

PATRÍCIA DE SOUZA LIMA CUNHA

**BIOSSÓLIDOS COMO FERTILIZANTES DE
ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE PLÂNCTON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

PATRÍCIA DE SOUZA LIMA CUNHA

**BIOSSÓLIDOS COMO FERTILIZANTES DE
ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE PLÂNCTON**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”

APROVADA: 18 de junho de 2008

Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos
(Co-orientador)

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Co-orientador)

Prof. Aloízio Soares Ferreira

Prof. Paulo Cezar Gomes

Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna
(Orientador)

"O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer."

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Eduardo Arruda Teixeira Lanna, orientador que me auxiliou e direcionou na nova área de conhecimento, Zootecnia.

Ao Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos, como co-orientador, pela parceria durante a realização do projeto.

A Capes, pelo apoio à capacitação e ao projeto, através da concessão da Bolsa de Mestrado.

À Fapemig e ao CNPq pela concessão de, respectivamente, recursos financeiros de apoio à pesquisa e bolsa de Iniciação Científica, no âmbito do PIBIC / UFV.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e aos Departamentos de Zootecnia (DZO) e Engenharia Civil (DEC).

Ao Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da UFV e ao Laboratório de Controle de Qualidade da Água da Divisão de Água e Esgotos da UFV, pela infra-estrutura e suporte oferecidos à realização dos experimentos.

Ao Prof. Juarez Lopes Donzele pela confiança, estímulo e incentivo.

Aos Professores Aloízio Soares e Paulo César Gomes pelas sugestões.

Aos meus colegas de trabalho Felipe, Moisés e Fabrício que me ajudaram durante as disciplinas, no laboratório e período experimental.

Ao Leandro, bolsista de Iniciação Científica, pela contribuição fundamental para a realização deste trabalho.

A Andréia e a Márcia pela ajuda com as análises estatísticas e às minhas amigas queridas Priscila, Carla, Maria Beatriz e Cintya.

Ao Guilherme pelo amor, pela paciência, dedicação e compreensão.

A meus pais, Magno e Ana Maria, ao meu irmão Luciano e a todos meus familiares, que se preocuparam e contribuíram para realização deste trabalho.

A Deus.

Sinceramente Obrigada!

BIOGRAFIA

Patrícia de Souza Lima Cunha, filha de Magno de Paula Cunha e Ana Maria de Souza Lima Cunha, nasceu em Ipatinga, Estado de Minas Gerais, no dia 13 de fevereiro de 1981.

Em 2002, ingressou no curso de graduação em Ciências Biológicas, na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-Minas, colando grau em 14 de dezembro de 2005.

Em outubro de 2006, foi admitida no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos (Piscicultura).

Em julho de 2008, foi aprovada para iniciar o curso, em nível de Doutorado, no segundo semestre de 2008, no programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos (Piscicultura).

Em 18 de junho de 2008, submeteu-se aos exames finais de defesa de dissertação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
PRODUÇÃO DE <i>Daphnia</i> sp. EM TANQUES EXPERIMENTAIS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES FERTILIZANTES.....	20
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
CONCLUSÕES.....	30
LITERATURA CITADA.....	30
PRODUÇÃO DE <i>Daphnia</i> sp. EM TANQUES EXPERIMENTAIS COM APLICAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE BIOSSÓLIDOS.....	33
INTRODUÇÃO.....	35
MATERIAL E MÉTODOS.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÕES.....	45
LITERATURA CITADA.....	45
PRODUÇÃO DE <i>Daphnia</i> sp. EM TANQUES EXPERIMENTAIS COM APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDOS COM DIFERENTES RELAÇÕES DE NPK.....	48
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
CONCLUSÕES.....	58
LITERATURA CITADA.....	58
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	61
4. ANEXOS.....	62

LISTA DE TABELAS

	Página
01. Comparação do nível de nutrientes em fertilizantes comerciais e lodos de esgoto	6
02. Composição de alguns adubos orgânicos, em termos de macronutrientes	7
03. Caracterização agrônômica biossólidos produzidos a partir do lodo de esgoto da ETE Violeira, Viçosa-MG	7
04. Estímulo da adubação de viveiros sobre a produção de diferentes organismos componentes da dieta natural dos peixes	9
05. Composição em matéria seca (MS), proteína bruta, (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), extrativo não nitrogenado (ENN) e energia bruta de alguns organismos do alimento natural	11
01. Composição química dos fertilizantes utilizados para produção de <i>Daphnia</i> sp.	23
02. Características físicas e químicas da água com plâncton selvagem (água verde) utilizada na produção de <i>Daphnia</i> sp.	24
03. Valores médios de pH para as respectivas combinações de tratamento e dias de avaliação	26
04. Valores médios de oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) dos tratamentos	26
05. Valores médios e desvios padrão das variáveis da qualidade de água registradas nos dias 8 e 13, para as respectivas combinações de tratamento e período de avaliação	27
01. Composição química do biossólido utilizado para produção de <i>Daphnia</i> sp.	37
02. Características físicas e químicas da água com plâncton selvagem (água verde) utilizada na produção de <i>Daphnia</i> sp.	37
03. Valores médios de pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) dos tratamentos	39
04. Valores médios e desvios padrão das variáveis da qualidade de água registradas nos dias 8 e 13, para as respectivas combinações de tratamento e período de avaliação	42
01. Relação NPK dos diferentes tratamentos	52
02. Composição química do biossólido utilizado para produção de <i>Daphnia</i> sp.	52
03. Características físicas e químicas da água com plâncton selvagem (água verde) utilizada na produção de <i>Daphnia</i> sp.	53
04. Valores médios de pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) dos tratamentos	54
05. Valores médios e desvios padrão das variáveis da qualidade de água registradas nos dias 8 e 13, para as respectivas combinações de tratamento e período de avaliação	55

LISTA DE FIGURAS

		Página
01.	Reator UASB + biofiltro aerado submerso, ETE Violeira, Viçosa-MG	4
02.	Descarte do lodo do reator em leitos de secagem, ETE Violeira, Viçosa-MG	5
03.	Caleação do lodo da ETE Violeira com uso de betoneira, Viçosa-MG	5
04.	Disposição da mistura lodo + cal em leiras cobertas com lona plástica, Viçosa-MG	5
05.	Foto de fêmea embrionada de <i>Daphnia</i> sp.	11
01.	Unidades experimentais para produção de <i>Daphnia</i> sp., Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008	23
02.	Peso médio (g) da biomassa de <i>Daphnia</i> sp. em função dos tratamentos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Student Newman Keuls ($P > 0,05$)	29
01.	Unidades experimentais para produção de <i>Daphnia</i> sp., Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008	36
02.	Estimativas de pH em função dos níveis de Biossólido (B) para os respectivos dias de avaliação (— pH do oitavo dia e ---- pH do décimo terceiro dia)	39
03.	Estimativas de oxigênio dissolvido (OD) em função dos níveis de Biossólido (B) para os respectivos dias de avaliação (— OD do oitavo dia e ---- OD do décimo terceiro dia)	40
04.	Estimativas de condutividade elétrica (COND) em função dos níveis de Biossólido (B) para os respectivos dias de avaliação (— condutividade do oitavo dia e ---- condutividade do décimo terceiro dia)	41
05.	Aspecto das águas de cultivo de <i>Daphnia</i> sp. ao final dos experimentos com aplicação de diferentes níveis de biossólidos, Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008	44
06.	Produção de biomassa de <i>Daphnia</i> sp. em função dos diferentes níveis de biossólido. $Y_1 = 5,796 + 0,282 \text{ TRAT}$ ($0 \leq \text{TRAT} < 32,90$); $Y_2 = 15,08$ ($32,90 \leq \text{TRAT} \leq 100$)	45
01.	Unidades experimentais para produção de <i>Daphnia</i> sp., Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008	51
02.	Produção da biomassa de <i>Daphnia</i> sp. em função dos tratamentos	57

RESUMO

CUNHA, Patrícia de Souza Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008. **Biossólidos como fertilizantes de água para produção de plâncton.** Orientador: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-orientadores: Rafael Kopschitz Xavier Bastos e Juarez Lopes Donzele.

Objetivando-se avaliar a utilização do biossólido como estratégia de fertilização de água na produção de *Daphnia* sp., foram conduzidos três experimentos no Laboratório de Nutrição de peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O primeiro experimento, conduzido no período de fevereiro e março de 2008, com duração de treze dias, teve como objetivo avaliar a utilização de diferentes fertilizantes - fosfato bicálcico (FB), biossólido (BS) e fezes de codorna (FC) na produção de plâncton. Foram utilizados 24 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (os três fertilizantes e um tratamento controle, sem adubação - SA) e seis repetições. Como variáveis de controle foram avaliados a produção de *Daphnia* sp. e os seguintes parâmetros de qualidade da água: clorofila-*a*, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio amoniacal e orgânico, fósforo total e dureza total. O peso da biomassa de *Daphnia* sp. foi medido ao final do experimento (13º dia). Os parâmetros de controle de qualidade da água foram aferidos em três momentos ao longo do período experimental: primeiro, oitavo e décimo terceiro dias. O peso máximo da biomassa de *Daphnia* sp. foi encontrado nos tanques adubados com FC (36,0 g), seguido do BS (16,8 g), SA (6,8 g) e FB (5,2 g). Observou-se correspondência entre os valores de clorofila-*a* e o peso da biomassa de *Daphnia* sp., o que, muito provavelmente, reflete interações entre as comunidades fito e zooplanctônicas. No segundo experimento, realizado no período de fevereiro e março de 2008, procurou-se avaliar a aplicação de diferentes níveis de biossólidos na produção de plâncton. Foram utilizados 25 tanques, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (quatro níveis de biossólidos - 25 g, 50 g, 75 g e 100 g e um tratamento controle, sem adubação) e cinco repetições. As variáveis de controle e o plano de amostragem foram os mesmos do primeiro experimento. Os pesos médios de biomassa de *Daphnia* sp. encontrados nos tanques foram: 16,51 g com 100 g de biossólidos;

14,63 g com 75 g de biossólidos; 14,10 g com 50 g de biossólidos; 12,85 g com 25 g de biossólidos; 5,80 g no tanque sem adubação. A aplicação de quantidades crescentes de biossólidos não comprometeu qualidade da água a ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos. Entretanto, a despeito da produção crescente de fitoplâncton de acordo com níveis crescentes de biossólidos, a produção de *Daphnia* sp. tendeu a estabilizar-se a partir da aplicação de 50 g de biossólidos. O terceiro experimento, realizado de março a abril de 2008 com duração de quatorze dias, envolveu a utilização de biossólidos com diferentes ajustes de NPK. Foram utilizados os mesmos 25 tanques de cimento amianto e delineamentos anteriores, com cinco tratamentos (cinco níveis de NPK em 50 g de biossólidos) e cinco repetições. As variáveis de controle e o plano de amostragem foram essencialmente os mesmos dos experimentos anteriores, porém medindo-se e nitrato e fósforo solúvel em lugar de nitrogênio orgânico e fósforo total. A aplicação de biossólidos com diferentes formulações de NPK não comprometeu a qualidade da água a ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos. Entretanto, a despeito da produção crescente de fitoplâncton de acordo com níveis crescentes de fósforo na formulação dos fertilizantes, os pesos médios de biomassa de *Daphnia* sp. encontrados nos tanques, em torno de 10 g, não diferiram estatisticamente para os diversos tratamentos. Os resultados sugerem que biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e de zooplâncton.

ABSTRACT

CUNHA, Patrícia de Souza Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June 2008.
Biosolids as water fertilizer for plankton production. Adviser: Eduardo Arruda Teixeira Lanna. Co-Advisers: Rafael Kopschitz Xavier Bastos and Juarez Lopes Donzele.

Aiming to evaluate the use of biosolid as a water fertilization strategy in the production of *Daphnia* sp., were conducted three experiments in the Fish Nutrition Laboratory of the Department of Animal Science of the Federal University of Viçosa (UFV). The first experiment, conducted during February and March 2008, to last for thirteen days, aimed to evaluate the use of different fertilizers - dicalcium phosphate (DF), biosolid (BS) and feces of quail (FQ). Were used 24 tanks of asbestos cement with useful volume of 100 L each, distributed in a completely randomized design, with four treatments (the three fertilizers and a control treatment without fertilization - WF) and six repetitions. As control variables were assessed the production of *Daphnia* sp. and the following water quality parameters: chlorophyll-a, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, temperature, ammonia nitrogen and organic nitrogen, total phosphorus and total hardness. The weight of the biomass of *Daphnia* sp. was measured at the end of the experiment (day 13). The control parameters of water quality were measured at three times during the experimental period: the first, eighth and thirteenth day. The maximum weight of the biomass of *Daphnia* sp. was found in tanks fertilized with FQ (35.6 grams), followed by the BS (16.8 grams), WF (6.8 g) and DF (5.2 g). There was a correlation between the values of chlorophyll-a and the weight of the biomass of *Daphnia* sp., which will very likely reflects interactions between phytoplankton and zooplankton communities. The results suggest that biosolids can be successfully used as water fertilizer, for production of phytoplankton and, consequently, of zooplankton. In the second experiment, carried out from February and March 2008, sought to evaluate the application of different levels of biosolids. Were used 25 tanks of asbestos cement with useful volume of 100 L each, distributed in a completely randomized design with five treatments (four levels of biosolids - 25 g, 50 g, 75 g and 100 g and a control treatment without fertilization) and five repetitions. The control variables and the sampling plan were the same as the first experiment. The weight of the biomass of *Daphnia* sp. was measured at the end of the experiment (day 13). The

control parameters of water quality were measured at three times over the experimental period: first, eighth and thirteenth day. The average weight of biomass of *Daphnia* sp. found in the tanks were: 16.51 g to 100 g of biosolids; 14.63 g to 75 g of biosolids; 14.10 g to 50 g of biosolids; 12.85 g to 25 g of biosolids and 5.80 g in tank without fertilization. The results suggest that biosolids can be successfully used as water fertilizer for production of phytoplankton and, consequently, of zooplankton. The application of increasing quantities of biosolid not committed water quality to the point of making it unsuitable for the cultivation of aquatic organisms. However, despite the growing production of phytoplankton in line with increasing levels of biosolids, the production of *Daphnia* sp. tended to stabilize itself from the application of 50 grams of biosolids. The third experiment, conducted from March to April of 2008 with duration of fourteen days, involved the use of biosolid with different settings of NPK. Were used 25 tanks of cement and asbestos previous designs, with five treatments (five levels of NPK in 50 g of biosolids) and five repetitions. The control variables and the sampling plan was essentially the same of previous experiments, but measuring up nitrate and soluble phosphorus in place of organic nitrogen and total phosphorus. The application of biosolids with different formulations of NPK not compromised water quality to the point of making it unsuitable for the cultivation of aquatic organisms. However, despite the growing production of phytoplankton in line with increasing levels of phosphorus in the formulation of fertilizers, the weights average of *Daphnia* sp. biomass found in the tanks, around 10 grams, not statistically different for different treatments. In short, the results suggest that biosolids can be successfully used as water fertilizer for production of phytoplankton and zooplankton.

1. INTRODUÇÃO

Praticamente todos os processos de tratamento de esgotos geram subprodutos sólidos, denominados lodos de esgotos, cujo gerenciamento (tratamento, transporte e destino final) envolve atividades complexas e custos elevados (20-60% dos custos operacionais) as quais, se mal executadas, podem constituir impactos ambientais e de saúde pública (ANDREOLI *et al.*, 2001)

Para se ter uma dimensão do problema, considerando o atendimento, em 2001, de 87 milhões de habitantes por sistemas de esgotamento sanitário no país, caso todos estes incluíssem tratamento dos esgotos, a produção de lodo alcançaria valores aproximados de 9.000 a 13.000 toneladas por dia (ANDREOLI *et al.*, 2001).

O lodo de esgoto apresenta a característica de acumular poluentes no decorrer do tratamento, sendo, no caso de esgotos tipicamente domésticos, composto basicamente por matéria orgânica; o lodo sai do tratamento também com elevada concentração de organismos patogênicos, sendo, portanto um produto de elevado potencial poluidor e de contaminação ambiental, quando não estabilizado, higienizado e disposto adequadamente (ANDREOLI *et al.*, 2001).

Quando devidamente tratado (desidratado, estabilizado e higienizado), o lodo recebe a denominação de biossólido, na perspectiva de caracterizar seu potencial de utilização produtiva, em detrimento da conotação de resíduo. Dentre as opções para a utilização de biossólidos, tradicionalmente tem-se recorrido à disposição no solo, em práticas agrícolas, de reflorestamento, para a recuperação de áreas degradadas, ou na produção de substratos de mudas e de fertilizantes (BETIOL & CAMARGO, 2000).

Em Viçosa-MG os serviços de saneamento encontram-se sob a responsabilidade do SAAE-Viçosa (Serviço Autônomo de Água e Esgotos). O município é localizado na latitude 20°45'14''S e longitude 42°52'53''W na Zona da Mata -MG, com área de 299 Km², com população de 73.121 habitantes e altitude média de 648,7 m acima do nível do mar (IBGE, 2005). O SAAE Viçosa atende a 99% da população urbana com água tratada e 90% com rede de esgotos, mas o tratamento de esgotos ainda é praticamente inexistente. Atualmente a cidade conta com apenas duas estações de tratamento de esgotos (ETEs), de pequeno porte, em operação, uma no bairro Romão dos Reis (tanque séptico + filtro anaeróbio) e outra no bairro Violeira: reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) (patente EMEM) + biofiltro submerso aerado (patentes SANEVIX), pré-fabricados em aço (UASB + BF).

A ETE Violeira, com população de projeto de 1.500 habitantes, recebe hoje a contribuição de cerca de 800 habitantes, com vazão média de 115 m³/dia. Nessa unidade, desde 2001, vêm sendo desenvolvidos estudos de tratamento e reúso da água e reciclagem de biossólidos, incluindo a produção agrícola, agropecuária e piscícola (BASTOS *et al.*, 2005; FREITAS, 2005; ASSUNÇÃO & HENRIQUE, 2006; SOUZA, 2007).

