

# Filtros de areia seguidos de leitros cultivados no pós-tratamento de resíduos líquidos

Taciano B. Fernandes<sup>1</sup>

Denis M. Roston<sup>2</sup>

Ana C. F. M. da Silva<sup>3</sup>

## Resumo

Os resíduos líquidos gerados em bovinoculturas são altamente perigosos quando lançados diretamente em corpos d'água. Sistemas de tratamento estão em constante desenvolvimento, mas a qualidade final do resíduo nem sempre é satisfatória. Dessa maneira, o presente trabalho propôs um sistema combinado de filtros de areia seguidos de leitros cultivados como pós-tratamento de resíduos líquidos de uma Estação de Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite para adequar aos padrões de lançamento em corpos d'água Classe II, estabelecidos, no estado de Minas Gerais, pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01, de 05 de maio de 2008. Foram utilizadas duas taxas de aplicação de, aproximadamente, 200 L.m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup> no Filtro 1 e 400 L.m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup> no Filtro 2, a cada 3 e 6 horas, respectivamente. Foi avaliada a eficiência de remoção de DQO e nitrogênio amoniacal. Os filtros de areia foram eficientes ao apresentar remoção média de 38% e 37% de DQO e 41% e 39% de nitrogênio amoniacal para os filtros 1 e 2, nessa ordem. Com relação ao sistema composto pelos filtros de areia seguidos dos respectivos leitros cultivados, obteve-se remoção média de 93% e 96% de DQO e 88% e 93% de nitrogênio amoniacal para os sistemas 1 e 2, respectivamente. O resíduo líquido do leite cultivado da Estação de Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite, após pós-tratamento no sistema proposto, apresentou os parâmetros pesquisados dentro dos limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01, de 05 de maio de 2008, para lançamento em corpos d'água Classe II.

**Palavras-chave:** Bovinocultura de leite. Taxa de aplicação. Padrões de lançamento. Legislação.

## Introdução

Na criação de bovinos de leite, a água é usada de forma direta e indireta nos processos de higienização de equipamentos, utensílios e instalações, o que gera grandes quantidades de resíduos líquidos que necessitam de tratamento antes de seu lançamento em corpos receptores.

Os resíduos produzidos em bovinoculturas de leite, tanto líquidos quanto sólidos, podem se constituir em alternativas de adubação orgânica devido à alta carga de matéria orgânica, mas também podem ser considerados altamente poluentes dependendo de como é realizada a disposição desses resíduos no meio ambiente.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, técnico em alimentos e laticínios. [taciano.fernandes@ifsuldeminas.edu.br](mailto:taciano.fernandes@ifsuldeminas.edu.br). Caixa Postal n° 39. Inconfidentes, MG. CEP 37576-000.

2 Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, professor na Faculdade de Engenharia Agrícola. [denis@agr.unicamp.br](mailto:denis@agr.unicamp.br). Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas, SP. CEP 13083-875.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – *Campus* Inconfidentes, professora. [anaferreiramoreira@yahoo.com.br](mailto:anaferreiramoreira@yahoo.com.br).

Quando se fala de resíduos contaminantes, devem-se considerar dois importantes aspectos de contaminação, a ambiental e a sanitária. Vários são os agravantes causados ao meio ambiente quando o lançamento desses resíduos é inadequado, como eutrofização de corpos hídricos, mortalidade de animais, propagação de vetores, contaminação por agentes químicos, físicos e microbiológicos, contaminação do lençol freático, odores gerados pela degradação da matéria orgânica, desenvolvimento de insetos, além de prejuízos socioambientais.

Numerosos países consideram os resíduos gerados como uma das principais fontes de contaminação e poluição ambiental e apesar de toda evolução tecnológica, no Brasil, os cursos d'água continuam a ser os principais locais destinados ao lançamento de resíduos líquidos brutos de bovinocultura de leite.

Pode-se dizer que uma das maiores dificuldades no gerenciamento de gado leiteiro semiconfinado é a alta quantidade de resíduos líquidos e dejetos produzidos todos os dias em uma pequena área. O tratamento desses resíduos torna-se um desafio, pois devem se considerar aspectos econômicos, sanitários e, principalmente, técnicos. Ainda são poucos os bovinocultores que se preocupam com a legalização ambiental de sua propriedade, adequando os resíduos líquidos aos padrões exigidos em legislações específicas.

