

# TRATAMENTO DA ÁGUA DE ESCOAMENTO DE TANQUE DE PISCICULTURA ATRAVÉS DE LEITOS CULTIVADOS DE VAZÃO SUBSUPERFICIAL: ANÁLISE DA QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA

Gilberto José Hussar<sup>1</sup>; André Luis Paradela<sup>1</sup>; Teles Couto Jonas<sup>2</sup>, João Paulo Rodrigues Gomes<sup>2</sup>

---

## RESUMO

Visando avaliar o desempenho de leitos cultivados no tratamento de água de escoamento de tanque de piscicultura, no que se refere à Turbidez, Cor, Oxigênio Dissolvido, pH e Alcalinidade, foi instalado um experimento em caixas de cimento-amianto, preenchidas com brita n.º 3, onde se cultivou macrófitas aquáticas emergentes conhecidas como Taboa (*Typha spp.*) em sistema de monocultivo. Foram mensurados durante a avaliação as reduções na Turbidez, Cor, bem como analisou-se o comportamento do sistema quanto ao pH, Taxa de Oxigênio Dissolvido e Alcalinidade. Durante a fase experimental obteve-se os seguintes valores de redução: Turbidez redução média de 86,43% e para Cor registrou-se uma redução média de 89,69%. Os valores de pH mantiveram-se em níveis desejáveis para o processo. Foram registradas reduções nas taxas de Oxigênio Dissolvido durante a fase experimental. Quando do monitoramento registraram-se reduções na alcalinidade. Os resultados obtidos permitiram concluir que: a) as reduções observadas na Turbidez e na Cor do efluente, podem ser consideradas bastante satisfatória; b) com relação ao pH no sistema de tratamento, o mesmo comportou-se de forma bastante favorável tanto à nitrificação quanto à desnitrificação; c) as variações observadas nos valores de Alcalinidade foram irrelevantes ao mecanismo de tratamento e não interferiram na qualidade da água final (efluente dos leitos); e d) as reduções observadas nas taxas de Oxigênio Dissolvido eram esperadas face à sua utilização por parte do sistema radicular das macrófitas, bem como em decorrência da nitrificação eventualmente ocorrida no sistema, situação esta que pode ser contornada através de mecanismos para a incorporação de oxigênio.

**Palavras-chave:** *Typha spp.*, leitos cultivados, piscicultura.

## CONSTRUCTED WETLAND ON WASTE WATER TREATMENT OF FISH WATER: PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY ANALYSIS

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance of a subsurface flow constructed wetland on the treatment of residuary water from fish water principally to Turbidity, Color, Oxygen, pH and Alkalinity. A trial was carried out at cimento-amianto box cultivated with *Thypha spp* on monocultive system. The parameters evaluated were: Turbidity, Color, pH Oxygen and Alkalinity. The results showed decrease of 86,4 for Turbidity and 89,69% for Color. Alkalinity and Oxygen were reduced too. The pH values were acceptable for the process.

**Key Words:** turbidity, oxygen, wastewater treatment, constructed wetland, fish water.

---

<sup>1</sup> Professores do Curso de Engenharia Ambiental do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (UNIPINHAL) - e-mail:hussar@unipinhal.edu.br

<sup>2</sup> Discentes do Curso de Engenharia Ambiental do UNIPINHAL

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico implica no incremento da exploração e utilização da água, resultando no aumento de todo o tipo de águas residuárias. Este crescimento sem nenhum planejamento leva os recursos hídricos a um processo de deterioração.

A diminuição da disponibilidade dos recursos hídricos e a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas apontam para uma tendência de um aproveitamento racional desse precioso recurso, com o mínimo de dano ao meio ambiente.

Durante o processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros em sistemas de renovação de água intermitente. O volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. A digestibilidade da matéria seca das rações gira em torno de 70 a 75%. Isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entra nos sistemas aquaculturais como material fecal (KUBITZA, 1999).

A decomposição e a reciclagem do material orgânico fecal nos tanques é feita principalmente por ação microbiológica, à custa de consumo de oxigênio, resultando no acúmulo de metabólicos tóxicos aos organismos aquáticos, com amônia, nitrito e o gás carbônico (KUBITZA, 1999).

O material orgânico proveniente da adição de fertilizantes, excreção dos peixes e restos de ração não consumidos pelos peixes, depositam-se no fundo dos tanques. Por sua vez, os metabólicos e os compostos nitrogenados e fosfatados, encontram-se diluídos no meio. Os nutrientes derivados da ração não consumida, dos fertilizantes e dos produtos metálicos dos peixes estimulam a floração de algas. Nos sistemas onde se adota a circulação intermitente, estes produtos encontram-se no efluente, o qual é, geralmente disposto em um corpo receptor sem nenhum tipo de tratamento.

Zaniboni Filho et al. (1997), analisaram a qualidade do efluente produzido por uma estação de piscicultura, contendo cerca de 150 tanques e uma área inundada de 4,5 ha, foi analisada com a água de abastecimento dos tanques, ao longo de 27 meses. Os resultados obtidos pelos autores indicam uma alteração na qualidade da água utilizada. Dentre os fatores analisados verifica-se uma redução na taxa de Oxigênio Dissolvido na água de 7,5 mg/L para 6,0 mg/L, aumento na concentração de Nitrogênio Amoniaco de 12,8 mg/L para 86,3 mg/L, e um aumento no valor da Turbidez (NTU) de 2,8 para 7,1.