Com o crescente interesse na produção de peixes, cresce também o desenvolvimento de técnicas que contribuam para a eficácia da alimentação de peixes cultivados.

De acordo com SIPAÚBA-TAVARES (1994), a fertilização estimula o aumento em biomassa do fitoplâncton, pois adiciona ao meio, nitrogênio e fósforo os quais são nutrientes limitantes nos ambientes aquáticos. Vários estudos demonstram que a fertilização desempenha papel vital na produção de fitoplâncton, zooplâncton e, conseqüentemente, de peixes (CASTAGNOLLI, 1982; MOTOKUBO, 1988; SIPAÚBA-TAVARES & ROCHA; 1993, SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1994), SOARES *et al.*, 1997, FEIDEN; 1999, FARIA *et al.*, 2000; SANTEIRO e PINTO-COELHO, 2000).

Esses trabalhos demonstram que, de forma geral, o emprego de diferentes adubos proporciona mudanças na composição das comunidades planctônicas, tanto em termos de densidades total como dos diferentes grupos taxonômicos. Ressalte-se que esterco de aves e suínos comprovam-se efetivos na maior produção de plâncton, sendo estes, em geral, os mais utilizados em tanques de produção de organismos-alimento e nos tanques de alevinagem nas estações de piscicultura.

No presente trabalho pretende-se diversificar os usos de biossólidos até então estudados, verificando o potencial de utilização de biossólidos na produção de alimento natural, mais especificamente *Daphnia* sp., visando à produção de peixes.

A presente dissertação foi elaborada seguindo-se as normas para redação de Tese da UFV, 2000 em forma de capítulos, os quais, por sua vez, foram elaborados com base nas normas para elaboração e publicação de artigos técnicos científicos na Revista Brasileira de Zootecnia.

2. OBJETIVO GERAL

Produção de plâncton a partir do uso de biossólidos como fertilizantes de águas.

2.1. Objetivos Específicos

- Comparar diferentes fontes de fertilizantes com o biossólido na produção de *Daphnia* sp.
- Verificar diferentes níveis de biossólido na produção de *Daphnia* sp.
- Verificar diferentes relações NPK do biossólido na produção de *Daphnia* sp.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - Produção e características do lodo de esgotos e dos biossólidos

Conforme já referido na introdução deste trabalho, em princípio, todo processo de tratamento biológico de esgotos gera subprodutos sólidos - lodos de esgotos - os quais, após devidamente tratados e aptos a aplicações produtivas são denominados biossólidos

Nos processos de tratamento de esgotos, empregam-se técnicas de separação de fases líquida-sólida (por exemplo, decantadores); nas etapas de tratamento biológico, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida em biomassa microbiana, constituindo os sólidos biológicos (daí também a origem da denominação biossólidos), os quais devem também passar por processo de separação (em geral, decantação) (von SPERLING e GONÇALVES, 2001). Assim, o lodo de esgotos é, genericamente, constituído de parcela de material inerte, mas, essencialmente de matéria orgânica e outros contaminantes, como organismos patogênicos e, eventualmente, metais pesados e substâncias orgânicas.

A quantidade de lodo gerado, a frequência de sua remoção nas estações de tratamento, bem como suas características, depende, em primeira instância, das características da água residuária e do processo de tratamento de esgotos empregado (von SPERLING e GONÇALVES, 2001).

Dentre as técnicas de tratamento mais utilizadas no Brasil, a produção de lodo pode variar desde 0,05 a 8,2 L / hab.d, com teores de sólidos secos entre 0,5 - 20%, ou

seja, 80 - 99,5% de água e, dependendo do processo de tratamento, o lodo será mais ou menos estabilizado (mineralizado) (von SPERLING & GONÇALVES, 2001).

Em função dessas características, os processos de tratamento de lodo de esgotos e de produção de biossólidos envolvem as seguintes etapas: adensamento (remoção de umidade – redução de volume), estabilização (mineralização da matéria orgânica), desaguamento (remoção de umidade – redução de volume), higienização (remoção de organismos patogênicos) (von SPERLING & GONÇALVES, 2001).

A higienização do lodo pode ser realizada por diferentes técnicas, tais como: compostagem, caleação (ou estabilização alcalina), secagem térmica com uso de biogás, secagem em estufa agrícola (PINTO, 2001).

A título de exemplo, o biossólido utilizado neste trabalho foi produzido a partir de esgoto sanitário (doméstico), tratado por meio de um conjunto reator UASB + biofiltro aerado submerso (UASB + BF) (Figura 1). O lodo é descartado do sistema, em frequência média quinzenal, em leitos de secagem (Figura 2), onde permanece por cerca de 15 dias até alcançar o teor de umidade recomendado para a higienização por caleação ($\approx 70\%$). Trata-se de lodo já mineralizado, dispensando, portanto, a etapa de estabilização.

A caleação do lodo é um processo de higienização que consiste na mistura de cal ao lodo em proporções que variam de 30 % a 50 % em função do peso seco do lodo. A cal em contato com a água do lodo resulta em uma reação exotérmica. Os fatores que intervêm no processo de desinfecção são: os efeitos de elevação de temperatura e pH e a ação da amônia resultante dessas reações (PINTO, 2001).



Figura 1- Reator UASB + biofiltro aerado submerso, ETE Violeira, Viçosa-MG

Fonte: Assunção & Henrique (2006)



Figura 2 - Descarte do lodo do reator em leitos de secagem, ETE Viçeira, Viçosa-MG

Fonte: Assunção & Henrique (2006)

O processo de caleação pode ser realizado pela mistura de cal ao lodo com uso de betoneira, seguida de disposição em leiras cobertas com lona plástica e armazenamento por 60-90 dias (Figuras 3 e 4).



Figura 3 - Caleação do lodo da ETE Viçeira com uso de betoneira, Viçosa-MG

Fonte: Assunção & Henrique (2006)



Figura 4 - Disposição da mistura lodo + cal em leiras cobertas com lona plástica, Viçosa-MG

Fonte: Assunção & Henrique (2006)

Em estudos anteriores, o lodo da ETE Viçeira foi submetido à caleação, com doses variadas de cal virgem (CaO) (30, 40% e 50% do peso seco do lodo) e teores de umidade em torno de 70 %. Os melhores resultados foram obtidos com 40%: após 60 dias da caleação observou-se redução de 99,997% de *E.coli* (população residual de

chegando a um valor de 9×10^1 *E.coli* / g MS) e 99,22% de ovos de helmintos (contagem residual de 1 ovo / g MS) (BASTOS *et al.*, 2007), alcançando, portanto, o padrão lodo classe A, estabelecido na legislação brasileira que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário (BRASIL, 2006).

A reciclagem e o reúso de subprodutos originados em processos de produção diversos cada vez mais se intensificam, particularmente quando se constata que a simples disposição, ainda que ambientalmente adequada, pode ser mais onerosa.

Na área do saneamento ambiental esse fato pode ser confirmado pela relativamente recente intensificação de pesquisas para reaproveitamento de efluentes de processos de tratamento de água e esgotos, bem como dos lodos gerados nesses processos (BASTOS *et al.*, 2003; FLORÊNCIO *et al.*, 2006)

A composição do lodo de esgoto, quase imediatamente sugere o uso no ciclo das culturas agrícolas, porém alternativas de disposição ou reaproveitamento têm sido pesquisadas e aplicadas. Além do uso agrícola direto, as alternativas mais usuais de aproveitamento ou disposição de lodos de esgotos: disposição oceânica, disposição em aterros sanitários, exclusivos ou não; produção de agregados leves, tijolos, cerâmicas e cimento; recuperação de áreas degradadas; conversão em óleo combustível; produção de composto orgânico e produção de fertilizantes (TSUTIYA, 2000).

O conhecimento da composição química dos lodos de esgotos é fundamental, na medida em que se interfere na escolha da alternativa de destinação final. Com relação ao valor dos lodos de esgotos como fonte de nutrientes para as plantas, as Tabelas 1 e 2 apresentam comparativos com as concentrações de diversos elementos presentes em fertilizantes comerciais e em esterco animais.

Tabela 1 - Comparação do nível de nutrientes em fertilizantes comerciais e lodos de esgoto

Produto	Nutrientes (%)		
	N	P	K
Fertilizantes para uso agrícola – valores típicos	5	10	10
Lodos de esgoto estabilizados - valores típicos	3,3	2,3	0,3

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy (1991)

Tabela 2 - Composição de alguns adubos orgânicos, em termos de macronutrientes

Resíduo	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/Kg (base seca)					
Esterco de curral	17,3	2,0	8,5	5,5	3,9	0,2
Composto de Lixo	12,3	2,8	8,0	25,1	3,4	ND ⁽²⁾
Vinhaça	0,31	0,11	3,6	0,79	0,27	0,92
Cama de frango de corte	27,7	16,7	25,7	23,7	6,0	ND ⁽²⁾
Lodo de esgoto ⁽¹⁾	79,1	10,6	0,63	22,1	2,1	ND ⁽²⁾

Fonte: Adaptado de Melo & Marques (2000)

(1) Média de duas amostras de lodo de esgoto da ETE de Franca - SP.

(2) Não determinado.

A composição química do biossólido será também resultado dos processos de tratamento aos quais tenha sido submetido. Nas Tabelas 3 e 4 apresenta-se a caracterização, do ponto de vista agrônomo, de biossólidos produzidos a partir do lodo de esgoto da ETE Violeira, higienizados por caleação e secagem em estufa agrícola (BASTOS *et al.*, 2007). Percebe-se que a caleação interfere diretamente nos teores de nutrientes, sendo que quanto maior a dose de cal, menores os teores de N, P, S e carbono orgânico e, naturalmente, maiores os teores de Ca.

Tabela 3 - Caracterização agrônoma biossólidos produzidos a partir do lodo de esgoto da ETE Violeira, Viçosa-MG

Lodo	N	P	K	Ca	Mg	S	CO ⁽¹⁾	C/N
	-----%							
Lodo Cal 30%	1,54	0,59	1,2	9,11	0,23	1,43	7,02	4,55
Lodo Cal 40%	1,96	0,56	0,06	10,93	0,19	1,34	7,02	3,58
Lodo Cal 50%	1,26	0,39	0,12	24,4	0,34	0,89	5,25	4,22
Estufa agrícola	3,33	0,91	0,18	1,84	0,19	1,53	9,98	2,99

Fonte: Bastos *et al* (2007)

(1) CO = carbono orgânico.

3.2 - Estratégias de fertilização

A fertilização de tanques ou represas, a exemplo do que ocorre com a adubação dos solos, promove o aumento da produção orgânica (CASTAGNOLLI *et al.*, 1982).

Fertilizantes inorgânicos ou orgânicos podem ser adicionados a esses ambientes para promover o desenvolvimento, a partir da comunidade fitoplanctônica, de toda a cadeia alimentar aquática, possibilitando, assim, o aumento da produtividade aquícola (AVALT, 2003; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, 2004)

Os fertilizantes orgânicos apresentam como vantagens o baixo custo e fato de conterem vários macro e micronutrientes, e como desvantagens, disponibilidade composição e disponibilidade de nutrientes variáveis e, além disso, podem conter

contaminantes. Os fertilizantes inorgânicos têm como vantagens a composição e disponibilidade de nutrientes constantes, além facilidade de ajuste dos níveis de cada nutriente, e como desvantagens, custo relativamente alto (MARTÍNEZ-CÓRDOVA, 2004).

O uso de farelos vegetais contorna a preocupação sanitária com relação aos fertilizantes orgânicos de origem animal, além de possuírem maior valor nutricional, sendo bastante eficientes para aumentar a produção de zooplâncton e organismos bentônicos (KUBITZA, 2003).

O incremento de alimento natural pode ser estimulado através do uso de fertilizantes inorgânicos e/ou orgânicos, que aumentam a disponibilidade de nutrientes no meio aquático. O uso de fertilizantes inorgânicos (Nitrogênio-N e Fósforo-P) promove o incremento das algas e os fertilizantes orgânicos suplementam as fontes de carbono, beneficiando o crescimento de bactérias e organismos bentônicos e também estimula o crescimento do fitoplâncton (TALAVERA *et al.*, 1998; BURFORD *et al.*, 2003).

A adição de fertilizantes em viveiros de cultivo é uma prática comum na aqüicultura. Os nutrientes dos fertilizantes são incorporados à biomassa (algas e zooplâncton) e, através de uma complexa rede de assimilação e reciclagem dos nutrientes, chega aos organismos cultivados (MISCHKE & ZIMBA, 2004).

Vários trabalhos demonstram que esterco de aves e suínos comprovam-se efetivos na adubação de tanques e na produção de organismos-alimento e nos tanques de alevinagem nas estações de piscicultura (MOTOKUBO, 1988; FARIA *et al.*, 2000; FARIA *et al.*, 2001 e FEIDEN & HAYASHI, 2005). Entretanto, cabe destacar que, ao menos, na revisão de literatura realizada, não foram encontrados registros do uso de biossólidos para esse fim.

Adições periódicas de nitrogênio devem ocorrer nos viveiros, em forma de fertilizantes ou rações, para que as concentrações sejam mantidas elevadas o suficiente para o crescimento abundante do fitoplâncton e, conseqüentemente, para obtenção de maior produtividade (BOYD, 1997).

Na fertilização é muito importante levar em conta a proporção de nitrogênio, fósforo e sílica, uma vez que esses nutrientes são fundamentais para um desenvolvimento adequado da comunidade fitoplanctônica. Em estudo realizado por Yussuf *et al.* (2002), os autores demonstraram que a adição de fertilizantes com fósforo, nitrogênio e carbono, proporcionou o desenvolvimento de cianofíceas, que são

indesejáveis nos cultivos e que a adição de nitrogênio e sílica incrementou o desenvolvimento de diatomáceas, especialmente *Chaetoceros calcitrans*.

Espécies como tilápia-do-nilo se beneficiam diretamente do aumento da biomassa planctônica e de outros organismos componentes da dieta natural, aumento estimulado pela adubação (Tabela 4). Quanto mais próximo a espécie se alimenta na base da cadeia alimentar, maior o benefício dos programas de adubação.

Tabela 4 - Estímulo da adubação de viveiros sobre a produção de diferentes organismos componentes da dieta natural dos peixes

Organismos naturais	Com adubação	Sem adubação
Fitoplâncton (clorofila <i>a</i> µg/L)	65 a 212	3 a 10
Zooplâncton (g de MS/m ³)	3,3 a 42,4	< 0,055
Chironomídeos (100 org./m ²)	79 a 215	1 a 7
Bactérias (1.000/ml)	17 a 27	0,7 a 4,3

Fonte: Kubitzka, 1999

Outra finalidade da adubação é estimular um desenvolvimento adequado do fitoplâncton para inibir, através do sombreamento e competição por nutrientes, o estabelecimento de macrófitas (plantas aquáticas superiores) nos substratos dos viveiros.

De fato, não existe um regime de fertilização que possa ser considerado o melhor, visto que a eficiência da fertilização depende de vários fatores, tais como: as características do viveiro (incluindo o tipo de solo), período de chuvas e estiagem, as características da água de abastecimento, densidade populacional, época do ano e variáveis ambientais. Portanto, cada fazenda deverá determinar qual o regime de fertilização mais adequado para cada época e para cada situação, e inclusive, para cada tipo de viveiro (MARTÍNEZ-CÓRDOVA, 2004).

3.3 - Alimento natural

O plâncton desempenha papel fundamental na cadeia alimentar dos peixes em todos os ambientes aquáticos, sendo o fitoplâncton, além de produtor primário, importante fonte de alimento, juntamente com os organismos componentes do zooplâncton. Economicamente, os constituintes do plâncton vêm sendo utilizados na piscicultura como fonte de alimento para pós-larvas de peixes e alevinos (NETO *et al.*, 1995).

Sabe-se que o zooplâncton de água doce é constituído, predominantemente, por protozoa, rotífero e crustáceo (Cladóceros e Copépoda), sendo que a diversidade e a abundância desses grupos variam nos diferentes corpos d'água, dependendo de fatores físicos e químicos (TAVARES, 1988). O zooplâncton, natural ou cultivado, possui bom valor nutricional como fonte de proteína e bom balanceamento de aminoácidos (OGINO, 1963), constituindo-se também em boa fonte de minerais e lipídios (WATANABE, 1988).

As populações zooplânctônicas estão sujeitas a amplas alterações de densidade em função da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (HEISEY & PORTER, 1977), da dureza (LEWIS & MATRI, 1981), do pH (ALIBONE & FAIR, 1981), de interações bióticas, como a predação (GEIGER, 1983), e da disponibilidade de alimento (SOMMER, 1989).

Sob condições apropriadas de temperatura, alimento e qualidade da água, culturas de cladóceros oferecem a possibilidade de obtenção rápida de grande número de indivíduos, devido à reprodução partenogênica desses organismos.

A reprodução do zooplâncton e o aumento da taxa de crescimento resultam no aumento da disponibilidade e algumas vezes, na melhora da qualidade dos alimentos para os níveis tróficos subsequentes (SIPAÚBA-TAVARES & BACHION, 2002).

Para os organismos zooplânctônicos, as algas são a principal fonte de alimento; no entanto, a quantidade de alimento e a qualidade são importantes fatores controladores para o desenvolvimento, crescimento e reprodução do zooplâncton.

Os cladóceros, principalmente os gêneros *Daphnia* e *Moina*, são de grande importância na piscicultura. Esses organismos são muito estudados quanto às condições ótimas de cultivo, devido ao alto teor nutritivo e facilidade de produção (BLANCO & TACON, 1989). Além disso, são organismos encontrados em habitats que se estendem dos trópicos ao ártico, desde pequenas lagoas e remansos até grandes lagos de água doce (PAGGI, 1975). A composição proximal e o valor energético de alguns organismos do alimento natural são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição em matéria seca (MS), proteína bruta, (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), extrativo não nitrogenado (ENN) e energia bruta de alguns organismos do alimento natural

Alimento Natural	Composição da matéria seca					Energia Bruta (Kcal/Kg)
	MS (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	ENN (%)	
Fitoplâncton	14 a 22	18 a 31	4 a 10	27 a 47	21 a 52	2.200 a 3.700
Rotíferos	11	64	20	6	10	4.866
Cladóceros	10	57	19	8	16	4.800
Copépodos	10	52	26	7	15	5.445
Chironomídeos	19	59	5	6	30	5.034

Fonte: Kubitz (1999)

Entre os cladóceros, *Daphnia similis* é uma das espécies que atinge tamanho entre 2,0 a 3,5 mm, podendo, assim, constituir alimento de grande potencial para alevinos de peixes em condições laboratoriais (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1994).



