



# Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes

Rafael K. X. Bastos<sup>1</sup>; Paula D. Bevilacqua<sup>2</sup>; Camila A. B. Silva<sup>3</sup>; Filipe L. Dornelas<sup>1</sup>; Fernando A. L. de Assunção<sup>1</sup>; Endrik N. Rios<sup>1</sup>; Ana F. S. Silva<sup>1</sup>; Anderson S. de Freitas<sup>4</sup> & Giordana S. Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DEC/UFV. Av. P.H. Rolfs, s/nº 36570-000, Viçosa-MG. Fone: (31) 3899-2740. E-mail: rkxb@ufv.br.

<sup>2</sup> Departamento de Veterinária/UFV. Fone: (31) 3899-2311. E-mail: paula@ufv.br.

<sup>3</sup> Departamento de Biologia/UFV. Fone: (31) 3899-2527.

<sup>4</sup> Departamento de Zootecnia/UFV. Fone: (31) 3899-2226.

Protocolo 92

**Resumo:** Apresenta-se uma síntese de trabalhos de pesquisa conduzidos ao longo de quatro anos em tratamento de esgotos sanitários, em um sistema UASB + BF + lagoas de polimento e utilização de efluentes em fertirrigação e produção animal. A irrigação de forrageiras (*Brachiaria* e milho hidropônico) com efluente do sistema UASB + BF e seu fornecimento para alimentação de caprinos e bovinos não resultou em riscos reais à saúde animal nem potenciais à saúde humana. O sistema de lagoas de polimento mostrou-se eficiente na produção de efluentes, de acordo com as recomendações da OMS, para piscicultura e irrigação, logrando produção de hortaliças e peixes (tilápia do Nilo) de qualidade apta ao consumo. O potencial fertilizante e nutricional dos efluentes tratados demonstrou a possibilidade de sua aplicação em atividades produtivas com economia de insumos (adubo e ração).

**Palavras-chave:** esgotos sanitários, tratamento, fertirrigação, produção animal

## Treatment of sanitary sewer and multiple effluent reuse

**Abstract:** A synthesis is presented of a four years research project on wastewater treatment, by means of a UASB + BF + polishing ponds system, and reuse in agriculture, aquaculture and animal production. Irrigation of forage crops with UASB + BF effluent and its use for cattle and goat feed did not result in potential human health risks nor in real animal health risks. Polishing ponds were effective in producing effluents in accordance with the WHO guidelines for irrigation and aquaculture, achieving lettuce crops and fish suitable for consumption. The effluents fertilizing potential and nutritional value demonstrate the possibility of their application in productive activities with chemical fertilizers and fodder savings.

**Key words:** wastewater, treatment, irrigation, animal production

## INTRODUÇÃO

Em face da escassez de recursos hídricos, cresce, em todo o mundo, a consciência em torno da importância do uso racional da água, da necessidade de controle de perdas e desperdícios, somando-se à introdução definitiva, na agenda do milênio, do reuso de água. Dentre as alternativas possíveis, merece destaque a utilização de esgotos sanitários tratados, dados os seus inegáveis atrativos de natureza econômica, ambiental e social.

Não há dúvidas de que esgotos sanitários representam uma fonte potencial de água e nutrientes, que pode ser reaproveitada em irrigação, para a piscicultura, além de outras atividades. Na agricultura, o manejo-chave se encontra no balanço adequado entre a demanda de água e de nutrientes das plantas, além da observação aos problemas potenciais de salinidade, sodicidade e toxicidade. Em relação à qualidade da água para a piscicultura, o nitrogênio surge como fator limitante, dado ao seu potencial tóxico para os peixes, principalmente na forma de amônia. Porém, os aspectos sanitários podem constituir um obstáculo na

utilização de esgotos sanitários, que, portanto, necessitam ser adequadamente tratados.

Neste sentido, destacam-se as lagoas de estabilização, particularmente as de polimento<sup>1</sup>, em vista da elevada capacidade de remoção de patógenos e nutrientes; além disso, é considerável a biomassa que se desenvolve nas lagoas de estabilização, principalmente na forma de algas, sendo o cultivo de peixes planctófagos uma das alternativas de exploração das proteínas existentes nas lagoas.