Segundo Boyd (1978), o grande problema com a qualidade do efluente produzido está relacionado com a drenagem do viveiro com a despesca. Em experimento, o referido autor relata que durante a drenagem a DBO é de 4,31 mg/L e sobe para 28,9 mg/L, a Amônia Total passa de 0,98 mg/L para 2,34 mg/L por ocasião da despesca.

Levings (1994) alerta para o fato de que na produção de peixes, várias substâncias químicas vem sendo utilizadas para o controle de parasitas e doenças. Embora essas substâncias não interfiram no desenvolvimento dos peixes, afetam alguns crustáceos que são a base da cadeia trófica, sendo transferidas ao longo da rede alimentar.

Assim sendo, é necessário minimizar o impacto causado pelo efluente de tanques de piscicultura, através de métodos de tratamentos. De acordo com Zaniboni Filho (1997), existem várias alternativas para o tratamento do efluente da piscicultura, tais como: uso de lagoas aeradas, tratamento através de canteiros com macrófitas aquáticas, uso de lagoas de evaporação e até mesmo o uso agrícola da referida água residuária.

Dentre muitos sistemas de tratamentos, destacam-se os leitos cultivados com macrófitas aquáticas, em particular *Typha spp.* (Taboa), que podem ser utilizados como sistema de tratamento primário e secundário, bem como polimento terciário de efluente em sistema conjugado (ROSTON, 1994).

Os leitos cultivados contribuem para a manutenção da qualidade da água, através da remoção e retenção de nutrientes, do processamento da matéria orgânica e resíduos químicos e da redução da carga de sedimentos descartada nos corpos receptores. Conforme a água flui pelo substrato, a vegetação age como uma barreira à manutenção do seu curso, diminuindo a velocidade de avanço, em direção ao corpo receptor, fazendo com que os sedimentos e poluentes que carrega precipitem. Desta maneira, estes sedimentos e poluentes podem ser capturados pela vegetação e, logo após, metabolizados (CHERNICHARO, 2001).

O objetivo do experimento foi avaliar os leitos cultivados no que se refere à redução da turbidez e da cor, bem como o comportamento do sistema quanto aos seguintes parâmetros químicos: pH, Oxigênio Dissolvido e Alcalinidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro à dezembro de 2003, por um período de 90 dias, no Setor de Aquacultura do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (CREUPI).

Os leitos cultivados foram instalados em sete (7) caixas de fibra de cimento-amianto, as quais foram dispostas em diferentes níveis a fim de que propiciar o escoamento do efluente de uma caixa para outra através da ação da gravidade. As caixas utilizadas apresentam as seguintes dimensões descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dimensionamento das caixas utilizadas no ensaio. Espírito Santo do Pinhal, SP, 2003.

Caixa	Comprimento	Largura	Altura	Volume
1	0,74 m	0,74	0,60 m	250 L
2	0,84 m	0,64 m	0,55 m	250 L
3	0,62 m	0,54 m	0,45 m	150 L
4	0,62 m	0,54 m	0,45 m	150 L
5	0,62 m	0,54 m	0,45 m	150 L
6	0,62 m	0,54 m	0,45 m	150 L
7	0,62 m	0,54 m	0,45 m	150 L

No fundo de cada caixa foi montado um sistema de drenagem composto por canos de PVC, com diâmetro de 0,5 polegada, com furos de 10 mm de diâmetro espaçados de 4 cm. Após ser captado por esta rede de drenagem, o efluente desloca-se por uma tubulação também de PVC, de mesmo diâmetro, posicionada verticalmente na parte posterior da caixa (tendo como referência a entrada) e que se encontra fixada por luvas de PVC, funcionando no sistema de vasos comunicantes. O cano posicionado na vertical, apresenta na sua extremidade superior uma curva em PVC (90°), voltada para a parte superior da caixa subsequente, servindo como sistema de abastecimento do afluente. Assim sendo, a água tratada em cada uma das caixas, passa a subsequente através da rede de drenagem em cada caixa e do tubo de PVC posicionado na vertical.

As caixas foram preenchidas com brita de número 3, sendo utilizada a macrófita aquática emergente conhecida como Taboa (*Typha spp.*) em sistema de monocultivo.

Em cada uma das caixas foram plantadas de seis (6) a oito (8) brotos de taboa, oriundos de brotações de plantas adultas colhidas no campo, as quais se encontravam mantidas em caixas d'água até o surgimento das brotações, quando foram transplantadas para as caixas.

A água submetida à tratamento foi a água do tanque de número 6, com 5 metros de comprimento, 4 metros de largura e 1,20 metros de profundidade, com as paredes laterais e o fundo em alvenaria de tijolos revestidos por concreto, existente no setor de Aquacultura. Na parte anterior apresenta uma tubulação em PVC dotada de registro do tipo gaveta para controle da entrada de água de abastecimento. O sistema de escoamento é do tipo "tubo em

L”, propiciando o escoamento da água do fundo do tanque. O escoamento da água dá-se através de tubulação em PVC de diâmetro de 3 polegadas.

