

# Culturas hidropônicas como forma de remoção e reciclagem de nutrientes minerais dos efluentes de sistemas de tratamento de esgotos (\*)

Samuel Murgel Branco (1)  
Ricardo Silveira Bernardes (2)

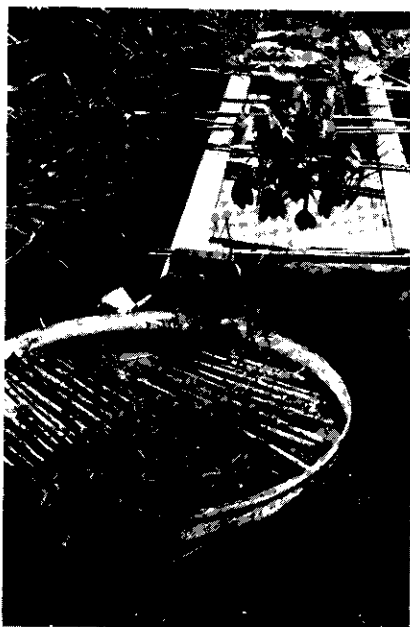
## 1. INTRODUÇÃO

Acompanhando o incremento das atividades agrícolas, industriais e a própria expansão das populações urbanas, a eutrofização dos corpos d'água tem sido um problema que preocupa os profissionais ligados à área de recursos hídricos. Devido à diversidade de causas do processo, as formas de evitá-la são bastante complexas, sendo que como característica comum procura-se evitar a introdução de nutrientes minerais ou matéria orgânica passível de mineralização na massa d'água. Isto porque excessos de nutrientes provocam um aumento no crescimento de organismos vegetais, sendo que a partir de certos valores essa massa biológica traz problemas para a utilização da água.

Todavia, o descarte desses nutrientes nos corpos d'água tem acarretado outro problema, talvez com amplitude igual ou maior ao já citado. O aumento da população tem exigido cada vez mais alimentos, basicamente consistindo de produtos provenientes da atividade agrícola. Para incremento da produção, torna-se necessária a utilização cada vez maior de nutrientes minerais, os quais por não estarem sendo reciclados exigem uma exploração mais intensa das fontes de fornecimento, fontes essas muitas vezes esgotáveis a curto prazo.

Foi da preocupação com esses dois aspectos do problema que surgiu a idéia de se utilizar águas eutrofizadas para cultivo de vegetais superiores com finalidade de servir para alimentação, tanto do homem, como de animais. Isto porque de forma generalizada tem-se procurado utilizar plantas aquáticas para remoção de nutriente, mas de maneira geral o aproveitamento posterior

dessas plantas se dá na forma de geração de energia e composto orgânico. Em vista da possibilidade de cultivo de plantas terrestres em culturas hidropônicas, procurou-se atender não só ao aspecto de tratamento da água, como da possibilidade de produzir alimentos. A cultura hidropônica, isto é cultivo em água (sem solo) apresenta a vantagem adicional de permitir menor espaçamento e, portanto, maior produção por área plantada.



Hidropônias: no primeiro plano, batata-doce (tanque circular). Atrás, taioba e inhame

## 2. TRABALHO EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi desenvolvido no recinto do CRHEA — Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, da Escola de Engenharia de São Carlos — USP, o qual situa-se às margens da Represa do Lobo. Essa proximidade com a represa, bem como a disponibilidade de área, tem permitido estudos sobre eutrofização e formas de controle biológicas para tratamento de esgotos.

Um dos sistemas em operação e que foi utilizado para a execução desse estudo, foi um conjunto em série de decantador primário, lagoa facultativa e lagoa de maturação. Esse sistema trata um resíduo composto de fezes de porco diluídas em água, em proporção que permita uma boa semelhança com esgoto doméstico. O efluente final desse sistema foi utilizado para as culturas hidropônicas.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS E OPERAÇÃO DAS HIDROPÔNIAS

Apesar do sistema de tratamento apresentar boa eficiência no tocante à redução de nitrogênio e fósforo, o efluente da lagoa de maturação ainda possui esses elementos em concentrações que permitem enquadrar essa água como eutrofizada. A vazão tratada é descontínua e igual a 200 litros por dia. Essa descarga tem sido dada por volta das 8h30 da manhã e programada para encerrar o escoamento por volta de 11 horas da manhã.