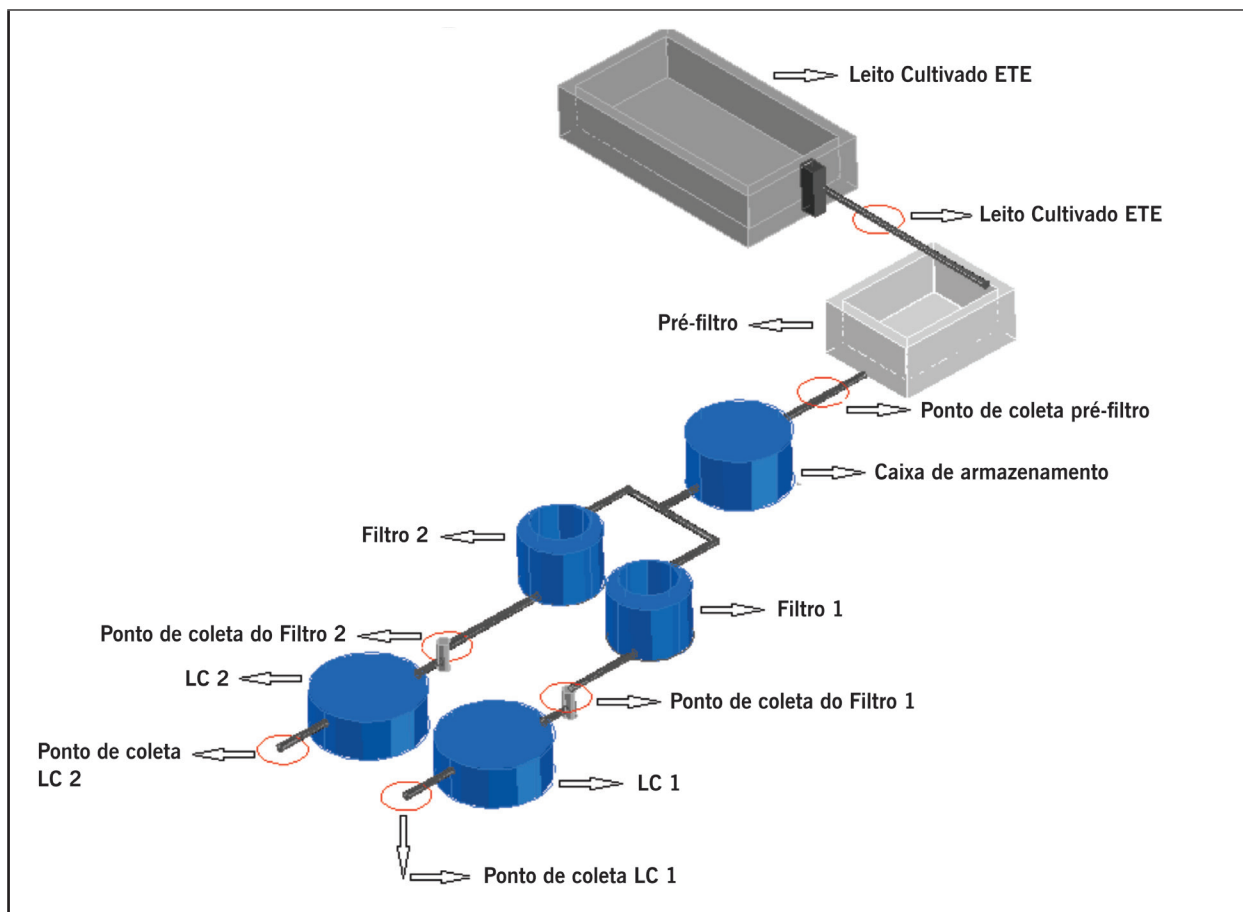
Vários sistemas de tratamento, eficientes e econômicos, que atendam às condições físicas da área produtiva, estão em desenvolvimento para adequar os resíduos líquidos aos padrões de lançamento definidos pela legislação.

O tratamento de resíduos líquidos é apenas uma designação generalizada para as mais variadas técnicas que utilizam estações de tratamento, em que se podem combinar diversos sistemas e tecnologias para que o resíduo a ser tratado atenda aos padrões de qualidade necessários ao lançamento em corpo hídrico. No Brasil, no estado de Minas Gerais, os padrões de qualidade são estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01, de 05 de maio de 2008, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de resíduos líquidos.

Os sistemas de tratamentos mais comuns encontrados no Brasil para o tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura são lagoas anaeróbias, biodigestores e os reatores anaeróbios compartimentados - RAC, seguidos de uma estação de polimento, geralmente constituída de leitos cultivados com espécies macrófitas nativas do local onde o projeto será executado. Mas, na maioria das vezes, apesar da grande eficiência na remoção de matéria orgânica, os sistemas de tratamentos apresentam deficiências na qualidade final do resíduo tratado, em virtude das condições e características do resíduo e dos parâmetros analisados, o que faz necessário implantar um sistema de pós-tratamento para a complementação e adequação do resíduo final às legislações, para que esse resíduo possa ser lançado nos corpos receptores sem que cause danos ao meio ambiente.

