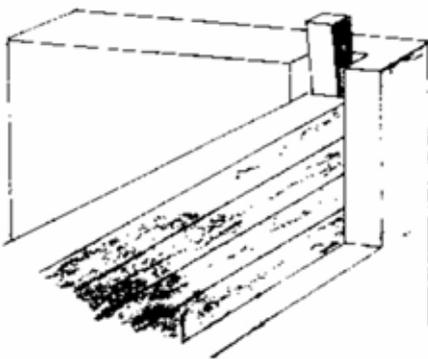


Fig. 91.3-Um mecanismo de ajuste para descarte de algas que flutuam nos tanques de entrada e nos escoadouros.

## 92 - A DETECÇÃO DOS ORGANISMOS É LIMITADA

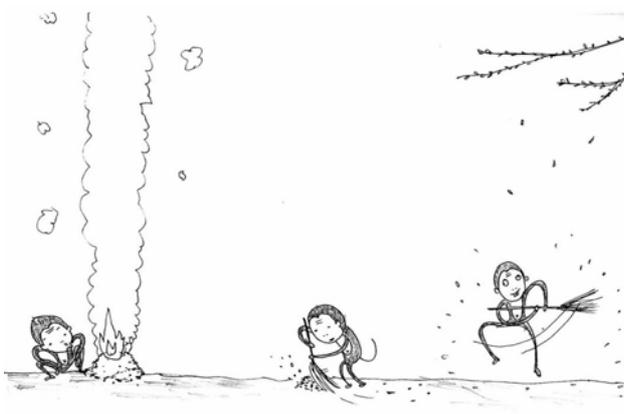
O termo "pureza" é utilizado frequentemente. Mas quais são os critérios utilizados para definir esse termo? A limpeza pode ser realizada de três maneiras: a 1ª é reunir, a 2ª é diluir e a 3ª é

decompor. Purificar significa reduzir a concentração a um nível abaixo do padrão; atingir um nível abaixo desse padrão significa sucesso na purificação. O padrão é fixado através de consenso, atribuindo-se um valor numérico claramente definido. Desta maneira, podemos prever o efeito de um veneno no nosso organismo uma vez que seja conhecida a sua concentração. Por outro lado, quando não se sabe a concentração, é impossível prever qualquer efeito. Não é possível também padronizar a concentração de uma substância que a análise não consegue identificar. Não se consegue padronizar o efeito crônico de um veneno se sua concentração for muito baixa.

Mas, existem alguns organismos que conseguem detectar a baixíssima concentração de substâncias que mesmo um aparelho moderno de análise não é capaz de detectar. Peixes dourados, por exemplo, fogem quando o aquário recebe água com cheiro e as aves e insetos também evitam consumir esse tipo de água, mas o homem, por seu porte maior, não sente esse efeito. Então, a pergunta é: o consumo dessa água, por longo tempo, é possível que provoque efeito tóxico crônico mesmo que a concentração do agente causador esteja inferior ao padrão?

No tratamento por Sistema de Filtração Lenta em Areia os seres microscópicos sensíveis ficam ativos; os microorganismos reúnem pequeníssimos materiais em suspensão e os decompõem, transformando-os em fezes. Os elementos químicos dissolvidos também são absorvidos pelas algas e microorganismos. Na presença de luz ativa a fotossíntese faz com que o pH da água aumente e, com isso, várias matérias são transformadas em compostos de hidróxidos e se sedimentam. A água rica em oxigênio dissolvido propicia a oxidação de matérias, facilitando a sua precipitação e, pela ação dos microorganismos, a atividade de decomposição se acelera.

Em suma, para melhor compreender os fenômenos biológicos é necessário analisá-los sob o ponto de vista dos seres vivos. O termo "slow" (lento) significa possibilitar atividade de vários seres vivos e aproveitar o seu potencial - "Slow is beautiful" e "simple is best" ("lento é bonito" e "simples é o melhor").



*Fig. 92.1-Três maneiras para purificação: reduzir a concentração a níveis inferiores ao padrão, reunir e descartar. Entretanto isso não é suficiente como técnica de purificação de água. Os microorganismos respondem às ínfimas concentrações de toxinas biológicas.*

### **93 - COLIFORMES NÃO SÃO PATÓGENOS**

Quando surgiu um surto de cólera relacionado ao consumo de água, foram registradas inúmeras pessoas infectadas. Constatou-se que a utilização do Sistema de Filtração Lenta em Areia diminuía, consideravelmente, a incidência da doença, cujo fato foi confirmado e reconhecido (Cap. 22). Se o número de bactérias comuns estiver abaixo de 100 por 1ml, a água é considerada segura e, nesse caso, não há necessidade de esterilizá-la. Portanto, a questão não é a presença de patógenos, e sim a quantidade de bactérias patogênicas na água.

É muito trabalhoso realizar o exame para identificar os agentes patogênicos e estabelecer um padrão específico. A pessoa fica doente ingerindo uma grande quantidade de agentes patogênicos. Esses agentes patogênicos se multiplicam no intestino do homem e são eliminados, juntamente com as fezes. Por esse motivo, as matérias fecais foram utilizadas para exames específicos de bactérias coliformes intestinais. Foram estudadas as condições de crescimento apenas de bactérias intestinais, comparando com o padrão de crescimento em líquidos nutrientes, verificando se havia coliformes. Usava-se esse tipo de exame como padrão, para se determinar se a água era potável, ou não.