Na mais complexa ou completa das situações, pode-se muito bem imaginar a múltipla utilização de efluentes de séries de lagoas para a irrigação restrita e/ou, irrestrita, de acordo com a respectiva qualidade microbiológica, adequando-se, além disso, à seleção de culturas e/ou, à opção pela piscicultura os variados teores de nutrientes possíveis de serem obtidos.

Apresenta-se, neste artigo, uma síntese de trabalhos de pesquisa conduzidos ao longo de quatro anos no âmbito do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, financiado pela FINEP), cujo objetivo é demonstrar a viabilidade da múltipla utilização de esgotos sanitários tratados em fertirrigação e produção animal.

## MATERIAL E MÉTODOS<sup>2</sup>

### Descrição da unidade experimental

Os experimentos são conduzidos, desde 2001, na Unidade Integrada de Tratamento e Utilização de Esgotos da Viçosa (Viçosa, MG) (Figura 1). A unidade de tratamento é constituída de um reator UASB-biofiltro submerso aerado (UASB + BF) (BF instalado em fevereiro de 2003), em escala real e pré-fabricado em aço, seguido de uma série de três lagoas de estabilização em escala-piloto, pré-fabricadas em fibra de vidro ( $A = 16,2 \text{ m}^2$ ;  $L/B = 2,0$ ) e com a seguinte flexibilidade operacional de lâminas (h) e tempo de detenção hidráulica (TDH) - outubro 2001 a maio 2002: TDH=9,4 dias e  $h=0,9 \text{ m}$  (L1, L2 e L3); maio a dezembro 2002: TDH=7,0 dias e  $h=0,9 \text{ m}$  (L1, L2 e L3); fevereiro a maio 2003: TDH=7,0 (L1), 5,4 (L2) e 2,3 dias (L3) e  $h = 0,9$  (L1), 0,7 (L2) e 0,3 m (L3); março a setembro 2004: TDH=3,4 (L1 e L2) e 5,1 dias (L3) e  $h=0,9$  (L1 e L2)

e 0,7 m (L3); setembro 2004 a julho 2005: TDH=4,7 (L1 e L2) e 7,2 dias (L3) e  $h=0,9$  (L1 e L2) e 0,7 m (L3).

O efluente da L3 é utilizado em piscicultura (tilápia do Nilo) em 32 tanques-piloto (caixas de fibra de vidro –  $1 \text{ m}^3$ ), subdivididos entre dois tratamentos: água + ração (controle) e efluente, com o fitoplâncton, como única fonte de alimento.

Os efluentes do sistema UASB + BF são (ou foram) utilizados em experimentos de irrigação de forrageiras e de produção animal: *Brachiaria humidicola* (duas rampas de  $15 \times 30 \text{ m}$ ) e alimentação de bovinos; milho hidropônico forrageiro (dez rampas subdivididas em quatro canteiros de  $2 \text{ m}^2$ ) e alimentação de caprinos. Os efluentes do sistema de lagoas foram utilizados para a irrigação (manual) de milho e hortaliças (alface, couve, espinafre, rúcula, pimentão). Cada tratamento [milho: (i) água; (ii) água + NPK, (iii) efluente lagoa 3 e (iv) efluente lagoa 3 + NPK; hortaliças: (i) efluente das três lagoas e (ii) água] foi distribuídos em quatro blocos, com quatro repetições.

De maio a novembro de 2002, a *Brachiaria humidicola* foi irrigada com efluente do reator UASB, sendo fornecida para alimentação de bovinos.

### Avaliação da produtividade e qualidade sanitária dos peixes e da qualidade sanitária dos animais alimentados com forrageira irrigada

Em cada tanque, foram distribuídos jovens de tilápia do Nilo (1-2 g em diferentes densidades), sendo que os experimentos foram conduzidos entre dezembro 2001 a julho 2002. Os resultados de ganho de peso foram utilizados como parâmetro zootécnico, enquanto 10% da população de cada tratamento (água e água residuária) foram analisados para coliformes e contagem de bactérias heterotróficas.