## Material e métodos

O sistema de pós-tratamento proposto nesta pesquisa foi composto de um pré-filtro de areia e dois filtros de areia, denominados Filtro 1 e Filtro 2, seguidos de leitos cultivados, LCs, para cada filtro: LC 1 e LC 2. Cada filtro de areia operou com vazão diferenciada, ou seja, para o Filtro 1 foi aplicada uma vazão de, aproximadamente,  $200 \text{ L.m}^2.\text{dia}^{-1}$  e para o Filtro 2,  $400 \text{ L.m}^2.\text{dia}^{-1}$ . Os LCs correspondentes a cada filtro foram alimentados de acordo com a entrada e saída de resíduos provenientes das filtragens. O sistema de pós-tratamento de resíduos líquidos pode ser observado na Figura 1.



**Figura 01.** Sistema composto por filtros de areia seguidos de leitos cultivados no pós-tratamento de resíduos líquidos.

Fonte: Elaboração dos autores

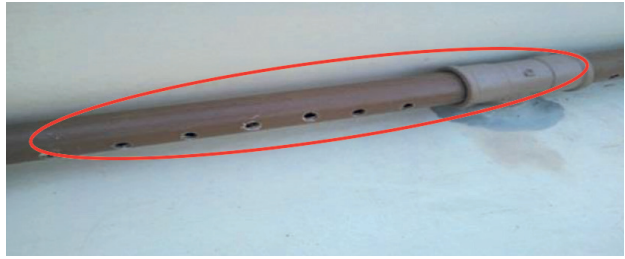
## Pré-filtro de areia

Antes de iniciar a montagem dos filtros de areia, verificou-se a necessidade de instalação de um pré-filtro, devido ao fato de que, em épocas em que a pluviosidade apresentou-se elevada, havia o arraste de sólidos suspensos presentes no LC da Estação de Tratamento de Resíduos, pois o cano de saída do resíduo da estação era na parte inferior e, certamente, os sólidos com a pressão das águas pluviais se desprendiam do biofilme e do meio suporte presente no LC e eram arrastados para a parte inferior dela e, como a alimentação do LC da Estação de Tratamento de Resíduos era contínua, os sólidos eram transportados para o resíduo final, alterando sua qualidade.

O pré-filtro foi projetado em uma caixa de 1,20m x 0,90m x 0,50m (comprimento x largura x altura) e a condução do resíduo foi realizada em tubo PVC 40 mm ligado diretamente ao LC da Estação de Tratamento de Resíduos. Uma tubulação perfurada de 32 mm com furos de 5 mm de diâmetro foi adaptada dentro do pré-filtro no fundo da caixa (Figuras 2a e 2b), para que se pudesse realizar a condução e coleta dos resíduos à caixa de armazenamento. Após a instalação da tubulação de saída, foram colocadas camadas de pedriscos e pedra britada para que se evitasse o arraste da areia e o possível entupimento da tubulação. Os pedriscos utilizados, também conhecidos como brita miúda, possuíam granulometria média de 8 mm e a pedra britada, 24 mm, classificada como brita nº 1 pequena, de acordo com a NBR 7211:2009 (ABNT, 2009).



**Figura 2a.** Tubulação perfurada pré-filtro para coleta do resíduo pré-filtrado.  
Fonte: Elaboração própria.



**Figura 2b.** Tubulação adaptada no interior do pré-filtro para coleta do resíduo pré-filtrado.  
Fonte: Elaboração própria.

Logo em seguida à adição das camadas de pedriscos e pedra britada, completou-se o outro lado da caixa com areia média de construção civil com diâmetro efetivo ( $D_{10}$ ) de 1,19 mm e coeficiente de desuniformidade ( $C_D$ ) de 3,95 e, assim, sucessivamente, até atingir a altura de 45 cm da base da caixa na qual foi instalada a tubulação perfurada e completou-se o volume do tanque com areia até encobrir toda tubulação, Figuras 3a e 3b.



**Figura 3a.** Tubulação perfurada na superfície para coleta dos resíduos pré-filtrados.  
Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3b.** Pré-filtro instalado. Tubulação de alimentação do pré-filtro.  
Fonte: Elaboração própria.