Examinando amostras de água coletadas em um poço antigo e numa área de montanhas, detectou-se a presença de bactérias coliformes. Conseqüentemente, essas águas foram vetadas para o consumo humano. Os consumidores foram orientados a evitar o uso dessa água, trocando por água encanada clorada, para sua segurança.

Entretanto, recentemente, naquela água, embora não tenha tido contato com as fezes humanas, foi encontrada grande quantidade de bactérias coliformes. As bactérias coliformes encontram-se naturalmente em qualquer solo, razão pela qual foram descartadas como agentes responsáveis pelas doenças. Assim, o exame para verificação da existência de bactérias coliformes intestinais foi substituído pelo exame para verificação da existência de bactérias coliformes fecais. Todavia, mesmo essas bactérias não podem ser enquadradas como agentes patogênicos, uma vez que elas vivem até no intestino de uma pessoa saudável e desempenham papel importante na digestão de alimentos. O problema ocorre com as bactérias patogênicas eliminadas pelas pessoas infectadas.

Alguns dias atrás, o Sr. Miyajima me mostrou o seguinte resultado de exame:

-Amostra da água no ponto 1:

- Colônia de bactérias intestinais 11.000 MPN / 100ml → bactérias coliformes < 3 MPN / 100ml

-Amostra da água no ponto 2:

- Colônia de bactérias intestinais: 1.100 MPN / 100ml → bactérias coliformes < 3 MPN / 100 ml

Havia a idéia de que quando se identificava uma colônia de bactérias intestinais, era sinônimo de perigo, mas o resultado acima indica que quase não há bactérias coliformes. Analisando melhor, verificou-se que não havia possibilidade de contaminação por fezes de animais. Superestimava-se o perigo. Assim, mesmo que a possibilidade de contaminação fosse remota, as pessoas já a consideravam como sendo de 50%.

Gostaria de julgar com cautela outras possibilidades de risco de contaminação. Dentro da água, os microorganismos reúnem todas as substâncias que possam se tornar alimento, mesmo os cistos de *Cryptosporidium*, que são bem maiores que as bactérias, removidas facilmente pelos microorganismos.

A seguir, para melhor compreensão, procuramos comparar, através de um diagrama, a relação entre bactérias comuns, coliformes intestinais e coliformes fecais, relacionado-as com as bactérias patogênicas. Para tanto, pensamos nas seguintes situações: dentro de água barrenta; dentro de água aparentemente límpida; e dentro da água produzida por sistema de filtração lenta, resultante da atividade dos microorganismos.

Na natureza existem muitas bactérias (inclusive as patogênicas) que se locomovem juntamente com as poeiras. O interior do solo está repleto de bactérias. As fezes humanas podem ser consideradas um verdadeiro concentrado de bactérias. Examinando as mãos humanas, encontraremos inúmeras bactérias coliformes intestinais; mesmo assim, comer pão com essas mãos, ainda pode ser considerado seguro. Ato de lavar a mão apenas reduz a quantidade de bactérias, diminuindo o risco da doença.

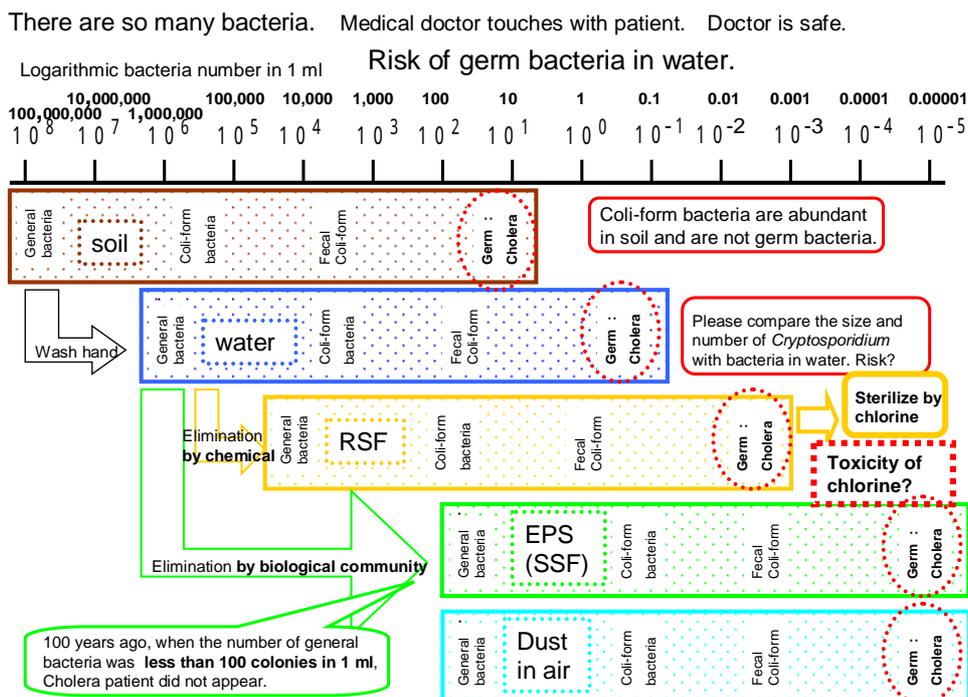


Fig. 93.1-Na natureza existe uma grande diversidade de bactérias. Há problemas acerca de bactérias patogênicas, mas o problema central está relacionado à sua quantidade. Existe processo que elimina completamente as bactérias. Porém, será necessário esse tipo de tratamento? Há mais de 100 anos, na Alemanha, quando houve surto de cólera, percebeu-se que a água não oferecia risco de provocar doenças quando a quantidade de

bactérias comuns estivesse abaixo de 100 por ml de água. Esse exemplo prático ensinou à

