

# Contrôle Preventivo e Corretivo de Algas em Águas de Abastecimento

**SAMUEL MURGEL BRANCO**

Biologista do Laboratório Central do DAE  
Assistente da Faculdade de Higiene da USP

## I — INTRODUÇÃO.

É frequente interpretar-se a expressão "controle de algas" como sendo a atividade que visa eliminar sumariamente todos êsses microorganismos que habitam as águas destinadas ao consumo público. Tal interpretação é, entretanto falsa, podendo levar o técnico em tratamento de águas a cometer graves êrros na orientação de seu trabalho. Algas não são, necessariamente, seres nocivos à saúde pública ou ao tratamento da água; pelo contrário, podem, em certos casos, ser de grande interesse econômico e mesmo sanitário em águas naturais. As estações biológicas de piscicultura, por exemplo, pesquisam microorganismos aquáticos não com a finalidade de destruí-los mas, pelo contrário, de descobrir meios para aumentar seu número, em virtude de constituírem êles a principal fonte de alimentação dos peixes. Além disso, sabe-se que os organismos vegetais fotossintetizantes produzem oxigênio, de interesse não só para a respiração dos animais aquáticos, como também para a oxidação bioquímica de matéria orgânica, estabilização de esgotos, contribuindo muito para melhorar as características da água potável tornando-a, inclusive, mais palatável. É indiscutível o papel predominante que desempenham na depuração natural ou artificial de esgotos, especialmente no caso do tratamento nas chamadas "lagôas de oxidação".

Há entretanto, ao lado dos benefícios, vários prejuízos, alguns bastante sérios, que podem ser causados pelas algas quando tóxicas, causadoras de mau odor ou sabor ou sempre que ultrapassam um certo número por unidade de volume de água nos mananciais, quando se faz então necessário o estabelecimento de um rigoroso controle sobre o seu desenvolvi-

mento, a fim de impedi-las de ultrapassar um certo valor, procurando mantê-las em equilíbrio biológico. Em qualquer ambiente natural, inclusive a água, cada organismo se acha sujeito à ação do meio químico e dos outros organismos. O seu desenvolvimento se encontra, dessa maneira, limitado pela condições ambientes. Se, por qualquer razão, for eliminado um dos fatores inibidores ou elevada a concentração de um dos fatores limitantes ao crescimento de determinada espécie, verifica-se o aumento de número desta, com conseqüente quebra do equilíbrio biológico. Por outro lado, a elevação de um fator inibidor ou a redução de um fator em mínimo, pode determinar o desaparecimento, ou, pelo menos, uma significativa redução numérica do organismo indesejável. Os processos de controle que consistem na redução, no manancial, dos nutrientes e demais elementos indispensáveis ao desenvolvimento de organismos, recebem a denominação geral de processos de **controle preventivo**, enquanto que os que utilizam a aplicação de substância inibidoras, geralmente tóxicas aos seres que se pretende eliminar, são chamados **processos corretivos**.

## II — CONTRÔLE PREVENTIVO

Os elementos indispensáveis à vida dos seres autótrofos em particular os fotossintetizantes, são: o gás carbônico, os sais minerais e a luz. Por conseguinte, o seu desenvolvimento em uma água de abastecimento pode ser limitado através do controle do acesso de tais elementos ao manancial.

a) **Gás carbônico** — É muito difícil, se não impossível na maioria dos casos, controlar-se a concentração de gás carbônico dissolvido na água. Êle em geral provém da própria atmosfera ou é for-

mado como resultado de reações de oxidação de matéria orgânica, seja na própria água, seja no solo que é atravessado pelas águas de chuva. As águas, onde existe grande atividade de microorganismos heterotróficos, como é o caso das que recebem despejos orgânicos de qualquer natureza, apresentam-se particularmente ricas nêsse composto. Além disso, fontes minerais de gás carbônico podem ser constituídas, na água, pelos bicarbonatos que nela se acham em solução, os quais passam à forma de carbonatos insolúveis tôda vêz que cai, abaixo de uma certa concentração de equilíbrio, a taxa dêsse gás livre na água.

b) **Sais minerais.** — Os organismos vegetais exigem a presença de alguns sais minerais, em pequenas concentrações, como fonte de elementos que entram na composição das moléculas complexas que os constituem, ao lado do carbono, hidrogênio e oxigênio que obtêm a partir do gás carbônico e da própria água. Êsses elementos são, principalmente: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, enxofre e outros em menor quantidade. Algumas substâncias são, ainda, exigidas em quantidades infinitamente pequenas, sendo denominadas **micronutrientes**. Além disso, certos organismos apresentam exigências particulares: as diatomáceas necessitam silício, que se encontra, em geral, na forma de silicatos coloidais, causando turbidez em muitos mananciais. (37) O gênero **Anabaena** se desenvolve melhor em águas contendo maiores concentrações de cálcio, ao lado de nitrogênio de que também são ávidos. Quando, porém, a água é rica nesse último elemento e mais pobre em cálcio, desenvolvem-se **Microcystis** em lugar da anterior. De um modo geral, pode-se dizer que o nitrogênio, em primeiro lugar, o fósforo em segundo e, em alguns casos o potássio constituem fatores limitantes ao desenvolvimento de algas como também de outros vegetais clorofilados nos mananciais de água potável.

A fonte dêstes elementos pode ser constituída pela erosão do solo; pela drenagem de águas de irrigação, particularmente quando enriquecidas com adubos minerais ou orgânicos; pelos esgotos ou efluentes de estações de tratamento, por despejos de certos tipos de indústrias etc. (2) Os adubos minerais, sendo des-

tinados à fertilização das terras para produção de vegetais, são especialmente ricos em todos aqueles elementos, inclusive micronutrientes que possibilitem o melhor desenvolvimento de organismos autótrofos. Os adubos orgânicos, como também, os esgotos e ainda tôda sorte de resíduos orgânicos, vegetação das margens que morre e cai nas águas etc., são oxidados por ação bacteriológica, dando formação a compostos minerais ricos em nitrogênio, fósforo, potássio etc. Por essa razão, os próprios efluentes de estações de tratamento de esgotos constituem fonte fertilíssima dessas substâncias. (7) Além disso, algumas substâncias são, geralmente, veiculadas por êsses despejos, enriquecendo-os ainda mais, como é o caso dos detergentes do tipo ABS (alquil benzeno sulfonatos) os quais constituem importantes contribuintes em fósforo e que vêm sendo crescentemente utilizados para fins domésticos, como também industriais, sendo depois conduzidos pelos esgotos, constituindo, ao mesmo tempo, uma das fontes de fósforo mais difíceis de serem removidas pelo tratamento. (26) As próprias algas, ao morrerem, constituem muitas vezes, a fonte de sais minerais e micronutrientes que possibilitam o desenvolvimento ulterior de outras espécies. Êsse fato é particularmente importante no caso de algumas algas azuis que são capazes de fixar nitrogênio do ar, enriquecendo o meio nêsse elemento. (22)