Figura 5 - Foto de fêmea embrionada de *Daphnia* sp.
Fonte: Jenny Davis (Western Australian Museum)

Alguns dos aminoácidos encontrados em *Daphnia* e a abundância relativa dos mesmos em relação ao peso total do organismo, ou ao total de aminoácidos no organismo são: tirosina 4,27%, triptofano 3,62%, arginina 10,92%, histidina 2,69%, cistina 1,17% e metionina 3,45% (IRVLEVA, 1973).

A quantidade de lipídios estocada no corpo do animal tem sido usada como estimativa do *status* nutricional desses organismos (TESSIER & GOULDEN, 1982). Dentre os principais grupos do zooplâncton, os copépodos e cladóceros são conhecidos por acumularem reservas energéticas normalmente visíveis como gotículas de gordura situadas nas hemocélulas. Essas reservas podem ser usadas pelos próprios adultos para

suas necessidades metabólicas imediatas, tais como durante os períodos de limitação de alimento, ou mesmo serem repassadas para a prole (GOULDEN e HENRY, 1988).

Enfim, o conhecimento da influência do alimento natural em ambientes de cultivo e seu incremento, através de estratégias de fertilização, podem contribuir para um manejo alimentar adequado, reduzindo custos de produção e aumentando a sustentabilidade dos cultivos.

Assim, justifica-se a necessidade de se estudar os efeitos do uso do biofóssido na produção de fitoplâncton e conseqüentemente na produção do zooplâncton, mais especificamente, *Daphnia* sp., comparar o emprego do biofóssido com fertilizantes orgânicos e inorgânicos e ajustar níveis de aplicação, bem como a relação NPK desse material.

3.4 - Qualidade da água

A avaliação dos níveis de qualidade da água para os organismos em cultivo, incluindo oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia, nitrito, dureza e alcalinidade total, e transparência são importantes para se analisar como estão as condições ambientais para a vida destes (MOHANTY et al., 2004).

A temperatura da água exerce influência sobre o desenvolvimento dos organismos aquáticos atuando sobre a velocidade das reações metabólicas e sobre a disponibilidade de gases e sólidos dissolvidos na água (MOTOKUBO, 1988; SOMMER, 1994). A faixa de temperatura adequada para o cultivo de dos cladóceros de acordo com Sipaúba-Tavares & Rocha, 2001 é 24 ± 4 °C.

A concentração de oxigênio dissolvido é o fator de qualidade da água que mais afeta as espécies cultivadas. Quando os níveis de oxigênio dissolvido nos ambientes aquícolas se tornam baixos, os organismos cultivados podem ficar estressados ou mesmo morrerem. A quantidade de oxigênio requerida pelos organismos aquáticos é variável e depende de fatores como espécie, tamanho, quantidade de alimento ingerido e temperatura da água (BOYD & EGNA, 1997).

A disponibilidade de oxigênio dissolvido depende de vários fatores, tais como: temperatura, salinidade, pressão atmosférica, decomposição de matéria orgânica, respiração dos organismos aquáticos e produtividade primária (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994). De acordo com Kubitzka (1999), os resíduos gerados pela matéria orgânica são reciclados através de processos biológicos às custas do consumo

de oxigênio e simultânea geração de diversos metabólitos tóxicos aos organismos aquáticos, como a amônia, o nitrito e o gás carbônico.

Para maioria das espécies aquáticas, o desenvolvimento adequado acontece em valores de pH da água em torno da neutralidade (SIPAÚBA-TAVARES & BACHION, 2002). Entretanto, em valores mais elevados de pH podem ocorrer os seguintes efeitos positivos: aumento da solubilidade de fósforo, que se torna disponível aos organismos, favorecendo o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica (ARANA, 2004); preponderância de NH_3 não ionizada, que sendo volátil se dispersa para a atmosfera, minimizando seu efeito tóxico no meio aquático (SAWYER *et al.*, 2003); além disso, pH mais elevado é limitante ao desenvolvimento de vários patógenos.

A dureza da água reflete, principalmente, a presença de íons de Ca e Mg combinados ao carbonato e, ou bicarbonato, podendo estar também associados com sulfato, cloreto e nitrato. O Ca e Mg são os mais abundantes óxidos alcalinos em água doce normal e suas concentrações, expressas como equivalentes de CaCO_3 , geralmente têm sido utilizadas como medida de dureza total.

Quanto a classificação da água quanto a dureza total utilizada para cultivo de organismos aquáticos, teores adequados de Ca e Mg, estarão presentes quando a dureza estiver marcando valores acima de 20 mg/L (SIPAÚBA-TAVARES, 1994).

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, em razão de sua participação na formação de proteínas; pode atuar como fator limitante da produção primária desses ecossistemas, mas, em determinadas condições, pode tornar-se tóxico para os organismos aquáticos, principalmente na forma de amônia livre (NH_3).

Segundo Boyd (1992), os fertilizantes utilizados em tanques de criação geralmente contêm nitrogênio nas formas de amônia e nitrato. Oláh e Szabó (1986) estudaram o ciclo do nitrogênio em tanques de peixes cobertos com macrófitas aquáticas e verificaram que, quantitativamente, a fonte mais importante de nitrogênio para a síntese de proteína foi a amônia assimilada pelo plâncton.

Para *Daphnia*, a presença de sais de fosfato e nitratos (0,5 mg/L) é interessante, pois estimula a reprodução e a maturidade sexual (BLANCO & TACON, 1989).

No meio líquido a amônia pode ser encontrada na sua forma livre e, ou, ionizada. Para uma temperatura de 25°C, para valores de pH em torno de 9,3 aproximadamente 50% da amônia está na forma de NH_3 e 50% na forma de NH_4^+ ; em valores de pH mais elevados predomina a forma não ionizada (NH_3) (praticamente 100% em pH próximo

de 11) e para valores de pH próximos da neutralidade, praticamente toda a amônia encontra-se na forma ionizada (SAWYER *et al.*, 2003).

Nos tanques de cultivo de plâncton o equilíbrio do ciclo bioquímico do nitrogênio é regulado principalmente pela atividade biológica: as formas prontamente assimiláveis pelo fitoplâncton são o íon amônio (NH_4^+) e os nitratos (NO_3^-); após o ciclo de vida do fitoplâncton, o nitrogênio pode ser depositado como matéria orgânica, a qual, em decomposição, libera amônia para a coluna d'água.

O fósforo é considerado o elemento limitante da produtividade de um viveiro, por ser de um lado um nutriente essencial a toda a cadeia alimentar e, de outro, por, em geral, apresentar-se em baixas concentrações na água. A forma predominante do fósforo em águas de tanques de piscicultura é o ortofosfato, prontamente assimilável pelo fitoplâncton. A medida de fósforo é, assim, uma medida da disponibilidade de nutrientes e do estado trófico do ambiente (SIPAÚBA-TAVARES, 1994).

A dinâmica do fósforo em ambientes aquáticos é complexa, envolvendo, por exemplo os seguintes mecanismos: (i) assimilação por bactérias e; (ii) precipitação de fosfato na forma de minerais sob condições de pH elevado, por exemplo hidroxiapatita - $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ e estruvita - $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4$; (iii) sedimentação de fósforo orgânico, por exemplo com biomassa morta; (iv) mineralização e desprendimento de fósforo no sedimento (regeneração). A solubilidade e a concentração relativa das espécies de fosfatos (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-}) depende do pH e da presença e da concentração de cátions (por exemplo Ca^{2+} e Mg^{2+}). Em geral, a solubilidade de minerais fosfatados aumenta até valores de pH em torno de 9, a partir dos quais tendem a formarem-se os precipitados (SAWYER *et al.*, 2003).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBONE, M.R.; FAIR, P. The effects of low pH on the respiration of *Daphnia magna* strans. **Hidrobiologia**, Netherlands, v. 85, p. 185-191, 1981.
- ANDREOLI, C, V.; von SPERLING, M, V.; FERNANDES, F. (Organizadores) **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná,. 484p, 2001a.

- ASSUNÇÃO, A. L. F.; HENRIQUE, C. S. **Gerenciamento do lodo da ETE-Violeira visando o uso agrícola**. Viçosa, Minas Gerais: UFV, 2006. 71 p.(Monografia) Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade de água em aqüicultura – uma revisão para peixes e camarões**. 2ª. ed, Ed. da UFSC, Florianópolis, SC, 2004.
- AVAULT, J.W.JR. Fertilization: is there a role for it in aquaculture? **Aquaculture Magazine**, v. 29, n. 2, p. 47-52, 2003.
- BASTOS, R. K. X. (Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 267p, 2003 (Projeto Prosab).
- BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. ; SILVA, C. A. B. ; DORNELAS; ASSUNÇÃO, A. L. F.; ; RIOS, E. N. ; SILVA, A. F. S. ; FREITAS, A. S. ; COSTA, G. S. Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 9, p. 164-170, 2005.
- BASTOS, R. K. X.; ASSUNÇÃO, F. A. L.; ROSA, A. P.; HENRIQUE, C. S.; SOUZA, A. C. S. Gerenciamento do lodo em um sistema UASB + BF. **Revista AIDIS de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales**, v. 1, n. 2. p 1-7, 2007.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto Ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMPRAPA Meio Ambiente, 2000.
- BLANCO, L. T. & TACON, A. G. J. **La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura**. Brasília, FAO, Proyecto Aquila., 90p., 1989 (Documento de campo, nº 12).
- BOYD, C. Water quality management for ponds fish culture. **In: Developments in aquaculture and fisheries science**. 9. ed. Elsevier. 318p. 1992.
- BOYD, C. E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiros para aqüicultura**. Departamento de Aqüicultura Mogiana Alimentos, S.A. Campinas, SP. 55p, 1997.
- BOYD, C.E.; EGNA, H.I. **Dynamics of pond aquaculture**. Boca Raton, New York: CRC Press, 1997.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - **Resolução CONAMA Nº 375/2006. “Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências”** - Data da legislação: 29/08/2006 - Publicação DOU nº167, de 30/08/2006, pág. 141-146.

- BURFORD, M.A, et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity zero-exchange shrimp ponds in Belize **Aquaculture**, Amsterdam, v. 219, p. 393-411, 2003.
- CASTAGNOLLI, N.; OLIVEIRA, G. T.; OSTINI, S. e PEREIRA FILHO, M. Influência da estação do ano e do fertilizante aplicado na produção de tanques de criação de peixes. I - Produção primária. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 2, no. 2, p. 91-108, 1982.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; GONÇALVES, G. S. Avaliação dos grupos zooplânctônicos em tanques experimentais submetidos a adubação com diferentes substratos orgânicos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, nº. 3, p. 375-381, 2000.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, nº. 2, p. 291-297, 2001.
- FEIDEN, A. **Fitozooplâncton produzido por substratos de adubação orgânica associado ao desenvolvimento de juvenis de piracanjuba, *Brycon orbygnianus Valenciennes, 1849 (Teleostei:Characidae)* em tanques experimentais.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1999.
- FEIDEN, A. & HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenil de Piracanjuba (*Brycon orbignyannus*), Vallencienes (1849) (Teleostei: characidae) em tanques experimentais fertilizados com adubação orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n.4, p. 591-600, out./dez. 2005.
- FLORÊNCIO, L.; BASTOS, R.K.X.; AISSE, M.M. (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, 2006, p. 17-62.
- FREITAS, A. S. **Utilização de esgotos sanitários tratados em lagoas de polimento para a criação de alevinos de tilápia do Nilo – aspectos produtivos e econômicos.** Dissertação de Mestrado – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2005.
- GEIGER, J.B. Zooplankton production and manipulation in striped bass rearing ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 331-351, 1983.
- GOULDEN, C.E.; HENRY, L.L. Lipid energy reserves and their role in cladocera. In: Meyers, D.G.; STRICKER, J.R. (eds). **Trophic interactions within aquatic ecosystems.** Selected Symposium AAAS, Washington, AAAS, p.167-185, 1988.

- HEISEY, D. & PORTER, J.K.G. The effects of ambient oxygen concentration on filtering and respiration rates of *Daphnia galeata mendotae* and *Daphnia magna*. **Limnology of Oceanography**, v. 22, p. 839-845, 1977.
- IRVLEVA, I.V. **Mass cultivation of invertebrates biology and methods**. Academy of Science of the USSR. All Union Hydrobiological Society and Israel Program for Scientific Translations. Cap. Brachiopoda and *Daphnia*, p.52-120. 1973.
- KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados**. 3 ed. Jundiaí. 123 p. 1999.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: F. Kubitza, 2003. 229 p.
- LEWIS, M.A. and MATRI, A.W. Effects of water hardness and diet on productivity of *Daphnia magna* Strass in laboratory culture. **Hidrobiologia**, Netherlands, v. 85, p. 175-179, 1981.
- MARTÍNEZ CÓRDOVA, L. R.; CAMPAÑA TORRES, A.; MARTÍNEZ PORCHAS, M. Manejo de la productividad natural en el cultivo del camarón. In: CRUZ SUÁREZ, L.E. *et al.* Avances en nutrición acuícola. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 7., 2004, Sonora. **Anais** – [s.n.], p. 16-19, 2004.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (eds). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, p.109-141, 2000.
- METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3 ed. Rev. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F.L. Revised by. Nova York: McGraw-Hill. 1991.
- MISCHKE, C.C.; ZIMBA, P.V. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery ponds under various fertilization regimes. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 233, p. 219–235, 2004.
- MOHANTY, R.K. et al. Performace evolution of rice integration system in rainfed medium land ecosystem. **Aquaculture**, v.230, p.125-135, 2004.
- MOTOKUBO, M. T.; ANTONIUTTI, D.M.; MAINARDES-PINTO, C. S. R. e TAKINO, M. Produção de zooplâncton em tanque de cultivo de curimatá, *Prochilodus scrofa*, submetidos a diferentes fertilizantes orgânicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 15, no. 2, p. 189-199, 1988.

- NETO, G.S.; TESTON, J.A.; PRADO, J.F. Plâncton dos tanques da estação de piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. *Biotemas*, 17(1): 57-63, 1995.
- OGINO, C. Studies on the chemical composition of some natural foods of aquatic animals. *Bulletin of Japanese of Society of Science of Fishes*, 29:459-462, 1963.
- OLÁH, J. e SZABÓ, P. Nitrogen cycle in a macrophyte covered fish pond. *Aquacultura hungarica (szarvas)*, v. 5, p. 165-177, 1986.
- PAGGI, J.C. Sobre os Cladoceros Chydoridae nuevos para la fauna Argentina. *Physis*, Buenos Aires 34: 139-150, 1975.
- PINTO, M.T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V.; von SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA/UFGM; SANEPAR. 2001. 484p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6).
- PROENÇA, C.E.M. BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília, IBAMA, 1994.
- SANTEIRO, R. M.; PINTO-COELHO, R. M. Efeitos de fertilização na biomassa e qualidade e qualidade nutricional do zooplâncton utilizado para a alimentação de alevinos na estação de hidrologia e piscicultura de Furnas, MG. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 22, n.º. 3, p. 707-716, 2000.
- SAWYER, C. N.; McCARTHY, P.L.; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering and science**. 5th ed. New York: McGraw –Hill, 752p., 2003.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ROCHA, O. Cultivo em larga escala de organismos planctônicos para a alimentação de larvas e alevinos de peixes: algas clorofíceas. *Biotemas*, Santa Maria, v. 6, no. 1, p. 93-106, 1993.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACHION, M.A. e ROCHA, O. Estudo do crescimento populacional de três espécies zooplânctônicas em laboratório e o uso do plâncton na alimentação de alevinos de *Oreochromis niloticus* (Tilápia) e *Astyanax scabripinis paranae* (Lambari). *Revista UNIMAR* 16 (Suplemento 3): 189-201, 1994.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Liminologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal, FUNEP, 70p, 1994.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. and BACHION, M.A. Population growth and development of two species of cladocera, *Moina micrura* and *Diaphanosoma birgei*, in laboratory. *Brazilian Journal of Biology*, v. 62, n.4^a, p. 701-711, 2002.

- SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; FURUYA, W. M.; FURUYA, V. R. B.; MARANHÃO, T. C. F. Alimentação natural de larvas do cascudo preto *Rhinelepis aspera* Agassiz, 1829 (Osteichtchyes – Loricariidae) em tanques de cultivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 24, no. especial, p. 109-117, 1997.
- SOMMER, R.V. **Plankton Ecology**. Berlim: Springer-Verlag. 369p. 1989.
- SOUZA, M. P. **Organismos planctônicos de efluentes sanitários tratados em lagoas de polimento como alimento natural na criação de tilápia do Nilo**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2007.
- TAVARES, L.H. **Utilização do plâncton na alimentação de larvas e alevinos de peixes**. São Carlos. (Doctoral Thesis in Ecology and Natural Resources) - Universidade Federal de São Carlos, 1988.
- TESSIER, A.J.; GOULDEN, C.E. Estimating food limitation in cladoceran populations. **Limnology of Oceanography**, v. 27, n. 4, p. 707-717, 1982.
- TALAVERA, V.; SÁNCHEZ, D.; VARGAS, L. M. Z Utilización de melaza em estanques de cultivo de camarón. **Boletín Nicovita**, v. 3, n. 3, mar. 1998.
- TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMPRABA Meio Ambiente, cap.4, p.69-106, 2000.
- von SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Org.) **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6). cap. 2, p. 17-67. 2001.
- WATANABE, T. **Fish nutrition and mariculture**. Tokio: JICA, 1988.
- YUSOFF, F.M. et al. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp culture ponds treated with a commercial bacterial product. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 33, n. 4p. 269, 2002.

