

ELAINE DE AZAMBUJA CORRÊA SWAROFSKY

**AVALIAÇÃO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE
PISCICULTURA DA COLÔNIA PENAL AGRÍCOLA DE
PIRAQUARA, PARANÁ.**

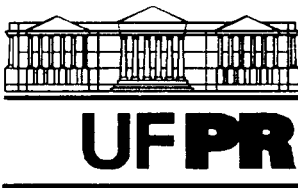
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Agronomia. Área de Concentração em Ciências do Solo.

Orientador: Dr. Eduardo Felga Gobbi

Co-orientador: Dr. Paulo César Falanghe
Carneiro

CURITIBA

2003



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648
E-mail: pgcisol@ufpr.br

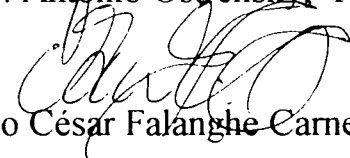
P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **ELAINE DE AZAMBUJA CORRÊA SWAROFSKY**, sob o título "Avaliação do Efluente da Estação de Piscicultura da Colônia Penal Agrícola de Piraquara, Paraná", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, com o conceito "B", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba aos 26 de novembro de 2003.


Prof. Dr. Eduardo Felga Gobbi, Presidente.


Prof. Dr. Antonio Ostrensky, I° Examinador.


Prof. Dr. Paulo César Falange Carneiro, II° Examinador



Dedico esse trabalho a todos os que se empenham para que as ações do homem sobre nosso planeta não sejam tão desastrosas a ponto de esgotar sua capacidade de renovação natural.

Agradeço muito aos meus pais, Nocy e João Batista, pelo apoio em todos os momentos da minha vida. Ao meu marido, Elton, pela compreensão, incentivo e carinho nos momentos difíceis. Aos meus amigos por acreditarem que tudo é possível e saberem manter sempre o bom humor. Aos professores que, sem medirem esforços, esclareceram muitas dúvidas e possibilitaram a realização desse trabalho. Aos técnicos de laboratório pela paciência e empenho no auxílio para o acompanhamento das análises.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1- INTRODUÇÃO	9
2- MATERIAL E MÉTODOS	16
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.2 HISTÓRICO DAS ATIVIDADES ANTES DO EXPERIMENTO.....	16
2.3 EXPERIMENTO.....	16
2.3.1 Arraçamento.....	17
2.3.2 Localização das Estações de Coleta.....	18
2.3.3 Amostragem de Solo.....	19
2.3.4 Amostragem de Água.....	22
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1 DESPESCA FINAL.....	24
3.2 CONTRIBUIÇÃO DAS RAÇÕES.....	25
3.3 SOLO.....	27
3.3.1 Carbono Orgânico Total.....	27
3.3.2 Fósforo Total.....	29
3.3.3 Nitrogênio Total.....	32
3.3.4 Análise Textural.....	33
3.4 ÁGUA E EFLUENTE.....	36
3.4.1 Demandas Bioquímica e Química de Oxigênio (DBO e DQO).....	36
3.4.2 Fósforo Dissolvido.....	37
3.4.3 Sólidos Suspensos Totais.....	39
3.4.4 Nitrogênio Total.....	40
4- CONDIÇÕES DO RESERVATÓRIO DO IRAÍ (CORPO RECEPTOR DOS EFLUENTES)	41
5- EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE PISCICULTURA DA COLÔNIA PENAL	45

6- CONCLUSÕES.....	46
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
8-.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DESCRIÇÃO DOS POVOAMENTOS.....	17
TABELA 2. - QUANTIDADES DE CADA RAÇÃO FORNECIDAS DURANTE OS MESES DE PRODUÇÃO.....	18
TABELA 3 - QUANTIDADE MENSAL DE CARBONO E NUTRIENTES RECEBIDOS NO ARRAÇOAMENTO.....	25
TABELA 4 - ESTIMATIVA DOS APORTES E DOS MONTANTES TOTAIS DE CARBONO, NITROGÊNIO E FÓSFORO RECUPERADOS NA PRODUÇÃO DE 1039,8 KG VIVOS DE TILÁPIAS E CARPAS. MODELO PROPOSTO POR HILLARY & BOYD (1997)	26
TABELA 5 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NUTRIENTES ENCONTRADOS NAS AMOSTRAS COMPOSTAS.....	27
TABELA 6 – COMPARAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS DE DBO E DQO RELATADAS POR IAP/EMATER (1998) E OBTIDAS NO PRESENTE ESTUDO.....	36
TABELA 7 - CARGAS MÁXIMAS DE MACRO-NUTRIENTES OBTIDAS PARA OS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS DO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO IRAI.....	42
TABELA 8 – CARBONO E NUTRIENTES PRESENTES NO EFLUENTE DOS VIVEIROS (CONTRIBUIÇÃO MENSAL).....	45

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - VISTA DO VIVEIRO 4 E CASA DE APOIO.....	15
FIGURA 2 - LAGO DE ABASTECIMENTO DOS VIVEIROS.....	15
FIGURA 3 - CANAL DE ABASTECIMENTO E VISTA PARA O VIVEIRO 3.....	15
FIGURA 4 - CROQUI ESQUEMÁTICO REPRESENTANDO OS LOCAIS DE COLETA DE ÁGUA E DE SOLO.....	19
FIGURA 5 - ESTAQUEAMENTO DO VIVEIRO 3 IDENTIFICANDO OS LOCAIS DE AMOSTRAGEM DE SOLO.....	21
FIGURA 6 - ESTAQUEAMENTO DO VIVEIRO 3.....	21
FIGURA 7 - ESTAQUEAMENTO DO VIVEIRO 1.....	21
FIGURA 8 - DETALHE DOS MONGES.....	23
FIGURA 9 - DESPESCA NO VIVEIRO 1.....	24
FIGURA 10 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DA BACIA DO RIO IRAÍ.....	42
FIGURA 11 - LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IRAÍ.....	44

RESUMO

Com o crescimento mundial da aquicultura, são necessárias maiores investigações sobre o impacto poluidor que esta atividade pode causar ao meio ambiente. O presente estudo objetivou investigar o efeito da carga orgânica gerada após um ciclo completo de produção nos viveiros da estação de piscicultura da Colônia Penal Agrícola de Piraquara, PR e no efluente. Essa estação pode ser considerada representativa para o tipo de cultivo realizado no Estado do Paraná por utilizar o sistema de policultivo em área de lâmina d'água de 1,08 ha, sendo caracterizada como estação de pequeno porte. O efluente gerado é enviado para o Reservatório da Barragem do Irai, importante fonte de abastecimento de água da cidade de Curitiba e Região Metropolitana. No solo dos viveiros, as concentrações de fósforo total (0,6g/kg), nitrogênio total (3g/kg) e carbono orgânico total (3,65%) estavam dentro dos parâmetros normais citados na literatura. No efluente dos viveiros foram determinadas as concentrações máximas de fósforo dissolvido (0,018 mg/L), nitrogênio total (7,71 mg/L), DBO (17,34 mgO₂/L), DQO (56,47 mgO₂/L) e sólidos suspensos totais (19,89 mg/L). Comparando-se com outros afluentes a carga de nutrientes proveniente da estação de piscicultura em questão não é significativa para amplificar o processo de eutrofização do lago receptor. Este fato se deve principalmente pelas características do solo dos viveiros e forma com que os efluentes são carregados até o corpo receptor. O presente estudo mostra que a atividade de piscicultura tem potencial como agente poluidor, sendo importante a consideração de aspectos como o tipo de construção de viveiros e canais de escoamento, formas adequadas de manejo desses viveiros; local de despejo dos efluentes e à qualidade do solo onde os viveiros serão escavados.

Palavras-chave: piscicultura; meio ambiente; efluentes; poluição.

ABSTRACT

Because of the world-growing trend of aquaculture practice, greater investigations are being necessary to be done in order to check the polluter impact that this activity may cause to the environment. This study aimed to investigate the quality of the waste and the load of the potential pollutants that pile on the soil of the fishpond after a whole cycle of the production in the fishpond of the Agricultural Penitentiary of Piraquara, PR. This place can be considered the representative of the model of culture in the state of Paraná, since it works with the mixed farming system and contains a fishpond area of 1,08 ha. It flows of its waste to the tank of the storage dam of Iraí, an important source of water supply to the city of Curitiba and surroundings. In the fishpond soil, the concentrations of total phosphorus (0,6g/kg), total nitrogen (3g/kg) and total organic carbon (3,65%) were within the normal parameters cited in literature. Was a determinated maximum concentration of dissolved phosphorous (0.018 mg/L), total nitrogen (7.71mg/L), BDO (17.34 mgO₂/L), QDO (56.47 mgO₂/L) and of totals suspended solids (19.89 mg/L) in fishpond wastes. Comparing this study to the other waste sources, the load of nutrients coming from this fishpond is not meaningful to promote the saturation of the receiver lake. This probably occurs due to the characteristics of the soil of the fishpond and the way the waste is carried out to the tank. This way we can observe that this activity has its potential as a polluter agent, therefore, the facts that intend to insert this activity must be investigated, related to the quality of soil, the place of the waste spilling, the kind of material which is used to build the fishponds, the drainage waterway and also the appropriated way of managing it.

Key words: fish culture, environment, waste, and pollution.

1 - INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma atividade que vem apresentando crescimento mundial nos últimos anos. A produtividade em cativeiro já supera a produtividade extrativista. Com a diminuição dos estoques naturais, a produção de pescado em cativeiro tornou-se uma boa alternativa para atender a demanda crescente do mercado.

O potencial brasileiro para produção de peixes em águas interiores ainda é pouco explorado. De acordo com Borghetti et al. (2003) o Brasil produziu com aqüicultura em 2001, 210 mil toneladas, atingindo o 19º lugar mundial como produtor e o 13º em receitas geradas na atividade. Apesar de possuímos extensas reservas de água doce de boa qualidade, a produção nacional está dividida num grande número de pequenas propriedades. Não existe organização na produção e em geral, pouca tecnologia é aplicada nas propriedades tornando a qualidade do produto final muito variável e com fornecimento descontínuo.

O estado do Paraná é o 2º maior produtor nacional em piscicultura de águas continentais (Borghetti et al. 2003). De acordo com EMATER (2003) a produção estadual atingiu 18.239 toneladas no ano de 2002, aumentando sua produção em 717 toneladas com relação ao ano de 2001 e superando a maior produção atingida até então, no ano de 1999, em 666 toneladas. O número de produtores rurais que se dedicam à atividade é de 22.550, somando uma área total de lâmina d'água de 7.414 ha já instalados. Destes, 389 ha estão situados na região metropolitana de Curitiba e apresentam o escoamento dos efluentes de viveiros direcionados para mananciais que apresentam conflitos de uso, servem para o abastecimento urbano, utilização para irrigações, criações e indústria.

O impacto dos efluentes de viveiros de peixes sobre o meio ambiente e a qualidade sanitária do pescado cultivado têm sido questionados pelos órgãos ambientais e vigilância sanitária. O material orgânico e os nutrientes da ração não consumida, fezes e excreção de metabólitos representam poluição ou carga de dejetos nos viveiros. No solo e na água dos viveiros esses dejetos são assimilados por processos físicos, químicos e biológicos. Apesar desses processos, os efluentes freqüentemente contêm maiores concentrações de sólidos, materiais orgânicos e nutrientes que as águas superficiais naturais e os solos onde são descarregados. Os produtores de peixes estão conscientes da importância da qualidade do solo e da água para a produção de animais aquáticos, mas não compreendem a origem

dos problemas de qualidade no ambiente dos viveiros e não estão preparados para manejar seus viveiros para prevenir ou reduzir estes danos.

Pelo atual estado de deterioração ambiental que enfrentamos, é imperativo que o aqüicultor aprenda a não converter uma estação de cultivo em mais um agente poluidor (Arana, 1997).

Os recursos limitados e o progressivo aumento da população humana exigem a busca de soluções para conter a poluição e promover a recuperação e a manutenção dos ecossistemas (Matheus, 2000). Com esta intenção alguns métodos de manejo ambiental são praticados há séculos como no caso dos sistemas de policultivo de peixes na China (Jingson & Honglu, 1989). O ecossistema onde se pratica o policultivo não se limita apenas à produção de peixes, mas funciona também como um ambiente de produção de diversos tipos de alimentos na forma de organismos, como algas microscópicas, zooplâncton e outros invertebrados que constituem a base da alimentação dos peixes. A somatória da autotrofia e heterotrofia é extremamente importante para a melhoria dos rendimentos da produção de peixes, além da promoção de um sistema aquático mais equilibrado.