*população que não havia necessidade de deixar a água completamente isenta de bactérias, bastava diminuir a sua quantidade para evitar o risco de doença.*

#### **94 - A ÁGUA SUPERFICIAL TEM MELHOR QUALIDADE DO QUE ÁGUA PROFUNDA**

A água que brota da fonte da montanha nem sempre é saborosa. Mas a água da vila, que fica no vale das montanhas, é muito saborosa. É muito difundida a idéia de que a água que brota das profundezas do solo é sempre mais limpa e saborosa comparada à que emerge da camada rasa do solo. Ao contrário, a fonte de água do solo é a chuva, pois ela é nada mais que água destilada. A água da chuva fica contaminada no ar ao absorver poeiras e contém menos componentes dissolvidos do que a água de rio.

As plantas retiram água da chuva e crescem absorvendo nutrientes adsorvidos nas poeiras. No chão, sob as folhas caídas, fixam-se os nematóides. Encontram-se também as larvas de insetos, minhocas e centopéias. As folhas, alimento dos insetos, são transformadas em pequenas partículas de fezes e, no interior das fezes, devido à falta de oxigênio, ocorre a decomposição de matérias orgânicas através do processo de fermentação anaeróbia. No momento em que a água da chuva atravessa a camada superior do solo, as plantas absorvem nutrientes pelas raízes. No interior do solo, os animais recolhem matérias que servem de alimentos e, como consequência, a água que atravessa esse tipo de solo fica saborosa devido à ausência de interatividade com seres vivos.

Observando a parede de uma pedreira, localizada em uma montanha, percebe-se que a camada de solo onde há atividade dos seres vivos é uma faixa bem estreita. A água que atravessa essa faixa de solo e emerge à superfície é bastante saborosa por ausência de matérias que possam interagir com os seres vivos. Por outro lado, a água que atravessa a camada de solo e penetra no subsolo, durante a sua passagem por longo tempo, interage com as camadas rochosas, o que aumenta a quantidade de elementos dissolvidos das rochas. Desse modo, na água que brota da rocha por conter elementos dissolvidos como ferro e manganês, o sabor é adstringente.

Quando chove muito, a terra e os pequenos fragmentos de rocha que são arrastados pela corrente de água descem pela encosta das montanhas e se juntam nos vales. Os cascalhos carregados pela água dos rios se acumulam e formam solo aluvionar. A água que atravessa esse tipo de solo brota na superfície como mina d'água e é, em geral, muito saborosa. Os cascalhos acumulados são lavados pelas águas dos mananciais, e como não contêm mais minerais que possam ser dissolvidos, a água é pura e saborosa.

Mesmo a água dos poços rasos, encontrados nas planícies, tem qualidade superior à dos poços profundos, pelas mesmas razões.



Fig. 94.1-A camada do solo onde os seres vivos estão em atividade é fina.

## 95 - NO TRATAMENTO ECOLÓGICO, NÃO HÁ INTERFERÊNCIA DE ALGAS TÓXICAS E DE CRYPTOSPORIDIUM

A rede de água de Londres é totalmente tratada pelo Sistema de Filtração Lenta em Areia, ou seja, pelo Tratamento Ecológico. A água suja é captada do Rio Tâmsa e armazenada num grande tanque durante cerca de um mês, e depois é filtrada por Sistema de Filtração Lenta em Areia. Durante o inverno, no tanque de filtração, crescem colônias de algas diatomáceas e, durante o verão, as *Microcystis*. O tanque é usado pela população para iatismo e nas margens crescem capins que precisariam ser roçados para limpeza. No entanto, em vez disso, soltam-se ovelhas que são potenciais portadores de *Cryptosporidium*. Este protozoário, quando contamina a água, provoca diarreia coletiva na população. No entanto, se o tratamento for feito por Sistema de Filtração Lenta em Areia, a população se sente mais confiante para consumir a água produzida.

No tanque de armazenamento, embora cresçam algas tóxicas microcystis, estas são eliminadas durante o processo de Tratamento Ecológico. Problemas como mau cheiro, toxinas das algas, *trichlorometano* (agente cancerígeno), entupimento do filtro, na verdade, são mais comumente encontrados nos sistemas de filtração rápida, tipo de sistema adotado nos EUA. Os problemas anteriormente apontados não se verificam no caso de filtração lenta, pelo fato dos agentes patogênicos serem decompostos durante o processo. Portanto, não há necessidade de qualquer adição de cloro no final do processo.

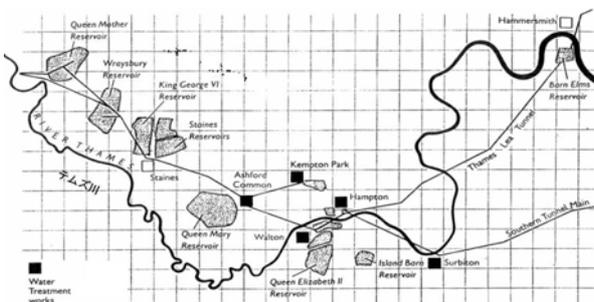


Fig. 95.1-A água captada do Rio Tâmsa é armazenada por mais de um mês, e depois segue para o tanque de filtração lenta. Durante o verão, no tanque de armazenamento crescem algas tóxicas *Microcystis*.