O tanque em questão foi povoado com 20 alevinos (comprimento médio de 3 centímetros) de *Tilapia rendalli*, que eram alimentados com ração balanceada, do tipo extrusada, duas vezes ao dia (manhã e à tarde), na proporção de 5% do peso vivo do lote. Semanalmente, o tanque recebia um adubação com esterco de suíno mineralizado, na proporção de 100 gramas/m<sup>2</sup>, levando-se em consideração a transparência da água.

A água de escoamento do tanque abastecia a primeira caixa, ou leito cultivado. A fim de promover uma vazão constante no abastecimento da primeira caixa do sistema de tratamento, foi adaptado na extremidade do tubo de escoamento de água do tanque, um registro do tipo gaveta.

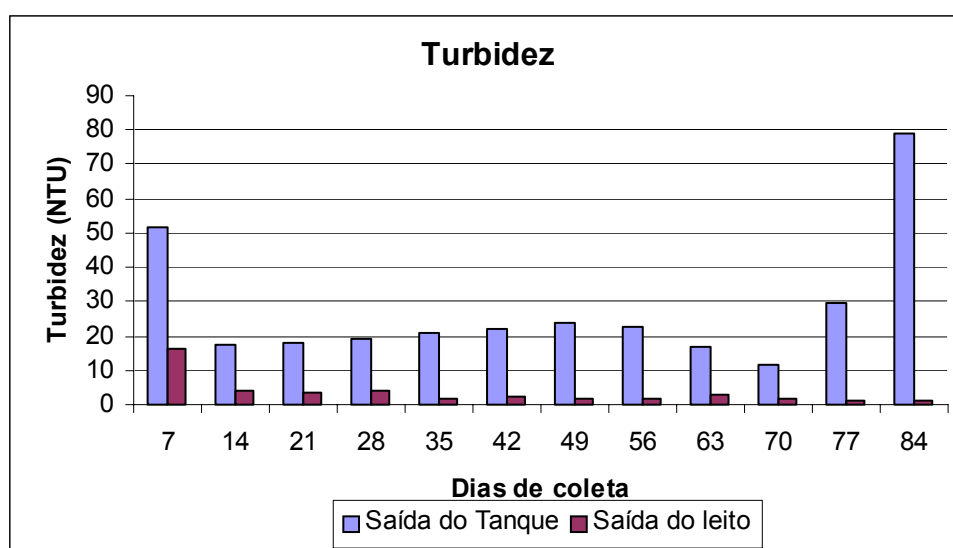
Testou-se a vazão de 0,3 L/minuto, o que resultou num tempo de detenção hidráulico (THD) do sistema de 34 horas, 43 minutos e 20 segundos.

Seguindo recomendações de Roston (1994), os leitos foram dispostos em série, a fim de aumentar sua eficiência na remoção de nutrientes. Quando da realização do experimento foram avaliados os parâmetros: Turbidez, Cor, pH, Oxigênio Dissolvido e Alcalinidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do presente trabalho estão apresentados nos quadros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 ilustrados nas figuras 1, 2, 3, 4, 5.

#### a) Turbidez



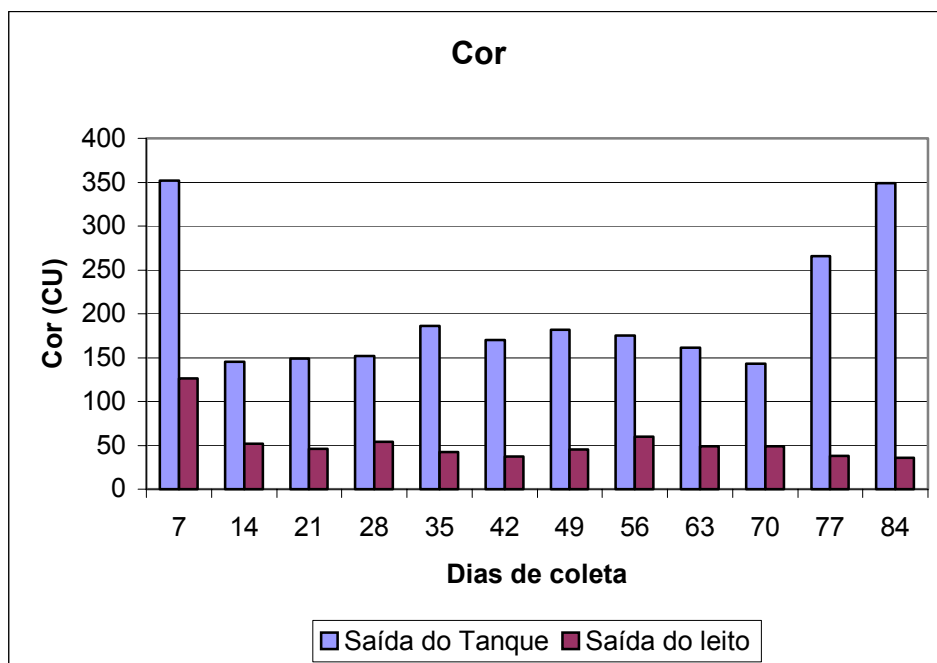
**Figura 1.** Comportamento da turbidez do efluente do tanque de piscicultura e do efluente dos leitos cultivados no período de 01/10/03 à 30/12/03.