Com o pré-filtro instalado, os resíduos seguiram por uma tubulação de 32 mm (Figura 4a) para uma caixa de PVC com capacidade de 500 litros para armazenar o resíduo pré-filtrado. A caixa de armazenamento possui duas instalações de saída na base. Uma das instalações servia para a alimentação dos filtros e a outra para a limpeza da caixa e futuras instalações. Uma tubulação de escape (Figura 4b) popularmente conhecida como “ladrão”, também foi instalada na parte superior da caixa para a eliminação do excedente pré-filtrado.



**Figura 4a.** Tubulação de saída, caixa de armazenamento.  
Fonte: Elaboração dos autores



**Figura 4b.** Tubulação para escape, caixa de armazenamento.  
Fonte: Elaboração dos autores

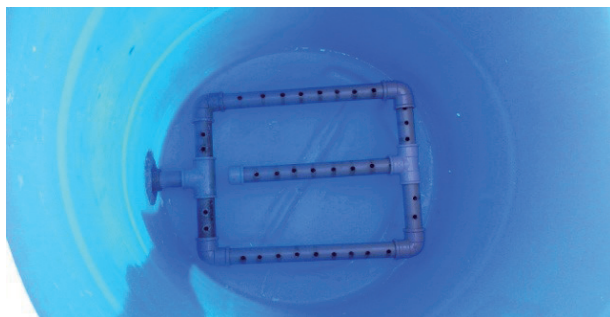
## Filtros de areia

Para a projeção dos filtros de areia, foram seguidas as sugestões contidas na NBR 13.969/97, que trata das orientações para projeção, construção e operação de tanques sépticos e de unidades de tratamento complementar e disposição final de resíduos líquidos.

Os filtros foram projetados em duas bombonas de PVC com capacidade de 200 litros, que foram instaladas a 2 metros de distância da caixa de armazenamento.

As tampas das bombas d'água foram retiradas obtendo-se altura útil de 85 cm e procedeu-se à instalação dos filtros de areia.

Foram colocadas duas tubulações perfuradas com furos de diâmetros de 5 mm no fundo de cada bombona, Figura 5a, para o recolhimento dos resíduos pré-filtrados e, logo após, foi colocada uma camada de 10 cm de pedra britada nº 1, a mesma utilizada no pré-filtro. Completou-se o volume com areia média de construção civil, já descrita anteriormente, até atingir a altura de 70 cm para o meio filtrante. Uma tubulação perfurada para a distribuição dos resíduos foi instalada na superfície dos filtros, Figura 5b.



**Figura 3a.** Tubulação perfurada na superfície para coleta dos resíduos pré-filtrados.  
Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3b.** Pré-filtro instalado. Tubulação de alimentação do pré-filtro.  
Fonte: Elaboração própria.

A distribuição dos resíduos foi realizada por meio de *timer* analógico Bivolt automático 110V/220V, com acionamento a cada 15 minutos, programáveis conforme a necessidade (Figura 6a); a bomba de sucção de água (Figura 6b) era acionada nos horários ajustados conforme Tabela 01.

**Tabela 01.** Horários do acionamento dos *timers* para a alimentação dos filtros de areia.

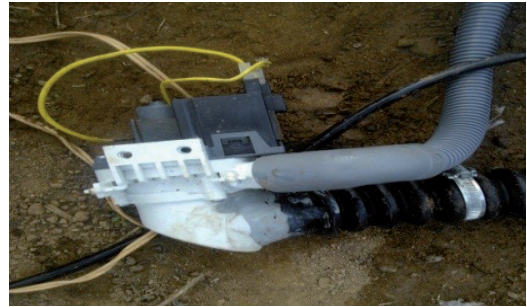
Filtros	Horário de alimentação dos filtros								Capacidade em litros				
	0h15	6h15	12h15	18h15	0 h	3 h	6 h	9 h		12 h	15 h	18 h	21 h
1	0h15	6h15	12h15	18h15									199,80
2	0 h	3 h	6 h	9 h	12 h	15 h	18 h	21 h					399,60

Fonte: Elaboração dos autores

O registro de saída da caixa de armazenamento foi ajustado para uma vazão aproximada de 3,33 litros por minuto, pelo fato de o *timer* operar em intervalos de 15 minutos. A cada 15 minutos de funcionamento das bombas de sucção, eram distribuídos 49,95 litros de resíduo pré-filtrado em cada um dos filtros de acordo com os horários programados nos *timers*.