Com vistas para êsse problema da fertilização, devem ser tomados alguns cuidados especiais no represamento de um manacial destinado ao abastecimento (9) (12). Além de se limitar os despejos na bacia a ser inundada, deve-se remover, antes do fechamento da barragem, o máximo possível de matas e material putrescível. A mata existente não deve ser "afogada" e nem mesmo queimada, uma vez que de uma ou de outra maneira resultará o enriquecimento das águas em sais minerais, entre os quais, compostos de nitrogênio e fósforo. Se for absolutamente necessária a queima dêsse material, seja esta realizada em pontos determinados, removendo-se em seguida as cinzas. Nesse caso, a queima deverá, ainda, ser total, uma vez que os resíduos da destilação sêca da madeira, no fabrico de carvão, podem dar origem a gosto e cheiro nas águas. As eventuais

pequenas lagôas ou simples depressões naturais do terreno a ser incluído na reprêsa devem ter o seu fundo escavado, removendo-se o material ali decatando ou levado pelas chuvas, pois êsse fundo é sempre muito rico em sais minerais lixiviados durante anos reguidos pelas águas de drenagem. Finalmente, as margens do lago devem ser, de preferência limpas e escarpadas a fim de evitar a formação de regiões de pouca profundidade que favorecem o crescimento de vegetação marginal.

c) **Luz** — A necessidade de luz solar, como fonte de energia para a realização da síntese orgânica faz com que os vegetais clorofilados aquáticos se distribuam na água, de maneira a obter a maior quantidade possível das radiações que são capazes de absorver e utilizar. Por essa razão, às grandes profundidades de certos lagos, torna-se impossível a vida dêsses organismos, especialmente quando se trata de águas dotadas de elevada côr ou turbidez que constituem porisso os principais fatores que condicionam a limitação da luz. Uma turbidez de 100 ppm elimina, praticamente, todo desenvolvimento de algas. (32) Esta particula-

ridade pode ser utilizada de várias maneiras pelo sanitarista que pretende águas isentas de algas nocivas.

Tem sido verificado que muitas águas, embora contendo quantidades elevadas de nitrogênio e outros elementos essenciais, não possuem números correspondentemente elevados de algas, dado o seu alto gráu de turbidez ou côr que dificultam a penetração da luz tornando-a, assim, o principal fator limitante. Sabe-se por outro lado, que o represamento de um rio, com conseqüente diminuição da velocidade de suas águas condiciona a sedimentação de material em suspensão e conseqüente redução da turbidez e até mesmo da côr das águas, removendo assim, em grande parte, os principais obstáculos que se ofereciam à penetração da luz. Isso condiciona um aumento, por vêzes considerável, na densidade da população algológica do manancial. A cidade de São Paulo, por exemplo, conta com três grandes mananciais de água represados: a represa do **Rio Grande**, lago **Guarapiranga** e o sistema de **Cotia**. Estudos realizados sôbre as suas condições sanitárias revelaram os seguintes dados: (9)

	turbidez (ppm)	côr (ppm)	nitrogênio (ppm)	microorganismo: (n° por cm <sup>3</sup> )
Rio Grande	5	31	1,045	mais de 20.000
Guarapiranga	13*	94	0,435	menos de 500
Cotia	6,5	62	0,386	menos de 6.000

\* Média de dados colhidos na Estação de Tratamento. Na Reprêsa, a turbidez é, ainda, muito maior

Assim, pode ser observado que, sem dúvida, o alto teor de nitrogênio bem como a côr e turbidez muito baixas existentes no primeiro manancial constituem fatores responsáveis pelo elevado número de microorganismos que aí se encontra. Por outro lado, entretanto, pode-se verificar que o Cotia, embora com um teor de nitrogênio menor que o do Guarapiranga, é caracterizado geralmente por números de microorganismos bastante mais elevados que os que se encontram neste último e isso se deve, sem nenhuma dúvida, à diferença entre os índices de côr e turbidez que se verifica nos dois mananciais. As constantes dragagens para retirada permanente de areia

do fundo do manancial do Guarapiranga, embora com graves inconvenientes para o lago, contribuem em muito, para que êste não forme um número muito elevado de algas, apesar de seu relativamente alto teor mineral.

Um caso ainda mais patente é o constituído pelos dois lagos artificiais que formam o sistema do Cotia: (10) praticamente tôda a água contida na represa denominada **Cachoeira da Graça** procede de uma outra represa, muito maior, de **Pedro Beicht**, situada cerca de 10 Km a montante daquela. O trecho que as separa é constituído de mata densa, percorrido pela água a descoberto e, como resultado, a água da Cachoeira da Graça

é fortemente colorida pela presença de substâncias húmicas resultantes da decomposição de folhas, raízes etc. que caem constantemente na água. Verifica-se, que em consequência disso, embora existam as mesmas espécies de algas em ambos os lagos, o número encontrado na segunda é muito menor que o da represa de Pedro Beicht. A influência da cor é, neste caso, ainda confirmado pelo seguinte: embora a represa de Pedro Beicht seja muito mais profunda que a da Cachoeira da Graça, o número de algas é quasi constante, desde a superfície até ao fundo, enquanto que na represa menor, com apenas 3 metros de profundidade, as zonas superficiais se apresentam muito mais ricas que as zonas profundas.

Em geral, procura-se tirar partido dessa propriedade de duas maneiras diferentes. Aumentando-se a turbidez da água por meio de carvão em pó espalhado à superfície, o que constitui o chamado método de "black-out", que pode ser realizado, também, por meio de outros pigmentos ou até com o auxílio de inúmeras bolas de plástico de cor negra, boiando à superfície, de modo a impedir grande parte da penetração de luz solar. Esse processo geralmente caro, somente é aplicável em lagoas de área limitada, não muito sujeita à ação do vento que tende a arrastar as partículas (no caso do carvão em pó) para junto das margens. Os reservatórios e canaletas de distribuição podem ser, de preferência, totalmente cobertas por teto de cimento ou outro material.

O segundo processo, consiste em se procurar captar a água de maiores profundidades, de preferência por meio de sistemas de captação com várias entradas munidas de comportas, de maneira a ser possível escolher-se convenientemente a profundidade em cada época do ano, de acordo com a quantidade e os tipos de algas presentes. A tomada de água muito próxima do fundo pode trazer o inconveniente de obter águas muito pobres em oxigênio e ricas em ferro, que precisa ser ulteriormente retirado.