Conforme se observa no Quadro 1 (anexo) e Figura 1 a redução da Turbidez nos leitos cultivados durante o tratamento variou de 68,34% à 98,76%, verificando-se uma remoção média de 86,43%.

Em sistema semelhante e tratando esgoto doméstico, Valentim (1999) redução média de 80,13%. Assim sendo, o sistema ora avaliado, apresentou valor médio superior ao do referido autor.

Os leitos cultivados de escoamento subsuperficial são consistentemente efetivos na redução de elevadas concentrações de sólidos suspensos (KADLEC; KNIGHT, 1996). Esta redução é propiciada pelos processos físicos decorrentes de uma filtração em meio granular (britas), ocorrendo a sedimentação nos interstícios, retenção por constrição do fluxo (filtração) e colisão com adesão a grânulos do meio suporte. As baixas velocidades do fluxo somadas à presença da vegetação e da brita usada como meio suporte, promovem os processos descritos (METCALF; EDDY, 1991).

#### b) Cor

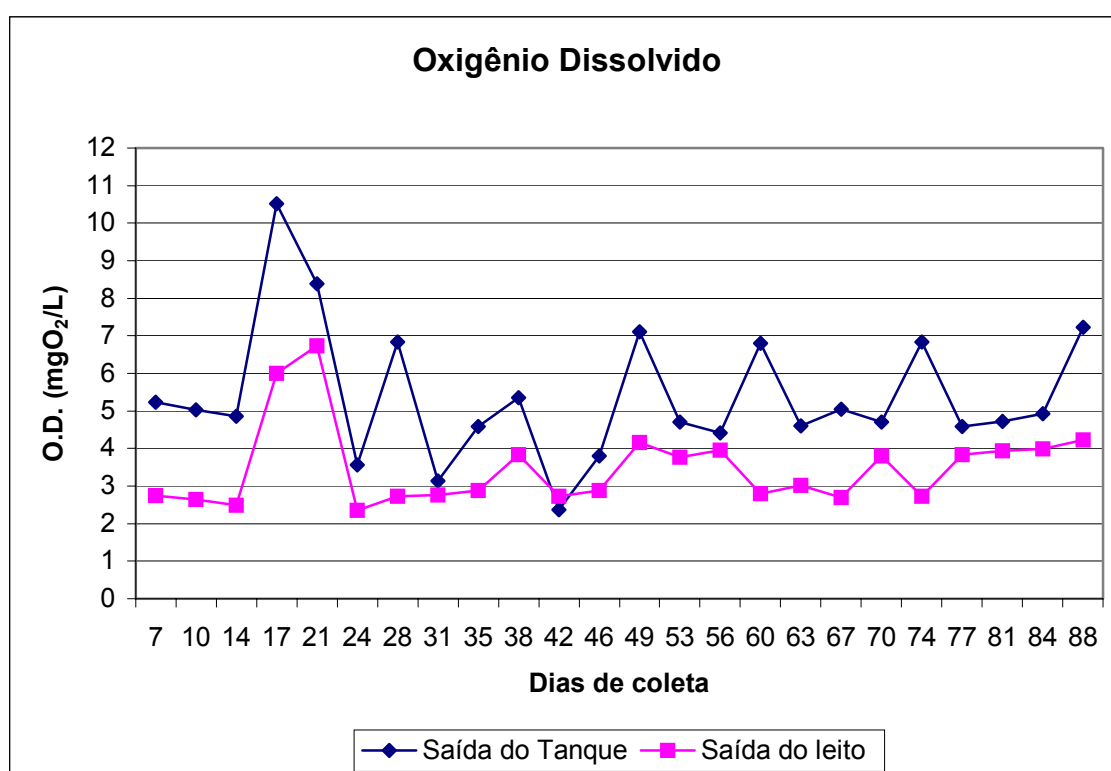


**Figura 2.** Comportamento da cor do efluente do tanque de piscicultura e do efluente dos leitos cultivados no período de 01/10/03 à 30/12/03.

O Quadro 2 (anexo) e a Figura 2, ilustram a redução da Cor ocorrida nos leitos cultivados durante o tratamento, que variou de 64,14% à 89,69%, verificando-se uma remoção média de 89,69%.

A cor da água reflete o tipo e a quantidade de sólidos dissolvidos de natureza orgânica e inorgânica. De acordo com avaliações descritas em trabalhos anteriores, as remoções de macro e micronutrientes promovidas pelo sistema foram satisfatórias, assim sendo, era esperado um bom desempenho dos leitos cultivados na redução da cor.

### c) Oxigênio dissolvido



**Figura 3.** Comportamento do oxigênio dissolvido do efluente do tanque de piscicultura e do efluente dos leitos cultivados no período de 01/10/03 à 30/12/03.