As culturas hidropônicas foram feitas em dois tanques em série, sendo o primeiro uma canaleta de fibrocimento e o segundo um tanque metálico circular, com volume total para ambos de 460 litros. Essa capacidade total, associada à vazão de 200 litros por dia, nos dá um tempo de detenção da ordem de 2,3 dias.

Esses tanques foram operados desde a implantação, no início de janeiro de 83, até o presente mês de setembro, sem interrupção. Todavia, durante os meses de março e abril, não foi possível a execução de análises, tendo sido feito somente controle visual. Desse controle, pôde-se observar que o efluente das hidropônias, que desde o início apresentava algas microscópicas em quantidades relativamente altas, em meados de abril tornou-se bastante clarificado, característica que mantém até hoje. Esse fato coincidiu com a maior expansão das raízes das plantas introduzidas.

(\*) Trabalho desenvolvido no CRHEA-Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, da Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

(1) Professor Titular da Escola de Engenharia de São Carlos, USP

(2) Engenheiro Civil — Pós-Graduado em Hidráulica e Saneamento.

## 2.2 PLANTIO

As plantas introduzidas foram batata-doce, inhame, taioba e tomate. Esses vegetais foram plantados em etapas, as quais foram indicadas nos gráficos de redução de nitrogênio e fósforo. A disposição das plantas nos tanques pode ser vista em fotos anexas.

Para fixação das plantas nos tanques, foi utilizada treliça de bambus, as quais ficavam flutuando e permitiam que se amarrasse ou simplesmente acomodasse as plantas nos seus tramos.

No início do experimento, foi plantada batata-doce em todo o tanque metálico e taioba no primeiro terço do tanque de fibrocimento. A batata foi introduzida na forma de rama e a taioba na forma de muda. Essa etapa está indicada nos gráficos pelo n.º 1.

O desenvolvimento da batata-doce tem sido bastante lento, desde o início, sendo que nos últimos dois meses esse ritmo tem diminuído. Apesar da formação intensa de raízes, não se configurou até agora o aparecimento da batata.

Quanto à taioba, seu crescimento foi bastante rápido, com desenvolvimento de sistema radicular bastante intenso. A produção de folhas tem acompanhado esse crescimento.

Em meados de julho foram introduzidas plantas de inhame, tanto na forma de mudas como na forma de tubérculo, ocupando-se quase que totalmente o tanque de fibrocimento. Ambas as formas desenvolveram-se rapidamente, sendo que as mudas soltaram novas folhas e aumentaram suas raízes em tempo bastante curto. Essa etapa é representada nos gráficos pelo n.º 2.

No final de agosto, foram introduzidas mudas de tomateiro, já com um mês de germinação em canteiro. Essas mudas têm apresentado crescimento relativamente lento, embora tenham aparecido flores e frutos. Essa etapa é representada nos gráficos pelo n.º 3.