### III — CONTRÔLE CORRETIVO

Sempre que a densidade de algas em um manancial ultrapasse um certo valor, sem que seja possível controlá-la por meio de medidas preventivas, deve fazer-se a aplicação de algicidas ou outro

recurso que as elimine da água. O número limite de algas por centímetro cúbico de água varia muito de acordo com a espécie de alga em questão. Assim é que certos organismos como **Dinobryon**, por exemplo, causadores de mau cheiro muito pronunciado, devem ser combatidos quando presentes em número relativamente baixos, inferiores a 1.000 por centímetro cúbico, enquanto que outros, como **Tetraedron** etc. podem estar presentes em números superiores a 3.000, algumas vezes, sem causar qualquer dificuldade ao tratamento ou prejudicar diretamente a qualidade das águas. Estes números dependem muito, também, do tamanho das células, sendo esta uma das causas pelas quais se procura referir a sua densidade em unidades padrão de área ou de volume ou, pelo menos, anotar na folha de contagem, o tamanho médio aproximado das células ou colônias contadas, a fim de que, na interpretação do resultado, a massa de matéria orgânica constituída pelas algas possa ser levada em consideração. É necessário, ainda considerar-se o tipo de organismo em questão. Algas que se demonstram tóxicas devem ser combatidas mesmo quando em número relativamente pequeno, a fim de que não se acumulem nos filtros ou nos reservatórios de distribuição onde poderiam atingir concentrações tóxicas, ou entrar em decomposição gerando produtos tóxicos. De um modo geral, constitui talvez um critério razoável o de se procurar controlar qualquer desenvolvimento superior a 1.000 organismos por centímetro cúbico, quando se trata de seres de tamanho relativamente grande (em torno de 50 micra de diâmetro ou comprimento) e a 3.000 por centímetro cúbico no caso de organismos de pequenas dimensões (em torno de 15 micra de diâmetro ou comprimento). Mesmo aqueles que não apresentam inconvenientes particulares, em concentrações superiores a estas tornam-se prejudiciais por constituírem massa de matéria orgânica em suspensão. No caso de seres produtores de gosto e cheiro, deve-se proceder a ensaios de **sabor e odor limite** a fim de determinar a concentração máxima permissível da espécie na água.

O controle de organismos por meio de algicidas muitas vezes deve ser praticado antes que a espécie considerada

atinga números elevados, pois a sua destruição em massa pode resultar em acúmulo de matéria orgânica em decomposição, com vários inconvenientes dêle decorrentes, tais como a formação de sabor e odor desagradáveis, o despreendimento de substâncias tóxicas, o estabelecimento de uma elevada demanda bioquímica de oxigênio, a formação de lodo em excesso nos decantadores da estação de tratamento, a formação de ambiente anaeróbio etc. Mediante um controle semanal do número de organismos existentes em um manancial é possível, em muitos casos, verificar-se quando a curva de crescimento entra em fase de progressão logarítmica, ocasião em que deverá ser iniciada a aplicação do algicida.

Os algicidas devem ser cuidadosamente dosados, a fim de que não ocorram fenômenos de seleção em virtude da aplicação de dosagens muito fracas. A destruição das espécies mais sensíveis pode deixar o ambiente livre ao crescimento de espécies mais resistentes, que tomam o seu lugar, às vezes trazendo inconvenientes mais sérios que os que poderiam ocorrer com a flora normal, bem equilibrada biologicamente, em que as várias espécies se controlam mutuamente. (5) (29) (31).

Seleções desse tipo podem ocorrer, também, com o uso de algicidas orgânicos os quais, pela sua própria composição química, são em geral tóxicos para algumas e não para outras espécies.

Uma substância, para ser utilizada como algicida em águas de abastecimento deve, além de ser eficiente na destruição de algas, obedecer a vários requisitos tais como: (6) (10) ser facilmente encontrada no mercado e a baixo preço e não exigidas em concentrações muito elevadas, na destruição das algas a fim de que o tratamento não se torne anti-econômico; não ser tóxica, nas quantidades empregadas, a seres humanos, animais domésticos, peixes, plantas cultivadas que eventualmente possam utilizar a água tratada.

Verifica-se que além de uma parte dos algicidas que pode ser perdida por decantação, especialmente quando se trata de sais de cobre, uma outra grande porcentagem é retirada em aparelhos de filtração, em particular nos filtros de terra diatomácea, o que significa que apenas uma parte dos algicidas empregados no tratamento chegam até à rede de

distribuição e, nesta mesma, há uma redução antes que a água chegue aos consumidores normais. Isto constitui uma dificuldade ao tratamento de algas em piscinas, que utilizam re-circulação da água, sendo necessário, assim, uma aplicação contínua de novas quantidades de algicidas a fim de cobrir a porcentagem perdida. (18)

### 1 — O CLORO COMO ALGICIDA

Embora não tanto usado como o sulfato de cobre, o cloro constitui um algicida eficaz, para muitas algas, devendo ser empregado especialmente no caso de espécies que apresentam resistência àquele composto. Sua ação tóxica sobre as células da alga parece exercer-se de maneira idêntica à que se observa com relação às bactérias, sendo o ácido hipocloroso o composto ativo que, penetrando através da membrana celular, exerce sua ação sobre as proteínas ou sobre as enzimas celulares, de maneira a alterar suas características físico-químicas, impedindo a continuação de suas atividades vitais normais. (28) As variações que existem, de resistência ao cloro, entre as várias espécies de algas como também acontece com outros grupos de microorganismos, são devidas, principalmente, às diferenças de permeabilidade das suas membranas celulares ao ácido hipocloroso, sendo em geral mais resistentes aquelas espécies que possuem membranas espessas, ou impregnadas de cálcio, lignina, sílica ou envolvidas em secreções mucilaginosas. Assim é que, em geral, as diatomáceas são muito menos afetadas pela presença do cloro que as outras algas, em virtude do envoltório sílico constituído pela frústula que encerra cada uma de suas células. Enquanto que grande número de espécies pode ser destruído completamente por dosagens que variam de 0,3 a 0,5 ppm (excepcionalmente 0,6 ou 0,7 ppm) de cloro, as diatomáceas, em geral, somente são destruídas com concentrações de 1,0 a 2,0 ppm. (35) Existem, entretanto, exceções entre estas, como por exemplo as do gênero *Achnanthes* que, sendo resistentes a quantidades tão elevadas quanto 1,0 ppm de sulfato de cobre podem ser controladas com o cloro em concentração de 0,25 ppm. (34) Além das diatomáceas, são particularmente resistentes à cloração, algas dos gêneros: **Chorella**,

**Cosmarium, Closterium, Gomphosphaeria e Elaktothrix.** (32)

O cloro é geralmente empregado em águas correntes, canalizações abertas ou em leitos filtrantes. (22) É também empregado em associação com o sulfato de cobre a fim de evitar que se desenvolvam em maior número as espécies que são resistentes a este algicida. Citam-se casos, por exemplo, em que, da destruição de algas diatomáceas do gênero *Synedra* pelo sulfato de cobre, em um manancial, resultou a superprodução de algas verdes do gênero *Palmella* as quais somente puderam ser controladas pela aplicação de cloro. A aplicação do cloro (em geral na forma líquida) à água de um reservatório envolve vários problemas, entre os quais o da profundidade em que deve ser aplicado a fim de que não haja uma absorção total daquele antes que atinja a superfície. Outros fatores a serem considerados são a estratificação do lago, os fenômenos de circulação da água e, especialmente, a demanda de cloro da água. (29)

A principal limitação ao uso do cloro como algicida está na formação de compostos odoríferos, especialmente clorofenóis. Para que isso não se dê é necessário, em geral, aplicar-se doses excessivas de cloro, de modo a oxidar totalmente esses compostos. Assim, por exemplo, com algas flageladas do gênero *Synedra* verifica-se haver a formação de sabor muito desagradável na água quando se aplicam doses de 1,4 ppm de cloro, embora a morte das algas possa ser causada por concentrações muito menores; esse gosto diminui de intensidade, quando se aplica 1,8 ppm e finalmente desaparece com a supercloração a 2 ppm. O dióxido de cloro tem sido aconselhado mais recentemente e por muitas razões, entre os quais se destaca a redução de gosto e cheiro.