Quatorze bovinos (idade aproximada entre 5 a 8 meses) foram divididos em dois grupos: tratado (*Brachiaria*) e grupo-controle. Em dois experimentos subsequentes, seis cabras em lactação receberam milho forrageiro. Os animais foram acompanhados clinicamente durante 4-5 meses, além da realização de análises quinzenais: leucograma (bovinos), bacteriológica (coliformes e salmonela) e parasitológica das

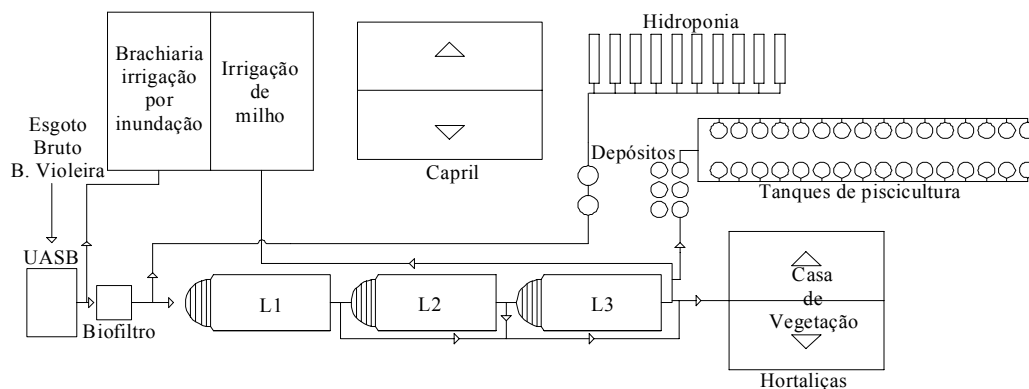


Figura 1. Representação esquemática da Unidade Integrada de Tratamento e Utilização de Esgotos da Viçosa

<sup>1</sup> Recebem esta nomenclatura específica por realizarem o polimento de efluentes de reatores anaeróbios, principalmente os reatores tipo UASB.

<sup>2</sup> Detalhes dos delineamentos experimentais, da condução dos experimentos, dos procedimentos de amostragem e das técnicas de laboratório utilizadas podem ser encontrados em: Bastos et al. (2002a); Bastos et al. (2002b); Bastos et al. (2003a), Bastos et al. (2003b), Bevilacqua et al. (2003a); Bevilacqua et al. (2003b).

fezes (bovinos e caprinos), leite (caprinos) e carcaça no abate (bovinos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Desempenho do sistema de tratamento e qualidade dos efluentes

Apresentam-se, na Tabela 1, sínteses dos resultados do monitoramento do sistema de tratamento, expressos em termos de valores médios (mínimos e máximos) observados ao longo de diversos períodos de monitoramento (diferentes condições operacionais das lagoas), de 2001 a 2005.

Dados adicionais aos da Tabela 1 informam sobre os seguintes teores, sem grandes variações entre as unidades de tratamento: K ( $\approx 15 \text{ mg.L}^{-1}$ ); Na ( $\approx 45 \text{ mg.L}^{-1}$ ); Ca ( $\approx 13 \text{ mg.L}^{-1}$ ); Mg ( $\approx 5 \text{ mg.L}^{-1}$ ); cloretos ( $\approx 40 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

O sistema de tratamento apresentou excelente desempenho na remoção de matéria orgânica (MO) e nitrogênio ( $\approx 90\%$  DBO e DQO<sub>filtr</sub>, 70-90% N-NH<sub>3</sub>) e algo inferior de fósforo (10-40%). A remoção de *E. coli* foi sempre elevada, entre 4-5 unidades logarítmicas. Ovos de helmintos foram detectados, em baixas concentrações médias (P1: 0,1 ovos.L<sup>-1</sup>; P2: 0,3 ovos.L<sup>-1</sup>; P3: 0,4 ovos.L<sup>-1</sup>; P4: 1,8 ovos.L<sup>-1</sup>; P5: 1,5 ovos.L<sup>-1</sup>), apenas no efluente da L1, mantendo-se sistematicamente ausentes a partir da L2.

Com base nas médias geométricas de CF e médias aritméticas de ovos de helmintos de cada período de monitoramento foi possível a construção de modelos de estimativa de qualidade de efluentes (Eq. 1 e 2 e Figura 2)<sup>3</sup>.

$$E. coli \text{ efluente (org. } 100 \text{ mL}^{-1}) = 1\text{E}+08 \text{ TDH}^{-4,3652} \quad (1) \\ (R^2 = 0.79)$$

<sup>3</sup> Essas equações devem ser vistas apenas como uma aproximação do problema e não como critérios consolidados de projeto, já que carecem de variáveis importantes como carga afluente, altura de lâmina, temperatura, pH etc.