De acordo com Yashouv (1968) a capacidade total de um viveiro de produzir peixes é a soma das produções de diferentes nichos ecológicos existentes no viveiro. Portanto, a utilização de peixes com hábitos alimentares complementares e diferentes exigências ecológicas, preencherá os diferentes nichos ecológicos e permitirá uma utilização mais eficiente de todos os elementos vivos existentes, inclusive diminuindo os potenciais poluentes presentes nos efluentes desses viveiros.

Em cultivos semi-intensivos, considerados por Hillary & Boyd (1997) produções de 1000 a 5000 kg por hectare, existe a necessidade de fornecimento de alimento com o objetivo de acelerar o crescimento dos peixes. Esta alimentação, normalmente é feita com a utilização de rações comerciais com diferentes níveis de proteína. O consumo de ração pelos peixes é influenciado por muitos fatores como a temperatura da água, tamanho dos peixes, concentrações de oxigênio dissolvido, gás carbônico e amônia não ionizada na água, disponibilidade de alimento natural, ocorrência de doenças e parasitoses, qualidade da ração, palatabilidade, valor nutritivo, tamanho do pelete e sua estabilidade na água. Quanto melhor a

digestibilidade do alimento, menor será a quantidade de resíduos fecais excretada (Kubitza, 2000). Pesquisas têm sido realizadas para a produção de rações com melhor digestibilidade, que proporcionem melhor aproveitamento pelo peixe com melhor conversão alimentar, diminuindo assim a quantidade de dejetos. O desenvolvimento de produtos que substituam a farinha e o óleo de peixe da ração na intenção de diminuir custos de produção tem sido objetivo de pesquisa por parte dos fabricantes.

O fornecimento de ração é o principal fator causador da deterioração da qualidade da água dos viveiros e do acúmulo de matéria orgânica no fundo, portanto o alimento não consumido e as fezes dos peixes contribuem diretamente na poluição do viveiro sob a forma de matéria orgânica (Boyd & Tucker, 1992).

À medida que as partículas orgânicas e inorgânicas vão sendo depositadas sobre o solo dos viveiros a grande variedade de plantas, animais e microorganismos que vivem nesse ambiente utilizam-se dessa fonte de nutrientes para seu metabolismo e realizam trocas de substâncias entre o solo e a água (Boyd 1990, Boyd & Tucker, 1992). Com a presença de nutrientes originados da decomposição da matéria orgânica no fundo, uma população de indivíduos produtores, (fitoplâncton) é favorecida. Com aumento da disponibilidade de fitoplâncton a teia alimentar vai se formando com a ocorrência de indivíduos consumidores (zooplâncton) que irão alimentar indivíduos maiores do próprio zooplâncton, como larvas de insetos e de peixes que por sua vez alimentarão os peixes maiores, completando a cadeia alimentar dentro do viveiro. Todos estes indivíduos acabam por aumentar as concentrações de matéria orgânica no fundo do viveiro, seja pela produção de dejetos ou por sua morte.

A matéria orgânica (MO) também entra nos viveiros por fontes externas (esterco, fertilizantes, ração e material dissolvido na água de abastecimento). A sua decomposição é realizada por bactérias e microorganismos (vermes e fungos) e acontece tanto em condições aeróbias como anaeróbias.

Os processos de decomposição e mineralização da MO que têm origem no solo afetam diretamente a qualidade da água. A camada de solo superior a 5 cm é mais biológica e quimicamente ativa do que as camadas mais profundas, sendo que as trocas de substâncias entre o solo e a água ocorrem nesta região (Boyd, 1990, Boyd & Tucker, 1992; Boyd et al. ,1994; Masuda & Boyd 1994).

O acúmulo de MO no solo dos viveiros aumenta a demanda de oxigênio molecular e favorece condições anaeróbias. Na ausência de oxigênio molecular, bactérias realizam redução de metabólitos como nitrito, ferro, sulfitos e vários componentes orgânicos, liberando-os para coluna d'água (Boyd et al. 1994). Esses metabólitos microbianos, mesmo em baixas concentrações, podem ser potencialmente tóxicos para animais aquáticos.

A demanda de oxigênio no solo diminui com a sua profundidade. Portanto, quanto maior o acúmulo de MO maior a profundidade do sedimento e, em conseqüência, pior será a qualidade do efluente produzido, pois condições de anaerobiose diminuem a decomposição microbiana e a mineralização desta matéria, fazendo com que muitos nutrientes da coluna d'água saiam no efluente do viveiro sem serem processados. Quando os efluentes são descarregados em ecossistemas aquáticos naturais, a matéria orgânica e demais nutrientes impõem uma carga poluente, superando, muitas vezes, a capacidade de assimilação desses ambientes, e resultando na deterioração da qualidade da água dos corpos receptores (Sonnenholzner & Boyd, 2000; Munsiri et al., 1995).

Intensas trocas de água durante o cultivo devem ser evitadas, para que os processos naturais de assimilação da matéria orgânica e nutrientes sejam efetuados e, a conseqüente absorção de potenciais substâncias poluidoras ocorra dentro do viveiro e não represente carga no efluente final. Portanto, quanto mais demorada for a drenagem do viveiro, maior será a absorção de nutrientes pelo solo de fundo (Arana, 1997; Hillary & Boyd 1997).

Além da matéria orgânica, o nitrogênio e o fósforo presentes no efluente dos viveiros podem causar deterioração da qualidade das águas receptoras. Estes nutrientes entram nos viveiros através do arraçoamento, da fertilização e da água de abastecimento. O fósforo e o nitrogênio, em ambientes aquáticos naturais, existem em poucas quantidades. Dependendo das quantidades disponíveis desses elementos, um ou outro pode atuar como fator limitante para o crescimento de fitoplâncton. No caso particular do lago do Iraí e reservatórios do altíssimo Iguaçu, o principal nutriente que limita a produção do fitoplâncton é o fósforo, sendo registrada a relação N:P superior a 10 (Bittencourt, 2003). Com isso, pode-se dizer que, pequenos aportes desse elemento podem aumentar significativamente a população fitoplanctônica.

Uma característica do fósforo é sua adsorção aos sedimentos do viveiro limitando sua disponibilidade para o fitoplâncton. Embora o solo dos viveiros tenha uma grande capacidade de absorver fósforo, com o contínuo fornecimento desse elemento na ração ocorre diferença nas concentrações desse elemento entre o solo e a água podendo haver perda de fósforo do solo para a solução (Masuda & Boyd, 1994). No mesmo trabalho os autores afirmam que o fósforo é mais solúvel em solos com a presença de água doce.

A exposição do fundo do viveiro ao ar e ao sol, entre os ciclos de produção, favorece sua aeração e acelera a decomposição da matéria orgânica (Boyd & Tucker, 1992; Boyd et al. 1994). Se a descarga do viveiro não for efetuada totalmente, a qualidade do efluente tende a ser melhor, já que 50% do material poluente do efluente é eliminado nos 20% finais da água dos viveiros. Portanto recomenda-se drenar o viveiro, para despesca total, até seus 30% finais, efetuando-se a retirada total dos peixes e posteriormente, promover a sedimentação da água no viveiro por alguns dias, antes da descarga final, assim grande quantidade de potenciais poluentes permanecerá agregada ao solo do viveiro (Hillary & Boyd 1997).

A calagem dos viveiros em solos mais ácidos estimula a decomposição da matéria orgânica, sendo esta uma prática importante para melhorar as condições de qualidade de água e do efluente dos viveiros (Boyd & Tucker, 1992; Boyd et al. 1994).

Após avaliação da qualidade da água em viveiros de tilápias e bagres cultivados no sistema semi-intensivo na região metropolitana de Curitiba, IAP/EMATER (1998) afirmaram que, em função dos processos que ocorrem dentro dos viveiros de piscicultura e ainda, pelo fato da saída de água geralmente estar próxima ao fundo, a condição de qualidade de água observada à jusante dos viveiros pode ser considerada como moderadamente poluída.

A análise da qualidade do efluente gerado numa estação de piscicultura nos fornece a realidade do potencial poluidor do empreendimento. A necessidade de informações, embasadas científica e tecnicamente, referentes ao impacto poluidor da aquicultura em propriedades brasileiras é imprescindível para o esclarecimento dos processos de alteração sofridos no meio ambiente causados pelos efluentes gerados nessa atividade.

Como a aquicultura está em crescimento e pode tornar-se menos impactante através de um manejo adequado dos viveiros, faz-se necessária a realização de estudos sobre o impacto causado no ambiente natural onde essas propriedades estão localizadas. Esses estudos podem embasar cientificamente a manipulação dos viveiros, possibilitando o esclarecimento de produtores e das autoridades ambientais quanto à forma correta do seu estabelecimento.

Aproveitando-se o ciclo de produção da Estação de Piscicultura da Colônia Penal Agrícola de Piraquara-PR foi efetuada uma análise dos efluentes gerados pelos viveiros, com o objetivo de avaliar seu impacto poluidor sobre o Reservatório da Barragem do Iraí, importante fonte de abastecimento da cidade de Curitiba e Região Metropolitana. Essa estação trabalha com o sistema de policultivo de maneira semi-intensiva, modelo este adotado pela maioria de pequenos e médios piscicultores paranaenses, sendo assim representativa para realidade da atividade no Estado.

A manutenção dessa estação tem importante aspecto social, já que suas atividades são realizadas por presos em regime semi-aberto, proporcionando-lhes o conhecimento de uma nova profissão, num mercado cada vez mais necessitado de mão de obra com experiência. Além disso, a produção é toda consumida dentro da Colônia Penal Agrícola, servindo como fonte de proteína na dieta diária dos detentos.

O principal objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial poluidor, sobre o solo e a água, gerado pelos efluentes da estação de piscicultura da Colônia Penal Agrícola de Piraquara, PR durante um ciclo de engorda de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) juntamente com a carpa comum (*Cyprinus carpio*).

As Figuras 1, 2 e 3 ilustram algumas instalações da estação de piscicultura da Colônia Penal.



Figura 1 - Vista do viveiro 4 e casa de apoio

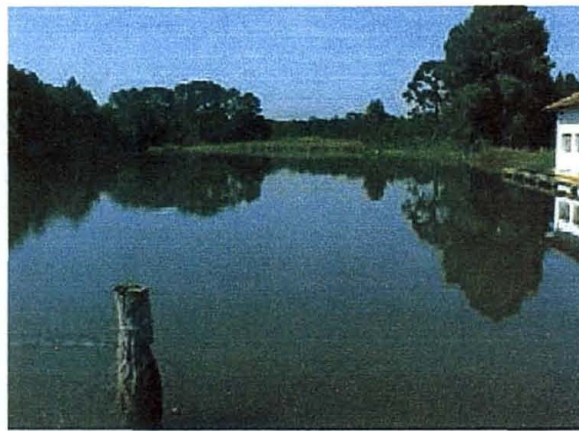


Figura 2 - Lago de abastecimento



Figura 3 - Canal de abastecimento, vista para viveiro 3

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1: Área de estudo

A estação de piscicultura da Colônia Penal Agrícola de Piraquara está localizada no Município de Piraquara, PR. A área total da Colônia soma 293,9 alqueires, apresenta uma área agrícola com 203 alqueires, denominada Parque Agrícola. Dentro do Parque localiza-se a estação de piscicultura, compreendida em 2,5 hectares. Está situada nas seguintes coordenadas geográficas: 25° 24' 25,8"S e 49° 04' 12"W.

2.2: Histórico das atividades na estação de piscicultura da Colônia Penal Agrícola.

A estação de Piscicultura da Colônia Penal Agrícola de Piraquara está em atividade desde o ano de 2000. A área de cultivo está dividida entre quatro viveiros (viveiro 1: 1500 m², viveiro 2: 1750 m², viveiro 3: 2500m² e viveiro 4: 5000 m²) que apresentam abastecimento e escoamento independentes, somando um total de 10.850m² de lâmina d'água. O sistema de cultivo utilizado nesta estação é o policultivo semi-intensivo, sem a utilização de aeradores e com circulação de água permanente. Sempre se utilizou calcário agrícola para correção do pH do solo após as despescas; a adubação foi efetuada com esterco de suínos e aves, *in natura* e distribuídos em todo solo do viveiro com o auxílio de pás. Para alimentação dos peixes foram utilizadas rações comerciais adequadas às fases de crescimento dos indivíduos.