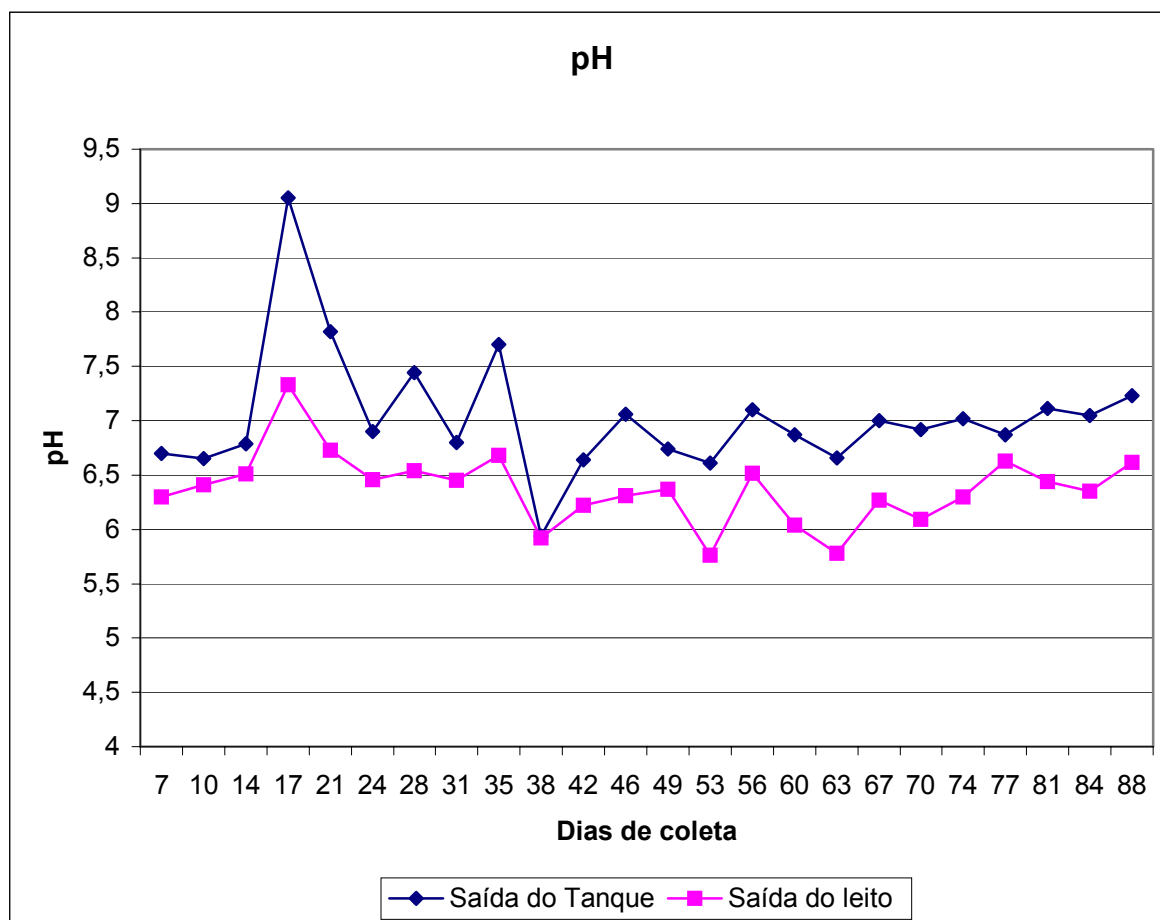
Os Quadros 3, 4 e 5 (anexos) e a Figura 3, ilustram o comportamento do oxigênio dissolvido, onde se pode observar que houve a redução nos leitos cultivados durante o tratamento.

O sistema radicular das macrófitas (*Typha spp.*) utilizadas nos leitos encontravam-se submersas, assim sendo, para suprir a demanda respiratória dos tecidos radiculares, a planta pode através dos aerênquimas localizados nas folhas transportar o oxigênio até às raízes, caso o meio encontra-se anaeróbico. No caso de afluentes aeróbios, o oxigênio necessário ao sistema radicular é obtido do referido meio (U.S.E.P.A., 1988; BRIX, 1994).

Nos leitos cultivados, o nitrogênio pode sofrer transformações conhecidas como nitrificação, que é um processo de oxidação biológica da amônia (MALAVOLTA, 1976).

Diante das justificativas acima, é lícito presumir que a redução na taxa de oxigênio observada no efluente tratado, é decorrente da respiração radicular e dos processos de nitrificação.

#### d) pH



**Figura 4.** Comportamento do pH do efluente do tanque de piscicultura e do efluente dos leitos cultivados no período de 01/10/03 à 30/12/03.

A concentração de íons hidrogênio ou pH, influencia muitas transformações bioquímicas, pois ela afeta o equilíbrio das formas de ácidos e bases ionizadas e não ionizadas, além de controlar a solubilidade de muitos gases e sólidos (KADLEC; KNIGHT, 1996). Muitas bactérias responsáveis pelo tratamento somente sobrevivem em ambientes com pH entre 4,0 e 9,5, as bactérias desnitrificantes preferem ambientes cujo pH encontra-se na faixa entre 6,5 e 7,5, por outro lado as nitrificantes preferem pH igual ou superior a 7,2 (METCALF; EDDY, 1991).