Fig. 95.2-Nas margens do tanque de armazenamento, notam-se várias ovelhas pastando. Esses animais são vetores transmissores de *Cryptosporidium*. Porém, com o uso do Tratamento Ecológico, o risco de surto de criptosporidiose é afastado.

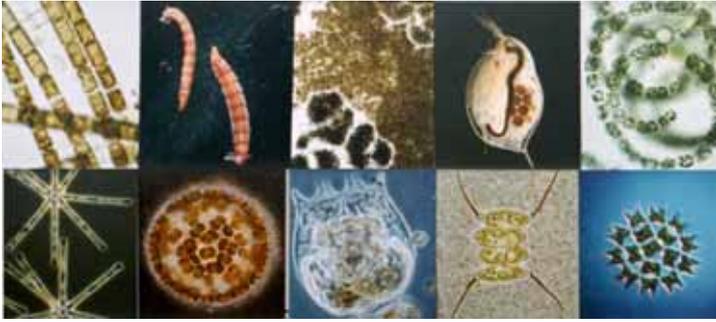


Fig. 95.3-Principais plânctons identificados no tanque de filtração: (em cima) Melosira, Daphnia, Anabaena, Asterionella, Coscinodiscus, Rotifer, Scenedesmus, e Pediatrum. Midge larvae pode também ser encontrada. Algumas espécies de plânctons produzem algas tóxicas. A Thames Water, companhia responsável pelo

abastecimento de água na Região do Tâmesa, não demonstra preocupação com esse fato, uma vez que utiliza tratamento biológico da água.

## 96 - NENHUM ALIMENTO É COMPLETAMENTE ISENTO DE BACTÉRIAS. ACREDITE NO POTENCIAL DOS ORGANISMOS VIVOS

No mundo da natureza não há zero absoluto. Não existem alimentos absolutamente isentos de bactérias. Nos utensílios domésticos, nas mãos, mesmo aparentemente limpas, pequenas quantidades de bactérias se instalam, vindas de poeiras suspensas no ar. O cuidado que se deve ter é de não ingerir diretamente uma grande quantidade de bactérias patogênicas. Os bebês costumam colocar qualquer coisa na boca, inclusive coisas encontradas no chão. Felizmente, os humanos, desde o seu nascimento, vão criando autodefesa contra bactérias existentes na natureza.

Os peixes não podem viver em águas sujas e os microorganismos e bactérias são sensíveis às toxinas; uma vez sentido o perigo, eles fogem imediatamente. O homem é um animal de grande porte e sensível, mas deveria desenvolver mais a sensibilidade, como os animais.

Não estaria o pessoal da Associação Japonesa de Abastecimento de Água excessivamente preocupado para se conseguir água esterilizada? É falsa a afirmação de que a água completamente isenta de bactéria é uma boa água.

Durante uma palestra na Universidade, solicitei aos estudantes que levantassem fatos que levam perigo ao homem com relação à alimentação, higiene e doenças. Abaixo, estão listadas algumas das respostas dadas pelos estudantes:

- Fazer refeição sem lavar as mãos.
- Comer "nigirizushi" (um tipo de sushi preparado a mão).
- Comer alimentos expostos às moscas sem saber.
- Utilizar um copo utilizado por várias pessoas.
- Utilizar várias vezes o mesmo copo.
- Alimentar-se no restaurante sem saber a qualidade de higiene da casa.
- Consumir alimento com validade vencida.
- Comer bolinho de arroz feito por pessoa desconhecida.
- Consumir cogumelos sem lavar.
- Consumir frutas, limpando-as levemente com o pano.

- Evitar verduras e frutas que têm insetos (sem agrotóxicos), preferindo aquelas tratadas com agrotóxicos, preocupando-se apenas com a sua aparência.
- Consumir verduras e frutas importadas, mesmo sabendo que elas contêm conservantes.
- Consumir verduras cultivadas com agrotóxicos, lavando-as apenas com pouca água.
- Tomar moderadamente as bebidas alcoólicas faz bem à saúde.
- Após lavar as mãos com o sabonete, enxugar com toalha higienizada duvidosa.
- Manipular o dinheiro e depois fazer uma refeição sem preocupação.
- Apertar a mão de outras pessoas.
- Beijar.
- Segurar o corrimão no ônibus.
- Lamber o dedo ao contar o dinheiro.
- Usar o ofurô comunitário.
- Usar o banho coletivo.
- Usar as termas naturais coletivas.
- Nadar nos rios e nos mares.
- No hospital, usar chinelos usados por outra pessoa.
- Limpar o machucado, lambendo o local.
- Achar que a vacina tem função de aumentar a resistência do corpo.
- Andar descalço.
- Mesmo sabendo o efeito nocivo do cigarro, continuar fumando.
- Andar de avião e automóvel, mesmo correndo risco de acidente.
- Fazer permanente, mesmo tendo problema na raiz do cabelo.

Com pouca poluição dos rios e lagos, os peixes e plantas conseguem sobreviver.

As opiniões acima são dos estudantes, a partir das quais podem surgir outras com fatos. Alguns estudantes escreveram até “regra dos 3 segundos”, o que significa um alimento derrubado no chão, se o mesmo for consumido dentro de três minutos, não faz mal. É uma idéia segundo a qual devido ao pequeno intervalo de tempo, não há contaminação dos alimentos!

Em geral, nós avaliamos o perigo com base nas vivências e critérios subjetivos.

O pensamento que permeia o Tratamento Ecológico aproxima-se da medicina oriental, isto é, procura criar um ambiente harmonioso para expulsar os males. Na medicina ocidental a ênfase é atacar a causa, eliminando-a. Porém, logo surgem outras.