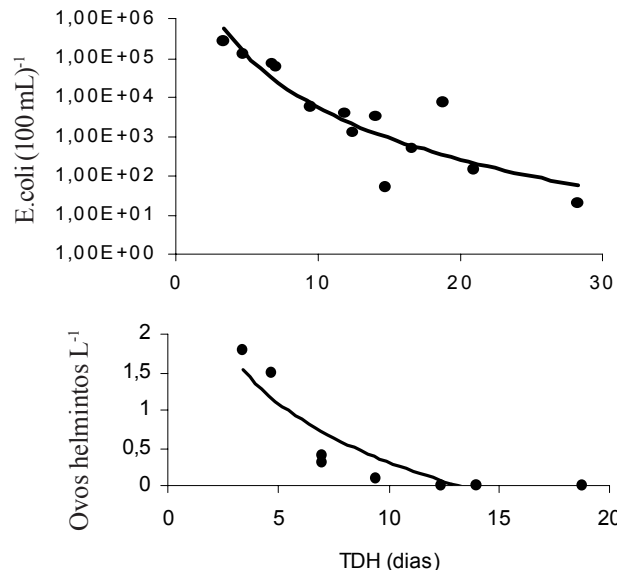


Figura 2. Estimativa da concentração de *E. coli* e ovos de helmintos de efluentes de lagoas de polimento, em função do TDH

$$\text{Helmintos efluente (ovos.L}^{-1}) = -1,1322 \text{Ln}(\text{TDH}) + 2,9176 \quad (2) \\ (R^2 = 0.81)$$

Considerando os seguintes critérios de qualidade de efluentes para irrigação, restrita e irrestrita<sup>4</sup>, e piscicultura:

- OMS: (i) irrigação irrestrita  $\leq 10^3 \text{ CF. } 100 \text{ mL}^{-1}$  e  $< 1$  ovo de helminto.L<sup>-1</sup> ou  $< 0,1$  ovos helmintos.L<sup>-1</sup> em situações de risco mais evidente; (ii) irrigação restrita  $\leq 10^5 \text{ CF. } 100 \text{ mL}^{-1}$  e  $< 1$  ovo de helminto.L<sup>-1</sup>; (iii) piscicultura  $\leq 10^3 \text{ CF. } 100 \text{ mL}^{-1}$  no tanque de piscicultura ou  $\approx 10^4 \text{ CF. } 100 \text{ mL}^{-1}$  no afluente ao tanque de

<sup>4</sup> Irrigação irrestrita: sem restrição de técnicas de irrigação ou cultura irrigada; inclui a possibilidade de irrigação de culturas ingeridas cruas. Irrigação restrita: restrição de técnicas de irrigação ou culturas irrigadas; limitada à produção de culturas não ingeridas cruas, processadas industrialmente, cereais, forragens, pastagens e árvores.

Tabela 1. Qualidade dos efluentes tratados

Parâmetro	Unidade de tratamento					
	EB	RA	BF	L1	L2	L3
DBO <sup>1</sup>	264 - 404	48 - 111	38 - 46	24 - 82	23 - 43	16 - 26
DQO total <sup>1</sup>	295 - 770	182 - 360	134 - 196	110 - 255	115 - 227	98 - 270
DQO filtr <sup>1</sup>				70 - 79	64 - 74	66 - 69
SS <sup>1</sup>	100 - 250	60 - 100	53 - 55	40 - 55	51 - 61	60 - 74
clorofila <i>a</i> <sup>2</sup>				220-360	250-300	300-310
NH <sub>3</sub> <sup>1</sup>	18 - 24	35 - 49	37 - 47	19 - 33	6 - 26	3 - 13
P total <sup>1</sup>	6 - 10	7 - 10	9 - 10	7 - 10	5 - 10	4 - 9
pH	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7,4 - 8,0	7,9 - 8,9	8,4 - 9,6
C E <sup>3</sup>			$\approx 620$	530 - 712	364 - 578	307 - 475
Alcalinidade <sup>4</sup>			$\approx 180$	$\approx 160$	$\approx 130$	$\approx 100$
<i>E. coli</i> <sup>5</sup>	$5,8 \times 10^6 - 1,2 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6 - 1,1 \times 10^7$	$1,2 \times 10^6 - 4,1 \times 10^6$	$5,8 \times 10^4 - 4,8 \times 10^5$	$1,3 \times 10^3 - 7,4 \times 10^7$	$2,1 \times 10^1 - 3,9 \times 10^3$
Helmintos <sup>6</sup>	4-98	2-58	19-40	0,1 - 1,8	ND	ND