2.3: Experimento

Povoamento dos viveiros (safra 2002/2003):

Para o experimento foram utilizados os viveiros 1, 2 e 3 (1500m²; 1750m² e 2500 m²) compreendendo uma área cultivada de 5.850 m².

O povoamento para o experimento foi realizado em três etapas, com densidade inicial próxima a 2,5 ind/m² (Tabela 1).

TABELA 1 - Descrição dos povoamentos

Viveiro	Data	Nº de Indiv.	Tamanho de indiv. (g)	Espécie
1	17/09/2002	1.700	40	<i>Cyprinus carpio</i>
1	17/09/2002	21	Matrizes (3 kg)	<i>Cyprinus carpio</i>
1	19/11/2002	2.000	50	<i>Oreochromis niloticus</i>
2	19/11/2002	2.000	50	<i>Cyprinus carpio</i>
2	19/11/2002	2.000	50	<i>Oreochromis niloticus</i>
3	04/09/2002	4.000	15	<i>Oreochromis niloticus</i>
3	17/09/2002	800	300	<i>Cyprinus carpio</i>

Calagem e adubação:

Para calagem dos viveiros 1, 2 e 3 utilizou-se calcário agrícola numa concentração de 100g/m². A adubação dos viveiros 1 e 3 foi realizada com esterco bovino (80 g/m² para o viveiro 1 e, 23 g/m² para o viveiro 2). O esterco foi acondicionado em sacos de ráfia que foram perfurados e colocados dentro dos viveiros próximos à entrada de água. Em 08/07/2002, o viveiro 3 recebeu esterco de aves (cama) numa quantidade de 346 g/m²; após o enchimento deste viveiro houve a recomendação de seu esvaziamento, já que a fertilização efetuada foi excessiva e não recomendada. Quando o solo do viveiro estava seco, efetuou-se novo preenchimento sem adição de adubos.

Biometrias:

Foram realizadas biometrias mensais para avaliação do crescimento dos peixes e adequação nas quantidades de ração fornecidas. Em todos os meses de cultivo (setembro 2002 a março 2003) 100 peixes de cada viveiro eram retirados com tarrafas, pesados e medidos. Com a média de peso obtida era determinada a biomassa total de cada viveiro e efetuado o cálculo da quantidade de ração a ser fornecida. Após o mensuramento, os indivíduos eram submetidos a um banho em água salgada e devolvidos aos viveiros.

2.3.1: Arraçoamento

Durante o ciclo de produção observado no experimento, foram utilizadas rações comerciais, extrusadas. Essas rações, por serem flutuantes são mais bem aproveitadas pelos peixes, promovendo maior

consumo, melhor aproveitamento dos nutrientes, com menor produção de restos no fundo dos viveiros, contribuindo assim para uma melhor qualidade do efluente final (Schroeder et al. 1991).

De acordo com fase de crescimento dos peixes foram utilizadas rações com concentrações diferentes de proteína: 45%, 32% e 28% (Tabela 2).

TABELA 2 - Quantidades de cada ração fornecidas durante os meses de produção

Concentração de proteína (%)	Quantidade fornecida (kg)	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.
45	17,1			3	9,3	4,8	
32	1691,2	228,4	541,5	503	174,6	145,6	98,1
28	2397,4			120	676,8	970,8	629,1

2.3.2: Localização das estações de coleta:

Todos os pontos de amostragem estão descritos no croqui da Figura 4. Foram retiradas 6 amostras de solo para os viveiros 1 (1.1s, 1.2s, 1.3s, 1.4s 1.5s e 1.6s) e viveiro 2 (2.1s, 2.2s, 2.3s, 2.4s, 2.5s e 2.6s). Sete amostras para o viveiro 3 (3.1s, 3.2s, 3.3s, 3.4s, 3.5s, 3.6s e 3.7s). Os locais de amostragem foram estaqueados para repetição das amostras na fase final de coleta. As estações de amostragem da água para avaliação das demandas química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO), fósforo dissolvido, nitrogênio total e sólidos suspensos totais foram as seguintes: estação 1a, lago de abastecimento dos viveiros; estação 2a, canal de abastecimento dos viveiros; estação 3a, monge do viveiro 1; estações 4a e 5a, monges dos viveiros 2 e 3; estação 6a, encontro dos canais de escoamento; estação 7a, entrada do Reservatório da barragem do Iraí.

Esquema dos Viveiros e Pontos de Amostragem

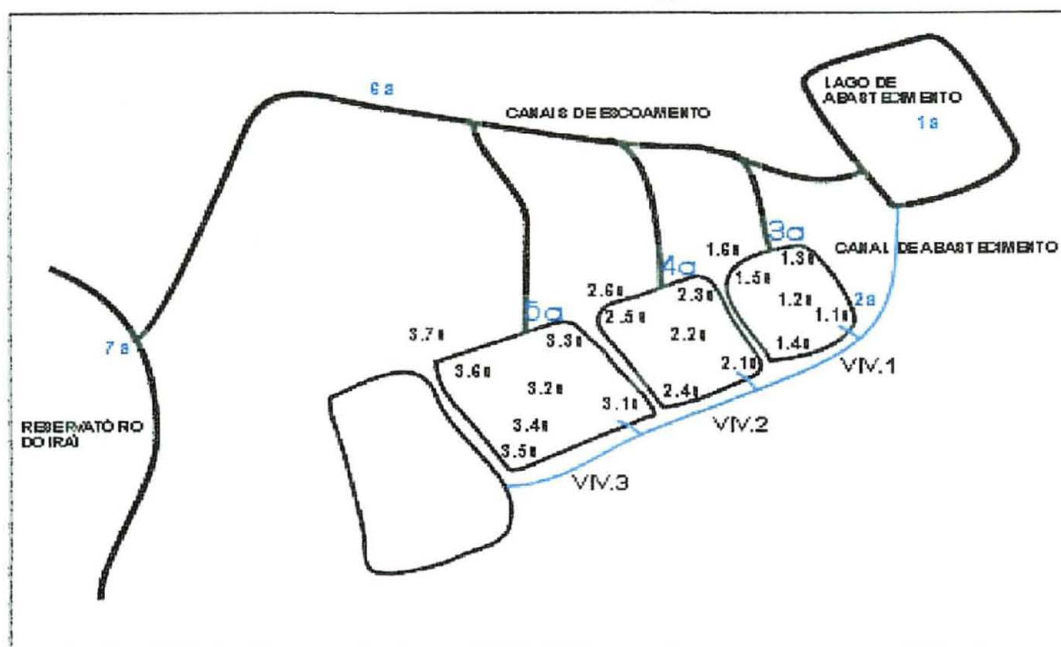


FIGURA 4 - Croqui esquemático representando os locais de coletas de solo indicados pela letra s, e as estações de amostragem de água indicadas pela letra a (1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a e 7a).

2.3.3: Amostragem de solo:

As coletas de solo foram efetuadas em duas fases, uma antes do enchimento do viveiro e outra depois da despesca final. As amostras constituem-se de cortes de aproximadamente 20cm por 20cm efetuados com auxílio de pá cortadeira. Todas as análises foram realizadas nos meses de maio, junho e julho de 2003.

1ª fase: Em 13/08/2002 foram retiradas sete (7) amostras individuais no viveiro 3 (3.1s, 3.2s, 3.3s, 3.4s, 3.5s, 3.6s e 3.7s). Em 03/09/2002 foram efetuadas as coletas de seis (6) amostras de solo dos viveiros 1 (1.1s, 1.2s, 1.3s, 1.4s, 1.5s e 1.6s) e seis amostras para o viveiro 2 (2.1s, 2.2s, 2.3s, 2.4s, 2.5s e 2.6s). As coletas foram efetuadas com tempo bom, com sol e vento. (Figuras 5, 6 e 7) O solo coletado foi acondicionado em sacos plásticos, identificados e levados ao local de secagem, onde se procedeu a secagem natural. A intenção desta amostragem é a obtenção de dados sobre a situação do solo anteriormente ao cultivo.

Com as amostras de solo completamente secas, foram reunidas duas amostras compostas de solo para cada viveiro. Para obtenção das amostras compostas foram

misturadas quantidades iguais das amostras individuais para cada viveiro e retirada a quarta parte; as vinte e cinco amostras (oito para os viveiros 1 e 2 e 9 para viveiro 3) foram embaladas e estocadas para posterior análise nos laboratórios de Nutrição, Química, Física e Fertilidade do Solo, no Departamento de Solos da UFPR, Setor de Ciências Agrárias.

Foram determinados: fósforo total, nitrogênio total e carbono orgânico total. A análise textural do solo dos viveiros também foi determinada com as amostras retiradas na 1ª fase.

As amostras compostas foram comparadas com as amostras individuais, na intenção de se verificar a possibilidade de sua utilização para representar o viveiro como um todo, diminuindo-se assim o número de análises em futuras pesquisas.

2ª Fase de amostragens: Após a despesca final foi realizada nova amostragem de solo, aplicando-se a mesma metodologia. Tendo como objetivo a caracterização da carga poluente, produzida pelo cultivo após a engorda.

Coletas: 20/03/2003 viveiro 1; 09/04/2003 viveiros 2 e 3. Esse material ficou secando naturalmente durante 30 dias sendo colocado em estufa durante 24 horas para posterior moagem, peneiramento e preparo das amostras para as análises.

A localização de todos os pontos de amostragens foi semelhante aos pontos da coleta anterior (Fig. 4).

Os métodos utilizados para as análises de solo foram: para avaliação do carbono orgânico total o Método Quaggio e Raij (1979). A leitura foi realizada em fotocolorímetro com comprimento de onda de 650 micrometros. Para o nitrogênio total, foi utilizado o método de Kjeldahl. Realizada a digestão total do solo com os ácidos fluorídrico e perclórico, efetuou-se a determinação do fósforo total, com auxílio do método Colorimétrico Cor Azul, de acordo com o descrito por Jackson (1958). Foram efetuadas triplicações em 10% das amostras.



Figura 5 – Estaqueamento identificando os locais de amostragem de solo no viveiro 3



Figura 6 – Estaqueamento do viveiro 3

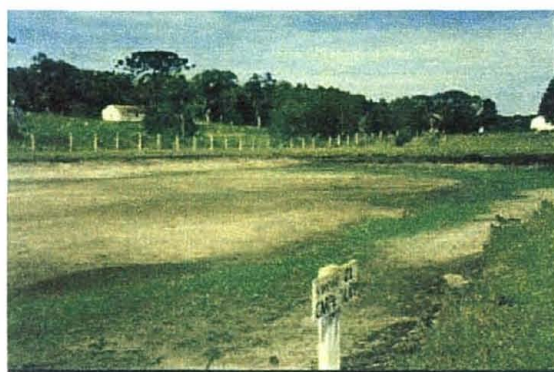


Figura 7 – Estaqueamento do viveiro 1

2.3.4: Amostragem de água

Semanalmente foram determinadas temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH. Quinzenalmente foram monitorados o nitrogênio amoniacal, a alcalinidade e a dureza. Para estas avaliações foi utilizado kit de campo e oxímetro portátil. Todas essas variáveis estiveram dentro dos parâmetros normais ($T^{\circ}\text{C}=20$ a 30 ; O.D. $>3\text{mg/L}$; $\text{pH}=6-8$; alcal. e dureza = 50 a 80mg/L) reportados por Kubitzka (2000), Arana (1997) e Hillary & Boyd (1997), durante todo o ciclo de produção, para obtenção de boa produtividade.

Para análises em laboratório, as coletas foram efetuadas nos meses de novembro de 2002 até abril de 2003, observando-se situações de estiagem e chuvas. A água coletada foi armazenada em frascos plásticos e congelada para as análises de nitrogênio total (N-total), fósforo dissolvido (P-dissolvido) e sólidos suspensos totais (SST), realizadas posteriormente nos laboratórios de Química do Solo e Nutrição de Plantas, Dep. de Solos e laboratório de Química Ambiental, Dep. de Química, ambos na UFPR.

A água coletada para as análises de DBO e DQO, foi imediatamente encaminhada para o laboratório do CEPPA/UFPR.