## 2.3 ANÁLISES

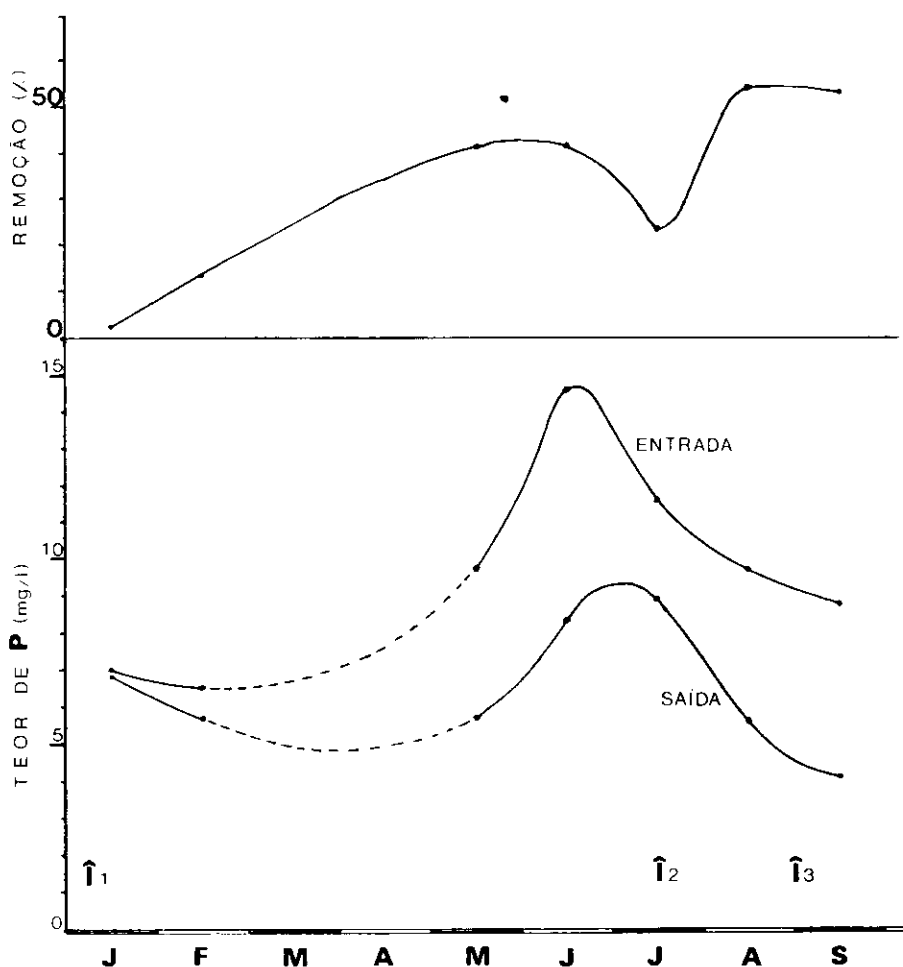
Foram feitas análises do afluente e efluente nos tanques, para determinação de nitrogênio total, fósforo total e pH.

Os valores médios encontrados para nitrogênio e fósforo estão representados nos gráficos anexas.

Quanto ao pH, temos duas situações, quais sejam, a entrada e a saída das hidropônias. A entrada, por tratar-se de efluente de lagoa de maturação, apresentava quantidades relativamente altas de algas, as quais faziam variar o pH durante o dia, em função da atividade de fotossíntese. Durante o dia, com o incremento da produção de oxigênio e consumo do gás carbônico, o pH tendia a aumentar até valores máximos da ordem de 12 ao final da tarde. Durante a noite, o pH decrescia devido ao consumo do oxigênio pelos organismos e produção de gás carbônico proveniente da respiração, chegando a va-



Hidropônias: taioba e inhame (detalhe do sistema de fixação)



