

TRATAMENTO DE FÓSFORO EM EFLUENTE FINAL COM USO DE FILTRO DE CARVÃO ATIVADO, AREIA E BRITA

Michele Fangmeier¹, Adriano Gennari², Gustavo Reisdörfer³

Resumo: O fósforo é distribuído no meio ambiente pela emissão de efluentes industriais e pelo uso de fertilizantes, podendo seu excesso levar ao aumento de microrganismos e à consequente deterioração da qualidade da água. A remoção de fósforo via processo físico vem sendo amplamente estudada, por isso o objetivo deste estudo é reduzir a carga de fósforo em efluentes de uma indústria de laticínios utilizando processo de filtração e, após, dimensionando-o para uma escala industrial. Utilizaram-se dois filtros contendo carvão ativado, areia e brita em diferentes posições, aos quais foram adicionadas duas alíquotas do efluente. Os teores de fósforo encontrados nas amostras após filtração apresentaram reduções de 18,73% e 16,41% para os filtros A e B, respectivamente, o que demonstrou a possibilidade de aplicação desse sistema em uma estação de tratamento de efluentes.

Palavras-chave: Fósforo. Efluente. Laticínio. Carvão ativado.

1 INTRODUÇÃO

O fósforo está presente em esgoto sanitário e efluentes industriais, sendo seu principal problema a contaminação na eutrofização, que ocorre quando o fósforo, em conjunto com o nitrogênio, é disponibilizado para as plantas. O fósforo e o nitrogênio estimulam o crescimento e a multiplicação de algas e de outros vegetais aquáticos, o que gera a diminuição do oxigênio e a mortalidade acentuada de peixes (RAST; THORNTON, 1996).

A contaminação causada por eutrofização pode se disseminar devido à mobilidade dos corpos hídricos. Além disso, pode também acarretar a intoxicação de plantas e animais devido ao excesso desses nutrientes adicionados ao solo (PEREIRA et al., 2010).

Esses impactos causados pela contaminação do fósforo faz com que cada vez mais estudos nessa área sejam realizados. Alguns estudiosos buscam extrair o fósforo e convertê-lo em um produto que possa ser utilizado posteriormente como fertilizante (SHU et al., 2006). Outro método para remoção de fósforo é a precipitação química, que tem baixo custo, rapidez, facilidade e eficiência do processo, clarificando o efluente e permitindo reutilizá-lo para limpeza (FERNANDES, 2008).

As indústrias de laticínios produzem águas residuárias que apresentam alta carga orgânica, possuindo, dessa forma, concentrações elevadas de nutrientes, entre eles fósforo e nitrogênio. O

1 Acadêmica do Curso de Química Industrial - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Centro Universitário UNIVATES.

2 Acadêmico do Curso de Química Industrial - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Centro Universitário UNIVATES.

3 Mestre em Ambiente e Desenvolvimento e professor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES.

teor de nutrientes de águas brutas de laticínios é semelhante ou superior aos esgotos domésticos. As estações de tratamento atuais foram projetadas para remover material orgânico biodegradável, em especial o nitrogênio. Porém, a remoção do fósforo em estações de tratamento convencionais apresenta dificuldade (MENDONÇA et al., 2012).

Baseado nisso, o objetivo deste estudo é reduzir a carga de fósforo em efluentes de uma indústria de laticínios utilizando processo de filtração com carvão ativado, areia e brita e, após, dimensionar esse processo para aplicação em escala industrial.

1.1 Recursos hídricos

Os recursos hídricos diluem e assimilam esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos. Porém, essa capacidade dos recursos hídricos é limitada no que tange à sua quantidade e qualidade (SETTI et al., 2001).

No Brasil, mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais são lançados diretamente nos corpos de água, sem qualquer tipo de tratamento (SRH/MMA, 2006).

A legislação que visa a padronizar o lançamento de efluentes é a Resolução 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que estabelece os padrões de qualidade e de lançamento de efluentes em um corpo hídrico. A Tabela 1 apresenta as quantidades de nitrogênio, fósforo e coliformes termotolerantes, conforme Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (Consema) n° 128/2006, tendo destacadas as quantidades permitidas na vazão estudada.

Tabela 1 - Quantidade de nitrogênio, fósforo e coliformes termotolerantes, conforme a vazão

Faixa de vazão (m ³ /dia)	Nitrogênio total Kjeldahl			Fósforo		Coliformes Termotolerantes	
	Concentração (mg NTK/L)	Eficiência NTK (%)	Nitrogênio Amoniacal (mg Nam./L)	Concentração (mg P/L)	Eficiência (%)	Máximo Permissível (NPM/ 100 mL)	Eficiência (%)
Q < 100	20	75	20	4	75	10 ⁵	95
100 ≤ Q < 1000	20	75	20	3	75	10 ⁴	95
1000 ≤ Q < 10000	15	75	20	2	75	10 ⁴	95
10000 ≤ Q	10	75	20	1	75	10 ³	99

Fonte: Consema n°. 128/2006.