**Figura 6a.** Timers analógicos.  
Fonte: Elaboração dos autores



**Figura 6b.** Bomba de sucção e de distribuição dos resíduos pré-filtrados.  
Fonte: Elaboração dos autores

As mangueiras de recolhimento, mangotes pretos de borracha para sucção, e de distribuição dos resíduos, mangueiras corrugadas de escoamento universal para dispensa, foram adaptadas nas entradas e saídas das bombas de sucção por meio de massa adesiva epóxi para evitar vazamentos e, conseqüentemente, a perda por queima dos equipamentos; as mangueiras foram envoltas em sacos plásticos e dispostas em um pequeno estrado de madeira para que se evitasse o contato com o solo e que recebessem chuva ou qualquer outro tipo de umidade.

Os resíduos, após passagem pelos filtros, foram conduzidos por tubulação de PVC de 32 mm aos leitos cultivados.

### Leitos cultivados

Os leitos cultivados foram projetados em caixas de PVC com capacidade de 500 litros. Uma tubulação perfurada com furos de 5 mm em canos de PVC de 32 mm para distribuição dos resíduos filtrados e coleta dos resíduos dos LCs foi instalada em cada caixa. O meio suporte utilizado foi pedra britada nº 1, a mesma utilizada na instalação do pré-filtro e filtros de areia. Entre os vários meios suportes existentes, a pedra britada foi escolhida devido à facilidade de acesso e aquisição. Os LCs do sistema de pós-tratamento foram cultivados com *Cyperus papyrus var Nanus* (Figura 7), popularmente conhecido como mini papiro, cujas mudas foram retiradas do próprio LC da Estação de Tratamento de Resíduos Líquidos. Os LCs foram alimentados com resíduos filtrados de acordo com a passagem desses resíduos pelos filtros de areia. Cada filtro possuía um LC em particular; dessa maneira, o Tempo de Detenção Hidráulico, TDH, de cada LC era correspondente aos horários programados para filtração de 6 horas para o Filtro 1, e 3 horas para o Filtro 2.



**Figura 7.** LC cultivado com *Cyperus Papyrus var Nanus* e pedra britada nº 2 como meio suporte.  
Fonte: Elaboração dos autores

Os parâmetros analisados, bem como os métodos adotados, encontram-se discriminados na Tabela 02.

**Tabela 02.** Parâmetros analisados e seus respectivos métodos analíticos.

Parâmetro	Método
Demanda Química de Oxigênio (mg.L <sup>-1</sup> )	Método colorimétrico com refluxo fechado. Standard Methods 20 <sup>o</sup> ed. (APHA, 1998).
Nitrogênio amoniacal (mg.L <sup>-1</sup> )	Nitrogênio amoniacal Method 4500-NH3 D <i>Standard Methods</i> 20 <sup>o</sup> ed. (APHA, 1998).

Fonte: Elaboração dos autores

### Coletas amostrais

Para as coletas amostrais foram seguidas as instruções contidas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CESTESB, 2012).

As amostras foram coletadas semanalmente das 11h00 às 12h30. Esse horário foi escolhido devido à facilidade de uso dos laboratórios onde foram conduzidas as análises e pelo fato de os filtros funcionarem durante o dia e isso facilitar as coletas amostrais.

Foram coletadas as seguintes amostras: resíduo bruto, pré-filtrado, resíduos dos dois filtros de areia e dos dois LCs.

Os recipientes adotados para as coletas amostrais possuíam capacidade volumétrica de 250 ml e estavam devidamente higienizados.

No momento das coletas, todos os recipientes foram ambientados com os resíduos provenientes de cada ponto amostral. E antes de realizar a coleta nos filtros, aguardaram-se 5 minutos de funcionamento para a realização da coleta.

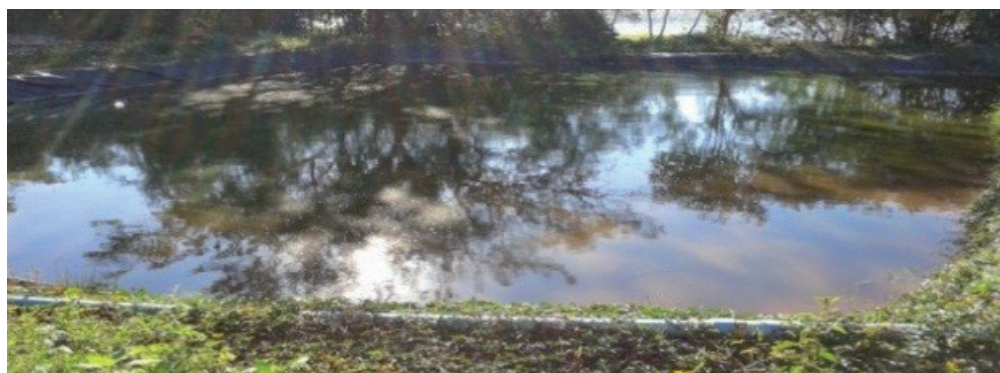
Logo após a coleta, todas as amostras foram acondicionadas e refrigeradas em caixa de isopor com gelo e conduzidas aos laboratórios para as análises.