Em Bangladesh, os rios e lagos estão poluídos por bactérias patogênicas e, por esse motivo, a incidência de doenças naquele País era muito grande. Muitos poços foram construídos para conseguir extrair água limpa. Porém, ela vinha com uma pequena concentração de arsênico. A população que consumiu essa água, por longo tempo, começou a apresentar sintoma de intoxicação por arsênico.

De fato, a sensibilidade dos peixes e dos microorganismos é superior à dos homens. Essa afirmação é tão verdadeira que os peixes morrem na água com cloro. É bem provável que o consumo prolongado da água clorada poderá provocar uma intoxicação crônica. A detecção de toxinas presentes na água, mesmo com a tecnologia avançada de hoje, pode não funcionar. A sensibilidade do homem ao paladar e ao odor pode ser superior à dos instrumentos, mas a sensibilidade dos animais é superior à dos homens. A água que os animais não bebem e de gosto ruim, o bom senso indica que é perigosa. Em vez de matar bactérias com a utilização de produtos químicos, devemos pensar sobre o que é seguro de fato.

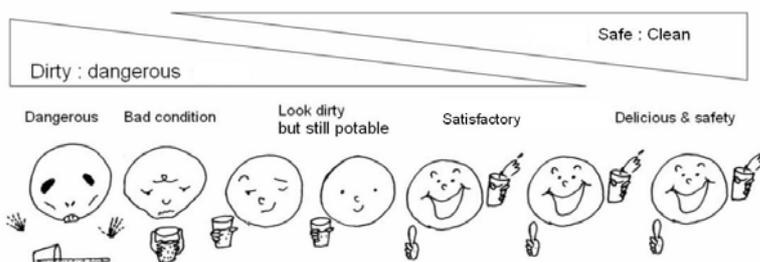
Com relação ao perigo, será que nós estamos realizando o tratamento da água além da necessidade? Não estaremos usando excessivamente os produtos químicos para completa esterilização da água?

Sob condição de risco, julgamos mais seguro aproveitar o potencial e a dinâmica dos organismos vivos do próprio ambiente natural. Por outro lado, ainda hoje, o setor de construção da rede de água adota o sistema de filtração rápida com adição de produtos químicos, um processo incompleto e ineficaz de tratamento de água.

O Tratamento Ecológico é um processo que permite contornar a situação de perigo, com simplicidade.



*Fig. 96.1-A água dos poços, em Bangladesh, está contaminada por arsênio. Por esse motivo, os poços que se encontram na planície desse País, não podem ser considerados seguros para o consumo humano.*



*Fig. 96.2-O que é risco aceitável?*

## 97 - REFERÊNCIAS

Atualmente, no Japão, o meu livro "*Água Encanada Pura e Saborosa*" está sendo indicado como a melhor referência para compreender o sistema de filtração lenta. No livro procurei demonstrar por que o tratamento por sistema de filtração lenta foi mal entendido e, para isso, procurei escrever este livro com o intuito de passar, aos leitores, os conceitos básicos do processo de filtração lenta, de modo acessível.

Quanto a normas relativas à construção e à operação do sistema de filtração lenta, existe pouca coisa na Associação Japonesa de Obras de Água (JWWA), além de existirem alguns equívocos quanto aos fundamentos básicos do Tratamento Ecológico. Por esses motivos, recomenda-se utilizar, como referência, os principais pontos que escrevi na revista mensal "*Água - Procurando Água Pura, a Velha Técnica*", 1ª Edição, *Água* 39-11 (Nº 556): 65-69 (setembro de 1997); 2ª Edição, *Água* 39-13 (Nº 558): 80-89 (novembro de 1997).

Para complementar, são listadas, abaixo, com pequena resenha, algumas publicações que podem ser úteis:

1. *L.Huisman and W.E. Wood 1974: Slow Sand Filtration, WHO, Genova, Suíça, 122p. Revista que foi publicada durante a construção da Estação de Tratamento do Rio Tâmis. Considerada obra de referência na Europa. Apresenta, até, a máquina para raspagem da camada superior do filtro de areia; no entanto, considero equivocada quanto à importância da alga.*
2. *J.T. Visscher and S. Veenstra 1985: Slow Sand Filtration - Manual for Caretakers. ("Filtração lenta através de areia: manual para operadores") - IRC (International Water and Sanitation Centre) The Hague, The Netherlands. Material de treinamento da IRC - Holanda (Série nº 1; 69 p.), publicado em várias edições. É uma obra que orienta a construção e administração de tanque de filtração lenta destinada para Países em desenvolvimento. A construção é feita manualmente e uma boa referência para quem pretende construir por conta própria.*
3. *Gabriel Heber 1985: Simple Methods for the Treatment of Drinking Water, 78p. Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien in: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit – Alemanha. Vieweg & Sohn Braunschweig/ Wiesbaden. É uma obra que explica como produzir água potável segura com processo muito simples. Há várias figuras e, sem usar maquinário, adição padronizada de cloro e outras idéias interessantes. Destinada aos Países em desenvolvimento, mas é possível ser adotado no Japão quando se pretende construir o próprio sistema de filtração lenta.*
4. *Martin Wegelin 1996: Surface Water Treatment by Roughing Filter, Swiss Center for Development Cooperation in Technology and Management, aproximadamente 100 pp, relatório do ODA (SANDEC)-Suíça. Explica o processo de pré-filtração visando filtração*

*lenta. Há várias figuras, porém quase não há referência sobre o papel dos seres vivos no processo de pré-filtração.*