Para as fases de despesca a amostragem foi efetuada durante o escoamento do viveiro, sendo que as amostras foram retiradas nos monges dos viveiros 1, 2 e 3, estações 3a, 4a e 5a (fig. 8); e ao longo do canal de escoamento, estação 6a e na entrada do Reservatório do Iraí, estação 7a. Primeiramente foram retiradas amostras com toda coluna d'água, posteriormente efetuaram-se amostragens durante o esvaziamento e finalmente foram retiradas amostras com os viveiros esgotados.

A vazão de saída de água para cada viveiro foi determinada antes das coletas.

O método do macro-Kjeldahl foi utilizado para a obtenção do N-total. Para o P-dissolvido foi utilizado o método de Murphy&Riley (1962), conhecido como Método do ácido ascórbico, ambos descritos por STANDARD METHODS, 19ª edição. A análise de SST seguiu metodologia de rotina aplicada no laboratório de Química Ambiental, com a filtragem das amostras em membrana millipore de celulose com espessura de $0,45$ micras secagem em estufa a 100°C e posterior pesagem da matéria seca que ficou retida na membrana.

Dois meses após o escoamento total dos viveiros, foi retirada mais uma

amostra de água nas estações 6a e 7a para verificar a qualidade da água sem influencia da piscicultura.



Figura 8 – Detalhe dos monges, local de escoamento dos viveiros, onde foram coletadas amostras de água (estações 3a, 4a e 5a)

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1: Despesca final

A despesca final dos viveiros foi realizada no mês de março de 2003, sendo obtidos os seguintes resultados:

Viveiro 1: despescado em 06/03/2003, total retirado: 76,3 kg (60 kg de tilápias e 16,3 kg de carpas).

Viveiro 2: despescado em 25/03/2003, total retirado: 175 kg (135kg de tilápias e 40 kg de carpas).

Viveiro 3: despescado em 11/03/2003, total retirado: 788,5 kg (423,5 kg de tilápias e 365 kg de carpas).

Somando-se a produtividade final dos três viveiros obtivemos o total de 1039,8 kg de peixes despescados. Esta baixa produtividade ocorreu devido a problemas de gerenciamento dentro da Colônia Penal, pois os peixes foram retirados, de todos os viveiros, antes da época estabelecida para a despesca e não foram computados as quantidades nem o número de indivíduos. A partir desta constatação resolveu-se trabalhar com as quantidades obtidas nas despescas para evitarmos o risco de extrapolações indevidas, prejudicando o resultado final do estudo em questão.

A Figura 9 ilustra a despesca do viveiro 1. Todas as atividades de manejo dos peixes foram executadas por internos da Colônia.



Figura 9 – Despesca no viveiro 1

3.2: Contribuição das rações

Através da análise bromatológica das rações, efetuada no laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da UFPR, foi possível a obtenção da proporção dos componentes em cada tipo de ração. Para a ração com 28% de proteína obtivemos 90,99% de matéria seca, 4,15% de nitrogênio e 2,12% de fósforo e 20,8% de carbono orgânico total. A ração com 32% de proteína apresentou 92,93 % de matéria seca, 5,14% de nitrogênio, 1,86% de fósforo e 22% de carbono orgânico total e, a ração com 45% de proteína apresentou 96,44% de matéria seca, 7,5% de nitrogênio, 1,32% de fósforo e 20,4% de carbono orgânico total.

Pela Tabela 3, observa-se o aporte de carbono e nutrientes recebidos no arraçoamento dos viveiros a cada mês do experimento.

TABELA 3: - Quantidade mensal de carbono e nutrientes recebidos no arraçoamento

Nutrientes	Set. (kg)	Out. (kg)	Nov. (kg)	Dez. (kg)	Jan. (kg)	Fev. (kg).
Matéria seca	212,25	503,03	579,53	787,05	1023,28	663,58
C	46,69	110,66	126,13	165,62	214,44	139,11
N	10,91	25,86	28,78	34,57	43,96	28,44
P	3,95	9,36	11,04	16,19	21,31	13,82

Para Hillary & Boyd (1997) a matéria seca proveniente do peixe representou 27,5% da quantidade total despescada e apresentou 45,7% de sua composição formada de Carbono, 8,3% formada de Nitrogênio e 2,7% de Fósforo. Estes dados foram obtidos para produção de 1000 kg de tilápias com conversão alimentar de 2:1. Utilizando-se dessas percentagens propostas, foram estimadas as retiradas de nutrientes em forma de músculo de peixe, descritas na Tabela 4.

TABELA 4.- Estimativa dos aportes e dos montantes totais de carbono, nitrogênio e fósforo recuperados na produção de 1039,8 kg vivos de tilápias e carpas. Modelo proposto por Hillary & Boyd (1997)

Adição nas Rações	Ração 45% (kg)	Ração 32% (kg)	Ração 28% (kg)	Total de aporte	Retiradas com o peixe (kg)
Matéria seca	16,49	1571,45	2180,78	3768,72	285,94
C	3,36	345,7	453,59	802,65	130,67
N	1,24	80,78	90,5	172,52	23,73
P	0,22	29,23	46,22	75,67	7,72

Na Tabela 4, relacionando-se a quantidade de substâncias fornecidas na ração e a quantidade dessas substâncias recuperadas com os peixes na despesca. Verifica-se que 7,59% da matéria seca, 16,28% do carbono, 13,75% do nitrogênio e 10,2 % do fósforo, empregados na ração foram removidos com os peixes na despesca. O restante desses elementos, 3482,78 kg de matéria seca, 671,98 kg de carbono, 148,79 kg de nitrogênio e 67,95 kg de fósforo, pode ser considerado carga poluente nos viveiros. Vale a pena lembrar que estamos trabalhando num pior cenário, já que a produtividade real não pode ser estimada devido a retiradas de peixes que não foram computadas. Porém essa produtividade (2 ton/ha) não fica distante da média obtida por produtores da região que em 2002 tiveram uma produtividade média de 1,35 ton/ha (EMATER, 2003). Mesmo assim, as quantidades de potenciais poluentes que foram consideradas como cargas para os viveiros estão superestimadas.

Hillary & Boyd (1997) afirmaram que um viveiro que não apresente intensas trocas de água (sistema de cultivo semi-intensivo) tem grande capacidade de assimilar matéria orgânica e nutrientes. Em seus estudos com bagres demonstrou que 3,1% do material orgânico, 7% do fósforo e 28,5% do nitrogênio da ração aplicados aos viveiros foram perdidos no efluente. A assimilação nos viveiros foi de 79,9% de matéria orgânica, 64,1% do fósforo e 42,7% de nitrogênio. Além disso, muita M.O. foi formada nos viveiros através da fotossíntese, portanto, mais material orgânico foi assimilado do que o indicado no estudo. O mesmo autor afirma que estes resultados são representativos para o cultivo de tilápias e carpas.

No presente estudo a conversão alimentar obtida com os peixes despescados foi de 3,95: 1.

3.3: Solo

Carbono Orgânico e Nutrientes

No solo dos viveiros foram quantificados carbono orgânico total, nitrogênio total e fósforo total. Estes elementos quando não consumidos pela biota presente no viveiro podem representar carga poluente, vindo a saturar o ambiente onde são depositados. Para comparações quantitativas entre os períodos anterior e posterior ao ciclo de produção utilizamos amostras compostas. Sonnennholzner e Boyd (2000) concluíram que para análises de matéria orgânica no solo é possível a utilização de amostras compostas, isto porque existe uma grande variação das características do solo dentro de um mesmo viveiro.

Fazendo uso das amostras compostas obtidas anterior e posteriormente ao ciclo de produção obtivemos os resultados descritos na Tabela 5.

TABELA 5 - Concentração de carbono orgânico total e nutrientes encontrados nas amostras compostas, anterior e posteriormente ao cultivo, nos viveiros 1,2 e 3

Concentração substâncias	Viveiro 1	Viveiro 2	Viveiro 3
C ant. (g/dm ³)	14,8	26,9	16,6
C post.(g/dm ³)	22	31,7	26,9
P ant. (g/kg)	0,5	0,6	0,5
P post. (g/kg)	0,6	0,6	0,6
N ant. (g/kg)	1,29	1,92	0,65
N post (g/kg)	2,94	3	2,85

3.3.1:Carbono Orgânico Total (%):

A maior fonte de carbono orgânico em viveiros de aquicultura é proveniente da ração não consumida, fezes e plâncton morto, os quais apresentam pouca quantidade de carboidratos estruturados sendo, portanto totalmente decompostos por bactérias se as condições ambientais estiverem favoráveis. O carbono orgânico é constantemente decomposto durante o período de cultura e se o fundo dos viveiros for drenado entre as safras, as taxas de decomposição aumentam (Boyd et al., 1994; Boyd e Teichert-Coddington, 1994;. Sonnennholzner e Boyd, 2000).

Schroeder et al. (1991) afirmaram que, para viveiros fertilizados e arraçoados, a recuperação do C através dos peixes se a produção primária não for considerada

(apenas baseado no carbono adicionado na ração) está próxima de 25%, no presente estudo consideramos uma recuperação de 45,7% da matéria seca da ração, proposto por Hillary & Boyd (1997).

Analisando-se os dados da Tabela 4, obtivemos um acúmulo de 671,98 kg de carbono durante o ciclo de produção, só na ração foram adicionados 802,65 kg.

Pode-se observar ganho na concentração de carbono orgânico no solo dos viveiros após o ciclo de produção: para o viveiro 1 (7,2 g/dm³); viveiro 2 (4,8g/dm³); e viveiro 3 (10,3 g/dm³).

Boyd et al. (1994) reportaram como resultados de estudos efetuados em 358 viveiros de peixes de água doce localizados em Honduras, África e Estados Unidos as seguintes informações: as concentrações encontradas para o carbono orgânico no solo foram de 0,5% até 2,5% sendo que próximo à metade das amostras analisadas contêm menos de 2,5% de carbono total (orgânico e inorgânico). Muitas das amostras de solo estudadas pelo citado autor apresentaram pouco carbono inorgânico. Concentrações de carbono em torno de 5% foram observadas em solos calcáreos. Em outro estudo, Sonnennholzner e Boyd (2000) encontraram uma concentração média de carbono total, para todos os viveiros, igual a 2,38% e a mediana foi de 1,41%. Em torno de 70% das amostras apresentavam concentrações de carbono total inferior a 2%, e apenas 15% das concentrações foram superiores a 5%.

Considerando-se os três viveiros do experimento, a concentração mínima de carbono orgânico no solo foi encontrada no viveiro 1 com 7,5g/dm³ (0,75%), amostra 1.2s anterior ao cultivo. A máxima foi encontrada nos viveiros 2 e 3 com 36,5g/dm³ (3,65%), amostra 2.6s e 3.4s, respectivamente, posteriores ao cultivo. Foram obtidas 52,6% das amostras com quantidades de Carbono Orgânico Total superiores a 25g/dm³ (2,5%), sendo que 65% delas foram encontradas após o ciclo de produção.

Boyd et al.(1994) afirmaram que muitas vezes ocorreram amostras de solo de viveiros que sofreram grandes aportes de M.O e apresentaram concentrações de carbono relativamente baixas, este fato pode ser explicado inicialmente pelas condições do solo em que estes viveiros foram construídos, solos minerais com baixas concentrações de carbono. Além disso, as condições para decomposição microbiana da matéria orgânica eram adequadas. A calagem desses viveiros

também estimulou a decomposição promovendo aumento no pH do solo. A aeração suplementar promoveu a entrada de oxigênio no fundo dos viveiros, facilitando a respiração aeróbia nas camadas mais superficiais do fundo. Os autores comentaram que as concentrações de carbono aumentam gradativamente em viveiros construídos sobre solos minerais, mas em poucos anos, estas concentrações tendem a alcançar o equilíbrio, dependendo da quantidade de M.O. acumulada, clima e condições do ambiente do viveiro.

Hillary & Boyd (1997) apresentaram uma tabela com a composição física do solo de viveiros localizados em Honduras, Indonésia, duas localidades do Panamá, nas Filipinas, Ruanda e Tailândia. A porcentagem de Matéria Orgânica encontrada nessas localidades variou de 0,5% em viveiros da Tailândia e Honduras, 3,7% na Indonésia, 4,5% nas Filipinas e até 7.6% em Ruanda. Considerando-se que 58% da matéria orgânica é constituída de Carbono (Boyd et al., 1994) tem-se as concentrações de carbono obtidas com os seguintes valores: 0,29% nos viveiros da Tailândia e Honduras, 2,15% na Indonésia, 2,61% nas Filipinas e 4,4% em Ruanda. As maiores concentrações de M.O. foram encontradas em solos com maior porcentagem de areia.