## 2 — SULFATO DE COBRE

a) **Generalidades** — É atribuída, em geral, aos americanos Moore e Killerman a descoberta, em 1904 de que o sulfato de cobre tem grande poder algicida, mesmo quando aplicado em dosagens muito pequenas (22) (36) Parece, entretanto, que experiências nesse sentido já haviam sido realizadas, desde 1890 na Europa. (1) Rápido e esse composto passou a ser adotado como algicida por inúmeros sanitaristas apesar de algumas objeções

relativas aos possíveis efeitos tóxicos que poderia exercer sobre o organismo humano. Segundo se pôde verificar entretanto, seria necessária uma quantidade de 20 ppm de cobre (ou um mínimo de 100 mg por dia por pessoa) na água, para que se produzissem intoxicações humanas, sendo que, de acordo com este e também outros autores, uma concentração igual a 5 ppm torna a água absolutamente impalatável em virtude do gosto que produz. (13)(22) Além disso, foi observado que vários alimentos de uso diário possuem concentrações mais elevadas de cobre de que as que se empregam no tratamento de águas para controle de algas. Assim é que no trigo essa concentração pode variar de 190 a 800 mg por quilo, na aveia 40 a 200, lentilhas 110 a 150, ervilhas 13 a 110 etc., chegando, em alguns até a 2.000 mg. por quilo, como acontece nas ostras. (13) Além disso, grande parte do cobre aplicado perde-se, por precipitação, nos reservatórios e canalizações, pouco restando nas águas que chegam os usuários. Por outro lado, sabe-se que o cobre, em pequenas quantidades, é benéfico ao organismo humano, agindo como um catalizador da assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese de hemoglobina, desempenhando, pois, papel importante na cura de anemias. Finalmente, o excesso de cobre na água pode ser percebido pela sua reação com os sabões alcalinos, produzindo cor verde que mancha as roupas.

Muito mais nocivos são, entretanto, os efeitos que esse elemento produz sobre os peixes. Citam-se, em geral, como muito sensíveis ao cobre, peixes como: trutas, carpas, bagres, os peixes vermelhos de aquários ornamentais etc. para os quais a dose letal é geralmente inferior a 0,5 ppm enquanto que outros, como o "black-bass" são resistentes a dosagens até de 2 ppm ou mais, em  $\text{Cu S O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . (40) Não se pode, entretanto, estabelecer valores muito positivos e constantes para esses limites, uma vez que a intoxicação dos peixes pelo cobre varia com muitos fatores, tais como a dureza das águas, pH, agitação etc. É significativo, por exemplo, o fato de certos peixes que, em águas doces podem morrer intoxicados com 4 ppm. apresentarem-se resistentes a 30 ppm quando em água do mar. (15) Experiências têm demonstrado que, sendo

a intoxicação dos peixes pelo cobre como por outros metais pesados, um fenômeno de natureza coloidal, que consiste na coagulação do muco das brânquias causando asfixia, existe uma influência direta de agitação da água, especialmente daquela causada pelo borbulhamento de ar que geralmente se faz nos aquários, de tal maneira que, nestas condições, os peixes passam a morrer com dosagens de cobre muito inferiores às que normalmente causariam a sua morte. (8) Mesmo considerando-se que grande parte do cobre será precipitado antes que a água atinja os consumidores, é aconselhável evitar-se o emprego de doses superiores a 0,5 ppm em  $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  a não ser no caso de águas duras, devendo-se proceder, sempre, a um controle do residual de cobre (cerca de quatro vezes menor que a quantidade de sulfato) no afluente da estação de tratamento.

As algas morrem, inclusive, em presença de partículas de cobre colocadas na água. Em 1893 observara, já, Nägeli que filamentos de *Spirogyra*, quando em presença desse metal morriam, sendo essa morte precedida de modificações na estrutura do protoplasma celular devidas, possivelmente, à sua coagulação e deu ao fenômeno a denominação de **ação oligodinâmica**. (36) Sanderling demonstrou

por meio de raios X, que o metal se dissolve em certo grau na água, concluindo ser o fenômeno de natureza iônica. Naumann (28) acredita tratar-se de um fenômeno de adsorção eletrostática polar ou de uma ligação, química forte do metal com algum elemento protoplasmático. O sulfato pode ser aplicado puro ou em mistura com o cloro, ou ainda com cloro e amônia, às vezes com excelentes resultados (cuprocloração e cuprocloraminação). (28) (30)

b) **Dosagens** — A quantidade de sulfato de cobre a ser aplicada, como algicida, varia em cada caso, com a espécie de alga a ser combatida, bem como com as características da água em tratamento. Não se pode estabelecer uma dosagem fixa para um dado manancial ou para um tipo de alga. Fatores tais como dureza, temperatura e pH da água devem ser levados em consideração. (30) Com relação aos vários gêneros de algas, sabe-se que há variações muito grandes no seu comportamento. Flagelados pigmentados do gênero *Synura*, ou algas azuis do gênero *Microcystis* são muito mais sensíveis do que inúmeros outros flagelados ou que a certas diatomáceas como *Achnanthes*. (34) Em meio de cultura têm sido observados os seguintes graus de resistência ao sulfato de cobre:

Algas	ppm (em $\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ )
Algas azuis	
<i>Calothrix</i>	até 8,0
<i>Cylindrospermum</i>	" 0,25
<i>Microcystis</i>	" 0,25
<i>Nostoc</i>	" 1,0
<i>Phormidium</i>	" 0,25
<i>Plectonema</i>	" 0,25
<i>Symploca</i>	" 2,0
Algas verdes	
<i>Ankistrodesmus</i>	até 0,5
<i>Chlamydomonas</i>	" 1,0
<i>Chlorella</i>	" 0,5
<i>Chlorococcum</i>	" 2,0
<i>Coelastrum</i>	" 1,0
<i>Gloeocystis</i>	" 0,25
<i>Oocystis</i>	" 1,0
<i>Scenedesmus</i>	" 8,0
<i>Sphaerella</i>	" 0,5
<i>Stigeoclonium</i>	" 0,25
Diatomáceas	
<i>Achnanthes</i>	até 1,0
<i>Gomphonema</i>	" 0,125
<i>Nitzschia</i>	" 1,0

Estes resultados não têm muito valor para fins de aplicação prática, a não ser para demonstrar a sensibilidade relativa, das várias algas, aos agente tóxico. Muito provavelmente as algas, quando em adequado meio de cultura, apresentam muito maior resistência aos tóxicos que no seu ambiente natural, onde se acham sujeitas à concorrência com outros organismos pelas fontes de alimento e de luz. (91) Em seu ambiente natural apresentam aproximadamente o dobro da sensibilidade. Além disso, em meio de cultura de elevado pH e alcalinidade, como são os meios empregados para algas, uma parte do cobre é precipitada sob a forma de compostos insolúveis, perdendo o seu efeito tóxico. (25)