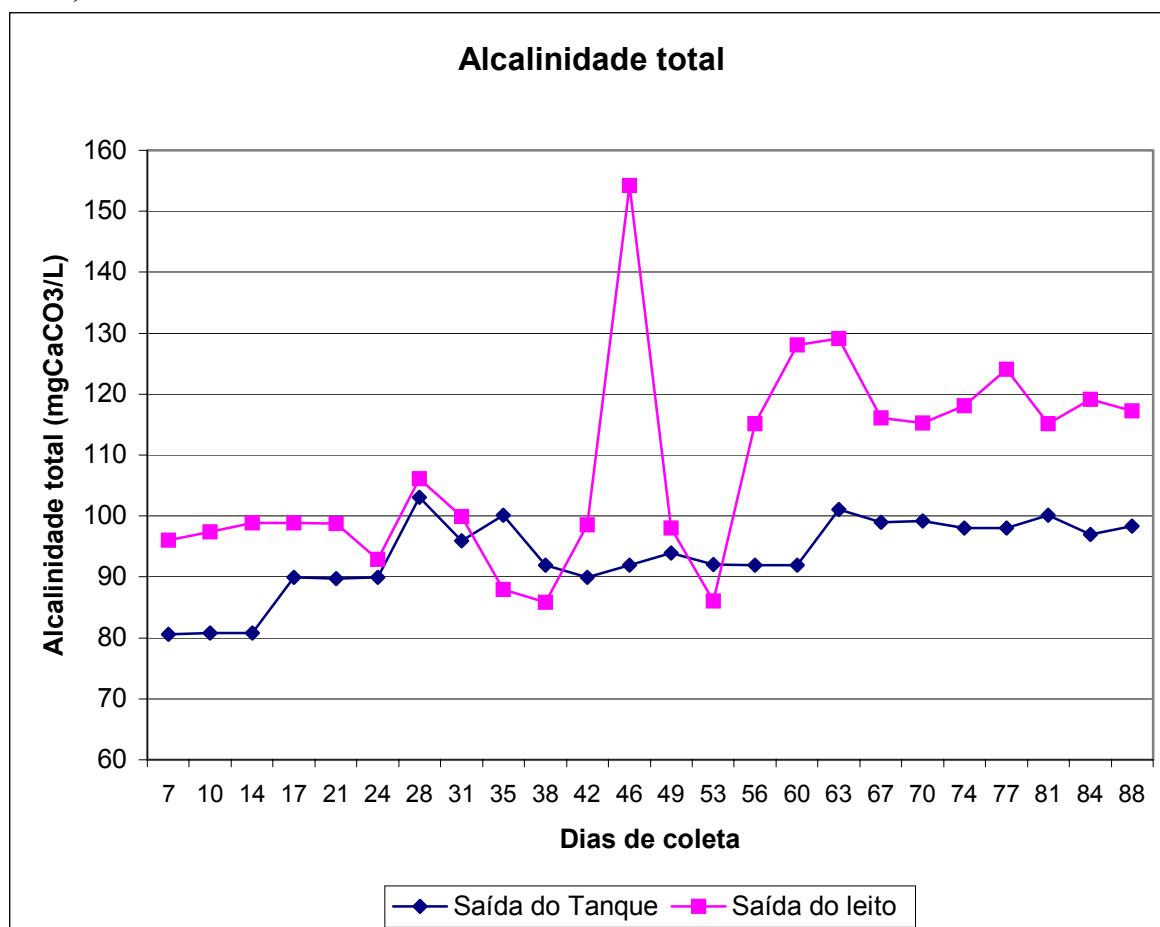


No trabalho ora discutido, o pH dos leitos cultivados variou de 5,76 a 7,33, assim sendo, o sistema operou com valores compatíveis com os recomendados e observados em experimentos realizados por outros pesquisadores.

Outra observação importante, é que os valores de pH das amostras afluentes apresentaram valores inferiores aos das amostras efluentes (saída dos leitos). Mansor (1998), relatou a mesma observação, em trabalho realizado onde o sistema de leito cultivados foi utilizado no pós-tratamento de efluente de esgoto doméstico tratado por tanque séptico modificado.

A redução de pH verificada no tratamento em questão, segundo Kadlec e Knight (1996), ocorre devido à presença de substâncias orgânicas geradas dentro dos leitos através do ciclo de crescimento, morte e decomposição são a origem da sua acidificação natural. Como consequência, o sistema água –meio ambiente dentro do leito é tamponado especialmente em relação a substâncias básicas presentes no fluxo de entrada.

#### e) Alcalinidade total



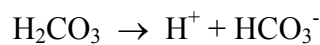
**Figura 5.** Comportamento da Alcalinidade do efluente do tanque de piscicultura e do efluente dos leitos cultivados no período de 01/10/03 à 30/12/03.