Fertilizantes para produção de *Daphnia* sp. em tanques experimentais

RESUMO- Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a utilização de diferentes fertilizantes - fosfato bicálcico (FB), biossólido (BS) e fezes de codorna (FC) - como estratégia de fertilização de águas na produção de *Daphnia* sp. O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de fevereiro e março de 2008, com duração de treze dias. Foram utilizados 24 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (três fertilizantes e um tratamento controle, sem adubação - SA) e seis repetições. Como variáveis de controle foram avaliados a produção de *Daphnia* sp. e os seguintes parâmetros de qualidade da água: clorofila-*a*, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio amoniacal e orgânico, fósforo total e dureza total. O peso da biomassa de *Daphnia* sp. foi medido ao final do experimento (13º dia). Os parâmetros de controle de qualidade da água foram aferidos em três momentos ao longo do período experimental: primeiro, oitavo e décimo terceiro dias. O peso máximo da biomassa de *Daphnia* sp. foi encontrado nos tanques adubados com FC (35,98 g), seguido do BS (16,80 g), SA (6,75 g) e FB (5,24 g). Em linhas gerais, esses resultados mostraram-se condizentes com a composição dos fertilizantes utilizados e com a dinâmica da qualidade da água (principalmente dos nutrientes) nos respectivos tanques. Observou-se correspondência entre os valores de clorofila-*a* e o peso da biomassa de *Daphnia* sp., o que, muito provavelmente, reflete interações entre as comunidades fito e zooplanctônicas. Biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e, conseqüentemente, de zooplâncton.

Palavras-chave: biossólidos, fezes de codorna, fosfato bicálcico, produção de plâncton

Fertilizers for production of *Daphnia* sp. in experimental tanks

ABSTRACT – This work aimed to evaluate the use of different fertilizers - dicalcium phosphate (DF), biosolid (BS) and feces of quail (FQ) - as a strategy for fertilization of water in the production of *Daphnia* sp. The experiments were conducted in the laboratory of nutrition of fish of the Department of Animal Science of the Federal University of Viçosa, during February and March 2008, to last for thirteen days. Were used 24 tanks of asbestos cement with useful volume of 100 L each, distributed in a completely randomized design, with four treatments (three fertilizers and a control treatment without fertilization - WF) and six repetitions. As control variables were assessed the production of *Daphnia* sp. and the following water quality parameters: chlorophyll-a, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, temperature, ammonia and organic nitrogen, total phosphorus and total hardness. The weight of the biomass of *Daphnia* sp. was measured at the end of the experiment (day 13). The control parameters of water quality were measured at three times during the experimental period: the first, eighth and thirteenth day. The maximum weight of the biomass of *Daphnia* sp. was found in tanks fertilized with FQ (35.98 grams), followed by the BS (16.80 grams), WF (6.75 g) and DF (5.24 g). Broadly speaking, these results were in consistent with the composition of the fertilizer used and with the dynamics of water quality (mainly of nutrients) in their tanks. There was a correlation between the values of chlorophyll-a and the weight of the biomass of *Daphnia* sp., which will very likely reflects interactions between phytoplankton and zooplankton communities. Biosolids can be successfully used as water fertilizer, for production of phytoplankton and, consequently, of zooplankton.

Key words: biosolids, feces of quail, dicalcium phosphate, production of plankton

Introdução

A adição de fertilizantes em viveiros de cultivo é uma prática comum na aquicultura. Os nutrientes dos fertilizantes são incorporados à biomassa planctônica (fito e zooplâncton) e, através de uma complexa rede de assimilação e reciclagem, chegam aos organismos aquícolas cultivados (MISCHKE e ZIMBA, 2004).

O incremento de alimento natural pode ser estimulado com o uso de fertilizantes inorgânicos e, ou orgânicos, que aumentam a disponibilidade de nutrientes no meio aquático. Os fertilizantes inorgânicos (nitrogênio-N e fósforo-P) promovem o incremento das algas, enquanto os fertilizantes orgânicos suplementam as fontes de carbono, beneficiando o crescimento de bactérias, organismos bentônicos e, assim, como os inorgânicos, estimulam o crescimento do fitoplâncton (CORREIA, 1998; BURFORD *et al.*, 2003).

Estercos de animais, principalmente de aves e suínos, têm-se comprovado efetivos na produção de plâncton, em tanques de produção de organismos-alimento e em tanques de alevinagem em estações de piscicultura (MOTOKUBO, 1988; FARIA *et al.*, 2000; FARIA *et al.*, 2001 e FEIDEN & HAYASHI, 2005). A utilização de excretas humanos e esgotos sanitários na piscicultura é também uma prática muito antiga e disseminada em diversas partes do mundo (EDWARDS, 1992; BASTOS, 2003).

Todo processo de tratamento biológico de esgotos gera subprodutos sólidos, lodos de esgotos, que, após devidamente tratados e aptos a aplicações produtivas, são denominados biossólidos, os quais têm sido utilizados em práticas agrícolas, como fertilizantes ou condicionadores de solos (ANDREOLI *et al.*, 2001). Entretanto, não há registros sobre o uso de biossólidos como fertilizantes em práticas aquícolas.

O conhecimento da influência do alimento natural em ambientes de cultivo e seu incremento, através de estratégias de fertilização de águas, pode contribuir para um manejo alimentar adequado e incrementar a produtividade, reduzindo os custos de produção e aumentando a sustentabilidade dos cultivos.

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial de utilização de biossólidos como fertilizante de águas aquícolas, comparativamente a outros fertilizantes orgânicos e inorgânicos, tendo como variáveis de controle a produção de *Daphnia* sp. e parâmetros de qualidade da água.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nos meses de fevereiro e março de 2008, com duração de treze dias, nas instalações do Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Figura 1.

Foram utilizados 24 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, sendo: SA - água limpa + 500 mL de água verde (com plâncton selvagem) + 0,26 g de biomassa de *Daphnia* sp., sem adubação (controle); BS - controle + 50 g de biossólido; FB - controle + 50g de fosfato bicálcico; FC - controle + 50 g de fezes de codornas. Na Tabela 1 encontra-se a composição química dos fertilizantes utilizados.



Figura 1 - Unidades experimentais para produção de *Daphnia* sp., Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008

Tabela 1 - Composição química dos fertilizantes utilizados para produção de *Daphnia* sp.

Fertilizante	N	P	K	Ca	Mg	S	CO
	----- % -----						
Biossólido	0,92	0,38	0,11	11,94	0,22	0,98	3,74
Fosfato Bicálcico	0,17	11,14	0,08	17,73	0,48	0,35	0,78
Fezes de codorna	4,79	2,55	2,96	9,69	0,55	0,41	8,42
Fertilizante	Zn	Fe	Mn	Cu	B	C/N	pH
	----- ppm -----						
Biossólido	542	25707	493	189	14,1	4,06	7,5
Fosfato Bicálcico	221	7751	451	50	10,5	3,90	3,3
Fezes de codorna	459	2219	468	60	50	1,75	6,7

Água verde, água com plâncton, foi cultivada a partir de um tanque de 500L com peixes, inicialmente alimentados com ração e posteriormente com o próprio plâncton produzido.

Os tanques experimentais foram secados e expostos ao sol por cinco dias. Posteriormente, foram abastecidos com água proveniente do sistema de tratamento de água da UFV e deixados em repouso por três dias, para permitir a volatilização do cloro.

Antes da aplicação dos fertilizantes foram aferidos os seguintes parâmetros físicos e químicos da água dos tanques: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade elétrica (CE), (medida de campo, seis repetições), clorofila *a*, dureza total, fósforo total, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal, (determinação em laboratório, três repetições), sendo cada repetição composta de duas réplicas de cada tratamento .

O biossólido utilizado neste trabalho foi produzido a partir do lodo gerado no tratamento de esgoto sanitário (doméstico) - ETE Violeira (Viçosa - MG), por meio de um conjunto reator UASB + biofiltro aerado submerso. O lodo, já estabilizado no próprio sistema de tratamento, foi descartado em leitos de secagem, onde permanece até alcançar o teor de umidade recomendado para a higienização por caleação (50%). Trata-se, portanto, de material mineralizado e higienizado.

As fezes de codorna de postura foram coletas no chão, abaixo das gaiolas, retirando-se penas, restos de ovos quebrados, objetos estranhos e foram posteriormente secadas em estufa e moídas.

Um dia após a adubação, foram inoculados 500 mL de ‘água verde’ (com plâncton selvagem), cujas características físicas e químicas são especificadas na Tabela 2. Após dois dias foi adicionado 0,26g de zooplâncton (*Daphnia* sp.) em cada tanque.

Tabela 2 - Características físicas e químicas da água verde (com plâncton selvagem) utilizada na produção de *Daphnia* sp.

pH	CE	T	Clorofila-		OD	N-NH ₃	N-org	P-total	Dureza Total
			a						
-	μS cm ⁻¹	°C	-----		mg L ⁻¹		-----		
8,1	189,3	22,2	180,0		5,9	ND	5,3	5,3	48,22

T: temperatura; CE: condutividade elétrica

Semanalmente foram aferidos os parâmetros físicos e químicos da água dos tanques. A temperatura da água foi aferida diariamente, às 8:00 e às 18:00 h. As análises foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Água da UFV, conforme procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, WEF, AWWA, 1998).

Ao final do experimento, a água de cada tanque foi filtrada para se obter a biomassa produzida de zooplâncton (*Daphnia* sp.) nos diferentes tratamentos. A biomassa algal, fitoplâncton, foi aferida indiretamente através do parâmetro clorofila *a*.

O experimento foi conduzido segundo um esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos (SA, BS, FB e FC) e nas subparcelas as épocas de avaliação (dias 8 e 13), no delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Student Newman Keuls adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para as características da qualidade da água utilizou-se estatística descritiva.

Resultados e Discussão

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) do pH da água durante o período experimental em função dos tratamentos. Os maiores valores de pH sendo obtidos com os tratamentos correspondentes as adubações com biossólido e fezes de codorna, e os menores valores de pH encontrados quando se utilizou a adubação com fosfato bicálcico. Nos tanques do tratamento sem adubação, o pH da água apresentou valores intermediários em relação aos demais (Tabela 3).

Estariam, assim, ao menos em parte, explicados os valores de pH mais elevados registrados nos tanques fertilizados com BS e FC, bem como os mais baixos nos tratamentos com FB, mais baixos inclusive que no tanque sem adubação (SA). Por outro lado, o aumento observado (crescimento do pH até aproximadamente o oitavo dia e decréscimo daí até o 13º dia) foi o inverso do registrado para o OD.

Assim, as variações de pH seriam explicadas apenas em parte pela dinâmica da atividade fotossintética (mais acentuada nos primeiros oito dias): consumo de dióxido de carbono (CO_2) e conseqüente elevação de pH, em paralelo à produção de oxigênio (SIPAÚBA-TAVARES, 1994, ESTEVES, 1998). Por sua vez, a redução do pH do oitavo ao 13º dia, também mais acentuada nos casos do BS e FC, pode estar relacionada com o acúmulo/decomposição de matéria orgânica no fundo dos tanques, fato observado por Feiden (1999) e por Hayashi *et al* (1999).

Tabela 3 - Valores médios de pH para as respectivas combinações de tratamento e dias de avaliação

Tratamento	Dia 8	Dia 13
SA	9,25 Ba	7,59 Ab
BS	10,07 Aa	7,79 Ab
FB	7,72 Ca	7, 11 Bb
FC	10,03 Aa	7,83 Ab

As médias seguidas de pelo menos uma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste Student Newman Keuls, a 5 % de probabilidade.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) dos valores de OD em função dos tratamentos. O tratamento FC foi diferente estatisticamente dos demais, apresentando maiores valores. Os tratamentos SA, BS e FB apresentaram o mesmo comportamento ($P > 0,05$) (Tabela 4).

O incremento dos valores de oxigênio dissolvido para o tratamento FC reflete, possivelmente, a intensificação da atividade fotossintética das algas. Na realidade, em sistemas hipereutróficos e pouco tamponados em carbonatos é comum que os organismos fotossintéticos exerçam forte influência sobre a disponibilidade de oxigênio, valor do pH e nutrientes limitantes como N e P (PINTO-COELHO, 1983).

Tabela 4 - Valores médios de oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) dos tratamentos

Tratamento	OD (mg/L)	COND ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
SA	5,04 b	74,65 c
BS	5,41 b	154,29 b
FB	5,44 b	161,98 b
FC	8,21 a	204,55 a

Em cada coluna, médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste Student Newman keuls, a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) da CE para os tratamentos. As variações de CE nos tanques que receberam FC diferem dos demais, apresentando maiores valores, BS e FB apresentaram comportamentos semelhantes com valores intermediários e o SA apresentou menores valores.

O fato dos tanques adubados com FC apresentarem valores de CE superiores aos dos demais tratamentos na maioria das coletas, pode estar relacionado ao teor de

nutriente mais elevado nesse fertilizante (Tabela 1), conforme apresentado por Rodrigues *et al.* (2000).

Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão das variáveis da qualidade de água registradas nos dias 8 e 13, para as respectivas combinações de tratamento e período de avaliação

Variáveis	SA		BS		FB		FC	
	8	13	8	13	8	13	8	13
Temperatura	28,40 ± 0,98	28,81 ± 0,48	29,36 ± 1,10	29,13 ± 0,62	28,96 ± 2,09	29,28 ± 0,63	29,15 ± 2,14	28,10 ± 4,23
NH ₃	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,06 ± 0,30	0,00 ± 0,00	21,13 ± 2,46	0,00 ± 0,00	3,84 ± 0,33	0,05 ± 0,00
Norg	0,46 ± 0,29	1,63 ± 0,49	1,21 ± 0,29	1,16 ± 0,45	1,54 ± 0,14	1,68 ± 0,28	2,52 ± 0,28	4,38 ± 0,98
Fósforo total	0,02 ± 0,02	0,05 ± 0,03	1,85 ± 0,05	0,44 ± 0,07	23,53 ± 1,05	57,85 ± 2,69	4,11 ± 0,30	3,16 ± 0,35
Dureza total	51,82 ± 1,50	49,85 ± 3,16	64,61 ± 4,64	66,25 ± 7,11	65,75 ± 11,81	61,99 ± 13,63	61,99 ± 17,29	81,01 ± 5,59
Clorofila <i>a</i>	1,66 ± 2,08	0,00 ± 0,00	2,66 ± 3,05	7,00 ± 3,60	2,00 ± 2,00	4,33 ± 2,08	45,00 ± 14,73	59,66 ± 18,90

A temperatura da água dos tanques variou entre 24,6 e 30,0 °C durante o período experimental (Tabela 5). Esta variação da temperatura provavelmente não comprometeu a produção de zooplâncton, se considerado que segundo Sipaúba-Tavares & Rocha 2001, a temperatura da água recomendada para o cultivo de cladóceros é de 24,4 ± 4 °C.

Os valores de dureza total encontrados nos diferentes tratamentos certamente refletiram a composição, em termos de Ca e Mg, dos respectivos fertilizantes (Tabela 1) e mantiveram-se dentro das faixas recomendadas para cultivo de organismos aquáticos. Os maiores valores foram encontrados no FC, seguido dos tratamentos BS, FB e SA (Tabela 5).

Quanto a classificação da água quanto a dureza total utilizada para cultivo de organismos aquáticos, teores adequados de Ca e Mg, estarão presentes quando a dureza estiver marcando valores acima de 20 mg/L (SIPAÚBA-TAVARES, 1994)

A determinação dos valores de clorofila-*a* é frequentemente utilizada como indicativo da biomassa fitoplanctônica (ESTEVES, 1998) e do estado trófico do sistema aquático. O tratamento FC levou a maiores valores de clorofila-*a* ao final do período experimental (60 µg L⁻¹), seguido dos tratamentos BS (7,0 µg L⁻¹), FB (4,3 µg L⁻¹) e SA (1,8 µg L⁻¹). O tratamento SA apresentou aumento dos valores de clorofila-*a* na primeira fase (primeiro ao oitavo dia), seguido por decréscimo na fase seguinte (oitavo ao décimo terceiro dia) (Tabela 5).

Os valores mais elevados de clorofila-*a* nos tanques adubados com FC estão certamente relacionados com os teores de nutrientes, também mais elevados, nesse fertilizante (Tabela 1); tais resultados estão de acordo com os de Feiden (1999) e Faria

et al. (2000), que observaram densidades elevadas de organismos planctônicos com uso de esterco de aves.

Em geral, os teores de nitrogênio e fósforo encontrados nos diversos tratamentos refletiram a composição dos respectivos fertilizantes (Tab.1), com destaque para nitrogênio nas fezes de codorna (FC) e fósforo no fosfato bicálcico (FB) (Tabela 5).

O padrão de variação de N-NH₃ nos tratamentos que receberam fertilizantes foi coerente com as variações observadas dos teores de clorofila-*a*, ou seja, considerando que o aporte de nutrientes foi pontual (no início do experimento), com o incremento de biomassa no tempo, conseqüentemente de consumo de nutrientes, gradualmente foram-se exaurindo as reservas de nitrogênio amoniacal na água.

Observou-se que, à exceção do tratamento com FB, quando a concentração de clorofila-*a* aumentou, a concentração fósforo diminuiu provavelmente decorrente da absorção desse nutriente pelo fitoplâncton. Entretanto, essa sugestão deve ser relativizada, uma vez que a medida de P-total inclui tanto o P inorgânico e solubilizado na água (nutriente assimilável) quanto o P orgânico, dissolvido ou particulado na água, e o sintetizado como material celular do fitoplâncton e também do zooplâncton.

Observou-se ainda que no tratamento FC foi registrada a maior disponibilidade de N-NH₃ (oitavo dia) e, correspondentemente, os maiores teores de clorofila-*a* e de nitrogênio orgânico, parâmetro que inclui o conteúdo de N da biomassa algal.

Registrou-se também que as variações de nitrogênio orgânico estabeleceram correspondência com as de nitrogênio amoniacal, refletindo a síntese celular de organismos fitoplanctônicos a partir do consumo de amônia (íon amônio).