A partir dessas afirmações pode-se verificar que as concentrações de carbono orgânico total no solo dos viveiros analisados estiveram dentro dos valores encontrados em outros estudos. O aumento das concentrações após o ciclo de produção foi mais evidente nos viveiros 1 e 3. É importante salientar que os viveiros estudados já estavam em atividade durante dois anos sendo provável o acúmulo de carbono de cultivos anteriores.

3.3.2: Fósforo Total (g/kg):

O fósforo no solo apresenta-se na forma mineral e orgânica, fazendo parte de compostos com cálcio, ferro e alumínio, com estes últimos elementos ocorre à formação de precipitados insolúveis, tornando o fósforo indisponível para a biota. Sonnennholzner e Boyd (2000) também afirmaram que o fósforo é fortemente ligado ao solo e solos de viveiros tendem a ser um local de aumento de deposição deste elemento. Em solos ácidos, precipitados como fosfatos de ferro e alumínio podem ser transformados em óxidos de ferro e alumínio. Em solos neutros e alcalinos o fósforo tende a precipitar como fosfatos de cálcio.

O transporte de nutrientes para o interior do sedimento ocorre devido ao fundo

do viveiro chegar a anoxia em 1mm ou menos; o processamento dessa matéria precipitada promove perdas de moléculas orgânicas que podem ser utilizadas pelos organismos que vivem no fundo. A natureza anóxica do fundo transforma ferro insolúvel reduzindo-o para formas isoladas, solúveis permitindo assim a lixiviação da água transportando fosfatos para maiores profundidades no sedimento (Schroeder, et al., 1991). Assim os autores concluíram que o aumento no acúmulo de fósforo no sedimento durante o período de crescimento é atribuído à diluição interna e a lixiviação.

Sharpley (1995) citou que, em solos alagados, a velocidade e a extensão das transformações de fósforo orgânico e inorgânico são modificadas pela alternância de condições aeróbias e anaeróbias. Sob condições aeróbias a solubilidade do fósforo está associada com componentes de ferro e alumínio. Entretanto, complexos de P-AL não são afetados pelas reações de oxi-redução produzidas em condições aeróbias e anaeróbias. A solubilidade dessas formas de fósforo é influenciada pelo pH e pela matéria orgânica, solos ácidos tendem a promover esta solubilidade. Assim as espécies de Fe dominam a dinâmica da solubilidade do fósforo em solos inundados. No mesmo estudo o autor afirmou que a mineralização do P-orgânico pode ser aumentada se alternarmos ciclos de solo inundado e seco, promovendo alterações do pH do solo e um aumento na atividade microbiana. Como resultado, a biodisponibilidade e a mobilidade do P em solos alagados sob condições anaeróbias é geralmente maior.

Para Correll (1998) a partir do momento da entrada de fósforo num lago, reservatório ou estuário, o fósforo é usualmente retido com razoável eficiência por uma combinação de assimilação biológica e deposição de sedimentos e biota no sedimento do fundo. Esta eficiente captura do fósforo introduzido transforma estes sistemas receptores. Se o sistema for oligotrófico, as águas de fundo permanecerão oxigenadas ao longo de todo o ano e a maioria do fósforo será armazenada no sedimento de fundo. Contudo, em sistemas eutróficos, as águas de fundo freqüentemente tornam-se anóxicas. Quando estas condições ocorrem, muito deste fósforo retido no sedimento é liberado e espalhado de volta à coluna d'água, além disso neste ambiente o aporte de nutrientes é maior o que facilita a saturação do solo pelo fósforo o que proporcionará a disponibilização deste elemento para coluna d'água.

Boyd et al (1994) comentaram que a capacidade de absorção de fósforo no solo ocorre primeiramente em partículas finas, coloidais de argila. De um modo geral, Masuda e Boyd (1994) afirmaram que as concentrações de fósforo total no solo, são mais altas na camada de até 5 cm de profundidade. No mesmo estudo os autores também demonstraram que as concentrações de fósforo no solo diminuem dos viveiros mais velhos para os mais novos. Os autores colocam que os solos que apresentam altas concentrações de fósforo tendem a absorver este elemento mais lentamente e perdê-lo mais facilmente que os solos com baixas concentrações de fósforo. Ainda com relação à distribuição do fósforo no viveiro, os autores relatam que 99,81% do fósforo no sistema solo-água foi encontrado no corpo do solo. A concentração de fósforo pode chegar ao equilíbrio quando o solo passa a não absorver mais esse elemento (Boyd et al., 1994).

Em muitos experimentos realizados por Masuda e Boyd (1994) não havia concentração de fósforo presente nas nascentes de água, mas observou-se um forte efeito no fundo do viveiro, este fato demonstra que o fósforo era colocado no viveiro principalmente através do arraçoamento. Os autores afirmaram que o fósforo fornecido pela chuva, escoamento superficial e água de reposição foi essencialmente insignificante, em termos quantitativos, se comparado ao fósforo fornecido na ração.

De acordo do que foi exposto na Tabela 4, no experimento foram fornecidos 75,67 kg de fósforo juntamente com a ração, destes 7,72kg foram recuperados com os peixes na despesca, portanto restaram 67,95 kg de fósforo total como carga acumulada dentro dos viveiros. Schroeder et al.(1991) asseguraram que a recuperação do fósforo é de 10 a 15% do total adicionado na ração em viveiros adubados e de 15 a 20% em viveiros que receberam fertilização química.

Observa-se que o ganho de fósforo durante o ciclo ocorreu apenas nos viveiros 1 e 3, com a mesma concentração, ou seja, ganho de 0,1g de P/kg de solo.

Analisando os três viveiros as concentrações mínima e máxima anteriores ao cultivo foram de 0,3g/kg (amostra 1.2s) e 1g/kg (amostra 2.5s), respectivamente. Após o ciclo de produção obtivemos mínima de 0,1 g/kg (amostra 1.2s) e máxima de 1g/kg (amostra 3.4s).

Masuda e Boyd (1994) reportaram, para lagos naturais, concentrações de fósforo total em torno de 0,01g/kg para sedimentos arenosos e 10 g/kg em solos

ricos em Fe e Al. Nesse trabalho os autores fazem referência a Pettersson (1986) que reportou concentrações de fósforo total entre 0,9 e 5,8 g/kg para solos de lagos eutróficos e concentrações de 0,6 a 1,3 g/kg para lagos oligotróficos; citam também Bostrom et al. (1982) o qual colocou que as concentrações médias para os lagos naturais ficam em torno de 1,69 g/kg, independentemente do nível trófico.

Maiores acúmulos de fósforo após o ciclo de produção foram obtidos nos locais de amostragem localizados nas partes centrais dos viveiros, onde existe maior quantidade de sedimento depositada. Essas áreas dos viveiros são consideradas de menor circulação de água, devido às suas características geométricas, formato retangular.

Analisando-se os resultados verificou-se que as concentrações máximas ficam de acordo com as reportadas por Masuda e Boyd (1994), Petterson (1986) e Bostrom et al. (1982).

3.3.3: Nitrogênio Total (g / kg):

Na análise do nitrogênio total estão compreendidos os valores de contribuição do nitrogênio em matéria orgânica, nitratos e amônia. A grande parte da amônia pode ser absorvida nas trocas de cátion no solo de fundo dos viveiros, mas a maior parte do nitrogênio no solo esta contida na matéria orgânica, (Boyd et al. 1994).

A ração utilizada contém 5-7% do nitrogênio. Aumentos do nitrogênio contido na M.O. de viveiros provavelmente ocorrem em solos de viveiro que apresentam baixa relação C:N nas camadas mais superficiais do solo. Apenas poucas amostras apresentam relação C:N acima de 10:1, a média encontrada é em torno de 6,4: 1 (Boyd et al. 1994). Segundo Sonnenholzner e Boyd (2000) amostras de solo de viveiros de água doce, com menos de 2,5 % de carbono, possuem relação C:N com valores entre 6 e 12. Nos viveiros estudados a relação C:N ficou em torno de 4,6:1, portanto abaixo da média fato este que justificaria o acúmulo de nitrogênio no solo dos viveiros estudados.

Para Schroeder et al. (1991) a recuperação do nitrogênio adicionado na ração, esterco e fertilizantes é de 10 a 20%. No experimento, de acordo com o que foi exposto na Tabela 4, estimou-se uma recuperação de 16,28% do nitrogênio fornecido com a ração. Assim verificou-se que, juntamente com a ração, foram fornecidos 172,52 kg de nitrogênio, destes 23,73 kg foram retirados com os peixes, restando 148,79 kg de nitrogênio como carga para o viveiro.

Observando-se a Tabela 5, constatou-se um aumento na concentração de nitrogênio no solo dos viveiros, após o ciclo de produção: viveiro 1 (1,65 g/kg); viveiro 2 (1,08 g/kg) e viveiro 3 (2,2 g/kg) este viveiro recebeu adubação com esterco de aves (cama). A concentração mínima encontrada foi na amostra 3.5s, anterior ao cultivo com 0,43g/kg; a máxima foi posterior ao cultivo com 4,36 g/kg na amostra 3.4s. Kubitzka (2000) afirmou que no caso particular do esterco de aves, grande parte do nitrogênio mensurado na análise de proteína está na forma de ac. úrico (nitrogênio não protéico) e que a composição química deste esterco apresenta 5% de nitrogênio no caso de esterco bovino a concentração do nitrogênio é de 2,6%.

Boyd et al.(1994) comentam que as concentrações médias para N-total obtidas em viveiros de água doce foram de 0,28%, sendo inferior a 0,5% na maioria das amostras e, as concentrações para o nitrogênio disponível são de 0,25 g/kg até 0,75 g/kg.

Os maiores aumentos na concentração de nitrogênio no solo de fundo foram encontrados nos locais de amostragem da região central dos viveiros onde existe um maior acúmulo de sedimento. Em 79% das amostras foi registrado aumento nas concentrações de nitrogênio no solo.

Avaliando-se o carbono orgânico total, o fósforo total e o nitrogênio total no solo dos viveiros, verificou-se que todos apresentaram aumento de suas concentrações após o ciclo de produção, sendo observado aumento mais significativo para o viveiro 3. As concentrações máximas obtidas para todas as substâncias estudadas foram encontradas na amostra 3.4s. Este aumento nas concentrações deve-se ao acúmulo de matéria orgânica no solo após o cultivo. As diferenças das quantidades acumuladas de nitrogênio e fósforo poderiam ser explicadas com a análise da composição da M.O. retida no solo.

3.3.4: Análise textural:

Textura do solo pode ser definida como sendo a proporção relativa dos diferentes grupos de partículas primárias nele existentes. A análise granulométrica, também denominada análise mecânica ou física do solo, tem como finalidade quantificar a distribuição do tamanho de partículas numa amostra de solo determinando sua textura. O conhecimento da textura de um solo é essencial nos estudos de classificação, morfologia e gênese. A textura relaciona-se ainda com as

propriedades químicas e físicas do solo destacando-se a capacidade de troca catiônica, retenção e infiltração de água, aeração e consistência (Jorge, 1985).

Boyd et al.(1994) mostraram que propriedades químicas e texturais do solo de viveiros variam com a profundidade. A argila, a matéria orgânica e outros sedimentos finos tendem a acumular em áreas mais fundas, portanto a coleta de amostras de solo de viveiros deve ser representativa para as diferentes profundidades. Mesmo com o solo de fundo formando perfis, amostras de solo devem ser retiradas ao longo de todo fundo de viveiro para que possam representar adequadamente as características do solo de fundo.

As sete amostras do viveiro 1 apresentaram textura média, o que significa que o solo apresenta de baixa a moderada susceptibilidade a erosão e médios a baixos valores de retenção de água (Tedesco et al., 1995).

No viveiro 2, as sete amostras apresentaram textura arenosa; o que caracteriza este tipo de textura é uma fração sólida mineral normalmente constituída por quartzo. Tedesco et al. (1995) afirmaram que este tipo de solo apresenta elevada susceptibilidade a erosão, baixa Capacidade de Troca de Cátions sendo quase que exclusivamente proveniente da matéria orgânica. O solo caracteriza-se por apresentar drenagem excessiva o que favorece a lixiviação de nutrientes, especialmente nitratos. O tamanho dos poros é grande, portanto possui baixa retenção de água com alta taxa de infiltração de água e baixa taxa de fixação do fósforo.