Conforme é possível observar nos Quadro 9, 10 e 11 e na Figura 5, a alcalinidade sofre um acréscimo de valores. No meio suporte a água sofre um decréscimo de oxigênio, decorrente dos processos respiratórios pelo sistema radicular, ocorrendo provavelmente um acréscimo nos valores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Outra fonte do referido gás é a decomposição da matéria orgânica gerada dentro dos leitos.

De acordo com KUBTZA (1999), o dióxido de carbono pode reagir com a água, conforme a reação abaixo:



Por sua vez a substância formada, é instável, dissociando-se:



O hidrogênio na forma de H<sup>+</sup>, acidifica o meio, por outro lado o íon bicarbonato reforça o sistema tampão, aumentando sensivelmente a alcalinidade do meio, justificando assim o comportamento do meio aquático.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados do experimento permitiram concluir que:

- a) as reduções observadas na Turbidez e na Cor do efluente, podem ser consideradas bastante satisfatória;
- b) com relação ao pH no sistema de tratamento, o mesmo comportou-se de forma bastante favorável tanto à nitrificação quanto à desnitrificação;
- c) as variações observadas nos valores de Alcalinidade foram irrelevantes ao mecanismo de tratamento e não interferiram na qualidade da água final (efluente dos leitos);
- d) as reduções observadas nas taxas de Oxigênio Dissolvido eram esperadas face à sua utilização por parte do sistema radicular das macrófitas, bem como em decorrência da nitrificação eventualmente ocorrida no sistema, situação esta que pode ser contornada através de mecanismos para a incorporação de oxigênio.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYD, C. E. **Effluents from catfish ponds during fish harvest.** J. Environ. Qual., 7. 1978, p. 59-62.
- CHERNICHARO, C. A. DE L. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** 2 ed.; Belo Horizonte, MG: UFMG: Projeto PROSAB; 2001, 544 p.

- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes.** 3ª ed. Jundiaí – SP, Divisão de Biblioteca e Documentação – Campus “Luiz de Queiroz”/USP, 1999.
- LEVINGS, C. D. **Some ecological for net-pen culture of salmon on the coasts of the Northeast Pacific and Atlantic Oceans, with special reference to British Columbia.** J. Applied Aquaculture, 1994, 4(1): p. 65-141.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola.** São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 1976, v. 1. Cap. 6: O nitrogênio. Cap. 7: O Fósforo. Cap. 8. O Potássio. Cap. 10. O magnésio. Cap. 11. O Enxofre. p. 203-324 e p. 375-410 .
- MANSOR, M.T.C. **Uso de leito de macrófitas no tratamento de águas residuárias.** Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1998, p. 106.
- METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** New York: McGraw Hill, Inc, 3ª ed., 1991.
- ROSTON, D. M. **Uso de várzeas artificiais para tratamento de efluente de tanque séptico.** Anais: **XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, Campinas – SP, n.º 94-7-210, julho/1994.
- VALENTIN, M. A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado,** Campinas: FEAGRI, UNICAMP, 1998, Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, 1999, 113 p.
- ZANIBONI FILHO, E. **O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade da água.** Revista Brasileira de Biologia, 1997, n.º 57, p. 3-9.
- ZANIBONI FILHO, E.; BARBOSA, N. D. C.; GONÇALVES, S. M. R. **Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura.** Revista Unimar, 1997, n.º 19, v. 2, p. 3-9

**Quadro 1.** Valores de Turbidez (NTU) do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no período de outubro à dezembro de 2003

Período	06/10/03 7 dias	13/10/03 14 dias	20/10/03 21 dias	27/10/03 28 dias	03/11/03 35 dias	10/11/03 42 dias	17/11/03 49 dias	24/11/03 56 dias	01/12/03 63 dias	08/12/03 70 dias	15/12/03 77 dias	22/12/03 84 dias
Saída do Tanque	51,8	17,2	17,90	19,4	20,9	22,3	23,8	22,4	16,9	11,6	29,8	78,8
Saída do Leito	16,4	4,06	3,27	3,8	1,97	2,05	1,55	1,83	2,68	1,71	1,38	0,98
% Redução	68,34%	76,40%	81,73%	80,41%	90,57%	90,81%	93,49%	91,83%	84,14%	85,25%	95,37%	98,76%

% Redução da Turbidez – ocorrida entre o efluente do tanque e o efluente do leito cultivado.

**Quadro 2.** Valores de Cor (CU) do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no período de outubro à dezembro de 2003.

Período	06/10/03 7 dias	13/10/03 14 dias	20/10/03 21 dias	27/10/03 28 dias	03/11/03 35 dias	10/11/03 42 dias	17/11/03 49 dias	24/11/03 56 dias	01/12/03 63 dias	08/12/03 70 dias	15/12/03 77 dias	22/12/03 84 dias
Saída do Tanque	352	145	149	152	186	170	182	175	161	143	266	349
Saída do Leito	126	52	46	54	42	37	45	60	49	49	38	36
% Redução	64,21%	64,14%	69,13%	64,47%	77,42%	78,24%	75,28%	65,71%	69,57%	65,73%	85,71%	89,69%

% Redução da cor – ocorrida entre o efluente do tanque e o efluente do leito cultivado.