Po outro lado, êsse mesmo fenômeno da precipitação do cobre ocorre nas águas dos mananciais em tratamento, havendo, algumas vezes, grande dispêndio de sulfato além do que seria necessário se todo êle permanecesse em solução. Por estas razões, a quantidade dêsse algicida a ser aplicada em cada manancial depende não só do gênero e muitas vezes da espécie do organismo a ser controlado como também da quantidade de matéria orgânica em suspensão e dissolvida, temperatura, tempo de contacto, dureza, pH etc. (37) Com relação a êsses dois últimos fatores, sabe-se que, em águas ricas em carbonato de cálcio, o sulfato de cobre combina-se a êste, dando formação a um precipitado de carbonato básico e hidrato de cobre, compostos insolúveis, ineficientes como algicidas. Por essa razão utiliza-se, algumas vezes, combinações do sulfato com citrato de cobre que apresenta, entretanto, o inconveniente de ser muito dispendioso. (22) (30) Isto é realizado através de uma mistura mecânica de citrato com o sulfato a fim de serem aplicados juntos. As seguintes regras podem ser adotadas, entretanto, quando se pretende aplicar apenas sulfato de cobre e em quantidade suficiente para formar um residual dissolvido além da parte precipitada pelos carbonatos. Em águas que apresentem uma alcalinidade ao **metil orange** inferior a 50 ppm, aplicam-se 0,3 ppm (0,3 gr. por m<sup>3</sup>) de sulfato em relação ao volume total de água, o que constitui quantidade suficiente para cobrir a demanda produzida pelos carbonatos; quando a alcalinidade é superior a 50 ppm é necessário uma concentração

de 2,0 ppm de sulfato em relação, porém, apenas à água da superfície (até 30 cm de profundidade) o que corresponde a aproximadamente 0,6 gr. por metro quadrado (1). É possível, também, através de um cálculo mais complicado, calcular-se a demanda total de sulfato de cobre existente em cada caso: sabendo-se aproximadamente a quantidade de sulfato de cobre que é necessária em culturas, para destruir o gênero de alga que se pretende controlar, determina-se, em função do volume do manancial, (ou apenas da parte que contém algas), a quantidade total de algicida a ser aplicada; essa dosagem será acrescida ou decrescida de 2,5 por cento para cada grau de temperatura acima ou abaixo dos 15° C (por causa das diferenças de solubilidade do sulfato) e acrescida, ainda, de 2 por cento para cada 10 partes por milhão de matéria orgânica existentes em suspensão ou solução na água. (37) É possível, ainda, determinar-se em amostras da própria água a ser tratada, a quantidade necessária de algicidas para causar a destruição das algas. (11)

c) **Métodos de aplicação do sulfato de cobre.** — O sulfato de cobre pode ser aplicado em forma líquida, de solução concentrada, ou em forma sêca, por vários métodos e equipamentos diferentes. Quando se trata de aplicá-lo em um reservatório de acumulação é muito importante que haja uma perfeita distribuição, por tóda a massa d'água evitando-se que se formem zonas de maior concentração ou precipitação de cristais de tamanho grande que cheguem ao fundo sem dissolver-se o que implica em perda de material além de prejudicar a população de peixes do manancial. Monie (27) chama atenção para o fato de que nada adianta conhecer-se a época mais apropriada e a quantidade exata em que deve ser aplicado o tóxico, se êste não fôr uniformemente distribuído na massa d'água. Assim, por exemplo, se se pretende obter uma concentração de 0,5 ppm, deve-se levar em conta, na aplicação superficial, o fato de que as regiões mais profundas devem receber maiores quantidades da substância que as mais rasas, a fim de que a distribuição seja realmente uniforme. Para isso é indispensável conhecer-se detalhadamente a topografia do manancial.



A solução ou os cristais podem ser espalhados pela superfície segundo voltas concêntricas, acompanhando a forma das margens, distantes cerca de 15 metros umas das outras (38) ou em zig-zag, com linhas distantes, também, cerca de 10 a 30 metros entre si dependendo do tamanho e profundidade do reservatório. (20) O sulfato pode ser colocado, na forma de cristais, em sacos de tecido permeável, com capacidade para 20 a 25 quilos. Estes, em número de dois ou quatro são mergulhados na água aos lados de um barco a motor que, passeando pela represa fará a distribuição da substância por toda a superfície. (20)(27)(37) Consegue-se, por este método, aplicar de 1.000 a 2.000 quilos de sulfato por dia, dependendo da temperatura da água. (38)

O sulfato pode, também ser moído e aplicado por meio de aparelhos especiais que se compõem de um triturador e uma bomba centrífuga com 3.000 a 3.500 r.p.m. ou ventoinha para aspergir o pó sobre a superfície da água, através de um tubo flexível. Todo o conjunto é instalado em um barco, sendo esse método especialmente empregado em casos de desenvolvimento de algas sensíveis a dosagens fracas de sulfato, em regiões próximas da superfície da água. Aplicam-se 4 e meia a 5 toneladas de sulfato em 5 horas, com esse aparelho, o que possibilita o tratamento de grande áreas em tempo relativamente curto, apresentando, ainda, a vantagem de o sulfato, reduzido a pó muito fino, dissolver-se com grande rapidez na água. (14) Uma variante desse método consiste na aplicação do pó por meio de um tapete rolante. (14) (27) (29) Apresenta a grande vantagem de permitir ao operador variar a quantidade de pó a ser aplicada por unidade de tempo, conseguindo-se, graduando a abertura de um dispositivo regulador, variação de 500 gr. a 100 Kg. por minuto.

A aplicação do sulfato em solução é feita, principalmente, por meio de bombas instaladas em lanchas, em conexão com um reservatório onde se dissolvem os cristais formando solução saturada. A mesma bomba serve como dispositivo de sucção destinada a recalcar água do lago para o interior do reservatório onde se faz a solução bem como, além disto, para diluir, na própria bomba, a solução saturada proveniente do reservatório, formando solução de menor concentração

que é espargida na superfície do lago. (1) Em alguns casos, ainda, é feita aplicação contínua de sulfato em solução, por meio de caixas fixas providas de boia reguladora de nível. Este último processo é utilizado especialmente no combate de vegetação que se desenvolve nas margens das represas, bem como de algas em águas correntes, canaletas de condução da água para a estação de tratamento etc.