<sup>1</sup> mg L<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> µg L<sup>-1</sup>

<sup>3</sup> µS cm<sup>-1</sup>

<sup>4</sup> mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>

<sup>5</sup> NMP 100 mL<sup>-1</sup>

<sup>6</sup> ovos L<sup>-1</sup>

EB - esgoto bruto

RA - efluente do reator UASB

BF - efluente do biofiltro

L1 - efluente das lagoas de polimento

ND - não-detectado

piscicultura e ausência de ovos de helmintos (trematóides) (WHO, 1989; Blumenthal et al., 2000).

- Normas EUA: irrigação irrestrita, ou a irrigação por aspersão em qualquer situação, ausência de coliformes; irrigação restrita  $\leq 200$  CF.100 mL<sup>-1</sup> (USEPA, 1992).

Pode-se estimar os tempos de detenção hidráulica (TDH) necessários ao atendimento dos seguintes critérios de qualidade de efluentes: (i) irrigação irrestrita - OMS: TDH = 14 dias ( $\leq 10^3$  CF.100 mL<sup>-1</sup>) e TDH = 13 dias ( $< 0,1$  ovo helminto.L<sup>-1</sup>); USEPA: não-alcançável (CF não-detectáveis); (ii) irrigação restrita (incluindo forrageiras) - OMS: TDH = 5 dias ( $\leq 10^5$  CF.100 mL<sup>-1</sup>) e TDH = 6 dias ( $< 1$  ovo helminto.L<sup>-1</sup>); USEPA: TDH = 28 dias ( $\leq 200$  CF.100 mL<sup>-1</sup>); (iii) aflente a tanques de piscicultura – OMS: TDH = 8 dias ( $\leq 10^4$  CF.100 mL<sup>-1</sup>).

**Potencial e limitações da utilização dos efluentes em fertirrigação**

Observa-se, na Tabela 2, o potencial fertilizante dos efluentes tratados, considerando-se os teores de NPK nos efluentes das lagoas, uma demanda de água para o cultivo de milho de 600 mm (0,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) e as recomendações genéricas de adubação para o milho em Minas Gerais (70 kg N.ha<sup>-1</sup>, 30 kg P N.ha<sup>-1</sup>, 40 kg K N.ha<sup>-1</sup>) (CFSEMG, 1989). Considerou-se, ainda, o turno de rega do milho forrageiro (100 L por rampa por dia) e as características do efluente do UASB + BF no momento dos cortes.

Em tese, observa-se: (i) efluente L1 - N em excesso e P em abundância; (ii) efluente L2 - N de suficiente a excessivo e P suficiente; (iii) efluente L3 - N e P insuficientes; (iv) K suficiente em todos os efluentes. Para forrageiras, o nitrogênio é aplicado com folga, o fósforo bem na medida e o potássio na medida a alguma folga. Com base nas diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação (Ayers & Westcot, 1991) não haveria maiores restrições de uso dos efluentes.

Em um dos experimentos de fertirrigação de milho com o efluente da lagoa 3 (Figura 3), não se constataram diferenças estatisticamente significativas entre a produtividade alcançada nos diversos tratamentos, embora se observe que a irrigação com água residuária, com e sem adubação química, tenha apresentado melhor produtividade média (Tabela 3). A época do ano (temperaturas baixas) e o déficit hídrico podem ter comprometido a produtividade, como um todo.

Nos experimentos de milho hidropônico forrageiro irrigado com efluente do UASB + BF (Figura 3), foi alcançada produtividade de 14,5 kg m<sup>-2</sup>, próxima à alcançada por outros pesquisadores do PROSAB, utilizando taxas de aplicação de efluentes similares (50 L m<sup>-2</sup>).