O viveiro 3 apresentou seis amostras com textura arenosa e duas com textura média.

As amostras compostas foram representativas para todos o viveiros.

Com a característica arenosa do solo de fundo nos viveiros estudados, os nutrientes tendem a serem perdidos para coluna d'água, ou mesmo serem lixiviados, dependendo da presença ou ausência de oxigênio na camada intersticial do sedimento. Hillary & Boyd (1997) também afirmaram que o solo arenoso tem baixa capacidade de retenção de água e possui pequena capacidade de absorção e fixação de nutrientes. Solos minerais tendem a acumular nutrientes mais rapidamente, este acúmulo ocorre até que as concentrações de nutrientes cheguem ao equilíbrio. Nesse tipo de solo a matéria orgânica é de inestimável importância, não apenas servindo de fonte de nutrientes, mas aumentando a capacidade de

troca catiônica, a capacidade de retenção da água, a resistência à erosão e a estabilidade dos agregados.

3.4: ÁGUA E EFLUENTE

A água presente no efluente de viveiros de piscicultura é responsável pelo transporte e pela diluição dos nutrientes desse efluente.

Nos dias de amostragem de água foram determinadas as vazões de escoamento, para o cálculo da carga total de nutrientes aportada sobre o corpo receptor (Tabela 5, anexo 1).

Para as fases de despesca a amostragem de água foi efetuada durante o escoamento do viveiro. Primeiramente foram retiradas amostras com toda coluna d'água, posteriormente efetuaram-se duas amostragens durante o esvaziamento do viveiro e finalmente foram retiradas amostras com os viveiros esgotados.

3.4.1: Demandas bioquímica e química de oxigênio (DBO E DQO)

Num trabalho de monitoramento da qualidade de água em viveiros de tilápias na região metropolitana de Curitiba, efetuado em conjunto por técnicos do IAP e EMATER –PR (1998) foram divulgados os resultados expostos na Tabela 6, onde é feita comparação com os resultados observados nos viveiros da Colônia Penal.

TABELA 6: Comparação das concentrações máximas de DBO e DQO relatadas por IAP/EMATER (1998) e obtidas no presente estudo.

Local de Coleta	IAP/EMATER DBO e DQO (mg/L)	Colônia Penal DBO e DQO (mg/L)	Entrada do Lago (est. 7a)
Abastecimento	3 e 14	10,22 e 18,82	
Água residente	19 e 63	18,86 e 56,47	
Efluente	8 e 57	10,99 e 23,53	17,34 e 56,47

Com relação à estação de amostragem situada na entrada do Lago, est. 7a, no período de despesca, foram obtidas as seguintes concentrações máximas: para o viveiro 1: 44,39 mg/L (DQO) e 15,09 mg/L (DBO); viveiro 2: 15,94 mg/L (DQO) e 5,75 mg/L (DBO); viveiro 3: 42,37 mg/L (DQO) e 20,99 mg/L (DBO).

Hillary & Boyd (1997) citaram os limites recomendados pela Agência Norte Americana de Proteção Ambiental (USEPA) para a qualidade de efluentes de piscicultura: DBO máxima de 30 mg/L. Os autores relatam que, em seus estudos, a maioria do efluente analisado excedia esses parâmetros, principalmente em fase de despesca.

Nos viveiros da Colônia Penal, durante as fases de despesca, os valores de ambas demandas diminuíram nos locais amostrados fora dos viveiros, estações 6a

e 7a. É possível que a vazão do canal de escoamento tenha promovido uma diluição das cargas ao longo de seu percurso até a entrada do lago, mascarando os resultados.

Comparando-se com os dados de IAP/EMATER, pode-se afirmar que a água de abastecimento utilizada na Colônia é de pior qualidade. A água residente nos viveiros apresentou valores mais baixos para DQO e DBO. No período normal de cultivo, o efluente analisado na Colônia ficou com a DQO mais baixa do que as que foram apresentadas pelo IAP/EMATER, a DBO ficou acima. Durante os períodos de despesca os valores da DQO estiveram mais baixos para o efluente da Colônia.

Todos os resultados obtidos para o efluente dos viveiros da Colônia Penal ficaram abaixo do parâmetro estabelecido pela USEPA.

Outros fatos observados foram os altos índices de DBO e DQO obtidos em 23/05/03 (25,23 mgO₂/L de DQO e 13,34 mgO₂/L de DBO, estação 7a), data esta na qual a piscicultura estava desativada, como a coleta da amostra foi efetuada após chuva esses índices poderiam ser explicados pela existência de outras fontes poluentes que apresentam seu escoamento para o mesmo canal de escoamento utilizado para os viveiros. É sabido que o escoamento superficial de uma encosta próxima ao canal pode estar colaborando para a sobrecarga do efluente já que nesta encosta eram criados suínos.

3.4.2: Fósforo Dissolvido (mg/L)

O fósforo é um elemento muito dinâmico e biologicamente ativo. No ambiente aquático somente ocorre na forma pentavalente (ortofosfatos, fosfatos de cadeias longas, fosfatos orgânicos, entre outros). O fósforo entra nos sistemas aquáticos nas formas dissolvida e particulada. Quando efluentes chegam a um corpo d'água receptor, as partículas sólidas podem liberar fosfatos orgânicos na coluna d'água e vários compostos de fósforo podem ser quimicamente e enzimaticamente hidrolisados a ortofosfato, que é a única forma de fósforo que pode ser assimilada por bactérias, algas e plantas (Correll, 1998).

Sharpley et al.(1992) comentaram que o fósforo solúvel é na maior parte imediatamente disponível para produção algal. O fósforo particulado presente nos lagos, associado com sedimento e material orgânico em assentamento, pode representar, mais em longo prazo, uma fonte de fósforo biodisponível.

Sharpley et al (1981) demonstraram que parte do fósforo liberada ao

escoamento pode ser reabsorvida por material pedológico durante o transporte. A erosão seletiva de partículas finas, que possuem grande capacidade de absorver fósforo durante o escoamento intensifica a absorção de fósforo durante o transporte. Assim, à medida que a concentração de sedimentos suspensos no escoamento aumenta, a concentração de P-solúvel diminui.

Tem sido amplamente observado que os padrões das concentrações de ortofosfato dissolvido em águas receptoras pode apenas ser explicado se interações dinâmicas com fósforo particulado suspenso e sedimentos de fundo forem levadas em consideração. Quando os sedimentos suspensos de um rio são descarregados em um lago ou estuário, o fósforo particulado dos sedimentos suspensos começa a se reequilibrar com o fósforo dissolvido das águas receptoras. Se a concentração de fósforo dissolvido for baixa, o fósforo é liberado dos sedimentos suspensos e vice-versa (Correl, 1998). É importante que a avaliação do fósforo em água seja determinada pela quantidade de fósforo total (dissolvido e particulado) já que o fósforo dissolvido, em águas superficiais eutróficas freqüentemente sofre alterações, em poucos minutos. O mesmo autor considera o monitoramento do fosfato dissolvido como uma técnica de valor limitado se o objetivo for medir os potenciais de eutrofização.

Para a maioria dos lagos, ribeirões, reservatórios e estuários concentrações de 0,1mg de P-Total/L são inaceitavelmente altas e concentrações de 0,02mg de P-Total/L representam freqüentemente um problema (Correl, 1998). Para Daniel et al. (1998) concentrações de fósforo total em águas superficiais em torno de 0,02mg/L são consideradas valores críticos que precedem à aceleração da eutrofização. Lagos utilizados para produção de peixes apresentam um moderado decréscimo na produtividade biológica, pois os peixes são consumidores do plâncton e promovem um decréscimo nesta população. Assim, esses ambientes toleram maiores entradas de fósforo sem risco de eutrofização. Os autores reportaram que, para controle da eutrofização, os valores de P-Total não excedam a 0,05mg/L em ribeirões que desembocam em lagos e reservatórios. Para fósforo dissolvido a concentração teria que ficar no máximo em 0,01 mg/L. Hillary & Boyd (1997) citaram como parâmetro estabelecido USEPA, para fósforo total em água, o valor de 0,17 mg/L. Sá Barreto (1999) encontrou como maior valor para fósforo dissolvido, a quantidade de 0,212 mg/L.

No experimento foi registrada para P-dissolvido a concentração máxima de 0,018 mg/L (est. 7a) em período normal de cultivo e, 0,0099 mg/L (est. 7a) em período de despesca. IAP/EMATER (1998) obtiveram valores para P-dissolvido, em efluente de piscicultura, máximos de 0,47 mg/L.

Levando-se em consideração as afirmações de Correll (1998) não se pode estabelecer uma correlação entre o fósforo dissolvido e a eutrofização no corpo d'água receptor, é necessário também considerar o fósforo particulado para uma interpretação mais segura, avaliando desta forma o fósforo total.

Com relação aos valores obtidos pode-se afirmar que estão abaixo daqueles propostos por Boyd e daqueles obtidos pelo IAP/EMATER em outras estações de piscicultura da região.

3.4.3: Sólidos Suspensos Totais (mg/L)

Como já foi comentado, Sharpley et al (1981) observaram que durante o escoamento superficial à medida que a concentração de sedimentos suspensos aumenta, a concentração de P-solúvel diminui. No mesmo trabalho afirmaram que a absorção do P-solúvel durante o transporte em escoamento superficial ocorre principalmente por sedimentos suspensos e não pela superfície do solo sobre o qual passa a água do escoamento.

Da mesma forma que os sólidos suspensos podem absorver fósforo dissolvido eles tornam-se uma fonte de fósforo particulado quando chegam ao corpo receptor, podendo, portanto sobrecarregar esses reservatórios quando esse fósforo retornar à coluna d'água.

Para a USEPA, o limite recomendado para o efluente de piscicultura é de 30mg/L de sólidos em suspensão. IAP/EMATER (1998) encontraram no efluente de piscicultura a quantidade máxima de 3.533mg/L, em fase de despesca. Para períodos normais a máxima ficou em 115 mg/L. Nos viveiros da Colônia Penal, foi obtida máxima de 2528,57mg/L (est. 3a.1) para o efluente de despesca. Para os períodos normais registrou-se a máxima de 571,76 mg/L (est. 6a). Nenhuma destas máximas foi registrada na estação de entrada no corpo receptor (estação 7a), considerando-se apenas esta estação registrou-se máxima de 19,89 mg/L para o período de despesca e 15,56 mg/L para o período normal. Estas leituras são inferiores àquelas relatadas por IAP/EMATER e encontram-se abaixo do limite permitido pela USEPA, relatados por Boyd (1997)).

3.4.4: Nitrogênio Total (mg/L):

O nitrogênio inorgânico nos viveiros existe na forma de nitrato, nitrito e amônia. A soma desses produtos determina o nitrogênio inorgânico dissolvido ou total. A proporcionalidade desses elementos pode ser afetada pelos valores de pH, e promover alterações na concentração de O.D. e nos organismos que produzem ou consomem certas formas de nitrogênio (Boyd,1990).