1.2 Caracterização do efluente

Os sistemas de tratamento de esgotos que visam a reduzir o impacto ambiental devem incluir o tratamento terciário, responsável pela remoção de nutrientes como o fósforo. A necessidade de produção de esgoto tratado de alta qualidade visa à utilização em reúso urbano e atenuação dos efeitos do processo de eutrofização em corpos d'água receptores.

As características físicas, químicas e biológicas do efluente industrial variam conforme o tipo de indústria, período da operação, matéria-prima utilizada e reutilização da água. Com isso, o efluente líquido pode ser solúvel com os sólidos em suspensão, com ou sem coloração, orgânico ou inorgânico, com temperatura baixa ou elevada. Para caracterizar a parte líquida do efluente pode-se utilizar métodos físicos – temperatura, cor, turbidez, sólidos –; químicos – pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais – ou biológicos – bactérias, protozoários, vírus (SANTOS et al., 2011).

1.3 Caracterização do fósforo

O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para os seres vivos, estando presente em componentes estruturais das células. É distribuído no meio ambiente pela ação do homem, por meio da emissão de efluentes industriais, urbanos e de animais, assim como pelo uso de fertilizantes aplicados na produção agrícola (DRINKWATER; SNAPP, 2007).

A eutrofização é tida como um problema, pois causa a proliferação de algas, além de problemas de transparência, gosto, odor e potabilidade das águas, devido ao aumento da quantidade de nutrientes. O nitrogênio é um dos responsáveis pela eutrofização, porém o fósforo tem sua parcela de contribuição como fator limitante.

As formas mais comuns de fósforo encontradas em soluções aquosas são os ortofosfatos, polifosfatos e fosfatos orgânicos. Os polifosfatos são moléculas que possuem mais de dois átomos de fósforo ligados a átomos de oxigênio e, em alguns casos, átomos de hidrogênio combinados a moléculas mais complexas. Os polifosfatos podem sofrer hidrólise em solução aquosa, sendo muito lenta e convertendo a ortofosfatos. Os fosfatos orgânicos estão presentes em lodos de águas residuárias (MAURER; BOLLER, 1999).

1.4 Processos de remoção do fósforo

Os processos para remoção de fósforo de efluentes consistem em extrair o fósforo e convertê-lo em um produto que possa ser usado como fertilizante. Na maioria dos processos, o fósforo removido é convertido em fração sólida, por processos como: sedimentação, flotação ou filtração. O produto pode ser: sal insolúvel, massa microbiológica no lodo ativado, biomassa em lagoas de tratamento, assim como podem ser adsorvidos em materiais sólidos que tenham afinidade com o íon fósforo. Porém, nesses processos o fósforo é obtido em uma mistura com outros produtos, e não puro (SHU et al., 2006).

A remoção de fósforo pode ocorrer via processos físico, químico ou biológico. Os processos físicos têm alto custo e nem sempre são eficientes. Já os processos biológicos podem sofrer variação na eficiência de remoção de fósforo. Nos processos químicos utilizam-se sais como Ca, Fe e Al, que são seguros e bem estabelecidos (CLARK et al., 1997).

A remoção de fósforo via processo físico vem sendo amplamente estudada, porém esse processo de remoção não é bem estabelecido. Alguns materiais sólidos foram avaliados quanto à sua capacidade para remoção de fósforo, dependendo sua adsorção da granulometria, da porosidade e do comportamento hidráulico do material. Os materiais adsorventes testados foram: óxidos de alumínio e ferro, zeólita, silicatos, carvão, entre outros. Porém, poucos desses materiais foram aplicados em tratamento de efluentes (METCALF; EDDY, 2003).

2 METODOLOGIA

A realização deste trabalho partiu da necessidade de diminuir o índice de fósforo no efluente final de uma estação de tratamento de efluentes em uma indústria de laticínios do Vale do Taquari-RS. Após tratamento, esse efluente é despejado em um arroio de classe II, a uma vazão de 297 m³/dia.

Figura 1 - Calha Parshal no final do tratamento, onde foram coletadas as amostras



Fonte: dos autores.

Para realização deste trabalho, foram montados dois filtros utilizando-se garrafas PET. O filtro A foi montado da seguinte forma (de baixo para cima): carvão ativado (200 g), areia (400 g) e brita (600 g). Já o filtro B foi montado (de baixo para cima): brita (600 g), areia (400 g) e carvão ativado (200 g). Na ponta do filtro foi colocado algodão e um tecido como meio de suporte para os materiais.