### 3 — OUTROS ALGICIDAS.

Inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos têm sido experimentados no controle de algas em substituição ao cloro e ao sulfato de cobre. Palmer e Maloney (33) analisaram os efeitos de 76 compostos do ponto de vista de sua toxicidade sobre vários gêneros de algas quando desenvolvidos em meios de cultura. Entre esses compostos, foram ensaiados: sais inorgânicos de prata, sódio e cálcio; sais orgânicos de cobre, zinco, mercúrio etc.; ácido orgânicos; álcoois, aldeídos e cetonas; fenóis; hidrocarbonetos; compostos quaternários de amônia; derivados aminados; rosinaminas e antibióticos. Várias conclusões interessantes puderam ser extraídas dessas experiências, em particular no que se refere à ação seletiva desenvolvida por alguns desses compostos. Assim, por exemplo, as algas do gênero *Scenedesmus*, que são resistentes à maioria dos algicidas, inclusive aos compostos de cobre e ao cloro demonstraram-se particularmente sensíveis à ação do **brometo de lauril isoquinolina** (que entretanto não é muito ativo sobre outras algas) bem como ao **di (p-cloro fenil) metilcarbinol**, ao **cloreto de metil do decil benzol trimetil amônia** e à **actidiona**. Uma análise comparativa das várias substâncias de efeito tóxico comprovado sobre algas experimentadas por vários pesquisadores permite as seguintes conclusões. (25) (30)

a) **Compostos quaternários de amônia.** — O **Cloreto de dodecil acetamido dimetil benzil amônia (DAC)** demonstrou-se particularmente ativo sobre algumas algas verdes, controlando o desenvolvimento de vários gêneros destas quando aplicado em concentrações, inferiores a 0,5 ppm. Entre estas, mencionam-se espécies do gênero *Scenedesmus* que se apresentaram resistentes ao sulfato de cobre

# Sensibilidade Relativa de Diferentes Gêneros de Algas aos Vários Algicidas

Compostos:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{CuSO}_4 \text{ — Sulfato de cobre} \\ \text{Cl} \text{ — Cloro} \\ \text{2,3 DNQ} \text{ — 2,3 dicloronaftaquinona} \\ \text{DAC} \text{ — Cloreto de dodecila acetamido dimetil benzil} \\ \text{amônia} \\ \text{ZDD} \text{ — Dimetil ditiocarbamato de zinco} \\ \text{CMU} \text{ — 3 (p - clorofenil) — 1, 1 dimetil ureia} \\ \text{RADA} \text{ — Rosinamina D acetato} \\ \text{RADS} \text{ — Rosinamina D sulfato} \end{array} \right.$

Convenções  $\left\{ \begin{array}{l} ++ \text{ Muito sensíveis — tratamento econômico, em geral.} \\ \text{Não apresenta perigo.} \\ + \text{ Sensíveis — Ainda pode ser econômico, mas afeta o} \\ \text{fauna piscícola ou vegetação superior.} \\ - \text{ Resistentes — Tratamento antieconômico.} \\ -- \text{ Muito resistentes — Tratamento inviável.} \end{array} \right.$

GÊNEROS DE ALGAS	ALGICIDAS							
	I CuSO <sub>4</sub>	II Cl.	III 2,3 DNQ	IV DAC	V ZDD	VI CMU	VII RADA	VIII RADS
<b>ALGAS AZUIS</b>								
Amphithrix						++		
Anabaena	++	+	++			++		
Aphanizomenon	++	+	++					
Arthrospira						+		
Calothrix	--		-	-	--	+	-	-
Cylindrospermum	+		-	-	+	+	+	+
Coelosphaerium	++	+						
Gloeocapsa	++					+		
Glaeotheca (Coccochloris)						+		
Gloeotrichia			++			-		
Gomphosphaeria	++							
Lyngbya						+		
Microcystis	++	+	++	+	++	+	+	+
Nostoc	-		+	+	--	-	+	+
Oscillatoria	+	-						
Phormidium	+		-	++	-	-	+	+
Pleoctonema	++		++	-	-	+	-	-
Rivularia	++							
Symploca	--		-	+	--	-	+	-
<b>ALGAS VERDES</b>								
Ankistrodesmus	--		--	--	--	-	--	-
Botryococcus	+							
Chara	--							
Characium	-							
Chlorella	+		-	+	--	--	+	-
Chlorococcum	-		--	--	--	--	-	-
Cladophora	+					--		
Closterium	++							
Coccomyxa	+		--	--	--	--	--	--
Coelastrum	-	+	--	--	-	-	--	-
Crucigenia	-							
Desmidium	-							
Dictyosphaerium		+						
Draparnaldia	+							

Elaktothrix	--							
Enteromorpha	+							
Gloeocystis	+		-	+	--	-	+	+
Golenkinia	--							
Hydrodictyon	++							
Kirchneriella	--							
Mesotaenium	-		-	+	-	+	-	+
Microspora	+							
Nitella	--							
Oocystis	-		--	+	--	-	-	-
Palmella	--							
Pediastrum	--							
Pithophora	-							
Protococcus		+						
Rhizoclonium						--		
Scenedesmus	--		--	+	--	++	-	-
Sphaerella (Haematococcus)	++		-	+	-	+	++	+
Spirogyra	++					-		
Staurastrum	-							
Stigeoclonium	+		--	+	-	-	+	-
Stychococcus						-		
Tetraedron	-							
Tetrastrum		+						
Tribonema	+							
Ulothrix	++							
Zygnema	+							
DIATOMACEAS								
Achnanthes	-		+	+	-	-	+	+
Asterionella	++	+						
Cyclotella		+						
Cymbella	-							
Fragillaria	++							
Gomphonema	++		+	+	+	-	+	++
Melosira	++	--						
Navicula	++							
Nitzschia	+		+	+	-	-	+	+
Stephanodiscus	+							
Synedra	+	+						
Tabellaria	+	+						
FLAGELLADOS PIGMENTADOS								
Ceratium	+	+						
Chlamydomonas	-		-	+	-	--	+	+
Dinobryon	++	+						
Eudorina	--							
Euglena	+	+						
Glenodinium	+							
Mallomonas	+							
Pandorina	--							
Peridinium	-							
Uraglena		+						
Uroglenopsis	++							
Synura	++	+						
Volvox	++	+						

quando aplicado em concentrações maiores que 1 ppm; **Oocystis**, **Mesotaenium** e **Stigeoclonium** também muito resistentes ao cobre; algumas algas azuis resistentes a outros compostos puderam ser também controlados por este composto, como por exemplo, **Phormidium**; flagelados pigmentados do gênero **Chlamydomonas**, resistentes a 1 e 2 ppm de sulfato de cobre foram controlados com 0,25 a 0,5 ppm do composto orgânico o mesmo sucedendo com algumas diatomáceas, como **Achnanthes** e **Nitzschia**. Por outro lado, algumas algas, como as verdes dos gêneros **Chlorococcum**, **Ankistrodesmus** e outras mostraram-se resistentes à sua ação tóxica. Além disso, esse composto parece ser menos tóxico aos peixes que os compostos de cobre.

b) **Rosin aminas**. — A **rosin amina D acetato** (RADA) apresenta poder algicida sobre uma grande número de algas destruindo, quando em dosagens de 0,5 ppm, muito maior número de gêneros que o sulfato de cobre à mesma concentração; a **rosin amina D sulfato** (RADS), ao contrário da anterior, é seletiva em sua ação, mostrando-se muito eficiente sobre **Mesotaenium**, **Gloeocystis** e algumas **Chlamydomonas**, quando aplicado em concentração de apenas 0,25 ppm e destruindo várias diatomáceas, como **Nitzschia**, **Gonphonema** e **Achnanthes** em concentração iguais ou inferiores a esta. As rosin aminas não são mais tóxicas aos peixes que o sulfato de cobre, mas a sua eficiência, na água, depende, como no caso do sulfato, de fatores como pH, dureza etc.