Os valores de fósforo decaíram do 8º dia para o 13º dia; o tratamento SA apresentou apenas traços desse nutriente; o tratamento com FB apresentou valores crescentes do primeiro ao 13º dia, o que poderia ser explicado pela composição desse fertilizante, com concentrações, comparativamente, bem mais elevadas de fósforo.

Observou-se que, à exceção do tratamento com FB, quando a concentração de clorofila *a* aumentou, a concentração fósforo diminuiu provavelmente decorrente da absorção desse nutriente pelo fitoplâncton. Entretanto, essa sugestão deve ser relativizada, uma vez que a medida de P-total inclui tanto o P inorgânico e solubilizado na água (nutriente assimilável) quanto o P orgânico, dissolvido ou particulado na água, e o sintetizado como material celular do fitoplâncton (e também do zooplâncton).

Produção do zooplâncton

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre a produção de biomassa nos tanques, sendo que o tratamento em que se utilizou a adubação com FC proporcionou a maior produção em relação aos demais tratamentos, que apresentaram valores de produção similares entre si (Figura 2). Resultados estes similares ao encontrado por Faria *et al.* (2000) e Soares *et al.* (1997), os quais apresentaram maior produção de plâncton utilizando excretas de aves.

Embora não tenha ocorrido variação significativa, foi observado um aumento de 149% no valor absoluto da biomassa de *Daphnia* sp. quando se utilizou a adubação com biossólido em relação ao tratamento sem adubação.

Observou-se correspondência entre os valores de clorofila-*a* e o peso da biomassa de *Daphnia* sp., o que, muito provavelmente, reflete interações entre as comunidades fito e zooplantônicas, particularmente a herbivoria.

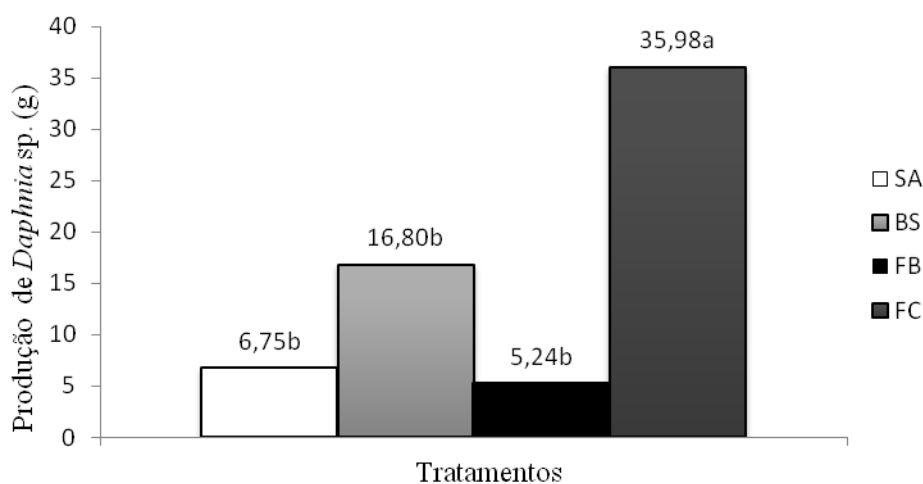


Figura 2 - Peso médio (g) da biomassa de *Daphnia* sp. em função dos tratamentos. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Student Newman Keuls ($P > 0,05$)

Conclusões

Em ordem crescente, maiores produtividades de zooplâncton, *Daphnia* sp., foram obtidas em águas fertilizadas com fosfato bicálcico, biossólido e fezes de codornas.

Os biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e, conseqüentemente, de zooplâncton.

Literatura citada

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** . 20th ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.
- ANDREOLI , C. V.; von SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Coord.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA / UFMG, SANEPAR. 2001 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6).
- BASTOS, R. K. X.; PEREIRA, C. M.; PIVELLI, R. P.; LAPOLLI, F. R.; LANNA, E. A. T. Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R.K.X.(Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p.163-223. (Projeto PROSAB).
- BURFORD, M. A, *et al.* Nutrient and microbial dynamics in high-intensity zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v. 219, p. 393-411, 2003.
- CORREIA, E. S. **Influência da alimentação natural no cultivo semi-intensivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)**. 1998. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998. 193p.
- EDWARDS, P. **Reuse of human wastes in aquaculture A technical review**. UNDP-World Bank Water Research Program. Washington D.C: THE WORLD BANK, 350p, 1992.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.

- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. e GONÇALVES, G. S. Avaliação dos grupos zooplancônicos em tanques experimentais submetidos a adubação com diferentes substratos orgânicos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, no. 3, p. 375-381, 2000.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n.º. 2, p. 291-297, 2001.
- FEIDEN, A. **Fitozooplâncton produzido por substratos de adubação orgânica associado ao desenvolvimento de juvenis de piracanjuba, *Brycon orbygnianus Valenciennes, 1849 (Teleostei: Characidae)* em tanques experimentais.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1999.
- FEIDEN, A. & HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenil de Piracanjuba (*Brycon orbignyannus*), Vallencienes (1849) (Teleostei: characidae) em tanques experimentais fertilizados com adubação orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n.4, p. 591-600, out./dez. 2005.
- HAYASHI, C. *et al.* Produção fito-zooplancônica e alimentação natural de larvas de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*, L) em tanques experimentais. **In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA**, 13., 1999, São Carlos, *Resumos...* São Carlos: SBI, 1999. p. 531.
- MISCHKE, C.C.; ZIMBA P.V. Plankton community responses in earthen channel catfish nursery ponds under various fertilization regimes. **Aquaculture**, v. 233, p. 219–235, 2004.
- MOTOKUBO, M. T.; ANTONIUTTI, D.M.; MAINARDES-PINTO, C. S. R. e TAKINO, M. Produção de zooplâncton em tanque de cultivo de curimatá, *Prochilodus scrofa*, submetidos a diferentes fertilizantes orgânicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 15, no. 2, p. 189-199, 1988.
- PINTO-COELHO, R.M. **Efeitos do zooplâncton na composição qualitativa e quantitativa do fitoplâncton no lago Paranoá, Brasília, DF.** Brasília, 1983. (Master's Thesis in Ecology) – Universidade de Brasília.1983.
- RODRIGUES, R. C. *et al.* Avaliação do perifiton sob diferentes adubações orgânicas, associados à larvicultura de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*), em tanques experimentais. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 11., 2000, Florianópolis, *Resumos...* Florianópolis: ABRAq, 2000. 1 CD-ROM.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

SIPAÚBA-TAVRES, L. H. & ROCHA, O. **Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos, RIMA, 2001.

SOARES, C. M. *et al.* Alimentação natural de larvas do cascudo preto *Rhinelepis aspera* Agassiz, 1829 (Osteichtchyes – Loricariidae) em tanques de cultivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 24, no. especial, p. 109-117, 1997.

Níveis de biossólidos para produção de *Daphnia* sp. em tanques experimentais

RESUMO- Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a utilização de biossólidos, em diferentes níveis, como estratégia de fertilização de águas na produção de *Daphnia* sp. O experimento foi conduzido no laboratório de nutrição de peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de fevereiro e março de 2008, com duração de treze dias. Foram utilizados 25 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (quatro níveis de biossólidos - 25 g, 50 g, 75 g e 100 g e um tratamento controle, sem adubação) e cinco repetições. Como variáveis de controle foram avaliados a produção de *Daphnia* sp. e os seguintes parâmetros de qualidade da água: clorofila *a*, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico, fósforo total e dureza total. O peso da biomassa de *Daphnia* sp. foi medido ao final do experimento (13º dia). Os parâmetros de controle de qualidade da água foram aferidos em três momentos ao longo do período experimental: primeiro, oitavo e décimo terceiro dias. O peso médio de biomassa de *Daphnia* sp. encontrado nos tanques foram: 16,51 g com 100 g de biossólidos; 14,63 g com 75 g de biossólidos; 14,10 g com 50 g de biossólidos; 12,85 g com 25 g de biossólidos; 5,80 g no tanque sem adubação. Biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e, conseqüentemente, de zooplâncton. A aplicação de quantidades crescentes de biossólidos não comprometeu a qualidade da água ao ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos. Entretanto, a despeito da produção crescente de fitoplâncton de acordo com níveis crescentes de biossólidos, a produção de *Daphnia* sp. tendeu a estabilizar-se a partir da aplicação de 32,90 g de biossólido.

Palavras-chave: biossólidos, fertilização, qualidade da água, produção de plâncton

Levels of biosolids for production of *Daphnia* sp. in experimental tanks

ABSTRACT – The central aimed of this work was evaluate the use of biosolids in different levels, as a strategy for water fertilization in the *Daphnia* sp. production. The experiment was conducted in the fish nutrition laboratory of the Department of Animal Science of the Federal University of Viçosa, during February and March 2008, to last for thirteen days. Were used 25 tanks of asbestos cement with useful volume of 100 L each, distributed in a completely randomized design with five treatments (four levels of biosolids - 25 g, 50 g, 75 g and 100 g and a control treatment without fertilization) and five repetitions. As control variables were assessed the production of *Daphnia* sp. and the following water quality parameters: chlorophyll-a, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, temperature, ammonia nitrogen and organic nitrogen, total phosphorus and total hardness. The weight of the biomass of *Daphnia* sp. was measured at the end of the experiment (day 13). The control parameters of water quality were measured at three times over the experimental period: first, eighth and thirteenth day. The average weight of biomass of *Daphnia* sp. found in the tanks were: 16.51 g to 100 g of biosolids; 14.63 g to 75 g of biosolids; 14.10 g to 50 g of biosolids; 12.85 g to 25 g of biosolids and 5.80 g in tank without fertilization. Biosolids can be successfully used as water fertilizer for production of phytoplankton and, consequently, of zooplankton. The application of increasing quantities of biosolid not committed water quality to the point of making it unsuitable for the cultivation of aquatic organisms. However, despite the growing production of phytoplankton in line with increasing levels of biosolids, the production of *Daphnia* sp. tended to stabilize itself from the application of 32.90 grams of biosolids.

Key words: biosolids, fertilization, plankton production, water quality

Introdução

Na área do saneamento ambiental, a reciclagem e o reúso de subprodutos originados em processos de tratamento de água e esgotos ganha interesse crescente, principalmente quando se constata que a simples disposição final como resíduo (por exemplo em aterros), ainda que ambientalmente adequada, pode ser mais onerosa (ANDREOLI, 2001).

Todo processo de tratamento biológico de esgotos gera subprodutos sólidos, lodos de esgotos, os quais após devidamente tratados (desidratados, estabilizados e higienizados), recebem a denominação de biossólidos, na perspectiva de caracterizar seu potencial de utilização produtiva, em detrimento da conotação de resíduo. Dentre as opções para a utilização de biossólidos, tradicionalmente tem-se recorrido à disposição no solo, em práticas agrícolas, de reflorestamento, para a recuperação de áreas degradadas, ou na produção de substratos de mudas e de fertilizantes; entretanto, outras aplicações são possíveis, tais como a produção de agregados leves, tijolos, cerâmicas e cimento; conversão em óleo combustível (ANDREOLI *et al.*, 2001; TSUTIYA, 2000).

Estercos de animais, principalmente de aves e suínos, têm-se comprovado efetivos na produção de plâncton, em tanques de produção de organismos-alimento e em tanques de alevinagem em estações de piscicultura (MOTOKUBO, 1988; FARIA *et al.*, 2000; FARIA *et al.*, 2001 e FEIDEN & HAYASHI, 2005). A utilização de excretas humanas e esgotos sanitários na piscicultura é também uma prática muito antiga e disseminada em diversas partes do mundo (EDWARDS, 1992; BASTOS, 2003). Entretanto, praticamente não há registros da utilização de biossólidos como fertilizantes em tanques de cultivo aquícola.

De acordo com Sipaúba-Tavares (1994), a fertilização estimula o aumento em biomassa do fitoplâncton, pois adiciona ao meio, nitrogênio e fósforo os quais são nutrientes limitantes nos ambientes aquáticos. Estudos demonstram que a fertilização desempenha papel vital na produção de fitoplâncton, zooplâncton e, conseqüentemente, de peixes (MOTOKUBO, 1988).

O zooplâncton natural apresenta, geralmente, valor nutricional adequado a larvas de peixes, (OGINO, 1963; WATANABE, 1988). Entretanto, as populações zooplancônicas estão sujeitas a amplas alterações de densidade em função da qualidade da água e da disponibilidade de alimentos, em particular do fitoplâncton (HEISEY &

PORTER, 1977; ALIBONE & FAIR, 1981; LEWIS & MATRI, 1981; GEIGER, 1983; SOMMER, 1989).

O domínio de estratégias de fertilização pode contribuir para um manejo alimentar adequado e incrementar a produtividade, reduzindo os custos de produção e aumentando a sustentabilidade dos cultivos.

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial de utilização de biossólidos, aplicados em diferentes níveis, como fertilizante de águas aquícolas, tendo como variáveis de controle a produção de *Daphnia* sp. e parâmetros de qualidade da água.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nos meses de março e abril de 2008, com duração de treze dias, nas instalações do Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) Figura 1.

Foram utilizados 25 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições (Fig.1), sendo: T1 (controle) - água limpa + 500 mL de água verde (com plâncton selvagem) + 0,36 g de biomassa de *Daphnia* sp., 0 g de biossólido (sem adubação); T2 - controle + 25 g de biossólido; T3 - controle + 50 g de biossólido; T4 - controle + 75g de biossólido; T5 - controle + 100 g de biossólido. Na Tabela 1 encontra-se a composição química do biossólido utilizado como fertilizante.



Figura 1 - Unidades experimentais para produção de *Daphnia* sp., Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008

Tabela 1 - Composição química do biossólido utilizado para produção de *Daphnia* sp.

N	P	K	Ca	Mg	S	CO
----- % -----						
0,92	0,38	0,11	11,94	0,22	0,98	3,74
Zn	Fe	Mn	Cu	B	C/N	pH
----- ppm -----						H ₂ O
542	25707	493	189	14,1	4,06	7,5

Água verde, água com plâncton, foi cultivada a partir de um tanque de 500L com peixes, inicialmente alimentados com ração e posteriormente com o próprio plâncton produzido.

Os tanques foram secados e expostos ao sol por cinco dias. Posteriormente, foram abastecidos com água proveniente do sistema de tratamento de água da UFV e deixados em repouso por três dias, para permitir a volatilização do cloro.

Antes da aplicação do fertilizante (biossólido) foram aferidos os seguintes parâmetros físicos e químicos da água dos tanques: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade elétrica (CE), (medida de campo, seis repetições), clorofila *a*, dureza total, fósforo total, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal (determinação em laboratório, duas repetições).

O biossólido utilizado neste trabalho é produzido a partir do lodo gerado no tratamento de esgoto sanitário (doméstico) - ETE Violeira (Viçosa - MG), por meio de um conjunto reator UASB + biofiltro aerado submerso. O lodo, já estabilizado no próprio sistema de tratamento, foi descartado em leitos de secagem, onde permanece até alcançar o teor de umidade recomendado para a higienização por caleação (50%). Trata-se, portanto, de material mineralizado e higienizado.

Um dia após a adubação, foram inoculados 500 mL de 'água verde' (com plâncton selvagem), cujas características físicas e químicas são especificadas na Tabela 2. Após dois dias foi adicionado 0,36 g de zooplâncton (*Daphnia* sp.) em cada tanque.

Tabela 2 - Características físicas e químicas da água com plâncton selvagem (água verde) utilizada na produção de *Daphnia* sp.

pH	CE	T	Clorofila- a	OD	N-NH ₃	N-org	P-total	Dureza Total
-	μS cm ⁻¹	°C	----- mg L ⁻¹ -----					
9,5	162,2	22,8	180,0	10,7	ND	5,3	5,3	58,06

T: temperatura; CE: condutividade elétrica; ND: não detectado

Semanalmente (primeiro, oitavo e décimo terceiro dias) foram aferidos os citados parâmetros físicos e químicos da água dos tanques. A temperatura da água foi aferida diariamente, às 8:00 e às 17:00 h. As análises foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Água da UFV, conforme procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, WEF, AWWA, 1998).

Ao finalizar o experimento, a água de cada tanque foi filtrada para se obter a biomassa produzida de zooplâncton (*Daphnia* sp.) nos diferentes tratamentos. A biomassa algal foi aferida indiretamente através do parâmetro clorofila-*a*.

O experimento foi conduzido segundo um esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos (níveis de Biossólido) e nas subparcelas as épocas de avaliação (dias 8 e 13), no delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Os dados foram analisados por meio de variância e regressão. Para o fator quantitativo os modelos foram escolhidos baseados nos coeficientes de regressão utilizando-se o teste “t” adotando-se o nível de 10% de probabilidade, no coeficiente de regressão ($R_2 = \text{SQ Regressão} / \text{SQ Tratamento}$) e no fenômeno biológico. Para o fator dia (dois níveis) as médias foram comparadas pelo teste de Student Newman Keuls, adotando-se 5% de probabilidade. Para as características da qualidade da água utilizou-se estatística descritiva.

Resultados e Discussão

O aumento na concentração de biossólido influenciou ($P < 0,05$) o pH da água, na coleta realizada no oitavo dia, o efeito foi quadrático, com pH aumentando até o nível estimado de 70,31 g de biossólido. Na coleta efetuada no 13º dia, ocorreu aumento do pH da água, também com efeito quadrático, em razão da elevação na concentração de massa de biossólido até 100 g (Figura 2).

Os valores de pH variaram ($P < 0,05$) entre o oitavo dia e 13º dia para todos os tratamentos, exceto para o tratamento sem adição de biossólido (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) dos tratamentos

Tratamento	pH		OD		COND	
	8	13	8	13	8	13
0	7,97a	7,57a	9,96a	6,50b	74,12a	74,28a
25	8,83a	7,62b	12,02a	4,86b	102,12a	110,28a
50	9,26a	8,01b	16,86a	5,06b	129,52a	126,94a
75	9,27a	8,28b	16,56a	4,54b	141,06a	139,26a
100	9,22a	8,10b	17,42a	4,88b	148,64a	148,32a

As médias seguidas de pelo menos uma letra minúscula na linha para cada característica não diferem pelo teste Student Newman Keuls, a 5% de probabilidade.