5. *T. Lay 1993: Back to Basics Guide to Slow Sand Filtração, American Water Works Association 13pp, trata-se de publicação da AWWA; Há erro no esquema sobre o tanque de filtração.*
6. *N.J.D. Graham 1988: Slow Sand Filtration – Recent developments in water treatment technology. 415pp John Wiley & Sons. Uma coletânea de artigos publicados no 1º Congresso Internacional de Filtração Lenta, realizado na Universidade Imperial, em Londres - Inglaterra (novembro de 1988); artigo sobre a perda nominal padrão. Registram dificuldades enfrentadas para remoção de algas filamentosas (Cladophora) que proliferavam durante o verão, denominando-as como “Blanket weed” na rede de água do Tâmis.*
7. *M.R. Collins and N.J.D. Graham 1994 : Slow Sand Filtration - An International Compilation of Recent Scientific and Operational Developments 322pp American Water Works Association – Coletânea de artigos publicados durante o 2º Congresso Internacional de Filtração Lenta, realizado em outubro de 1991, nos EUA.*
8. *N. Graham and Robin Collins 1996 : Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration 461. John Wiley & Sons, abril de 1996- Londres- Inglaterra, coletânea de artigos publicados durante o 3º Congresso Internacional de Filtração Lenta, realizado na Universidade Imperial – Londres- Inglaterra. O autor apresenta a tese sobre o papel das algas filamentosas. A publicação em três volumes possibilita identificar onde estão os cientistas e seus respectivos temas de pesquisa.*
9. *Gary S. Logsdon (Ed) 1991: Slow Sand Filtration - A report prepared by Task Committee on Slow Filtration 227 pp. American Society of Civil Engineers, Relatório da Comissão de Filtração Lenta da Sociedade Americana de Engenharia Civil.*
10. *M. Robin Collins e outros 1989: Modifications to the slow sand filtration process for improved removals of trihalomethane precursors. 267pp. AWWA Research Foundation, Relatório de Pesquisa da Sociedade Americana de Rede de Água; O relatório afirma que é possível remover o trihalogenometano através da filtração lenta.*
11. *David Hendricks 1991: Manual of Design for Slow Sand Filtration, 247 pp AWWA Research Foundation : Relatório da Sociedade Americana de Rede de Água – uma série de pequenas revistas publicadas no Trudie Lay 1993 Back to Basic Guide to Slow Sand Filtration.*

12. *T. Taylor Eighmy e outros 1993: Biologically Enhanced Slow Sand Filtration for Removal of Natural Organic Matter 164pp. AWWA Research Foundation, Relatório da Sociedade Americana de Rede de Água; resultado da pesquisa sobre remoção da matéria orgânica através da filtração lenta.*
13. *L. Huusnab 1977: Slow Sand Filtration for Community Water Supply in Development Countries A Selected and Annotated Bibliography, WHO IRC (International Water and Sanitation Center) The Hague, The Netherland – Série de Boletins de nº 9, 50pp. Lista obras sobre sistema de filtração lenta até 1976.*
14. *Allen Hazen 1900 (1905): The Filtration of Water Supplies. 321pp. Wisley and Sons. Reúne informações sobre o tratamento por sistema de filtração lenta no mundo na época em que o sistema de filtração lenta era a principal forma de tratamento. Obra que se encontra na biblioteca da Universidade de Tóquio, por doação dos EUA.*
15. *R. Kirkpatrick 1917: The Biology of Waterworks. 58 pp. British Museum (Natural History) Economic Series Nº 7. O assunto principal são estações de tratamento da Inglaterra. Na página 34, há registro de que no tanque de filtração lenta recomenda a presença de Spirogyra, Hydrodictyon e prover grande quantidade de oxigênio, além de manter microorganismos captadores de partículas em suspensão para prolongar o tempo de filtração. Algas em forma de tapetes poderão ser enroladas e, em seguida, removidas.*
16. *W.H. Pearsall, A.C. Gardiner, and F. Greenshield 1946 : Freshwater Biology and Water Supply in Britain. 92pp. Freshwater Biological Association. Trata-se de publicação da Empresa de Tratamento de Água de Londres, origem da Ecologia da Água Superficial e também uma obra que explica o processo de pesquisa de plânctons. Há registro sobre a relação entre a qualidade de água bruta e as estações do ano na Estação de Tratamento da Água, antes da 2ª Guerra. Na página 61, há registro de que, no caso de tanque de filtração coberta, caso haja muita matéria orgânica na água bruta, ocorre a falta de oxigênio dissolvido e poderá ter água com odor, no entanto, recomenda a cobertura do tanque de filtração durante o inverno. Na primavera, desenvolvem algas como Spirogyra, Cladophora e Melosira varians, no fim do verão desaparecem as algas verdes filamentosas e aparecem algas filamentosas diatomáceas; no inverno desaparecem as algas filamentosas. Como as algas mortas apodrecem e provocam odor na água, recomenda a remoção das algas que emergem na superfície da água. Os fitoplanctons podem provocar o entupimento do filtro. Para eliminar algas, recomenda o uso do sulfato de cobre e também o uso do cloro no pré-tratamento para matar algas. Talvez este livro seja a origem de utilização das algicidas no tratamento de água.*
17. *M.N. Baker 1949: The Quest for Pure Water . 527pp. American Water Works Association (Instituto Federal de Saúde Pública – Doação da Fundação Rockefeller - EUA). No*