As análises físicas e químicas foram realizadas no laboratório de bromatologia do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes.

Todas as amostras foram simples e pontual, e os pontos de coletas podem ser visualizados na Figura 01.

### Descarte dos resíduos das análises

Os resíduos das análises de DQO e nitrogênio amoniacal foram armazenados em balões volumétricos e descartados na Estação de Tratamento de Resíduos Líquidos da Unidade Educativa de Produção Suinocultura do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. O tratamento dos resíduos gerados na suinocultura é realizado por meio de lagoa anaeróbia, Figura 8.



**Figura 8.** Lagoa anaeróbia. Tratamento de resíduos líquidos e sólidos da suinocultura.

Fonte: Elaboração dos autores

## Resultados e discussão

### Remoção de demanda química de oxigênio

Em relação ao parâmetro DQO, foi encontrado, neste estudo, valor médio de 552,82 mg.L<sup>-1</sup> para o resíduo bruto, com mínimo de 275,81 mg.L<sup>-1</sup> e máximo de 880,22 mg.L<sup>-1</sup>. Observam-se na Tabela 03 as variações de DQO para as etapas do sistema de pós-tratamento com as suas respectivas remoções percentuais e, na Figura 09, a concentração de DQO.

Tabela 03. Valores de DQO, mg.L<sup>-1</sup>, nas etapas do sistema de pós-tratamento.

Etapas	Mínimo (mg.L <sup>-1</sup> )	Máximo (mg.L <sup>-1</sup> )	Média (mg.L <sup>-1</sup> )	(%) de remoção
Pré-filtro de areia	213,37	857,55	472,54	14,52
Filtro 1	74,34	561,22	179,40	62,04
Filtro 2	91,88	550,55	176,78	62,59
LC1	78,08	274,63	99,69	44,43
LC2	86,23	235,77	105,00	40,61

Fonte: Elaboração dos autores

Marrara e Paterniani (2005) obtiveram valor de 35,4 mg.L<sup>-1</sup> de DQO em pré-filtro de seixo rolado, 24,6 mg.L<sup>-1</sup> em filtro de carvão e areia e 32,5 mg.L<sup>-1</sup> em filtro de areia. Tecnicamente, os valores encontrados nesta pesquisa com o uso de filtros de areia apresentaram contribuição significativa para remoção de DQO dos resíduos líquidos provenientes da Estação de Tratamento de Resíduos Líquidos. Pell e Neyberg (1989a) obtiveram valor da ordem de 90% de remoção ao passo que Hoffmann et al. (2005), 50%. Em termos de porcentagem de remoção, pode-se distribuir da seguinte maneira: 14,52 % Pré-filtro, 62,03% Filtro 1, 62,59% Filtro 2, 44,48% LC1 e 40,60% LC2. Esses valores se encontram na faixa dos autores citados acima ao utilizarem filtros de areia para remoção de DQO.

Ao confrontar esses resultados com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n° 01, de 05 de maio de 2008, que estabelece limite máximo de 180 mg.L<sup>-1</sup> para lançamento em corpos hídricos, os resíduos provenientes desse sistema de pós-tratamento podem, facilmente, ser descartados em corpo receptor de Classe II sem comprometer a qualidade da água ou causar danos.

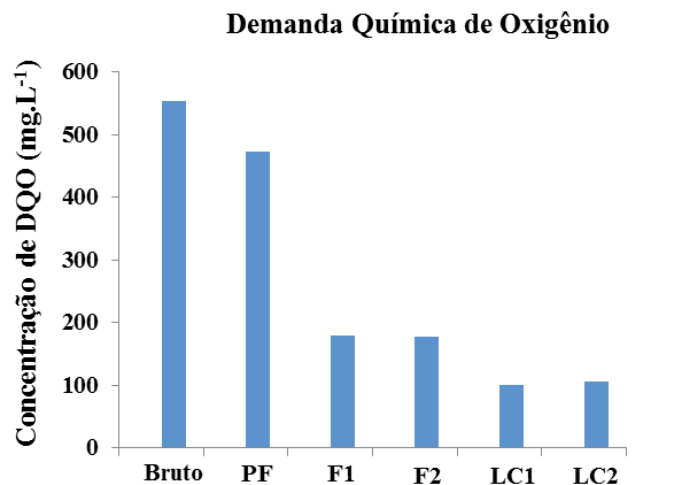


Figura 9. Concentrações de DQO nas várias etapas do sistema de pós-tratamento.