c) **Quinonas** — A mais empregada é a **2,3 dicloronaftoquinona**, (23DNO). Este é um composto de ação seletiva, particularmente tóxico às algas azuis. Muito eficiente, quando empregado em dosagens de 0,05 a 0,5 ppm sobre alguns gêneros desse grupo, tais como **Anabaena**, **Microcystis**, **Aphanizomenon**, **Gloeotrichia**, **Nostoc** e **Plectonema** é, entretanto ineficaz ainda que em concentrações elevadas, no controle de outras algas azuis ou de outros grupos. Por essa razão é usado de preferência em casos de floração, sendo aplicado sob a forma de suspensão que é aspergida na superfície do manancial em quantidade suficiente para produzir uma concentração de 30 a 55 ppb que é suficiente, na maior parte dos casos,

para controlar florações maciças produzidas por algas dos primeiros quatro gêneros acima mencionados, sem entretanto, causar destruição de peixes e outros animais bem como de plantas aquáticas e outros grupos de algas (19). Deve-se estar prevenido, entretanto, contra uma eventual proliferação de algas verdes e outros organismos que se pode dar após essa maciça destruição das azuis.

d) **Compostos de uréia** — Tem sido empregado com frequência o **3 (p-cloro fenil) -1, 1-dimetil uréia** (CMU), que se demonstra eficiente sobre a maior parte das algas, quando aplicado em concentrações de 2ppm, destruindo a maioria das algas azuis quando em doses de 0,5 a 1ppm. Esse composto é, entretanto, tóxico à maior parte das plantas superiores, oferecendo o perigo de esterilização dos solos. Por outro lado, é muito menos tóxico a peixes e a outros animais aquáticos que a maioria dos outros algicidas. (17) (24)

e) **Compostos orgânicos de zinco**. O **dimetil ditiocarbamato de zinco** (ZDD) é eficiente no controle de grande número de algas, mesmo quando empregado em quantidades infinitamente pequenas. Assim, dosagens inferiores a 0,004 ppm são eficientes na destruição de **Microcystis**. Outras algas azuis, como **Cylindropermum** e **Plectonema** bem como diatomáceas dos gêneros **Achnantes**, **Gonphonema** e **Nitzschia** podem ser controlados com dosagens inferiores a 0,032ppm. Entretanto, uma importante limitação ao uso dessa substância como algicida, a não ser em casos especiais, está no seu elevado grau de toxidez aos peixes, destruindo-os mesmo quando em concentrações de 0,01 ppm (6) ou até mais baixas (30)

7) **Antibióticos**. — **Estreptomina**, **neomicina**, **terramicina** e alguns outros antibióticos têm-se demonstrado eficientes, como algicidas, no controle de algas azuis, enquanto que a actidiona age seletivamente sobre certas algas verdes e diatomáceas. Concentrações de apenas 0,015 micrograma por mililitro de estreptomina são suficientes para controlar algumas algas azuis não exercendo efeitos sobre as verdes. Palmer acredita, mesmo, que a produção natural de antibióticos por certos estreptomicetos aquáticos constitui a causa de não proliferação de algas azuis em alguns mananciais. Tem

sido lembrada, também, a possibilidade de utilização futura como algicida da **clorelina**, antibiótico produzido pelas próprias algas e que possui grande capacidade de inibir o seu próprio crescimento. (6)

#### 4 — PEIXES MICRÓFAGOS

Grande número de algas é eliminada, nos reservatórios, pelos peixes que delas se alimentam. Existem alguns peixes, nativos deste país que podem ser considerados micrófagos. Além destes, alguns peixes importados, como as carpas e as tilápias alimentam-se de vegetação do fundo, inclusive de algas, especialmente quando jovens. Existem algumas espécies de tilápias, no Congo Belga, entretanto, que se alimentam exclusivamente de seres microscópicos, como por exemplo **Tilapia macrochir** e **T. nilotica**, as quais, porém, não foram introduzidas neste país. A criação desses peixes em reservatórios de pequenas dimensões poderia constituir, talvez, um meio de controle de microorganismos porém, em mananciais de grandes dimensões não chega a ser significativa a destruição de algas. Apenas são utilizadas para controle de vegetação superior.

#### 5 — FILTRAÇÃO E MICROFILTRAÇÃO

Cerca de 90 por cento e às vezes mais, das algas de uma água bruta que entra na estação de tratamento pode ser removida na decantação após a coagulação. A eficiência da coagulação pode ser aumentada pela adição de sílica ativada. (32) A filtração, após a decantação, remove ainda cerca de 90 por cento do restante de algas podendo obter-se, assim, com o tratamento comum de água, uma eficiência final de 99 por cento ou mais. A eficiência da filtração entretanto, pode variar muito, de acordo com vários fatores, entre os quais, o tamanho das algas, a sua capacidade de flocular o tamanho dos grãos de areia etc. (3)

Um método especial de filtração, com particular aplicação para a remoção de microorganismos é constituído pelos **microfiltros**, que surgiram na Inglaterra, após a última guerra, sendo inicialmente destinados à eliminação de sólidos em suspensão sem a necessidade de uma prévia coagulação (4) O microfiltro é

constituído de um cilindro giratório revestido por uma fina tela de aço inoxidável com malhas de 65, 35 ou 23 micra de abertura o que significa que um aparelho de tamanho padrão, com 3,30 m. de diâmetro possui aproximadamente 7 trilhões de malhas em sua superfície. Esses cilindros são construídos, em geral, com aproximadamente 0,72; 1,65; 2,45 e 3,30 metros de diâmetro, medindo, respectivamente: 0,65; 1,0; 1,65 e 3,30m de comprimento. (16) Uma das extremidades do cilindro é aberta e dá entrada à água que se escôa através dos orifícios da tela metálica. No alto do aparelho estão situados vários bocais que emitem um jacto de água sobre a tela, de fora para dentro, de maneira a manter os orifícios desentupidos, havendo na face interna do cilindro, na sua parte superior, um recipiente que recolhe essa água de lavagem, a qual é conduzida por um tubo de despejo. O cilindro gira com rotação média de 1,5 rpm, imerso na água até três quintas partes, mais ou menos, do seu diâmetro. (39) A tela retém, naturalmente, todas as partículas de diâmetro superior ao de suas malhas mas, além disso, há formação de uma fina camada de material coloidal, ou partículas sólidas, que constitui uma película semelhante ao "Schmutzdecke" dos filtros de areia, porém muito mais fina, da qual depende a eficiência do aparelho (4) (23) Essa película é removida pelos jactos de água, mas forma-se imediatamente a seguir, quando a tela limpa mergulha novamente na água. Esses aparelhos têm capacidade individual variável desde algumas centenas de milhares, até cerca de 500 milhões de litros por dia com um consumo que varia de dois a dez por cento para os jactos de lavagem. A redução do número de algas em alguns casos, é da ordem de 85 por cento para o placton em geral podendo chegar a 100 por cento para certos gêneros, em determinadas circunstâncias. (8) (34)

#### REFERÊNCIAS:

- 1 — BARTSCH, A. F. 1954. Practical methods for control of algae and water weeds *Public Health Reports*, 69: 749-757, E. U. A.
- 2 — BARTSCH, A. F., 1958. Weed and algae control. *Plankton identification and control — course manual* — U. S. Department of Health, Education, and Welfare, E. U. A.