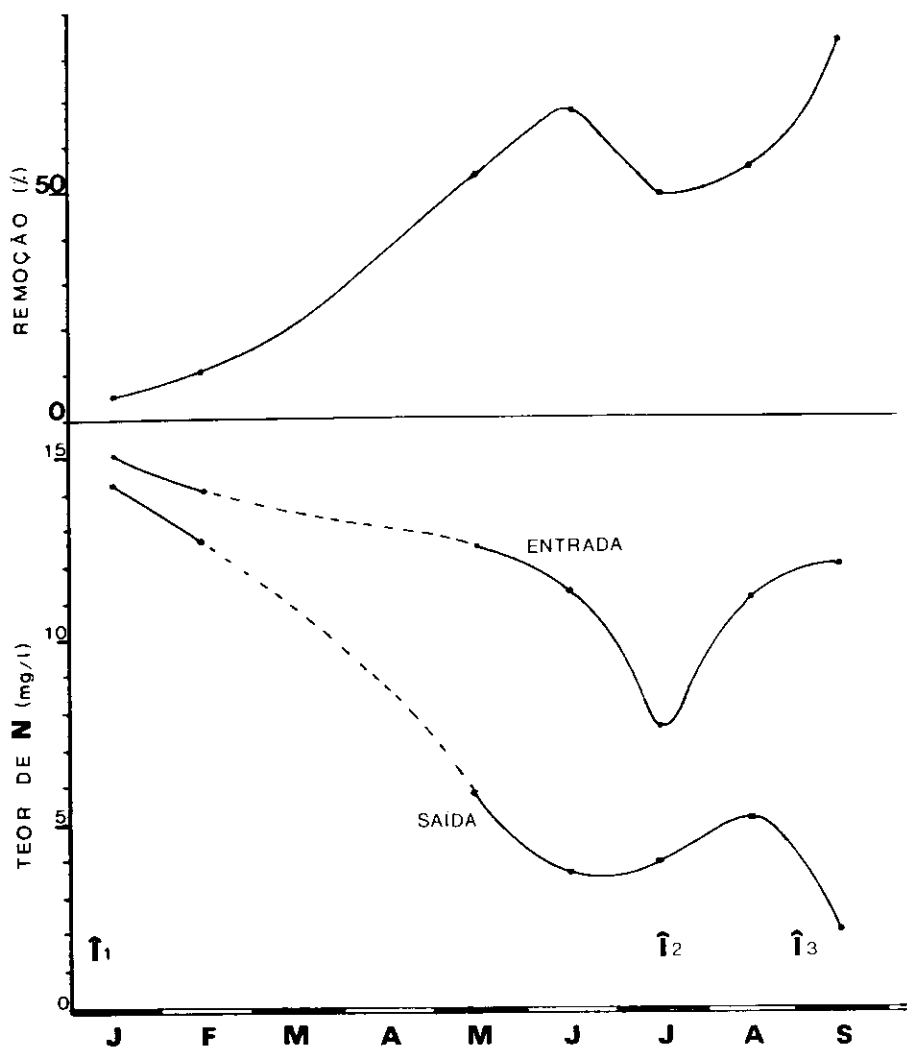
lores por volta de sete nas primeiras horas da manhã. Como as coletas eram feitas sempre por volta de 9 horas da manhã, o pH nesse período permanecia aproximadamente constante, com valor médio igual a 9,7.

A saída, até por volta de meados de abril, ainda apresentava algas em quantidade, com pH médio de 8,0. A partir desse período, diminuiu o número de algas e o pH médio decresceu para 7,3.

## 2.4 RESULTADOS

Os resultados obtidos das análises foram lançados em gráficos, os quais são apresentados a seguir. De maneira geral, sempre houve remoção desses nutrientes, variando no entanto essa eficiência em função do tempo, relativamente aos diferentes estágios de crescimento das plantas.

Quanto ao desenvolvimento dessas



plantas, pôde-se observar que as respostas não foram homogêneas, fazendo acreditar que devam ser escolhidos vegetais que tenham a melhor adaptação possível.

### 3. DISCUSSÃO

Como primeira observação, constata-se que a redução do nitrogênio é mais elevada que a do fósforo. Isto se explica pelo fato de que as plantas necessitam desses elementos numa proporção entre nitrogênio e fósforo na faixa de 20/1 a 30/1. Dessa forma, a retirada de nitrogênio pelos vegetais é muito maior que a retirada de fósforo. Além disso, o pH das hidropônias, acima de 7, está numa faixa onde a eficiência de retirada do fósforo pelas plantas é bastante baixa. Dessa forma, acredita-se que boa parte do fósforo é retido por sedimentação. Todavia, para uma definição desse aspecto, é importante uma análise do lodo formado nos tanques, para determinação das concentrações desse elemento.