Fonte: Elaboração dos autores



## Remoção de nitrogênio amoniacal

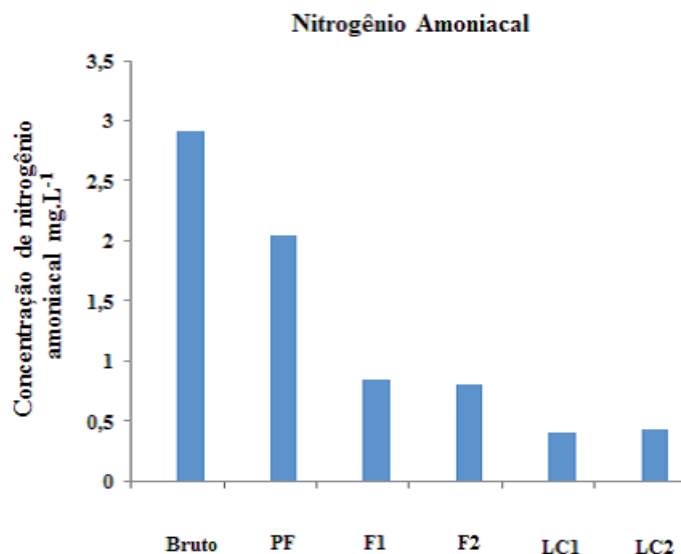
O resíduo líquido bruto apresentou variação de nitrogênio de 1,8 mg.L<sup>-1</sup> a 4,5 mg.L<sup>-1</sup>. Apesar de a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, estabelecer o valor máximo para esse parâmetro, 20 mg.L<sup>-1</sup> para lançamento, e a média de concentração obtida, durante o período de estudo, apresentar concentração de 2,91 mg.L<sup>-1</sup>, observou-se que, em alguns dias de coleta, o resíduo bruto apresentou valores maiores de nitrogênio amoniacal do que a média obtida, o que alteraria a classe do corpo receptor se lançado diretamente, lembrando que o limite para lançamento em rios de classe II é de 3,7 mg.L<sup>-1</sup>. A mesma variação ocorreu nas outras etapas do sistema de tratamento, como pode ser visto na Tabela 04.

**Tabela 04.** Valores nitrogênio amoniacal, mg.L<sup>-1</sup>, nas diferentes etapas do sistema de pós-tratamento.

Etapas	Mínimo (mg.L <sup>-1</sup> )	Máximo (mg.L <sup>-1</sup> )	(%) de remoção
Pré-filtro de areia	1,65	2,90	29,79
Filtro 1	0,35	1,87	58,88
Filtro 2	0,35	1,76	60,93
LC1	0,30	0,80	52,42
LC2	0,30	0,80	45,43

Fonte: Elaboração dos autores

Os valores encontrados, em termos de porcentagem, encontram-se próximos aos obtidos por Luna et al. (2013) para remoção de nitrogênio amoniacal, cuja concentração inicial era de 33 mg.L<sup>-1</sup> em resíduo de tanque séptico e com o uso de filtros de areia, o valor médio obtido foi de 11 mg.L<sup>-1</sup>, o que corresponde, basicamente, a 66,66% de remoção. Pode-se afirmar também que os resultados finais de concentrações de nitrogênio amoniacal apresentaram-se próximos aos encontrados por Silva (2010) ao utilizar leitos cultivados como parte de um sistema de tratamento de resíduos líquidos de laticínios. Na Figura 10, encontram-se os valores médios para a concentração em mg.L<sup>-1</sup> de nitrogênio amoniacal nas diferentes etapas do sistema de tratamento.



**Figura 10.** Concentração média em mg.L<sup>-1</sup> de nitrogênio amoniacal nas diferentes etapas do pós-tratamento.  
Fonte: Elaboração dos autores

Relacionando os resultados desta pesquisa aos limites de nitrogênio estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, pode-se afirmar que os resíduos foram adequados aos padrões de lançamento para esse parâmetro, certo de que apenas nos filtros de areia os resultados foram alcançados e, com o uso dos leitos cultivados, a melhora dos resíduos foi significativa. Pode-se verificar que os resultados obtidos encontram-se muito abaixo dos limites estabelecidos, adequando, definitivamente, os resíduos ao lançamento em corpos d'água de Classe II.