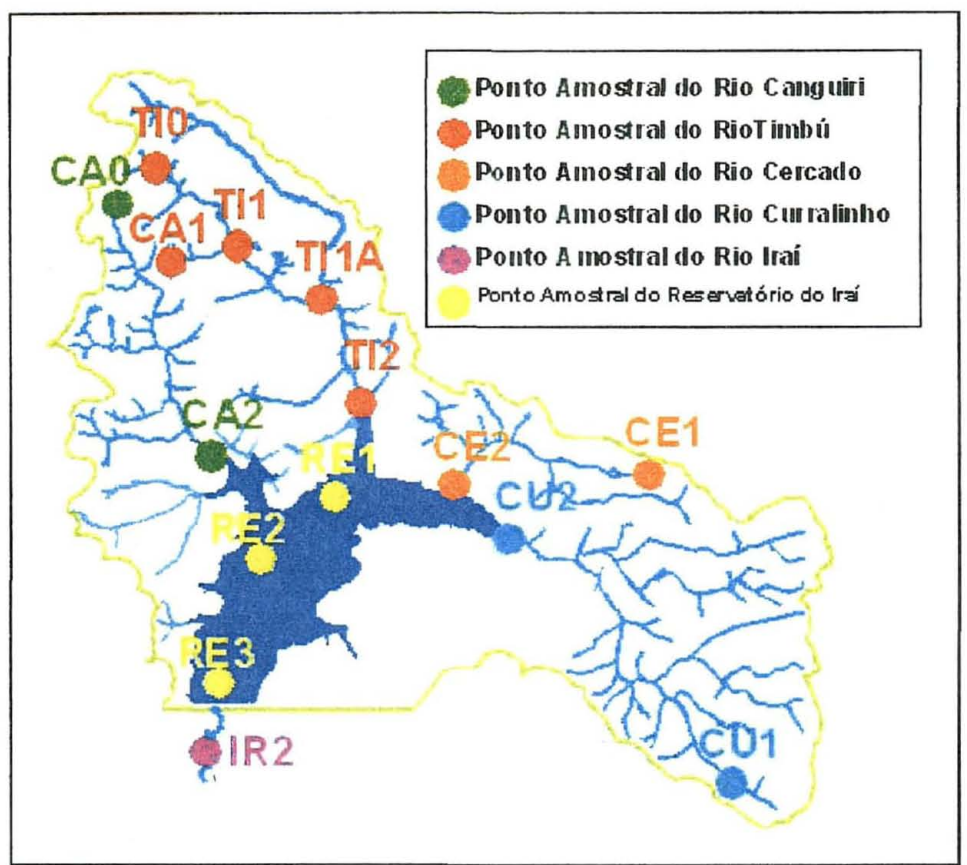
Considerando-se que o N-total é a soma de todas as formas nitrogenadas na água, Hillary & Boyd (1997) propuseram uma concentração máxima de 19,5 mg/L. IAP/EMATER (1998) obtiveram máximas de 0,465 mg/L em período normal. Sá Barreto (1999) registrou máxima de 1,141 mg/L de nitrogênio total em viveiros de Pacu, também em período normal.

Para os viveiros estudados foram obtidas as concentrações máximas de 10 mg/L para o período normal (est. 5a) e de 288,46 mg/ em período de despesca (est. 3a.1). Considerando-se a estação de amostragem situada na entrada do Reservatório (est. 7a) foram registradas máximas de 5,89 mg/L em período normal e de 7,71 mg/L em período de despesca. Portanto, os índices de entrada no Reservatório estiveram abaixo daqueles recomendados por Boyd (1997).

4 - CONDIÇÕES DO RESERVATÓRIO DO IRAÍ (CORPO RECEPTOR DOS EFLUENTES)

A condição do corpo d'água receptor é determinante para a definição do impacto causado por efluentes. Um corpo d'água oligotrófico comporta-se de maneira muito diferente de um eutrófico ou mesmo hipereutrófico, quando recebem aporte de nutrientes. É sabido que o Reservatório da Barragem do Iraí e os Reservatórios do Altíssimo Iguaçu (Região Metropolitana de Curitiba), apresentam condições favoráveis à ocorrência de florações de algas devido principalmente, a disponibilidade de macro-nutrientes. Além disso, possuem baixa profundidade, alto tempo de retenção, o que vem a favorecer o acúmulo de nutrientes e sua disponibilidade para a biota. O processo de eutrofização em reservatórios com a ocorrência de intensas florações de algas é consequência da inter-relação entre vários fatores climatológicos, hidrológicos, morfológicos, físico-químicos e biológicos que ocorrem tanto na bacia hidrográfica quanto no próprio reservatório (Freire, 2003).

O monitoramento do aporte de macro-nutrientes provenientes dos principais tributários do Reservatório do Iraí, Rios Canguiri, Timbú, Cerrado e Curralinho (figura 10), está sendo desenvolvido dentro do programa de estudos "Projeto Interdisciplinar de Pesquisa sobre Eutrofização de Águas de Abastecimento Público da Bacia do Altíssimo Iguaçu", sendo o Curso de Engenharia Ambiental, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná responsável por esse monitoramento.



Fonte: Freire, 2003; Modificado de COMEC (2000)

Figura 10 – Localização dos Pontos Amostrais da Bacia do Rio Iraí

Foram monitorados fósforo total, principal macro-nutriente limitante para o crescimento das algas responsáveis pelas florações; nitrogênio Kjeldahl total, DBO e DQO. As cargas máximas obtidas estão descritas na Tabela 7.

TABELA 7 - Cargas máximas de macro-nutrientes obtidas para os principais tributários do Reservatório da barragem do Iraí

	Rio Canguiri	Rio Timbu	Rio Cerrado	Rio Curralinho
P-Total (kg/dia)	1,42	41,79	0,44	2,65
N-Total (kg/dia)	4,32	130,80	0,82	3,67
DBO (mg /L)	36,36	35,31	6,7	4,23
DQO (mg /L)	75,35	183,48	47,47	39,14

Fonte: Freire, 2003.

A Portaria SUREHMA nº 020, de 12 de maio de 1992, Art. 1º, estabelece que todos os cursos d'água da Bacia do Rio Iguaçu, de domínio do Estado do Paraná, pertencem à classe "2" da Resolução CONAMA nº 20/86 (PARANÁ, 1996). Segundo esta resolução, para águas de classe 2, a concentração de Fósforo Total poderá apresentar o teor máximo aceitável para o Fósforo Total de 0,025 mg/L. A concentração máxima permitida de DBO é de até 5 mg/L de O₂. Dentre os tributários analisados, somente os rios: Canguiri e Cercado (ambos pontos próximos à nascente) possuem pelo menos 5% dos dados de Concentração de Fósforo Total dentro dos parâmetros aceitos pelo CONAMA.

De acordo com Freire (2003) a contribuição do Rio Timbú é responsável por cerca de 93% da carga pontual de Fósforo, correspondente a 13,6 Kg/dia, assim como 92% da Carga de Nitrogênio Total Kjeldahl, equivalente a 31 Kg/dia, 84% da Carga da Demanda Bioquímica de Oxigênio correspondente a 41,6 Kg/dia e 84% da Carga da Demanda Química de Oxigênio equivalente a 243,69 Kg/dia. Com esses dados pôde-se verificar que o Rio Timbú é o principal contribuinte pontual de macronutrientes no Reservatório do Iraí. A DQO com elevado valor em relação a DBO também demonstra que o Rio Timbú é o grande responsável pela poluição orgânica e, portanto o maior inibidor dos processos biológicos dentre os tributários. Tendo como consequência o agravamento do processo de eutrofização do Reservatório assim como as florações das cianobactérias. O estudo continua em andamento, esses resultados foram apresentados em relatório final ao término da bolsa de pesquisa da autora.

Além das cargas pontuais que estão sendo identificadas, o Reservatório do Iraí recebe uma quantidade grande de cargas difusas, as quais são de difícil quantificação. Nessas cargas estão compreendidos efluentes domésticos e agropecuários, pois a população próxima além de não possuir sistema de saneamento, possui criações de animais e plantações. Os nutrientes carreados pelo escoamento superficial também promovem a sobrecarga no Reservatório. A Figura 11 descreve a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Iraí e as ocupações urbanas.



Fonte: Freire, 2003.

Figura 11– Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Iraí

5 - EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE PISCICULTURA DA COLÔNIA PENAL

Considerando-se que todo o aporte de nutrientes que restou após a retirada dos peixes, for direto para o efluente, ou seja, desconsiderando-se o que ficou retido no solo dos viveiros, obteve-se uma carga mensal como a que está sendo descrita na Tabela 8.

TABELA 8 – Carbono e nutrientes presentes no efluente dos viveiros (contribuição mensal)

	TOTAL (Kg)	SET. (Kg)	OUT. (Kg)	NOV. (Kg)	DEZ. (Kg)	JAN. (Kg)	FEV. (Kg)
C	671,98	39,11	92,66	105,57	138,64	179,55	116,45
N	148,79	9,4	22,32	24,82	29,82	37,91	24,52
P	67,95	3,55	8,41	9,91	14,53	19,13	12,42

Dividindo-se as quantidades mensais pelo nº de dias no mês registrou-se um aporte máximo de 5,79 Kg/dia de carbono orgânico total, 1,22 kg/dia de nitrogênio total e de 0,62 kg/dia de fósforo total. Todas as cargas máximas foram obtidas no mês de janeiro de 2003.

Comparando-se com os dados da Tabela 7, referentes aos tributários do Iraí, verificou-se que o aporte da estação de piscicultura da Colônia Penal assemelha-se ao do Rio Cerrado, que contribui com 1% do aporte diário de Nitrogênio Total e Fósforo Total para o Reservatório.

Mesmo num pior cenário, ou seja, considerando-se que não houve nenhuma absorção dos macro-nutrientes pelo solo dos viveiros e que apenas foram avaliadas as cargas máximas registradas, a contribuição do efluente da estação de piscicultura da Colônia é pequena quando comparada a dos outros tributários. É importante enfatizar que os efluentes da piscicultura só entram no reservatório nos meses de cultivo, de setembro a março.

A partir desses resultados fica claro que o Rio Timbú é o alvo prioritário para ações de controle do uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Rio Iraí bem como da proporção de medidas estruturais e não estruturais de mitigação dos seus efeitos.

6. CONCLUSÕES

A utilização de amostras de solo compostas pode ser uma metodologia adequada para determinação quantitativa das substâncias que foram avaliadas.

Quando se avaliou a carga de nutrientes no canal de escoamento, sem influência da piscicultura, verificou-se que existe a influência de um passivo ambiental, caracterizado pelos altos índices de DBO e DQO obtidos.

A qualidade do efluente da estação de piscicultura investigada está dentro dos parâmetros recomendados pela literatura. O manejo adequado dos viveiros, durante o cultivo como na despesca, é importante para mitigar a carga de nutrientes presentes no efluente.

Comparando-se o aporte de macro-nutrientes proveniente da estação de piscicultura àqueles provenientes dos tributários do Iraí, conclui-se que, mesmo em condições extremas, a contribuição dessa estação de piscicultura não é significativa para o processo de eutrofização do Reservatório do Iraí.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de viabilizar a atividade de aqüicultura em termos sanitários e ambientais é emergencial. Os estoques naturais de pescado estão diminuindo a cada ano e o crescimento da produtividade em aqüicultura tem sido maior do que o da pesca em todo o planeta. A qualidade das águas interiores está cada vez pior devido à falta de saneamento básico dos grupamentos rurais e urbanos, ao desmatamento de matas ciliares, a pouca tecnologia no preparo do solo para o plantio, entre outros. Pesquisas devem ser desenvolvidas para que parâmetros reais de qualidade de efluentes sejam estabelecidos evitando-se dessa forma embargos desnecessários e a possibilidade de desenvolvimento da atividade como um todo.

O Reservatório do Iraí apresenta muitas características potenciais para a floração de algas. As cargas pontuais de maior contribuição devem ser monitoradas e manejadas na tentativa de melhora na qualidade da água. O saneamento básico e a utilização de técnicas de contensão do solo para os locais com atividade agrícola, são boas praticas que irão colaborar no controle de cargas difusas promovendo melhora na qualidade da água do Reservatório e evitando seu assoreamento.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANA, L.V. **Princípios Químicos da Qualidade da Água em Aquicultura**. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. 166p.

BAUMGARTEN, M. da G.Z; ROCHA, J. M. B.R.; NIENCHESKI, L. F.H. **Manual de Análises em Oceanografia Química**. Editora da Fundação Universidade de Rio Grande (FURG). Rio Grande, RS. 1996.

BITTENCOURT, S. **Carga Máxima de Fósforo Admissível ao Reservatório Piraquara II Região Metropolitana de Curitiba. Uma Aplicação do Processo TMDL**. Curitiba, 2003. 155 p Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências do Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A. & BORGHETTI, J. R. **Aquicultura: uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no Mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais, 2003. 128p.

BOLLMANN, H.A.; TOLEDO, E.B.S.; CUNHA, J.P.; ORNELLAS, A. de; FREIRE, S.M.; SAMWAYS, G. & FOGAÇA, V. **Carga de Macro-Nutrientes nos tributários e Qualidade Físico Química no Reservatório do Rio Iraí**. Projeto interdisciplinar de pesquisa sobre eutrofização de águas de abastecimento público na bacia do altíssimo Iguaçu. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba - Pr, 2003.

BOYD, C.E. **Water Quality Management for Pond Fish Culture**. Department of Fisheries and Allied Aquaculture. Elsevier Science Publishers, New York, 1982. 316p.

BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama , USA. 1990.

BOYD, C.E.; TANNER, M.E.; MADKOUR, M. & MASUDA, K. Chemical Characteristics of Bottom Soils from Freshwater and Brackishwater Aquaculture Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**. V25, nº4, p517-533; December, 1994.