*subtítulo há história de tratamento da água até o século 20 e livros didáticos sobre o processo de tratamento. Está escrito que a obra do James Simpson “A busca da água pura, uma viagem de 2000 léguas”.*

18. *C. Mervin Palmer 1962: Algae in Water Supplies. 88pp. U.S. Department of Health, Education, and Welfare.*
19. *Hugh Barty-King 1992: Water the Book. 256pp. Quiller Press. ISBN 1 – 870948-74-2 ,  
Leitura sobre a história da rede de esgotos, na Inglaterra.*
20. *Water Treatment Manuals, Filtration. 76pp. Environmental Protection Agency, Ireland. 1995; manual publicado pela Agência de Proteção Ambiental da Irlanda. Constitui-se de seis páginas o assunto sobre a filtração lenta.*
21. *W. K. Burton 1894: The water supply of towns and the construction of waterworks : a practical treatise for the use of engineers and students of engineering; to which is appended a paper on The effects of earthquakes on waterworks, by John Milne/PUB:London : C. Lockwood, 1894 / PHYS:16, 304 p. (with illus) : illus. 44 1. ; 27cm. Muito útil para quem quer construir tanque de captação da água e tanque de filtração. Há vários esquemas de modelo antigo de estação de tratamento de água do Japão.*
22. *W. K. Burton 1907: The supply of towns and the construction of waterworks: a practical treatise for the use of engineers and student of engineering / ED : 3rd ed/Pub : London : C. Lockwood, 1907 / PHY : xvi, 318 p.: ill ; 26 cm (acervo da Universidade Municipal de Osaka – uma obra antiga e a cópia é proibida; só consulta).*
23. *Kuratuka Yoshio, 1950: Engenharia Sanitária , Volumes: Superior e Inferior; Livraria Iwanami. O esboço da obra estava pronto antes da II Guerra, mas foi impressa pós-Guerra. O Volume Superior aborda com detalhe sobre a filtração lenta. O Volume Inferior aborda sobre a filtração rápida.*
24. *G. Galvis J. Latorre and J. T. Visscher 1998: Multi-State Filtration: an innovative water treatment technology, IRC-The Hague. The Netherlands: IRC International Water and Sanitation Centre, 1998, 188 p TP Series; no. 34- Includes references, ISBN 90-6684-028-1. Trata-se de ODA da Holanda que executa obra na Colômbia; há detalhe sobre a planta; subsídio útil para construção de novos projetos para sistema de filtração lenta.*
25. *J. Pickford 1991 (1998): The worth of water, International Technology Publication. 132pp. ISBN 1-85339-069-0. Uma revista destinada à questão de saúde para países em desenvolvimento. Aborda aspectos sanitários, uso da água. Há farta ilustração.*

*Sobre a filtração lenta há 5 páginas, no entanto, não há referência sobre o papel das algas e microorganismos.*

26. R. Shaw 1999: *Running water, International Technology Publication. 128pp. ISBN 1-85339-450-5. Aproveitamento de água para países em desenvolvimento; há material sobre filtração lenta simples. Há várias ilustrações a respeito de captação de água dos rios, do subsolo e das represas. É um bom subsídio.*

Além dessas referências, existem, hoje vários sites sobre o tratamento por sistema de filtração lenta, principalmente em inglês. Isso demonstra que o tratamento de água por sistema de filtração lenta está sendo reconhecido mundialmente.

## **POSFÁCIO**

Comecei a minha pesquisa devido à fascinação sobre a eficiência da Filtração Lenta em Areia no Tratamento Ecológico. Publiquei resultados positivos da pesquisa, mas, a técnica não foi acolhida por ser uma técnica antiga. Por esse motivo, tentei sensibilizar técnicos do setor de tratamento de água, publicando na revista mensal "Água". Isso também não deu resultado. Em 2002, publiquei o livro "Água da torneira - pura e saborosa" (Tsukiji-Shokan, ISBN4-8067-1243-4). Houve várias repercussões e apresentarei um dos fatos que melhor expressa o meu sentimento.

APRESENTAÇÃO DA REPERCUSSÃO DO LIVRO: ... nº 132/ 10/09/2002 – 3ª feira.

O livro, em suma, propõe através do Tratamento Ecológico distribuir à população uma água potável de boa qualidade e barata, substituindo o sistema de filtração rápida, o principal processo utilizado hoje no Japão, cujo processo abarca inúmeros problemas.

Eu interpretava que a filtração lenta em areia era um processo meramente físico e, para evitar o entupimento do filtro, necessitava filtrar lentamente por várias vezes. No entanto, ao ler o livro, percebi que a minha concepção estava errada.

O sistema de filtração lenta em areia não se trata apenas da interação entre areia e tanque de precipitação, mas sim, de um sistema de relação entre os seres vivos como microorganismos, microanimais, algas (esta não é indesejável, mas sim imprescindível). Trata-se de tratamento de água no qual há participação ativa dos microorganismos no processo. Com a adoção, equivocada, de tratamento por processo químico, foi provocado o fechamento de instalações de sistemas de filtração lenta em alguns lugares. Será que a adição de cloro já não é desnecessária?

Na realidade, o autor afirma ser essa adição desnecessária. É possível recuperar o tempo em que se bebia muita água pura e saborosa da montanha? Ainda é possível reaver a água

produzida pelos mananciais e provinda do solo, onde há decomposição de folhas? Se isso for possível, vale a pena investigar mais sobre o sistema de filtração lenta. Existem muitos saberes embutidos nas técnicas antigas e o homem, durante a sua existência, enquanto ser vivo, depara-se com várias situações em que compartilha as mesmas idéias. Enquanto lê, surgem inúmeros pensamentos e a cabeça fica cheia, mas vale a pena continuar lendo.