Os dados de pH obtidos estão consistentes com os resultados de OD e, certamente, refletem a preponderância da produção primária, em relação à respiração microbiana, até o oitavo dia, seguida de eventual degradação mais intensa de matéria orgânica a partir do oitavo dia. Aumentos /decréscimos dos valores de pH em cada uma dessas fases do experimento estariam, portanto, associados ao consumo /produção de gás carbônico (CO₂) decorrentes da atividade fotossintética /decomposição da matéria orgânica, interferindo no equilíbrio carbônico, pela diminuição / aumento dos teores de ácido carbônico na água (H₂CO₃) (SAWYER *et al.*,2003).

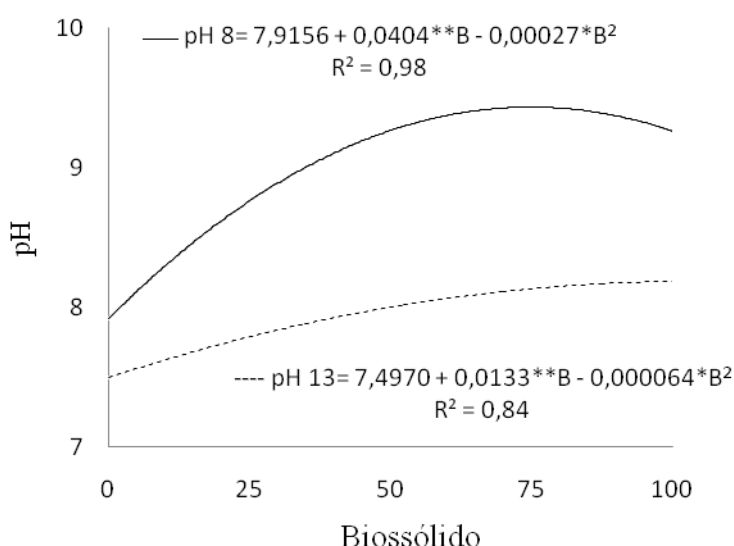
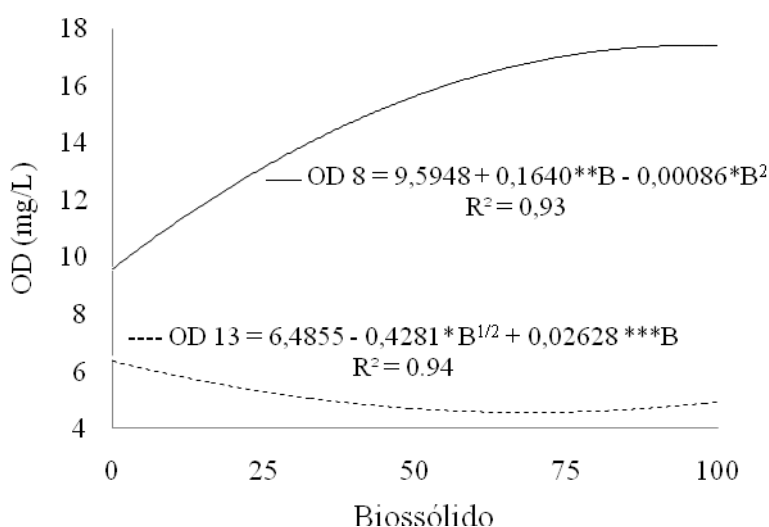


Figura 2 - Estimativas de pH em função dos níveis de Biossólido (B) para os respectivos dias de avaliação (— pH do oitavo dia e ---- pH do décimo terceiro dia)

Os valores de OD variaram ($P < 0,05$) em função dos tratamentos e de acordo com o dia de coleta (Tabela 3). Enquanto na coleta realizada no oitavo dia, a concentração de OD aumentou de forma gradativa até o nível estimado de 95,35 g de biossólido, na realizada no 13º dia ele reduziu até o nível estimado de 59,02 g de biossólido (Figura 3).

No oitavo dia foram observados elevados valores de OD em geral, crescentes, de acordo com o nível de biossólido. Esses resultados evidenciaram que maiores doses de fertilizantes induziram à maior produtividade primária, sem ainda ter decorrido tempo suficiente para a eventual decomposição do material aplicado, ou mesmo da biomassa planctônica formada. Por esta mesma razão ocorreu o decréscimo dos valores de OD ao 13º dia: matéria orgânica em decomposição advinda dos fertilizantes e dos processos de senescência e de morte, depois de atingida uma biomassa crítica de fitoplâncton.

Os valores de OD obtidos neste estudo, independentemente do nível de adubação e do tempo de coleta, mantiveram-se acima do valor mínimo recomendado para criação de organismos aquáticos que é de 4 mg L^{-1} , conforme proposto por Sipaúba-Tavares, 1994.

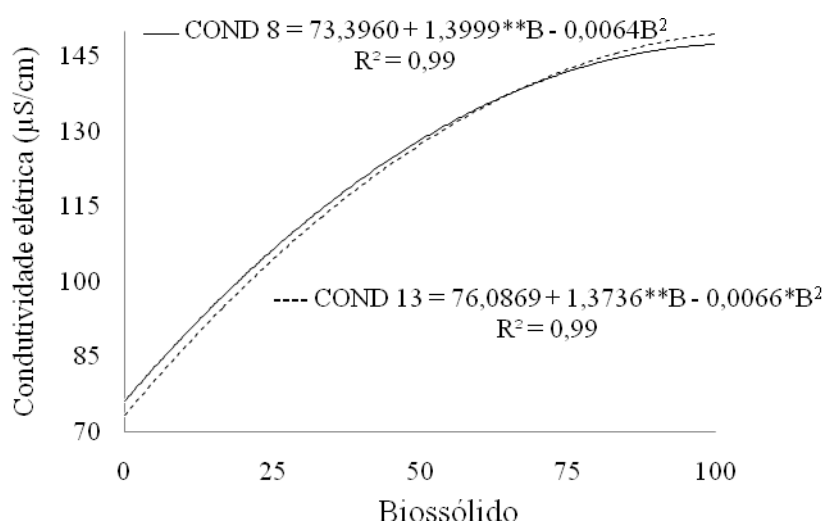


Figuras 3 - Estimativas de oxigênio dissolvido (OD) em função dos níveis de Biossólido (B) para os respectivos dias de avaliação (— OD do oitavo dia e ---- OD do décimo terceiro dia)

Foi observado efeito ($P < 0,05$) da concentração de massa de biossólido sobre a condutividade elétrica da água, que variou de forma quadrática tendo aumentado até as concentrações estimadas de 99,6 e 96,04g de biossólidos (Figura 4), para as coletas realizadas respectivamente, nos dias 8 e 13.

O fato de os tanques adubados com níveis mais elevados de biossólidos apresentarem valores de COND superiores pode estar relacionado com os teores de sais dissolvidos na água conseqüentemente mais elevados.

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os valores de COND do oitavo dia e 13º dia, os valores mantiveram-se relativamente estáveis (Tabela 3). Isso deve estar relacionado com a intensificação da produtividade primária (maior biomassa algal) (Tabela 4). De acordo com Sipaúba-Tavares (1994), alta produtividade primária leva à redução da condutividade elétrica da água, tendo esse fato sido também observado por Feiden & Hayashi (2005).



Figuras 4 - Estimativas de condutividade elétrica (COND) em função dos níveis de Biossólido (B) para os respectivos dias de avaliação (— condutividade do oitavo dia e ---- condutividade do décimo terceiro dia)

Não se verificou variação ($P>0,05$) na temperatura da água dos tanques em função dos tratamentos (Tabela 4). A temperatura variou entre $21,44 \pm 0,19$ °C de manhã até $25,46 \pm 0,28$ °C no período da tarde. Considerando o relato de Sipaúba-Tavares & Rocha (2001), de que a temperatura ideal de cultivo de cladóceros é de $24,0 \pm 4,0$ °C, pode-se inferir que a temperatura da água manteve-se dentro da faixa ótima para o desenvolvimento da *Daphnia* sp.

Tabela 4 - Valores médios e desvios padrão das variáveis da qualidade de água registradas nos dias 8 e 13, para as respectivas combinações de tratamento e período de avaliação

Níveis	Dias	Variáveis					
		Temperatura	N-NH ₃	N-org	Fósforo total	Dureza Total	Clorofila <i>a</i>
0	8	20,88 ± 0,28	0,00 ± 0,00	0,63 ± 0,09	0,16 ± 0,01	29,52 ± 2,78	9,00 ± 4,24
	13	23,02 ± 0,25	0,00 ± 0,00	0,77 ± 0,09	0,23 ± 0,09	29,52 ± 2,78	13,00 ± 2,82
25	8	22,09 ± 1,08	0,00 ± 0,00	0,56 ± 0,59	0,14 ± 0,05	35,42 ± 2,78	18,00 ± 5,65
	13	23,10 ± 0,12	0,00 ± 0,00	0,84 ± 0,39	0,25 ± 0,04	36,41 ± 1,39	20,90 ± 3,05
50	8	20,90 ± 0,22	0,00 ± 0,00	1,33 ± 0,29	0,12 ± 0,09	39,36 ± 2,78	11,50 ± 0,70
	13	22,92 ± 0,13	0,01 ± 0,00	1,47 ± 0,09	0,20 ± 0,04	57,07 ± 0,00	10,55 ± 0,94
75	8	21,04 ± 0,23	0,02 ± 0,00	1,47 ± 0,98	0,06 ± 0,01	45,26 ± 2,78	20,00 ± 9,89
	13	23,08 ± 0,19	0,02 ± 0,00	2,03 ± 0,29	0,41 ± 0,11	44,28 ± 9,74	23,23 ± 16,08
100	8	20,76 ± 0,43	0,03 ± 0,00	2,10 ± 0,59	0,11 ± 0,10	46,25 ± 1,39	29,50 ± 2,12
	13	23,02 ± 0,19	0,04 ± 0,00	2,24 ± 0,79	0,27 ± 0,46	56,08 ± 1,39	46,77 ± 16,31

Em geral, os teores de nitrogênio encontrados nos diversos tratamentos (níveis de biossólido) refletiram o aporte crescente desse nutriente, disponibilizando maiores quantidades de nitrogênio assimilável dissolvido na água, expresso aqui na forma de amônia (Tabela 4), disso decorrendo maior assimilação e síntese celular, nesse caso expressa pelos teores de nitrogênio orgânico (Tabela 4). De forma similar, em todos os tratamentos, os valores de nitrogênio amoniacal e orgânico elevaram-se até o 13º dia, sendo que os maiores valores foram registrados no tratamento com 100 g de biossólido (0,04 mg N-NH₃ L⁻¹ e 2,24 mg N-org L⁻¹). Ainda nesse sentido, observa-se, em geral, correspondência entre os valores de N-org e clorofila *a* (Tabela 4).

Observe-se também que os níveis de amônia aqui registrados são inferiores àqueles do experimento anterior (em torno de 2 mg L⁻¹ no oitavo dia e valores não detectáveis no 13º dia, com aplicação de 50 g de biossólido). Conforme já referido, a produção de fitoplâncton no primeiro experimento foi bem menor e, portanto, poder-se-ia especular sobre assimilação mais intensa de nitrogênio no segundo experimento.

Por outro lado, há que se destacar que valores mais baixos de amônia são recomendáveis haja vista que, além de seu efeito tóxico à comunidade aquática, altos valores podem reduzir o teor de oxigênio dissolvido na água; nesse sentido, recomendam-se limites em torno de 0,6 mg L⁻¹ em águas de cultivos, (BOYD, 1990; ESTEVES, 1998).

Em relação ao fósforo total, em todos os tratamentos os valores médios elevaram-se até o 13º dia (Tabela 4). Observa-se, entretanto, que no oitavo dia os teores de fósforo decresceram à medida que foram aplicadas maiores doses de biossólidos.

Poder-se-ia especular que isso pode ser devido à rápida assimilação do fósforo pela biomassa fitoplanctônica, em pleno desenvolvimento nesse dia (Tabela 4). Por sua vez, a tendência, em geral, inversa observada no 13º dia (concentrações crescentes de P correspondentes doses de mais elevadas de bio sólidos), poderia ser explicada pelo fato de que, nesse caso, nos teores de P-total predominaria o P-orgânico, em função da então maior biomassa algal já sintetizada.

Os valores de dureza total encontrados nos diferentes tratamentos certamente refletiram a composição, principalmente em termos de Ca, do bio sólido (Tab.1) e das respectivas doses aplicadas e mantiveram-se dentro as faixas recomendadas para cultivo de organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES, 1994) (Tabela 4).

Os valores médios de clorofila-*a* nos tanques, como indicativo da biomassa fitoplanctônica (ESTEVES, 1998), estão representados na Tabela 4.

Em geral, os teores de clorofila *a* denotam resposta direta ao nível de fertilização (doses crescentes de bio sólido). Observa-se, porém, que tanto no oitavo quanto no 13º dias, o tratamento com 50 g de bio sólido apresentou valores de clorofila-*a* mais baixos que os relativos aos de doses maiores (75 g e 100 g) e menores de bio sólido (25 g). Esse resultado encontra-se de acordo com os níveis de OD registrados, ao menos no 13º dia (Figura 3).

Ao final do experimento (13º dia), o tratamento com 100 g de bio sólido levou a maiores valores de clorofila *a* (46,77 mg L⁻¹), seguido dos tratamentos com 75 g (23,23 mg L⁻¹), 25 g (20,91 mg L⁻¹), 0 g (13,00 mg L⁻¹) e 50 g (10,55 mg L⁻¹). Boyd (1973) observou que em viveiros fertilizados e não fertilizados, os valores médios de colorofila *a* foram 62,7 mg L⁻¹ e 7,4 mg L⁻¹, respectivamente. Ainda com relação à baixa resposta obtida com 50 g de bio sólidos, observe-se que algo similar foi obtido no experimento anterior com a mesma dose: 7,0 mg clorofila *a* L⁻¹

Complementarmente, observa-se que os valores mais elevados de clorofila *a* registrados no 13º dia podem embutir efeitos da temperatura mais elevada nesse dia. Aspecto das águas de cultivo de *Daphnia* sp. ao final dos experimentos com aplicação de diferentes níveis de bio sólidos (Figura 5).

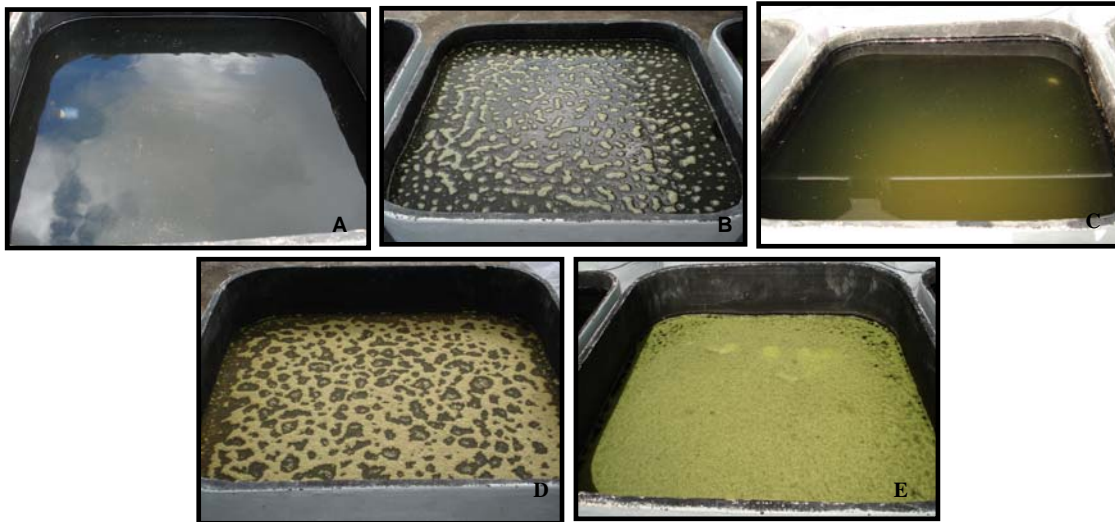


Figura 5 - Aspecto das águas de cultivo de *Daphnia* sp. ao final dos experimentos com aplicação de diferentes níveis de biossólidos, Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008. (A = tratamento controle; B = 25 g de biossólido; C = 50 g de biossólido; D = 75 g de biossólido e E = 100 g de biossólido)

Produção da biomassa de *Daphnia* sp.

Verificou-se efeito ($P < 0,05$) da concentração de massa do biossólido sobre a produção de biomassa de *Daphnia* sp., que variou de forma linear, tendo aumentado até o nível estimado de 32,90 g de biossólido (Figura 6).

Em termos gerais observou-se associação entre os valores crescentes de clorofila *a* (Tabela 4) e o peso da biomassa final de *Daphnia* sp., de acordo com os níveis, também crescentes de aplicação de biossólidos, indicando assim a importância das interações entre as comunidades fito e zooplanctônicas. Entretanto, nota-se que ao final do experimento, a aplicação de 100 g de biossólidos resultou em biomassa fitoplanctônica, expressa em termos de clorofila *a*, cerca de duas vezes mais alta que as correspondentes à aplicação de 25-50 g de biossólidos (Tabela 4), mas isso não se fez refletir na mesma intensidade em termos de biomassa de zooplâncton (Figura 6).