BOYD, C.E. & TUCKER. **Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University: Auburn University, 1992. 183p.

BOYD, C.E. & TEICHERT-CODDINGTON. Pond Bottom Soil during Fallow and Culture Periods in Heavily-Fertilized Tropical Fish Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**. V 25, Nº 3, p: 417-423; september, 1994.

CASTELLANO, E.G. & CHAUDRY, F.H. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. São Carlos: EESC USP – 2000. p. 241 – 249.

CORRELL, D.L. the Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving waters: a Review. **J Environmental Quality**. V.27, p 261 – 266. 1998.

DANIEL T.C., SHARPLEY, A.N. & LEMUNYON, J.L. Agricultural Phosphorus and Eutrophication: a Symposium Overview. **J Environmental Quality**. V.27, nº2 ,p. 251 - 257. march - aPRil, 1998.

EMATER. **Realidade da Piscicultura**. Disponível em :<
<http://www.emater.pr.gov.br>> Acesso em 18/08/2003.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA)**. Disponível em:<
http://www.FAO.org/default_all.asp> Acesso em 17/03/2003.

FREIRE, S.M. **Avaliação da Carga Poluente no Reservatório do Rio Iraí – Região Metropolitana de Curitiba/PR**. PUC-PR. Pró Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação. PIBIC 02/03. 26p. Relatório Final.

HILLARY, S. E. & BOYD, C. E. **Dynamics of Pond Aquaculture**. CRC-Press, Boca Raton, New York, 1997.

IAP/EMATER. **Avaliação da Qualidade da Água Utilizada, Residente e Efluente de Tanques de Piscicultura da Região Metropolitana de Curitiba.** Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e Secretaria Municipal de Recursos Hídricos. Curitiba, Paraná. Junho de 1998.

JINGSON, Y; HONGLU, Y. Integrated fish Culture Management in China. In: MITSCH, W.J.; JORGENSEN, S.E. **Ecological Engineering: an Introduction to Ecotechnology.** John Willey & Sons, 1989; p.375-408.

JORGE, J. A. **Física e Manejo de Solos Tropicais.** Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas – São Paulo, 1985.

KUBITZA, F. **Tilápia: Tecnologia e Planejamento na Produção Comercial.** Jundiaí, São Paulo – Brasil .285p.

LIU, F.; MITCHEL, C.C.; HILL, D.T.; ODOM, J.W. & ROCHESTER, E.W. Phosphorus recovery in Surface Runoff from Swine Lagoon Effluent by Overland Flow. **J Environmental Quality.** V.26, p. 995 – 1001. 1997.

MASUDA, K. & BOYD, C.E. Phosphorus Fraction in Soil and Water of Aquaculture Ponds Built on Clayey Ultisols at Auburn, Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society.** V.25, N.3, P 379 – 395, 1994.

MUNSIRI, P.; BOYD, C.E & HAJEK, B.F. Physical and Chemical of Bottom Soil Profiles in Ponds at Auburn, Alabama, USA and a proposed System for Describing Pond Soil Horizons. **Journal of the World Aquaculture Society.** V.26, Nº.4, p 346 - 377, 1995.

MATHEUS, C.E. Poluição, Policultivo de Peixes e Ecotecnologia. In: YASHOUV, A. Mixed Fish Culture- na Ecological Approach to Increase pond productivity. In: **The FAO World Symposium On Warm Water Fish Culture.** Resumos. Roma, 1968.

SÁ BARRETO, L.E.G. DE. **Avaliação de Parâmetros Abióticos em Ambiente Utilizado para Cultivo de Peixes**. Maringá-PR, 1999. 41 p. Dissertação de Mestrado. Setor de ecologia de ambientes, Universidade Estadual de Maringá.

SHARPLEY, A. N. Soil Phosphorus Dynamics: agronomic and environmental impacts. **Ecological Engineering**. V. 5, p.261 – 279. 1995.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S.J.; JONES, O.R.; BERG, W.A. & COLEMAN, G.A. The Transport of Bioavailable Phosphorus in Agricultural Runoff. **J. Environmental Quality**. V.21, p 30 – 35. march, 1992.

SHARPLEY, A. N.; MENZEL, S.J., SMITH, S.J., RHOADES, E.D. & OLNES, A.E. The sorption of Soluble Phosphorus by Soil Material during Transport in Runoff from Cropped and Grassed Watersheds. **J. Environmental Quality**. V.10, nº 2, p 211 - 215. 1981.

SCHROEDER, G.L.; ALKON, A. & LAHER, M. Nutrient Flow in Pond Aquaculture Systems. In: **Aquaculture and Water Quality**. South Carolina, USA: David E. Brune and Joseph R. Tomasso; Clemson University and the South Carolina Agricultural Experiment Station. The World Aquaculture Society, 1991. p:489 – 505.

SONNENHOLZNER, S. & BOYD, C.E. Chemical and Physical Properties of Shrimp Pond Bottom Soils in Equador. **Journal of the World Aquaculture Society**. V.31, nº3, p . 358 – 375. September, 2000.

STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition; Washington, DC: American Public Health Association, 1995.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHENEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Boletim Técnico nº 5, 2^a ed. Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, R.S. 1995.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS.
Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas. Projeto de
Extensão Universitária Solo Planta, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola;
2ª edição. Curitiba-Pr, 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para Apresentação de
Documentos Científicos, 8** . Curitiba - Pr, 2002.

ANEXO

TABELA 1: Resultados das análises de água efetuadas durante o cultivo

Data	Nº das estações	DBO (mgO/L)	DQO (mgO/L)	N-total (g/L)	N-Total Mg/L	P-dissolv. (mg./L)	SST (mg/L)
29/11/ 02	1a		14,12				
	2a		18,82	0,003088	3,0877		
	3a		32,94	0,00373	3,729544	0,0007	
	4a		23,53	0,006316	6,31575	0,0059	
	5a		56,47	0,010526	10,52625	0,0074	
	6a		23,53	0,004211	4,2105	0,0117	
	7a		56,47	0,005053	5,0526	0,0062	
17/12/ 02	1a	6,02		0,003242	3,242008	0,0045	
	2a	5,82		0,004421	4,42092	0,0066	
	3a	8,13		0,002653	2,652552	0,0046	
	4a	11,05		0,004303	4,30332	0,0056	
	5a	13,96		0,003873	3,872988	0,0064	
	6a	10,99		0,002358	2,357824		
	7a	14,03		0,004491	4,4912	0,0181	
29/1/2003	1a	4,71		0,002439	2,438548		
	2a	4,65		0,004016	4,016432	0,003	
	3a	6,07		0,004274	4,273556	0,0136	
	4a	18,86		0,004016	4,016432	0,0021	
	5a	14,37		0,005053	5,0526		
	6a	4,8		0,003586	3,5861		
	7a	17,34		0,005895	5,89456		
19/2/2003	1a	10,22	20,45	0,003242	3,242008	0,0019	18,04
	2a	5,83	11,36	0,004303	4,30332	0,0018	13,32
	3a	7,13	13,64	0,003831	3,831464		77,96
	4a	7,91	18,69	0,003156	3,155768		111,92
	5a	12,66	31,53	0,007439	7,43855		127,50
	6a	4,7	9,17	0,004211	4,2105		571,76
	7a	14,65	37,38	0,003509	3,50875		15,56

TABELA 2: Resultados das análises de água efetuadas durante as despesas

(1 = 1ª amostragem e 2 = 2ª amostragem)

Data	Nº das estações	DBO (mgO/L)	DQO (mgO/L)	N-total (g/L)	N-Total Mg/L	P-dissolv. (mg./L)	SST (mg/L)
viv. 1 24/ 2/ 03	3a.1	14,81	28,32	0,000427	4,273556	0,0051	32,29
	3a.2	17,38	31,86	0,000387	3,872988		
	6a.1	11,61	22,06	0,000457	4,568284	0,0042	4,03
	6a.2	14,1	24,51	0,000265	2,652552		
	7a.1	17,16	31,86	0,000265	2,652552		17,77
	7a.2	16,06	24,34	0,000457	4,568284		
25/ 2/ 03	3a.1	1332,94	4299,06	0,288466	288,4659		2528,57
	3a.2	138,37	388,41	0,060964	60,9637		854,55
	6a.1	89,67	186,92	0,00501	5,010376	0,0019	152,33
	6a.2	111,3	271,03	0,010758	10,7583		34,00
	7a.1	15,09	44,39	0,007719	7,71925	0,0099	13,88
	7a.2	13,53	35,05	0,00407	4,07015	0,0059	10,57
viv. 2 25/ 3/ 03	4a.1	9,61	16,98	0,00501	5,010376		12,80
	4a.2	11,71	66,43	0,007719	7,71925		259,62
	6a.1	7,51	12,52	0,004632	4,63155		18,67
	6a.2	11,27	57,34	0,004274	4,273556		118,09
	7a.1	5,59	14,35	0,002653	2,652552		7,14
	7a.2	5,75	15,94	0,002358	2,357824		10,92
26/ 3/03	4a	2,2	6,71	0,005451	5,450872	0,0041	132,67
	6a	4,51	10,91	0,00393	3,9298	0,0027	8,00
	7a.	5,75	15,94	0,001825	1,82455		16,33
viv. 3 10/ 3/ 03	5a.1	15,97	33,98	0,00501	5,010376		104,47
	5a.2	11,11	26,7	0,006631	6,63138		46,00
	6a.1	8,53	12,97	0,0028	2,799916		5,41
	6a.2	5,11	8,81	0,003509	3,50875		4,87
	7a.1	20,99	42,37	0,003684	3,6841		11,88
	7a.2	9,53	31,52	0,003537	3,536736		11,13
11/ 3/ 03	5a.1	20,33	58,25	0,004863	4,863012		195,80
	5a.2	84,74	196,43	0,009403	9,40345		303,75
	6a.1	2,09	4,85	0,003649	3,6491		5,08
	6a.2	2,17	6,44	0,002505	2,505188		5,42
	7a.1	11,43	21,84	0,003586	3,5861		11,18
	7a.2	10,83	19,42	0,005333	5,3333		19,89

TABELA 3 - Resultados das análises de água efetuadas durante o cultivo
(concentrações máximas obtidas)

Data	Nº das estações	DBO (mgO/L)	DQO (mgO/L)	N-Total (mg/L)	P-dissolv. (mg/L)	Solid.Susp. (mg/L)
29/11/ 02	2a		18,82			
	5a		56,47	10,53		
	6a		23,53			
	7a		56,47	5,89		
17/12/ 02	6a	10,99				
	7a				0,0181	
29/1/ 03	4a	18,86				
	7a	17,34				
19/02/03	1a	10,22				
	6a					571,76
	7a					15,56

TABELA 4 - Resultados, com concentrações máximas, das análises de
água durante as despesas (1ª amostragem (1) e 2ª
amostragem (2))

Data	Nº das estações	DBO (mgO/L)	DQO (mgO/L)	N-Total (mg/L)	P-dissolv. (mg/L)	Solid.Susp. (mg/L)
viv. 1						
25/2/2003	3a (1)			288,4659		2528,57
	7a (1)	15,09	44,39	7,71	0,0099	
viv. 2						
25/3/2003	7a (2)	5,75	15,94			
viv. 3						
10/3/2003	7a.(1)	20,99	42,37			
11/3/2003	7a.(2)					19,89

TABELA 5 - Vazões para os diferentes dias de amostragem de água

	Data	L/s	Condições
1	29/11/2002	3,43	tempo nublado, com chuva nos dias anteriores
2	29/11/2002	1,66	tempo nublado, com chuva nos dias anteriores
3	29/11/2002	2,33	tempo nublado, com chuva nos dias anteriores
1	17/12/2002	0,13	tempo bom com sol e estiagem de alguns dias
2	17/12/2002	0,62	tempo bom com sol e estiagem de alguns dias
3	17/12/2002	0,18	tempo bom com sol e estiagem de alguns dias
1	29/1/2003	3,3	chuvas torrenciais durante duas semanas
2	29/1/2003	2,25	chuvas torrenciais durante duas semanas
3	29/1/2003	2,7	chuvas torrenciais durante duas semanas
1	25/2/2003	6,06	esvaziamento
2	25/2/2003	0,41	tempo bom precedido de chuva
3	25/2/2003	4	tempo bom precedido de chuva
3	10/3/2003	9,3	esvaziamento
2	25/3/2003	8,57	esvaziamento