- 3 — BORCHARDT, J. A.; O'MELIA, C. R.; 1961. — *The sand filtration of algae suspensions* (Mimeografado), E. U. A.
- 4 — BOUCHER, P. L., 1956 — Micro-straining and its applications. *Journal of the New England Water Works Assn.*, (março de 1956) E. U. A.
- 5 — BRANCO, S. M., 1958 — Causas do desenvolvimento de algas nos decantadores de estações de tratamento de águas. *Revista DAE*, 19 (n.º 32): 91-93, São Paulo.
- 6 — BRANCO, S. M., 1959 — Alguns aspectos da hidrobiologia importantes para a engenharia sanitária. *Revista DAE*, 20 (n.º 33): 21-30; (n.º 34): 29-42, São Paulo.
- 7 — BRANCO, S. M., 1960 — Os sais mine-rais, como fatores de poluição *Revista DAE*, 21 (n.º 36): 49-51, São Paulo.
- 8 — BRANCO, S. M., 1960 — Observações sôbre o comportamento de peixes em presença de certos compostos metálicos dissolvidos na água. *Revista DAE*, 21 (n.º 37): 37-41 São Paulo.
- 8 — BRANCO, S. M., 1961 — Biologia dos rios Biritiba, Jundiá e Taiassupeba — Previsão e sugestões sôbre futuros problemas hidrobiológicos decorrentes do represamento. *Revista DAE*, 21 (n.º 39): 71-74, São Paulo.
- 10 — BRANCO, S. M., 1961 — Biologia das represas do Alto Cotia. I — Influência da cor das águas na população algológica das represas de Pedro Beicht e da Cachoeira da Graça. *Revista DAE*, 22 (n.º 41): 51-55, São Paulo.
- 11 — BRANCO, S. M., BRANCO, W. C., 1958 — Processos para se verificar em laboratório, o efeito de substâncias tóxicas sôbre algas. *Revista DAE*, 19 (n.º 32): 93-95, São Paulo.
- 12 — CAPOCCHI, J., 1960 — *Abastecimento de água. Cuidados higiênicos a tomar na construção e na conservação de reservatórios de acumulação.* (Mimeografado). Centro de Estudos Químicos Sanitários do DAE, São Paulo.
- 13 — CUNHA, A., 1937 — O emprêgo dos canos de cobre e de latão em instalações domiciliares e os efeitos do cobre sôbre a saúde. *Boletim RAE*, 1: (n.º 3): 327-331, São Paulo.
- 14 — DERBY, R. L.; TOWNSEND, F. W., 1953 — Reservoir treatment by improved methods. *Water and Sewage Works*, 100: 211-216. E. U. A.
- 15 — DOUDOROFF, P.; KATZ, M. 1953 — Critical review of literature of the toxicity of industrial wastes and their components to fish. *Sewage and Industrial Wastes*, 25: 802-839, U. S. A.
- 16 — EVANS, G. R., 1958 — *A new method of fine straining.* (Mimeografado) Maritime Branding of Canadian Section A.W.W.A. Canadá.
- 17 — FITZGERALD, G. P., 1957 — The control of the growth of algae With C M U. *Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters*, 46: 281-294, E. U. A.
- 18 — FITZGERALD, G. P., 1959 — Loss of algicidal chemicals in swimming pools. *Applied Microbiology*, 8: 269-274, E. U. A.
- 19 — FITZGERALD, G. P.; SKOOG, F., 1954 — Control of blue-green algae bloms with 2, 3 — Dichloronaphthoquinone. *Sewage and Industrial Wastes*, 26: 1136-1140, E. U. A.
- 20 — HALE, F. E., 1957 — *The use of copper Sulfate in control of microscopic organisms.* Ed. Philips Dodge Refining Corporation, E. U. A.
- 21 — HUET, M., 1957 — *Dix années de pisciculture au Congo Belge et au Ruanda Urundi.* Ministère de l'Agriculture, Bélgica.
- 22 — IVES, K. J., 1957 — Algae and water supplies. 3 — Control of algae in reservoirs. *Water and Water Engineering*, 59: 387-389. Inglaterra.
- 23 — KILLAM, E. T., 1959 — Microstraining and ozonation — Pilot plant-investigations for treating a surface-water supply at Danvers, Massachusetts. *Journal of New England Water Works Assn.*, Março de 1959. E. U. A.
- 24 — MALONEY, T. E., 1958 — Control of algae with chlorophenol dimethyl urea. *Journal of American Water Works Assn.*, 50: 417-422. E. U. A.
- 25 — MALONEY, T. E.; PALMER, C. M., 1956 — Toxicity of six chemical compounds to thirty cultures of algae. *Water and Sewage Works* novembro, 1956. E. U. A.
- 26 — METZLER, D. F. et al., 1958 — Emergency use of reclaimed water for potable supply ant Chanute, Kan. *Journal of American Water Works Assn.*, 50: 1021-1060. E. U. A.
- 27 — MONIE, W. D., 1956 — Algae control with copper sulfate. *Water and Sewage Works*, Setembro 1956. E. U. A.
- 28 — NAUMANN, E., 1958 — L'effet biologique du chlore et de ses composés dans la desinfection des eaux. *La technique de l'eau*, 12:(n.º 136): 17-31. Bélgica.
- 29 — NESIN, B. C.; DERBY, R. L., 1954 — Methods of controlling aquatic growths in reservoirs. *Journal of American Water Works Assn.* 46: 1141-1158. E. U. A.
- 30 — PALMER, C. M., 1956 — Evaluation of new algicides for water supply purposes. *Journal of American Water Works Assn.*, 48: 1133-1137. E. U. A.

- 31 — PALMER, C. M., 1958 — Algae and other interference organisms in New England water supplies. *Journal of New England Water Works Assn.*, 72: 28-46. E. U. A.
- 32 — PALMER, C. M., 1959 — *Algae in water supplies*. U. S. Department of Health, Education, and Welfare.
- 33 — PALMER, C. M. MOLONEY, T. E., 1955 — Preliminary screening for potential algicides. *The Ohio Journal of Sciences*, 55 (n.º 1) E. U. A.
- 34 — PALMER, C. M.; POSTON, H. W., 1956 — Algae and other interference organisms in Indiana water supplies. *Journal of American Water Works Assn.*, 48: 1335-1346, E. U. A.
- 35 — PHELPS, E. B., 1953 — *Stream sanitation*. John Wiley Sons, E. U. A.
- 36 — POTER, J. R., 1957 — *Bacterial chemistry and physiology*.
- 37 — SIVEY, J. K.; HARRIS, B. B., 1951 — Algae in water supplies. *Manual for water works operators*, 288-321, E. U. A.
- 38 — TARLTON, E. A., 1949 — Algae control — Experiences and practices at Danbury, Conn. *Water and Sewage Works*, (junho de 1949): 221-224, E. U. A.
- 39 — TURRE, G. J., 1959. The use of microstraining unit at Denver. *Journal of American Water Works Assn.*, 51: 354-362, E. U. A.
- 40 — WHIPPLE, G. C., FAIR, G. M.; WHIPPLE, M. C., 1927 — *The microscopy of drinking water*. John Wiley Sons, E. U. A.