Figura 3. Experimentos de fertirrigação de milho e milho hidropônico forrageiro

Tabela 3. Produtividade de milho fertirrigado com efluente da lagoa 3

Tratamento	Peso 1000 grãos (g) (média)	t.ha <sup>-1</sup> (média)
T1: água	307,9	4,1
T2: água + NPK	334,8	5,2
T3: efluente lagoa 3	328,9	5,7
T4: efluente lagoa 3 + NPK	335,6	6,3

**Potencial e limitações da utilização dos efluentes em piscicultura**

Na melhor das hipóteses, apenas o efluente da L3, porém nem sempre, poderia ser utilizado, situando-se próximo aos limites tóxicos de amônia: 0,6-2,0 mg.L<sup>-1</sup> (Tavares, 1995); entretanto, nos experimentos conduzidos em tanques-piloto ocorreu redução adicional de mais de cerca de 80% e durante todo o experimento a

Tabela 2. Potencial fertilizante e restrições de uso para irrigação<sup>1</sup>

Unidade	Potencial fertilizante (kg.ha <sup>-1</sup> )			Restrições de uso <sup>(2)</sup>		
	N	P	K	RAS	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup> )
BF	150-200	20-50	≈ 60	5,4	0,4-0,6	40
L1	150-200	40-60				Restrição
L2	70-150	30-50		ligeira a moderada	nenhuma	
L3	30-80	20-50	≈ 90	ligeira a moderada	nenhuma	nenhuma a ligeira

<sup>1</sup> Foram utilizadas as seguintes referências: salinidade (CE < 0,7 dS.m<sup>-1</sup>: nenhuma; 0,7 -3,0 dS.m<sup>-1</sup>: moderada; > 3,0 dS.m<sup>-1</sup>: severa); sodicidade: (RAS 3 -6 e CE > 1,2 dS.m<sup>-1</sup>: nenhuma; 1,2 -0,3 dS.m<sup>-1</sup>: moderada; < 0,3 dS.m<sup>-1</sup>: severa); toxicidade sódio (RAS < 3: nenhuma; 3-9: moderada; > 9: severa); toxicidade cloretos (< 4 meq.L<sup>-1</sup>: nenhuma; 4 - 10 meq.L<sup>-1</sup>: moderada; > 10 meq.L<sup>-1</sup>: severa); toxicidade bicarbonato HCO<sub>3</sub> (< 1,5 meq.L<sup>-1</sup>: nenhuma; 1,5 - 8,5 meq.L<sup>-1</sup>: moderada; > 8,5 meq.L<sup>-1</sup>: severa). (Ayers & Westcot, 1991). (2) todos os efluentes analisados em conjunto.



qualidade da água se manteve dentro das faixas recomendadas (Bastos et al., 2003a). Apresentam-se, na Figura 4, os resultados de ganho de peso de Tilápias do Nilo cultivadas com o efluente da L3 e água + ração.

Em resumo, o fitoplâncton produzido nas lagoas mostrou excelente valor nutritivo, porém insuficiente, em termos quantitativos. Os resultados apontam para a propriedade, ou eventual prioridade, de otimização da etapa de alevinagem com efluentes de lagoas.

### Qualidade sanitária de hortaliças irrigadas com efluentes de lagoas

Os efluentes das três lagoas foram utilizados como água de irrigação (rega manual) de hortaliças ingeridas cruas - alface, couve, espinafre, rúcula e pimentão.

Os resultados permitiram a obtenção dos seguintes modelos preditivos da qualidade de hortaliças, em função da qualidade da água de irrigação (Bastos et al., 2003b).