Outra observação é que as análises feitas foram nitrogênio total e fósforo total. Como os resultados dessas análises representam não exatamente a parcela possível de absorção pelas

plantas, é importante efetuar-se análises principalmente de nitratos e fosfatos.

Analisando-se os gráficos, pode-se constatar que a eficiência de remoção está bastante ligada ao estágio de crescimento das plantas.

Para nitrogênio, a eficiência de remoção teve valores crescentes, a partir de 5% até próximo a 70%, o que ocorreu em meados de junho. A partir daí, com a diminuição do crescimento das plantas, a eficiência reduziu-se, até valor pouco menor que 50%, em meados de julho. Desse ponto em diante, com a introdução de novas plantas, essa remoção tornou a aumentar, atingindo valores próximos de 80%.

Para o fósforo, as constatações são semelhantes, com a remoção indo de aproximadamente 3% no início do experimento até aproximadamente 40% em meados de junho, a partir de quando passou a cair, até valor próximo de 20%, em meados de julho. A partir daí, tornou a crescer a eficiência, atingindo valores próximos de 50%, onde se estabilizou. Essas observações nos levam a acreditar, para o caso do fósforo, que embora as plantas pareçam não absorver esse elemento integralmente,

sua etapa de crescimento é bastante importante na remoção apresentada.

Para tempo de detenção de 2,3 dias, relativamente curto em comparação com lagoas de maturação, a eficiência de remoção de nutrientes é bastante alta. Isso pode viabilizar o processo para vazões relativamente grandes. Tornam-se necessários estudos mais apurados de plantas com boa adaptação e que sejam economicamente interessantes.

Quanto à remoção de outros nutrientes, encontrados em menores quantidades, é de esperar que as plantas os absorvam na medida de suas necessidades.

No tocante aos aspectos sanitários de transmissão de doenças pela utilização dos vegetais, tornam-se necessárias algumas considerações. A primeira delas, para o caso de estarmos utilizando efluente terciário, as garantias de qualidade quanto a patogênicos são bastante elevadas, devendo-se somente respeitar um período de carência entre a colheita e a utilização dos vegetais.

Se por outro lado, tivermos águas com possibilidade de terem altas concentrações de patogênicos, torna-se necessária a escolha de vegetais cujas características dificultem o contato entre as partes utilizáveis e a água em tratamento, além de respeitar períodos de carência maiores.

Outra preocupação seria quanto à presença de substâncias tóxicas que pudessem ser acumuladas pelas plantas. Neste caso, é importante uma vigilância apurada, não só quanto à qualidade da água, quanto à qualidade dos vegetais.

### Agradecimentos

Os autores desejam externar, nesta oportunidade, sua gratidão à ajuda, interesse e sugestões com que foram brindados, no decorrer deste experimento, pelo pessoal que exerce atividades de pesquisa e serviços auxiliares, junto ao laboratório de hidrobiologia do CRHEA. Em particular, destacam-se: o sr. João Miedzielski, horticultor; srta. América Jacyntho de Moraes, técnica de Laboratório; Biólogo Carlos Eduardo Matheus, Ecóloga Eloisa Pozzi, Eng.º Valdir Schalch e a Profa. Dra. Olentina de Souza Lima.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ROMITELLI, M. S. "Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrófitas aquáticas do gênero EICHHORNIA". Revista DAE — Ano XLIII — n.º 133 — Junho de 1983.
- 2) BRANCO, S. M. "Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária". CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental São Paulo, Brasil, 1978.
- 3) MAKING AQUATIC WEEDS USEFUL: Some Perspectives for Developing Countries National Academy of Sciences Washington, D. C. 1976.
- 4) JARGE, J. A. "Solo — Manejo e Aducação" Edições Melhoramentos Editora da USP, 1968.