Fazendo uma reflexão sobre a garrafa PET da água, no início, eu a via como moda entre os jovens, porém sob a ótica da questão da água da metrópole, sinto que o instinto humano é o que conduz a essa atitude.

\*\*\*\*\*

Eu, como professor da Universidade de Shinshu, fiz a pesquisa junto com meus alunos e o resultado dessa pesquisa, sobre a filtração lenta em areia, devo a esses alunos. A pesquisa sobre o tanque de filtração lenta (Sistema de Purificação Ecológica) foi uma extensão da pesquisa sobre a Usina Hidrelétrica de Sugadaira, projeto que teve a participação de muitos estudantes. Conteí com a colaboração, também, dos professores do meu departamento. Agradeço à valiosa cooperação do Departamento de Águas de Ueda, Departamento de Administração da Usina Hidrelétrica de Sugadaira, Departamento de Águas de Nagoya, Takasaki, British Council, Great Britains Sasakawa Foundation, Departamento de Água da Thames Water, Centro de Pesquisa de Filtração Lenta dos EUA, Associação de Empreiteiras de Obras de Água de Miyako-Jima, Yamaha (S.A), Nihon Sekkei (S.A), Site da Ásia Arsenic, entre outros.

A minha intenção em publicar este livro foi a de passar a todos, de forma correta, os conhecimentos e idéias adquiridos durante a pesquisa. Uma diversidade de organismos está ativa. Apesar de serem microorganismos de diferentes espécies e em regiões diferentes, o fenômeno de purificação da água, resultante das suas atividades, é o mesmo. A pretensão foi a de transmitir esse verdadeiro fenômeno, explicado repetidamente em vários pontos deste livro. No ensino, a repetição tem grande importância para a aprendizagem. Gostaria que os leitores compreendessem a importância dos seres vivos, na purificação da água. Os seres vivos são muito ativos em regiões de clima quente.

Agradeço ao Senhor M. Tomari da Miyako-Jima e à Associação de Serviços de Água do Miyako-Jima dos quais recebi compreensão e apoio integral para concretizar a publicação desta obra.

A Expo-Aichi -2005 elegeu como tema "*A Sabedoria da Natureza*". Abordei neste livro uma técnica antiga, mas possível de ser aplicada, ainda hoje. Trata-se de uma lição que a Natureza nos ensina através do uso inteligente dos seres vivos encontrados na natureza ("*Wise use of natural steps for human life*" - "*O uso inteligente de passos naturais para a vida humana*"), cuja técnica poderá salvar a humanidade. A "*técnica de filtração lenta centrada no*

*crescimento de algas*" está ligada à solução de problemas do meio ambiente mundial e sua utilização é possível na atualidade e para os próximos séculos.

Por esse motivo, recebi, no Expo-Aichi - 2005, o Prêmio Planeta Terra, como um dos 100 melhores trabalhos apresentados durante o Expo-Aichi. Tive, ainda, a oportunidade de fazer um discurso, representando todos os ganhadores do prêmio.

Maio de 2005

**Tradução: Hiroyuki Hino - Brasil - 2007**

Portal do Governo Cidadão.SP Investimentos.SP Destaques:   Portal do GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

---

**1908-2008  
100 ANOS**



**IMIGRAÇÃO  
JAPÃO BRASIL**

---

[HISTÓRIA](#) [NOTÍCIAS](#) [CALENDÁRIO](#) [CURIOSIDADES](#) [FOTOS](#) [PERSONAGENS](#) [LINKS](#)

[Home](#) » [Personagens](#)

---

## PERSONAGENS

---



**HIROYUKI HINO**

**Descendência:** : Natural da Província de Fukuoka; brasileiro naturalizado.

*"Nasci exatamente um ano após o término da 2ª Guerra Mundial, em agosto de 1946, na Província de Fukuoka, filho de mãe professora e pai militar. Aos 10 anos, quando cursava a 4ª série, meu pai resolveu emigrar para o Brasil, para onde o meu avô materno já havia emigrado cerca de 30 anos antes. O navio 'Brazil Maru', que transportou nossa família para o Brasil, partiu do porto de Kobe, no Japão, em dezembro de 1956. Atravessou os Oceanos Pacífico e Atlântico e, depois de 45 dias, aportou no porto de Santos, em janeiro de 1957. No Brasil, minha adaptação aos novos costumes e língua foi relativamente rápida, graças à amizade que fiz com filhos de colonos brasileiros da fazenda do meu avô. A escola daqui era muito diferente e a aprendizagem da gramática portuguesa foi a minha maior dificuldade. No início, estranhei a comida, principalmente o arroz com feijão, a farinha de mandioca; e demorei bastante para me adaptar com o mamão e a manga. Concluí o Ensino Básico e o Curso Superior em escolas estaduais. Lecionei Química na rede de ensino do estado de São Paulo durante sete anos e, em 1979, comecei a trabalhar na Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas - CENP, onde estou há 28 anos. A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, no ano passado, em iniciativa inédita, lançou o 'Programa Viva Japão', como uma forma de também poder homenagear o Centenário da Imigração Japonesa no Brasil, principalmente o deste estado, e incumbindo a mim a coordenação do mesmo. Para mim, o fato de poder coordenar esse Programa é muito significativo porque, no meu caso, estarei comemorando o cinquentenário de minha imigração neste País. "*