- Hortaliças que se desenvolvem rente ao solo

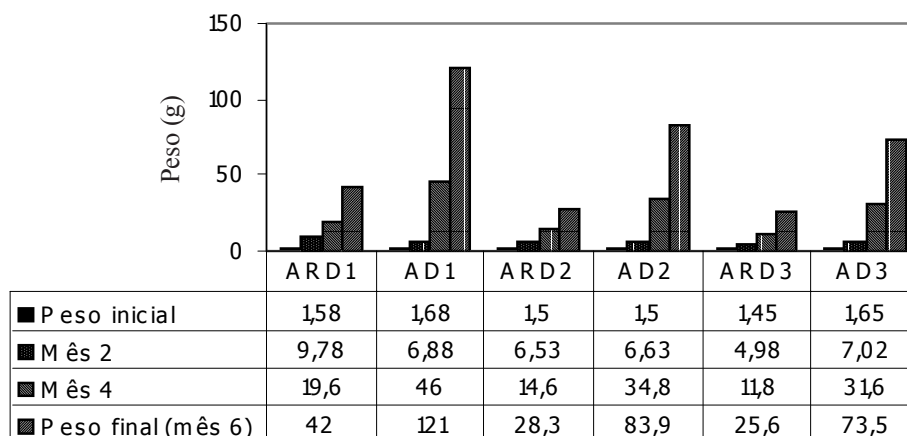
$$\begin{aligned} \text{Log } E. coli \text{ hort (org.g}^{-1}\text{)} = \\ 0,83 \log E. coli \text{ efluente (org.100 mL}^{-1}\text{)} - 0,73 \quad (3) \\ R^2 = 0,74 \end{aligned}$$

- Hortaliças que se desenvolvem distanciadas do nível do solo

$$\begin{aligned} \text{Log } E. coli \text{ hort (org.g}^{-1}\text{)} = \\ 0,45 \log E. coli \text{ efluente (org.100 mL}^{-1}\text{)} - 0,67 \quad (4) \\ (R^2 = 0,64) \end{aligned}$$

A irrigação com efluentes, de acordo com o padrão recomendado pela OMS para irrigação irrestrita ( $\leq 10^3$  CF.100 mL<sup>-1</sup>), resulta em qualidade de hortaliças aceitável para consumo<sup>5</sup>. Para hortaliças que se desenvolvem distanciadas do solo, aceitar-se-iam efluentes de pior qualidade, o que demonstra que a seleção de culturas pode ser uma importante medida complementar de mitigação de riscos potenciais à saúde.

<sup>5</sup> 10<sup>2</sup> coliformes termotolerantes por g e ausência de salmonela (ANVISA, 2001).



AR - água residuária - efluente lagoa 3; A - água; D - densidade de alevinos

Figura 4. Ganho de peso dos peixes em função da densidade e tipo de água

### Qualidade sanitária dos peixes e dos animais alimentados com forrageira irrigada

Haja vista a excelente qualidade do efluente da L3 (Tabela 2), a qualidade sanitária dos peixes revelou-se também excelente (Tabela 4). Sob todos os aspectos, os peixes atenderiam aos critérios de qualidade sanitária (Blumenthal et al., 2000).

Tabela 4. Médias da qualidade sanitária dos peixes cultivados com efluente da lagoa 3 e com água (controle)

Amostra	Bactérias heterotróficas (UFC.g <sup>-1</sup> )	Coliformes totais (NMP.g <sup>-1</sup> )	<i>E.coli</i> (NMP.g <sup>-1</sup> )
	Efluente da lagoa 3		
Filé	0,8	6,5	ND
Trato intestinal	-	2,6 x 10 <sup>1</sup>	ND
Água (controle)			
Filé	9,6 x 10 <sup>2</sup>	1,6 x 10 <sup>2</sup>	ND
Trato intestinal	-	2,4 x 10 <sup>2</sup>	ND

ND - não detectado

Na Tabela 5 estão resumidos os resultados dos experimentos de alimentação de bovinos e caprinos alimentados, respectivamente, com *Brachiaria* irrigada com efluente do UASB e milho forrageiro irrigado com efluente do UASB + BF (Figura 5).

A irrigação com efluente contendo 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup> *E. coli*.100 mL<sup>-1</sup>, resultou em contaminação das forrageiras, da ordem 10<sup>4</sup> - 10<sup>5</sup> *E. coli*.g<sup>-1</sup> e na detecção de salmonela em populações reduzidas. O consumo das forrageiras (mesmo com a inoculação de salmonela na água de irrigação do milho forrageiro:  $\approx 10^3$  org 100 mL<sup>-1</sup>) não foi capaz de provocar alterações no quadro clínico dos animais. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações de coliformes nas fezes e leite dos animais dos grupos-controle e tratado; *salmonela* e parasitas não foram detectados nas fezes, leite nem nas carcaças dos animais abatidos.