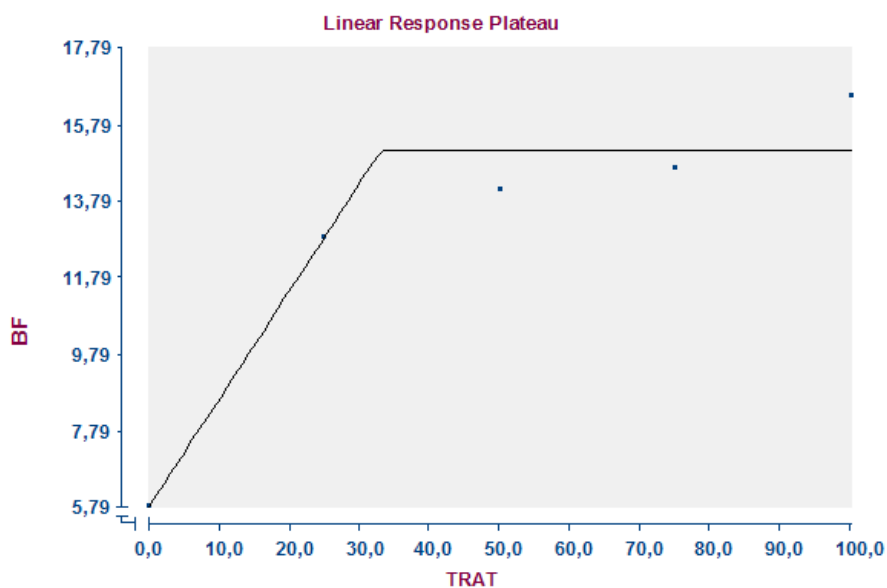


Figura 6 - Produção de biomassa de *Daphnia* sp. em função dos diferentes níveis de biossólido. $Y_1 = 5,796 + 0,282 \text{ TRAT}$ ($0 \leq \text{TRAT} < 32,90$); $Y_2 = 15,08$ ($32,90 \leq \text{TRAT} \leq 100$)

Conclusões

A aplicação de quantidades crescentes de biossólidos não comprometeu qualidade da água ao ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos.

Maiores produtividades de zooplâncton, *Daphnia* sp. foram obtidas em águas fertilizadas com quantidades maiores de biossólido.

Entretanto, a despeito da produção crescente de fitoplâncton de acordo com níveis crescentes de biossólidos, a produção de *Daphnia* sp. tendeu a estabilizar-se a partir da aplicação de 50 g de biossólidos.

Literatura citada

- ALIBONE, M.R.; FAIR, P. The effects of low pH on the respiration of *Daphnia magna* strans. **Hidrobiologia**, Netherlands, v. 85, p. 185-191, 1981.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** . 20th ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.

- ANDREOLI , C. V. (Coord.) **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2001 (Projeto PROSAB).
- ANDREOLI , C. V.; von SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Coord.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: DESA / UFMG, SANEPAR. 484 p., 2001 (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6).
- BASTOS, R. K. X.; PEREIRA, C. M.; PIVELLI, R. P.; LAPOLLI, F. R.; LANNA, E. A. T. Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R.K.X.(Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p.163-223. (Projeto PROSAB).
- BOYD, C.E. Summer algal communities and primary productivity in fishponds. **Hydrobiologia**, Netherlands, v. 4, p. 357-390, 1973.
- BOYD, C.E. **Water quality in ponds for aquaculture.** Alabama: Birmingham Publishing Co. 482p. 1990.
- EDWARDS, P. **Reuse of human wastes in aquaculture A technical review.** UNDP-World Bank Water Research Program. Washington D.C: The World Bank, 350p, 1992.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. e GONÇALVES, G. S. Avaliação dos grupos zooplanctônicos em tanques experimentais submetidos a adubação com diferentes substratos orgânicos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, no. 3, p. 375-381, 2000.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, nº. 2, p. 291-297, 2001.
- FEIDEN, A. & HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenis de Piracanjuba (*Brycon orbygnianus*), Valenciennes (1849) (Teleostei: characidae) em tanques experimentais fertilizados com adubação orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 591-600, out./dez. 2005.
- GEIGER, J.B. Zooplankton production and manipulation in striped bass rearing ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 331-351, 1983.

- HEISEY, D. & PORTER, J.K.G. The effects of ambient oxygen concentration on filtering and respiration rates of *Daphnia galeata mendotae* and *Daphnia magna*. **Limnology of Oceanography**, v. 22, p. 839-845, 1977.
- MOTOKUBO *et al.* Produção de zooplâncton em tanque de cultivo de curimatá, *Prochilodus scrofa*, submetidos a diferentes fertilizantes orgânicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 15, n. 2, p. 189-199, 1988.
- LEWIS, M.A. and MATRI, A.W. Effects of water hardness and diet on productivity of *Daphnia magna* Strass in laboratory culture. **Hidrobiologia**, Netherlands, v. 85, p. 175-179, 1981.
- OGINO, C. Studies on the chemical composition of some natural foods of aquatic animals. **Bulletin of Japanese of Society of Science of Fishes**, 29:459-462, 1963.
- SAWYER, C. N.; McCARTHY, P.L.; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental engineering and science**. 5th ed. New York: McGraw –Hill, 752p., 2003.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP. 70 p. 1994.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. & ROCHA, O. **Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos, RIMA, 2001.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACHION, M.A. e ROCHA, O. Estudo do crescimento populacional de três espécies zooplancônicas em laboratório e o uso do plâncton na alimentação de alevinos de *Oreochromis niloticus* (Tilápia) e *Astyanax scabripinis paranae* (Lambari). **Revista UNIMAR**, 16 (Suplemento 3), p. 189-201, 1994.
- SOMMER, R.V. **Plankton Ecology**. Berlim: Springer-Verlag. 369p. 1989.
- TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMPRABA Meio Ambiente, cap.4, p.69-106, 2000.
- WATANABE, T. **Fish nutrition and mariculture**. Tokio: JICA, 1988.

Biossólidos com diferentes relações de NPK para produção de *Daphnia* sp. em tanques experimentais

RESUMO- Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a utilização de biossólidos, em diferentes ajustes de NPK, como estratégia de fertilização de águas na produção de *Daphnia* sp. O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de abril a maio de 2008, com duração de quatorze dias. Foram utilizados 25 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (cinco níveis de NPK em 50 g de biossólidos) e cinco repetições. Como variáveis de controle foram avaliados a produção de *Daphnia* sp. e os seguintes parâmetros de qualidade da água: clorofila-*a*, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrogênio amoniacal e nitratos, fósforo solúvel e dureza total. O peso da biomassa de *Daphnia* sp. foi medido ao final do experimento (14º dia). Os parâmetros de controle de qualidade da água foram aferidos em três momentos ao longo do período experimental: primeiro, nono e décimo quarto dias. Os resultados sugerem que biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e, conseqüentemente, de zooplâncton. A aplicação de biossólidos com diferentes formulações de NPK não comprometeu qualidade da água a ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos. Entretanto, a despeito da produção crescente de fitoplâncton de acordo com níveis crescentes de fósforo na formulação dos fertilizantes, os pesos médios de biomassa de *Daphnia* sp. encontrados nos tanques, em torno de 10 g, não diferiram estatisticamente para os diversos tratamentos.

Palavras-chave: biossólidos, clorofila *a*, nutrientes, qualidade da água

Biosolids with different NPK ratios for production of *Daphnia* sp. in experimental tanks

ABSTRACT – This work was conducted to evaluate the use of biosolids in different settings of NPK, as a strategy for water fertilization in the production of *Daphnia* sp. The experiment was conducted in the Fish Nutrition laboratory of Department of Animal Science of the Federal University of Viçosa in the period from April to May 2008, lasting for fourteen days. Were used 25 tanks of asbestos cement with useful volume of 100 L each, distributed in a completely randomized design with five treatments (five levels of NPK in 50 g of biosolid) and five repetitions. As control variables were assessed the production of *Daphnia* sp. and the following water quality parameters: chlorophyll-a, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, temperature, ammonia nitrogen and nitrate, soluble phosphorus and total hardness. The weight of the *Daphnia* sp. biomass was measured at the end of the experiment (day 14). The control parameters of water quality were measured at three times during the experimental period: the first, ninth and fourteenth day. The results suggest that biosolids can be successfully used as water fertilizer, for production of phytoplankton and, consequently, of zooplankton. The application of biosolids with different formulations of NPK not compromised water quality to the point of making it unsuitable for the cultivation of aquatic organisms. However, despite the growing production of phytoplankton in line with increasing levels of phosphorus in the formulation of fertilizers, the weights average of *Daphnia* sp. biomass found in the tanks, around 10 grams, not statistically different for different treatments.

Key words: biosolids, chlorophyll *a*, nutrients, water quality

Introdução

Fertilizantes inorgânicos ou orgânicos podem ser adicionados em ambientes aquáticos para promover o desenvolvimento da cadeia alimentar, possibilitando, assim, o aumento da produtividade aquícola (AVAULT, 2003). Os fertilizantes orgânicos são, em geral, de baixo custo e apresentam vários macro e micro nutrientes, porém em disponibilidade e composição variáveis, além de poderem incluir contaminantes. Em contrapartida, os fertilizantes inorgânicos apresentam como vantagens a composição e disponibilidade de nutrientes constantes, além da facilidade de ajuste dos níveis de cada nutriente, mas, geralmente, possuem custo relativamente alto (MARTÍNEZ-CÓRDOVA, 2004).

Estercos de animais, principalmente de aves e suínos, têm-se comprovado efetivos na produção de plâncton, em tanques de produção de organismos-alimento e em tanques de alevinagem em estações de piscicultura (MOTOKUBO, 1988; FARIA *et al.*, 2000; FARIA *et al.*, 2001 e FEIDEN & HAYASHI, 2005). A utilização de excretas humanos e esgotos sanitários na piscicultura é também uma prática muito antiga e disseminada em diversas partes do mundo (EDWARDS, 1992; BASTOS, 2003). Lodos de esgotos, gerados nos processos de tratamento, têm sido amplamente utilizados em práticas agrícolas e, exatamente, para caracterizar seu potencial de utilização produtiva, em detrimento da conotação de resíduo, após devidamente tratados (desidratados, estabilizados e higienizados), recebem a denominação de biossólidos (ANDREOLI *et al.*, 2001; TSUTIYA, 2000). Entretanto, praticamente não há registros da utilização de biossólidos como fertilizantes em tanques de cultivo aquícola.

O domínio de estratégias de fertilização pode contribuir para um manejo alimentar adequado e incrementar a produtividade, reduzindo os custos de produção e aumentando a sustentabilidade dos cultivos.

O zooplâncton natural apresenta, normalmente, valor nutricional adequado a larvas de peixes, pois possui altos teores de proteína e balanceamento adequado de aminoácidos (OGINO, 1963) e, também, constitui boa fonte de minerais e lipídios (WATANABE, 1988). Entretanto, as populações zooplancônicas estão sujeitas a amplas alterações de densidade em função da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (HEISEY & PORTER, 1977), da dureza (LEWIS & MATRI, 1981), do pH (ALIBONE & FAIR, 1981), de interações bióticas, como a predação (GEIGER, 1983), e da disponibilidade de alimento (SOMMER, 1989). Os cladóceros, principalmente os

gêneros *Daphnia* e *Moina*, são de grande importância na piscicultura e são muito estudados quanto às condições ótimas de cultivo, devido ao alto teor nutritivo e facilidade de produção (BLANCO & TACON, 1989).

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial de utilização de biossólidos, aplicados em diferentes ajustes de NPK, como fertilizante de águas aquícolas, tendo como variáveis de controle a produção de *Daphnia* sp. e parâmetros de qualidade da água.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nos meses de abril e maio de 2008, com duração de quatorze dias, nas instalações do Laboratório de Nutrição de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Figura 1).

Foram utilizados 25 tanques de cimento amianto com volume útil de 100 L cada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos: 0SPT - água limpa + 500 mL de água verde (com plâncton selvagem) + 0,26 g de *Daphnia* sp. + 50 g de biossólidos + 2 g K_2CO_3 (controle) + 2,0 g de calcário; 1SPT - controle + 1,4 g de calcário + 1,0 g de superfosfato triplo; 2SPT - controle + 0,9 g de calcário + 2,0 g de superfosfato triplo; 3SPT - controle + 2,0 g de calcário + 3,0 g de superfosfato triplo; 4SPT - controle + 4,0 g de superfosfato triplo. Procurou-se assim variar os níveis de NPK nos fertilizantes preparados com biossólidos (Tabela 1). O valor de 50 g de biossólidos foi selecionado com base na produção de *Daphnia* sp. obtida nos experimentos anteriores.



Figura 1 - Unidades experimentais para produção de *Daphnia* sp., Laboratório de Nutrição de Peixes, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008

Tabela 1 - Relação NPK dos diferentes tratamentos

Tratamentos	Nutrientes (%)			N:P:K
	N	P	K	
0SPT	0,92	0,38	0,92	2,4:1:2,4
1SPT	0,92	0,58	0,92	1,6:1:1,6
2SPT	0,92	0,78	0,92	1,2:1:1,2
3SPT	0,92	0,98	0,92	0,9:1:0,9
4SPT	0,92	1,18	0,92	0,8:1:0,8

Água verde, água com plâncton, foi cultivada a partir de um tanque de 500L com peixes, inicialmente alimentados com ração e posteriormente com o próprio plâncton produzido.

Os tanques foram secados e expostos ao sol por cinco dias. Posteriormente, foram abastecidos com água proveniente do sistema de tratamento de água da UFV e deixados em repouso por três dias, para permitir a volatilização do cloro.

Antes da aplicação dos fertilizantes foram aferidos os seguintes parâmetros físicos e químicos da água dos tanques: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade elétrica (CE) (medidas de campo, seis repetições), clorofila *a*, cálcio, magnésio, fósforo solúvel, nitrogênio amoniacal e nitratos (determinação em laboratório, duas repetições), sendo cada repetição por três réplicas de cada tratamento.

O biossólido utilizado neste trabalho foi produzido a partir do lodo gerado no tratamento de esgoto sanitário (doméstico) - ETE Viçosa (Viçosa - MG), por meio de um conjunto reator UASB + biofiltro aerado submerso. O lodo, já estabilizado no próprio sistema de tratamento, é descartado em leitos de secagem, onde permanece até alcançar o teor de umidade recomendado para a higienização por caleação. Trata-se, portanto, de material mineralizado e higienizado. Na Tabela 2 apresenta-se a composição química do biossólido utilizado como componente dos fertilizantes utilizados.

Tabela 2 - Composição química do biossólido utilizado para produção de *Daphnia* sp.

N	P	K	Ca	Mg	S	CO
----- % -----						
0,92	0,38	0,11	11,94	0,22	0,98	3,74
Zn	Fe	Mn	Cu	B	C/N	pH
----- ppm -----						H ₂ O
542	25707	493	189	14,1	4,06	7,5

Um dia após a adubação, foram inoculados 500 mL de ‘água verde’ (com plâncton selvagem), cujas características físicas e químicas são especificadas na Tabela 3. Após dois dias foi adicionado 0,36 g de zooplâncton (*Daphnia* sp.) em cada tanque.

Tabela 3 - Características físicas e químicas da água com plâncton selvagem (água verde) utilizada na produção de *Daphnia* sp.

pH	CE	T	Clorofila		OD	N-NH ₃	N-NO ₃	P-solúvel	Dureza total
			<i>a</i>						
-	μS cm ⁻¹	°C	----- mg L ⁻¹ -----						
8,3	149,3	23,3	260,6		8,8	1,10	5,32	5,26	163,19

T: temperatura; CE: condutividade elétrica.

Semanalmente (primeiro, nono e décimo quarto dias) foram aferidos os citados parâmetros físicos e químicos da água dos tanques. A temperatura da água foi aferida diariamente, às 8:00 e às 18:00 h. As análises foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Água da UFV, conforme procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, WEF, AWWA, 1998).

Ao final do experimento, a água de cada tanque foi filtrada para se obter a biomassa produzida de zooplâncton (*Daphnia* sp.) nos diferentes tratamentos. A biomassa algal foi aferida, indiretamente, através do parâmetro clorofila *a*.

O experimento foi conduzido segundo um esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos (0SPT, 1SPT, 2SPT, 3SPT e 4SPT) e nas subparcelas as épocas de avaliação (dias 9 e 14), no delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Student Newman Keuls adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para as características da qualidade da água utilizou-se estatística descritiva.

Resultados e Discussão

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) não variaram ($P > 0,05$) em função dos tratamentos (Tabela 4). Em termos gerais os valores de OD decresceram da supersaturação no primeiro dia até em torno de 4 mg L⁻¹ ao final do experimento. De toda forma os valores de OD permaneceram acima do valor mínimo de 4 mg L⁻¹ recomendado por Sipaúba-Tavares (1994) para a criação de organismos aquáticos.

O decréscimo observado de OD pode estar relacionado à matéria orgânica em decomposição advinda dos fertilizantes (ainda que pouca) (Tab. 1), dos processos de senescência e morte do fitoplâncton, e ainda de processo de nitrificação (Tabela 5).

Tabela 4 - Valores médios de pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) dos tratamentos

Tratamentos	pH		OD		COND	
	9	14	9	14	9	14
0SPT	9,17 ± 0,33	8,19 ± 0,22	9,08 ± 1,01	4,81 ± 0,29	149,68 ± 7,88	179,32 ± 11,05
1SPT	9,03 ± 0,24	7,94 ± 0,06	8,96 ± 0,89	4,59 ± 0,54	138,30 ± 2,86	170,66 ± 12,37
2SPT	8,99 ± 0,30	7,91 ± 0,17	8,66 ± 1,21	4,46 ± 0,50	141,88 ± 8,28	174,38 ± 15,99
3SPT	9,18 ± 0,20	7,99 ± 0,13	9,68 ± 0,91	4,76 ± 0,33	142,24 ± 5,02	166,02 ± 6,24
4SPT	8,94 ± 0,22	7,86 ± 0,07	9,30 ± 0,99	4,76 ± 0,30	140,12 ± 3,28	164,18 ± 6,30

À semelhança do observado para o OD, não houve efeito do tempo de experimento (dias) para todos os tratamentos ($P > 0,05$), sendo que as variações de pH ao longo do experimento foram estatisticamente semelhantes em todos os tratamentos ($P > 0,05$)

Observa-se que os valores de pH decresceram do nono ao 14º dia. Em sistemas aquáticos pH eleva-se com a atividade fotossintética, pois as algas, com o consumo de CO_2 , retiram acidez carbônica do meio líquido. Por outro lado, a dessorção de NH_3 (em pH elevado) é equivalente à adição de um ácido forte. Nesses processos, a remoção de CO_2 reduz a acidez em 2 meq / mmol; a remoção de NH_3 representa uma redução de 1 meq / mmol da alcalinidade e um aumento de 1 meq / mmol da acidez (ESTEVEZ, 1998; SAWYER *et al.*, 2003).