## Conclusão

Pelos resultados obtidos por meio das análises estatísticas aplicadas, conclui-se que o sistema composto por filtros de areia seguidos de leitos cultivados pode ser empregado como alternativa no pós-tratamento de resíduos líquidos de leitos cultivados de Estações de Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite para ambientes reais de aplicabilidade e nas condições estudadas. Esse sistema apresenta os resíduos finais de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008, para lançamento em corpos d'água Classe II.

## Sand filters followed by constructed wetlands after liquid waste treatment

### Abstract

The liquid waste generated in dairy cattle is highly dangerous when released directly into water bodies. Treatment systems are constantly evolving; however, the final quality of the waste is hardly satisfactory. Thus, this paper proposed a combined filter sand system followed by constructed treatment wetlands of liquid waste after treatment for a Dairy Cattle Liquid Waste Treatment Plant to suit the discharge standards for water bodies Class II, established, in the state of Minas Gerais, by Joint Normative Resolution COPAM/CERH-MG No. 01, of May 05, 2008. Two rates of application of approximately 200 L.m<sup>2</sup>.day<sup>-1</sup> on filter 1 and 400 L.m<sup>2</sup>.day<sup>-1</sup> on filter 2, every 3 to 6 hours, were used, respectively. COD removal efficiency and ammonia nitrogen were evaluated. Sand filters were effective in presenting average removal of 38% and 37% of COD and 41% and 39% of ammonium nitrogen for filters 1 and 2, in this order. Regarding the system composed of sand filters followed by constructed wetlands, average removal of 93% and 96% of COD and 88% and 93% of ammoniacal nitrogen for systems 1 and 2 were obtained, respectively. The liquid residue from the constructed wetland for the Dairy Cattle Liquid Waste Treatment Plant, after post-treatment in the proposed system, presented the parameters investigated within the limits established by the Joint Normative Resolution COPAM / CERH-MG No 01, of May 05, 2008, for releasing in water bodies Class II.

Keywords: Dairy cattle. Application rate. Release patterns. Legislation.

### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**: tanques sépticos e unidades de tratamento complementar e disposição final de resíduos líquidos – projetos, construção e instalação. 1997. Disponível em: [http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_13969.pdf](http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf). Acesso em: nov. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregado para concreto – Especificação, 2009. 9p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **STANDARD methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. New York: American Public Health Association, 1998.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras**. Disponível em: <http://laboratorios.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/47/2013/11/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: nov. 2014.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL, **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01**, de 05 de maio de 2008: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: nov. 2014.

HOFFMANN, H.; WOLFF, D. B.; PLATZER, C., HOSSA, C. L., COSTA, R. H. R. da. Capacidade de uso de filtro de areia como pós-tratamento de reatores biológicos em batelada para remoção de nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, Campo Grande, MS, 2005. **Anais...** Campo Grande: ABES, 2005.

LUNA, M. L. D. de; SOUSA, J. T. de; LIMA, V. L. A. de; DANTAS NETO, J.; LEITE, V. D. Tratamento de efluente de tanque séptico em filtros de areia intermitentes. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 28, n. 1, p. 15-20, 2013. Disponível em: [http://www.abeas.com.br/revista/2013.1\\_revista/v28n01a03.pdf](http://www.abeas.com.br/revista/2013.1_revista/v28n01a03.pdf). Acesso em novembro de 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01a03>.

MARRARA, D. A. F.; PATERNIANI, J. E. S. **Uso da filtração lenta para adequação de resíduos domésticos aos padrões de lançamento em corpos d'água e reuso**. In: II SEMINÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE PESQUISA EM SANEAMENTO E AMBIENTE. Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP/FEC. Disponível em: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Lv9upN\\_-LQMJ:www.fec.unicamp.br/~sapsa05/2sapsa/IISAPSA23DANILOPATERNIANI.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Lv9upN_-LQMJ:www.fec.unicamp.br/~sapsa05/2sapsa/IISAPSA23DANILOPATERNIANI.doc+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br). Acesso em: nov. 2014.

PELL, M.; NYBERG, F. Infiltration of wastewater in a newly started pilot sand-filter system: I Reduction of organic matter and phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, n. 18, p. 451–457. 1989a.

SILVA, A. C. F. M. **Tratamento de resíduos líquidos de laticínios em Reator Anaeróbio Compartimentado seguido de Leitos Cultivados**. 2010. Tese. Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, Campinas, SP, 2010. 166p. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000776474>. Acesso em: nov. 2014.

### Histórico editorial

Submetido em: 06/01/2015

Aceito em: 14/07/2015