**Quadro 3.** Valores de oxigênio dissolvido do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no mês de outubro de 2003.

Período	06/10/03 7 dias	09/10/03 10 dias	13/10/03 14 dias	16/10/03 17 dias	20/10/03 21 dias	23/10/03 24 dias	27/10/03 28 dias	30/10/03 31 dias
Saída Tanque	5,24	5,02	4,85	10,51	8,39	3,57	6,83	3,14
Saída do Leito	2,75	2,64	2,49	6,00	6,73	2,35	2,72	2,76
% Redução	47,52%	48,66%	48,66%	42,92%	24,08%	34,17%	64,47%	12,10%

**Quadro 4.** Valores de oxigênio dissolvido do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no mês de novembro de 2003.

Período	03/11/03 35 dias	6/11/03 38 dias	10/11/03 42 dias	14/11/03 46 dias	17/11/03 49 dias	21/11/03 53 dias	24/11/03 56 dias	27/11/03 59 dias
Saída Tanque	4,59	5,35	2,72	3,80	7,10	4,70	4,42	6,80
Saída do Leito	2,88	3,84	2,72	2,88	4,16	3,76	3,95	2,80
% Redução	37,26%	28,22%	00,00%	24,21%	41,41%	20,00%	65,71%	58,82%

**Quadro 5.** Valores de oxigênio dissolvido do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no mês de dezembro de 2003.

Período	01/12/03 63 dias	05/12/03 67 dias	08/12/03 70 dias	12/12/03 74 dias	15/12/03 77 dias	19/12/03 81 dias	22/12/03 84 dias	26/12/03 88 dias
Saída do Tanque	4,61	5,04	4,70	6,83	4,58	4,73	4,92	7,23
Saída do Leito	3,01	2,70	3,80	2,72	3,84	3,93	3,99	4,22
% Redução	34,71%	46,43%	19,15%	60,18%	16,16%	16,91%	18,90%	41,63%

**Quadro 6.** Valores de pH do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado no mês de outubro de 2003.

Período	06/10/03 7 dias	09/10/03 10 dias	13/10/03 14 dias	16/10/03 17 dias	20/10/03 21 dias	23/10/03 24 dias	27/10/03 28 dias	30/10/03 31 dias
Saída do Tanque	6,70	6,65	6,79	9,05	7,82	6,90	7,44	6,80
Saída do Leito	6,30	6,41	6,51	7,33	6,73	6,46	6,54	6,45

**Quadro 7.** Valores de pH do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no mês novembro de 2003.

Período	03/11/03 35 dias	06/11/03 38 dias	10/11/03 42 dias	14/11/03 46 dias	17/11/03 49 dias	21/11/03 53 dias	24/11/03 56 dias	27/11/03 60 dias
Saída do Tanque	7,70	5,94	6,64	7,06	6,74	6,61	7,10	6,87
Saída do Leito	6,68	5,92	6,22	6,31	6,37	5,76	6,52	6,04

**Quadro 8.** Valores de pH do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no mês de dezembro de 2003.

Período	01/12/03 63 dias	05/12/03 67 dias	08/12/03 70 dias	12/12/03 74 dias	15/12/03 77 dias	19/12/03 81 dias	22/12/03 84 dias	26/12/03 88 dias
Saída do Tanque	6,66	7,00	6,92	7,02	6,87	7,11	7,05	7,23
Saída do Leito	5,78	6,27	6,09	6,30	6,63	6,44	6,35	6,62

**Quadro 9.** Valores de alcalinidade efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado no mês de outubro de 2003.

Período	06/10/03 7 dias	09/10/03 10 dias	13/10/03 14 dias	16/10/03 17 dias	20/10/03 21 dias	23/10/03 24 dias	27/10/03 28 dias	30/10/03 31 dias
Saída do Tanque	80,60	80,8	80,8	89,9	89,7	89,9	103,1	95,9
Saída do Leito	96,0	97,4	98,9	98,9	98,8	92,9	106,1	99,9

**Quadro 10.** Valores de alcalinidade do efluente do tanque de cultivo e dos leitos cultivados, no período de novembro de 2003.

Período	03/11/03 35 dias	06/11/03 38 dias	10/11/03 42 dias	14/11/03 46 dias	17/11/03 49 dias	21/11/03 53 dias	24/11/03 56 dias	27/11/03 60 dias
Saída do Leito	100,1	91,9	89,9	91,9	93,9	92,0	91,9	91,9
Saída do Leito	87,9	85,8	98,6	154,2	98,0	86,1	115,1	128,1

**Quadro 11.** Valores de alcalinidade do efluente do tanque de cultivo e do efluente dos leitos cultivado, no mês de dezembro de 2003.

Período	01/12/03 63 dias	05/12/03 67 dias	08/12/03 70 dias	12/12/03 74 dias	15/12/03 77 dias	19/12/03 81 dias	22/12/03 84 dias	26/12/03 88 dias
Saída do Tanque	101,1	99,0	99,2	98,0	98,0	100,1	97,0	98,3
Saída do Leito	129,1	116,1	115,3	118,1	124,1	115,1	119,1	117,2