Tabela 5. Organismos indicadores nas fezes e leite dos animais (médias geométricas)

Animal/grupo	Material pesquisado/organismo indicador		
	Fezes (NMP g <sup>-1</sup> )	Leite (NMP 100mL <sup>-1</sup> )	
Bovinos	Grupo tratado	CT: 7,7 x 10 <sup>5</sup> EC: 6,7 x 10 <sup>5</sup>	-
	Grupo controle	CT: 3,9 x 10 <sup>5</sup> EC: 3,1 x 10 <sup>5</sup>	-
Caprinos	Grupo tratado	CT: 1,4 x 10 <sup>7</sup> EC: 1,3 x 10 <sup>7</sup>	CT: 3,2 CTe: 3,0 EC: 1,8
	Grupo controle	CT: 1,2 x 10 <sup>7</sup> EC: 1,2 x 10 <sup>7</sup>	CT: 2,3 CTe: 2,1 EC: 1,4

CT - coliforme totais  
CTe - coliformes termotolerantes  
EC: *Escherichia coli*



Figura 5. Experimentos de alimentação animal com forrageira irrigada com esgotos sanitários

## CONCLUSÕES

As informações reunidas neste trabalho sustentam a viabilidade da utilização de efluentes para a irrigação, piscicultura e produção animal e fornecem subsídios importantes para o estabelecimento de critérios de projeto de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, tendo em vista a múltipla utilização de efluentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio, aporte de recursos e de bolsas de pesquisa à FINEP e ao CNPq.

## LITERATURA CITADA

- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. <http://www.anvisa.org.br>. 16 Set. 2005.
- Ayers, R. S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 29).
- Bastos, R.K.X.; Bevilacqua, P.D.; Andrade Neto, C.O.; von Sperling, M. Utilização de esgotos tratados em irrigação – aspectos sanitários. In: Bastos, R.K.X. (Coord.) Utilização de esgotos tratados em irrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES/RiMa Artes e Texto, 2003b. Cap. 2, p. 23-59. (projeto PROSAB).
- Bastos, R.K.X.; Bevilacqua, P.D.; Nunes, F.L.; Soeiro, G.P.; Silva, C.V.; Freitas, A.S. Avaliação do tratamento de esgotos sanitários em lagoas de estabilização tendo em vista a utilização do efluente na agricultura e piscicultura, In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún. Anais... México, AIDIS, 2002a. CD Rom.
- Bastos, R.K.X.; Freitas, A.S.; Salaro A.L.; Lanna E.A.T.; Bevilacqua, P.D. Avaliação da produção de tilápia do Nilo com efluente de lagoa de estabilização. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2003a. CD Rom
- Bastos, R.K.X.; Neves, J.C.L.; Bevilacqua, P.D.; Silva, C.V.; Carvalho, G.R.M. Avaliação da contaminação de hortaliças irrigadas com esgotos sanitários. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún. Anais...México, AIDIS, 2002b. CD Rom.
- Bevilacqua, P.D.; Bastos, R.K.X.; Corraucci Filho, B., Melo; H.N.S.; Andrade Neto, C.O., Stefanutti, R. Alimentação animal com produtos irrigados com esgotos sanitários. In: BASTOS, R. K. X. (Coord.). Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro: ABES/RiMa Artes e Texto, 2003b. Cap. 7, p. 226-246 (projeto PROSAB).
- Bevilacqua, P.D.; Bastos, R.K.X.; Pinto, P.S.A.; Takarabe, J.M.; Bandeira, M.L.; Mâncio, A.B. Avaliação da qualidade sanitária de bovinos alimentados com forrageira irrigada com esgotos sanitários. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2003a. CD Rom
- Blumenthal U.J., Peasey A., Ruiz-Palacios G., and Mara D. D. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. London: Water and Environmental Health at London and Loughborough, London School of Hygiene and Tropical Medicine, 2000 (WELL Study Task No 68 Part 1)

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 4ª aproximação. Lavras: CFSEMG, 1989. 176p.

Tavares, L.H.S. Limnologia aplicada à aquicultura. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 70 p.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Guidelines for water reuse. Washington, D.C.: USEPA. 1992 (Technical Report No EPA/625/R-92/004).

WHO - World Health Organization. Health guidelines for wastewater use in agriculture and aquaculture. Geneva: WHO, 1989 (Technical Report Series, 778).