Assim, a elevação do pH na primeira fase do experimento pode estar relacionada à predominância da fotossíntese promovida pela fitoplâncton em pleno desenvolvimento (Tabela 5), seguida da preponderância de acidificação do meio devido à conjugação de consumo de matéria orgânica, dessorção da amônia (Tabela 5) e, ou nitrificação (Tabela 5). Não obstante, os valores de pH permaneceram sempre dentre as faixas recomendadas para o cultivo de organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES (1994).

Não houve efeito ($p > 0,05$) do tempo de experimento (dias) e nem do tratamento sobre a CE da água, estatisticamente equivalente para todos os tratamentos ($P > 0,05$) (Tabela 4). Em geral, a tendência foi de elevação da CE, a qual pode estar relacionada ao aumento de solubilidade dos sais presentes no biossólido, além dos

adicionados na formulação dos fertilizantes, devido à elevação considerável do pH na primeira etapa do experimento, até o nono dia (Tabela 4).

Não se observou efeito ($P > 0,05$) dos tratamentos sobre a temperatura da água dos tanques (Tabela 5), que variou entre $21,6 \pm 0,2$ °C no período da manhã e $25,4 \pm 0,3$ °C no da tarde. Com esta variação caracterizou-se que a temperatura da água não comprometeu a produção de massa de *Daphnia* sp., uma vez que, de acordo com Sipaúba-Tavares & Rocha (2001), a temperatura de $24,0 \pm 4$ °C é a ideal para o cultivo de cladóceros.

Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão das variáveis da qualidade de água registradas nos dias 9 e 14, para as respectivas combinações de tratamento e período de avaliação

Tratamentos	Dias	Variáveis					
		Temperatura	N-NH ₃	N-NO ₃	Fósforo solúvel	Dureza Total	Clorofila <i>a</i>
0SPT	9	22,44 ± 0,08	0,00 ± 0,00	1,35 ± 0,21	0,20 ± 0,13	99,38 ± 6,96	20,67 ± 11,55
	14	21,22 ± 0,50	0,00 ± 0,00	2,00 ± 0,14	0,23 ± 0,17	109,22 ± 18,09	32,50 ± 2,12
1SPT	9	22,68 ± 0,17	0,00 ± 0,00	1,75 ± 0,21	0,59 ± 0,09	82,66 ± 11,13	25,74 ± 4,83
	14	21,40 ± 0,32	0,00 ± 0,00	2,60 ± 0,28	0,72 ± 0,06	83,64 ± 4,17	48,00 ± 1,41
2SPT	9	22,50 ± 0,07	0,00 ± 0,00	1,65 ± 0,21	1,04 ± 1,13	58,06 ± 4,17	41,86 ± 10,57
	14	21,18 ± 0,55	0,00 ± 0,00	2,60 ± 0,14	1,27 ± 1,45	61,00 ± 8,34	60,50 ± 4,94
3SPT	9	22,60 ± 0,16	0,01 ± 0,02	1,75 ± 0,07	3,32 ± 0,48	55,10 ± 2,78	39,28 ± 2,91
	14	21,34 ± 0,15	0,02 ± 0,00	2,45 ± 0,21	4,26 ± 0,50	57,07 ± 0,00	60,50 ± 12,02
4SPT	9	22,44 ± 0,17	0,00 ± 0,00	1,55 ± 0,70	3,54 ± 0,60	48,22 ± 9,74	37,27 ± 20,24
	14	21,22 ± 0,36	0,01 ± 0,00	2,65 ± 0,07	4,64 ± 0,77	56,08 ± 9,74	68,50 ± 14,85

Os valores de dureza total encontrados nos diferentes tratamentos certamente refletiram a composição, principalmente em termos de Ca, do biossólido (Tab.1) e das substâncias adicionadas na formulação dos fertilizantes. Os maiores valores de dureza total foram registrados no tratamento 0SPT ($109,2 \text{ mg L}^{-1}$), seguido dos tratamentos 1SPT ($83,6 \text{ mg L}^{-1}$), 2SPT ($61,0 \text{ mg L}^{-1}$), 3SPT ($57,1 \text{ mg L}^{-1}$) e 4SPT ($56,0 \text{ mg L}^{-1}$) (Tabela 5).

Os valores médios de clorofila-*a* nos tanques, como indicativo da biomassa fitoplanctônica (ESTEVES, 1998), estão representados na Tabela 5.

A produção primária apresentou tendência nitidamente crescente ao longo do experimento em todos os tratamentos. Ao final do experimento, o tratamento 4SPT resultou nos maiores valores de clorofila-*a* ($68,5 \text{ mg L}^{-1}$), próximos aos dos tratamentos 3SPT e 2SPT ($60,5 \text{ mg L}^{-1}$) e seguidos por $48,0 \text{ mg L}^{-1}$ no tratamento 1SPT e $32,5 \text{ mg L}^{-1}$ no tratamento 0SPT. Esses resultados parecem refletir a formulação dos fertilizantes, principalmente em termos da adição de fósforo, sendo este,

reconhecidamente, nutriente limitante da produtividade de viveiros (SIPAÚBA-TAVARES, 1994).

A título de comparação, registre-se que no primeiro experimento, a aplicação de 50 g de biossólidos, sem complementação de nutrientes, resultou em apenas 7,0 mg clorofila $a\ L^{-1}$, sendo este valor, porém, superior ao alcançado no tratamento apenas com fosfato bicálcico (4,3 mg clorofila $a\ L^{-1}$); no segundo experimento, a aplicação de 50 e 100 g de biossólidos, novamente sem complementação de nutrientes, resultou em, respectivamente, 10,5 e 46,8 mg clorofila $a\ L^{-1}$.

Nos tanques de cultivo de plâncton o equilíbrio do ciclo bioquímico do nitrogênio é regulado principalmente pela atividade biológica: as formas prontamente assimiláveis pelo fitoplâncton são o íon amônio (NH_4^+) e os nitratos (NO_3^-); após o ciclo de vida do fitoplâncton, o nitrogênio pode ser depositado como matéria orgânica, a qual, em decomposição, libera amônia para a coluna d'água.

As concentrações de amônia permaneceram sempre baixas (máximo de 0,02 mg L^{-1} no tratamento 3SPT, no nono dia). Em contrapartida, as concentrações de nitratos foram sempre crescentes ao longo do período experimental. A elevação e queda de amônia devem, portanto, ser resultado de efeito combinado de assimilação pelas algas (em pleno desenvolvimento em todo o período experimental) (Tabela 5), volatilização da amônia (principalmente devido aos valores elevados de pH até o nono dia) e nitrificação (Tabela 5).

Os valores de amônia e nitratos estiveram sempre abaixo dos limites recomendados para criação de peixes: 0,6-2,0 mg N- $NH_3\ L^{-1}$ e 5-10 mg N- $NO_3\ L^{-1}$ (BOYD, 1990, SIPAÚBA-TAVARES, 1994)

Na Tabela 5 encontram-se os valores de fósforo biologicamente assimilável (fósforo solúvel), os quais refletiram a formulação dos fertilizantes utilizados. O tratamento 0SPT apresentou apenas traços desse nutriente. Os tratamentos 4SPT e 3SPT tiveram seus valores médios de fósforo solúvel acentuadamente elevados do primeiro (0,04 e 0,06 mg L^{-1}) ao 14º dia (4,26 e 4,65 mg L^{-1}). Os tratamentos 1SPT e 2SPT também apresentaram tendência de elevação de P-solúvel ao longo do período experimental, porém menos acentuada, atingindo no 14º dia concentrações inferiores a, respectivamente, 1,0 e 1,5 mg L^{-1} . A elevação dos teores de P-solúvel foi mais acentuada na primeira fase do experimento (até o nono dia), o que pode ser resultado combinado de assimilação pelas algas (em pleno desenvolvimento em todo o período experimental) (Tabela 5) e, eventualmente, precipitação de fosfatos, (devido aos valores

mais elevados de pH até o nono dia) (Fig. 4), ou mesmo ressolubilização a partir de material orgânico (células de algas) precipitado.

Produção de biomassa de *Daphnia* sp.

Os valores médios dos pesos da biomassa do zooplâncton *Daphnia* sp. encontrados nos tanques foram: 10,88 g por tanque adubado com 0SPT; 10,65 g com 1SPT, 10,39 g com 4SPT, 10,09 g com, 3SPT e 9,91 g com 2SPT (Figura 2). Não houve diferença significativa entre esses valores (teste F, $P > 0,05$).

As populações zooplancônicas estão sujeitas a amplas alterações de densidade em função da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água (HEISEY & PORTER, 1977), da dureza (LEWIS & MATRI, 1981), do pH (ALIBONE & FAIR, 1981), de interações bióticas, como a predação (GEIGER, 1983), e da disponibilidade de alimento (SOMMER, 1989). Entretanto, no presente estudo, a aplicação das diferentes formulações de fertilizantes não alterou de foram mais nítida a qualidade da água, ao menos não a ponto de interferir na produção de zooplâncton. Em termos de disponibilidade de alimentos, em geral observou-se correspondência entre valores crescentes de clorofila *a* com os níveis de fósforo na formulação dos fertilizantes (Tabela 5), mas isso não interferiu na produção de biomassa de *Daphnia* sp.

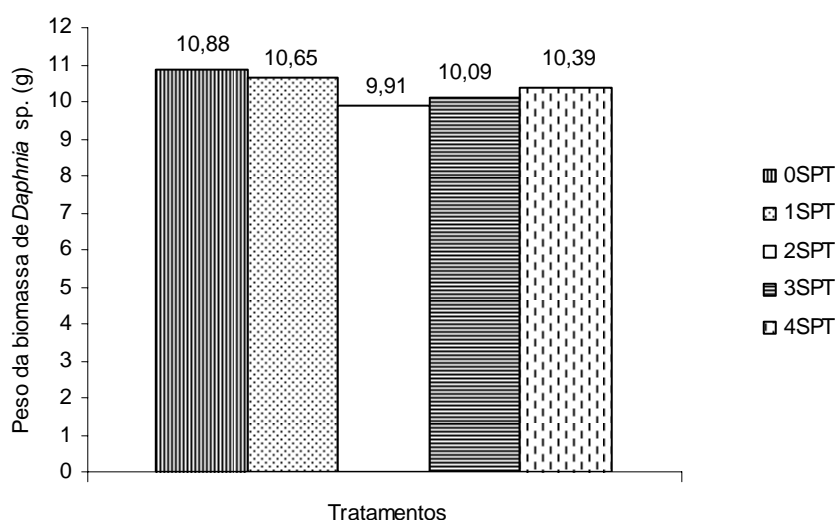


Figura 2 - Produção da biomassa de *Daphnia* sp. em função dos tratamentos

Conclusões

A aplicação de fertilizantes à base de biossólidos, com teores de NPK ajustados em diferentes formulações não comprometeu qualidade da água a ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos.

Produção crescente de fitoplâncton foi observada em correspondência com níveis crescentes de fósforo na formulação dos fertilizantes.

As diferentes relações NPK utilizadas com os biossólidos não apresentaram diferença na produção de biomassa de *Daphnia* sp.

Literatura citada

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** . 20th ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.
- ALIBONE, M.R.; FAIR, P. The effects of low pH on the respiration of *Daphnia magna* strans. **Hidrobiologia**, Netherlands, v. 85, p. 185-191, 1981.
- ANDREOLI , C. V.; von SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Coord.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: DESA / UFMG, SANEPAR. 2001 484 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; 6)
- AVAULT, J.W.JR. Fertilization: Is there a role for it in aquaculture?. **Aquaculture Magazine**, v. 29. n. 2, p. 47-52, 2003.
- BASTOS, R. K. X.; PEREIRA, C. M.; PIVELLI, R. P.; LAPOLLI, F. R.; LANNA, E. A. T. Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R.K.X.(Coord.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p.163-223. (Projeto PROSAB).
- BLANCO, L. T.; TACON, A. G. J. **La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura**. Brasilia: FAO, Proyecto Aquila., 90p. (Documento de campo, n° 12). 1989.
- BOYD, C. E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Birmingham Publishing Co. 482p. 1990.

- EDWARDS, P. **Reuse of human wastes in aquaculture A technical review**. UNDP-World Bank Water Research Program. Washington D.C: The World Bank, 350p, 1992
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. e GONÇALVES, G. S. Avaliação dos grupos zooplancctônicos em tanques experimentais submetidos a adubação com diferentes substratos orgânicos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, no. 3, p. 375-381, 2000.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e variáveis físicas e químicas em tanques experimentais submetidos a diferentes adubações orgânicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n.º. 2, p. 291-297, 2001.
- FEIDEN, A.; HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenis de Piracanjuba (*Brycon orbygnianus*), Valenciennes (1849) (Teleostei: characidae) em tanques experimentais fertilizados com adubação orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 591-600, out./dez. 2005.
- GEIGER, J.B. Zooplankton production and manipulation in striped bass rearing ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 35, n. 4, p. 331-351, 1983.
- HEISEY, D.; PORTER, J.K.G. The effects of ambient oxygen concentration on filtering and respiration rates of *Daphnia galeata mendotae* and *Daphnia magna*. **Limnology of Oceanography**, v. 22, p. 839-845, 1977.
- LEWIS, M.A.; MATRI, A.W. Effects of water hardness and diet on productivity of *Daphnia magna* Strass in laboratory culture. **Hidrobiologia**, Netherlands, v. 85, p. 175-179, 1981.
- MARTÍNEZ CÓRDOVA, L. R.; CAMPAÑA TORRES, A.; MARTÍNEZ PORCHAS, M. Manejo de la productividad natural en el cultivo del camarón. In: CRUZ SUÁREZ, L.E. *et al.* Avances en nutrición acuícola. In: SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN ACUÍCOLA, 7., 2004, Sonora. **Anais...**[s.n.], 2004. p. 16-19.
- MOTOKUBO *et al.* Produção de zooplâncton em tanque de cultivo de curimatá, *Prochilodus scrofa*, submetidos a diferentes fertilizantes orgânicos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 15, n. 2, p. 189-199, 1988.
- SAWYER, C. N.; McCARTHY, P.L.; PARKIN, G.F. **Chemistry for environmental**

- engineering and science.** 5th ed. New York: McGraw –Hill, 2003. 752p
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aqüicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1994.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA, O. **Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos.** São Carlos, RIMA, 2001.
- SOMMER, R.V. **Plankton Ecology.** Berlim: Springer-Verlag. 369p. 1989.
- OGINO, C. Studies on the chemical composition of some natural foods of aquatic animals. **Bulletin of Japanese of Society of Science of Fishes,** Tokyo, 29: 459-462. 1963.
- TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto.** Jaguariúna: EMPRABA Meio Ambiente, 2000. cap.4, p.69-106.
- WATANABE, T. **Fish nutrition and mariculture.** Tokio: JICA. 178p. 1988

3. CONCLUSÕES GERAIS

Biossólidos podem ser utilizados com sucesso como fertilizante de águas para produção de fitoplâncton e de zooplâncton.

Em ordem crescente, maiores produtividades de zooplâncton, *Daphnia* sp., foram obtidas em águas fertilizadas com fosfato bicálcico, biossólido e fezes de codornas.

Maiores produtividades de zooplâncton, *Daphnia* sp. foram obtidas em águas fertilizadas com quantidades maiores de biossólido.

Produção crescente de fitoplâncton foi observada em correspondência com níveis crescentes de fósforo na formulação dos fertilizantes.

A aplicação de biossólidos com diferentes formulações de NPK não comprometeu qualidade da água a ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos.

A aplicação de biossólidos não comprometeu qualidade da água ao ponto de torná-la inadequada ao cultivo de organismos aquáticos.

Anexo

Tabela 1 - Resumo da Análise de Variância das variáveis pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) em função dos tratamentos e dias de avaliação (Capítulo I)

F.V	GL	Quadrados médios		
		pH	OD	COND
Tratamento	3	6,1308**	25,82*	35235,95**
Resíduo (a)	20	0,1681	7,72	324,74
Dia	1	34,3916**	38,91 ^{ns}	310,08 ^{ns}
Trat x Dia	3	1,7704**	6,15 ^{ns}	174,53 ^{ns}
Resíduo (b)	20	0,1350	8,98	128,98
CV (%) Parcela		4,86	46,08	12,10
CV(%) Sub Parcela		4,36	49,71	7,62

**F significativo a 1%

*F significativo a 5%

ns F não significativo a 5%

Tabela 2 - Resumo da Análise de Variância das variáveis pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) em função dos tratamentos e dias de avaliação (Capítulo II)

F.V	GL	Quadrados médios		
		pH	OD	COND
Tratamento	4	1,8929**	20,0583**	8929,65**
Resíduo (a)	20	0,2462	1,3667	233,5478
Dia	1	11,8195**	1103,56**	6,5522 ^{ns}
Trat x Dia	4	0,3832*	39,2407**	46,2432 ^{ns}
Resíduo (b)	20	0,0923	2,0631	20,1820
CV (%) Parcela		5,90	11,85	12,79
CV(%) Sub Parcela		3,61	14,56	3,76

**F significativo a 1%

*F significativo a 5%

ns F não significativo a 5%

Tabela 3 - Resumo da Análise de Variância das variáveis pH, oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (COND) em função dos tratamentos e dias de avaliação (Capítulo III)

F.V	GL	Quadrados médios		
		pH	OD	COND
Tratamento	4	0,1257 ^{ns}	0,6289 ^{ns}	237,7957 ^{ns}
Resíduo (a)	20	0,0834	0,8632	165,7714
Dia	1	14,7316 ^{**}	248,8234 ^{**}	10130,34 ^{**}
Trat x Dia	4	0,0144 ^{ns}	0,2079 ^{ns}	46,3663 ^{ns}
Resíduo (b)	20	0,0299	0,6093	30,2396
CV (%) Parcela		3,39	13,45	8,22
CV(%) Sub Parcela		2,03	11,30	3,51

^{**}F significativo a 1%

^{*}F significativo a 5%

^{ns} F não significativo a 5%