Figura 2 - Filtros A e B utilizados para remoção de fósforo das amostras



Fonte: dos autores.

Coletaram-se quatro amostras do efluente final e filtraram-se duas no filtro A e duas no filtro B, logo, obtiveram-se duas amostras de efluente filtrado em cada filtro. O filtro A levou um minuto e 10 segundos para filtrar 1.000 mL de efluente e o filtro B levou um minuto e 13 segundos para filtrar 1.000 mL de efluente.

Para dimensionar os filtros para a realidade do efluente, ou seja, uma vazão de 297 m³ em 1440 minutos, inicialmente calculou-se a quantidade de material utilizado nos testes: 1,2 Kg de material, 50% de brita, 33% de areia e 17% de carvão ativado. O filtro A tem vazão de 1,24 m³ por dia, logo, a quantidade total de material necessário é 287,42 Kg. Já o filtro B tem vazão de 1,18 m³ por dia, sendo a quantidade total de material necessário 302,03 Kg.

Tabela 2 - Projeção de materiais necessários para os filtros A e B para vazão de 297 m³/dia

FILTRO	MATERIAL	QUANTIDADE (Kg)
A	Brita	143,72
	Areia	94,84
	Carvão	48,86
B	Brita	151,02
	Areia	99,67
	Carvão	51,34

Fonte: dos autores.

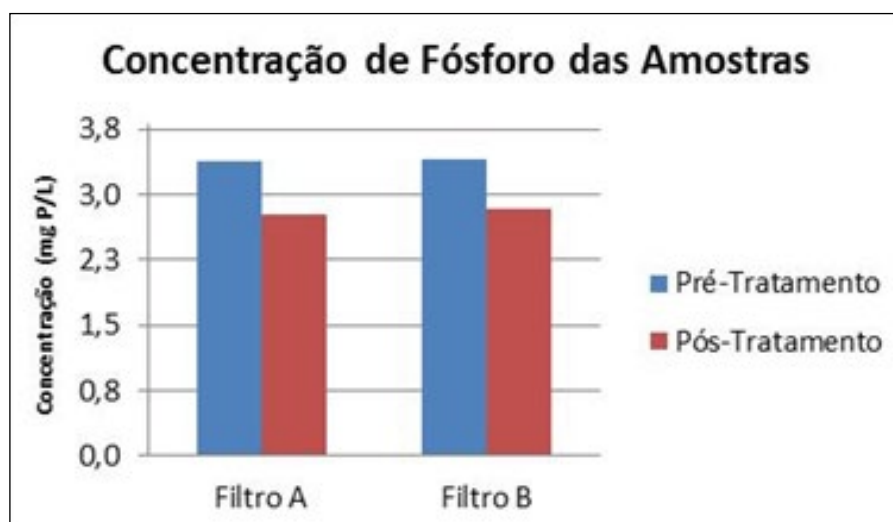
Também dimensionou-se o volume do recipiente necessário para construir cada filtro para atender ao volume diário da indústria de laticínios. A garrafa PET utilizada possui volume de 1,59 L. O filtro A necessita de um recipiente com volume aproximadamente 240 vezes maior, ou seja, 380,83 L. Já o filtro B deve ser construído em um recipiente 252 vezes maior, isto é, de 400,19 L.

Para quantificação do fósforo na forma de fosfato, foi utilizado o método do ácido vanadomolibdofosfórico, conforme *Standard Methods* (2012). Esse método tem como princípio a formação em meio ácido do complexo fosfomolibdato de amônio, de coloração amarela. Essa coloração é proporcional à concentração de fosfato presente na amostra. As medidas espectrofotométricas foram realizadas em um espectrofotômetro de absorção molecular UV-visível, modelo G 10S UV-VIS, marca *Thermocientific*. A determinação da concentração foi feita por espectrofotometria de absorção molecular utilizando comprimento de onda de 470 nm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da equação da reta obtida na curva de fósforo, calculou-se a concentração de P (mg/L) para cada uma das amostras antes e após o tratamento de filtração. As concentrações de fósforo encontradas nas amostras estão apresentadas na Figura 3, por meio da qual é possível observar redução nos teores de fósforo tanto no filtro A quanto no filtro B para as amostras após o tratamento.

Figura 3 - Concentração de fósforo nas amostras antes e após o tratamento de filtração



Fonte: dos autores.

No filtro A, após a utilização do sistema, verificou-se redução de 3,4 ppm de P para 2,77 ppm de P, representando redução de 18,73%. Comportamento semelhante foi observado no filtro B, no qual as concentrações foram reduzidas de 3,4 ppm de P para 2,84 ppm de P, representando redução de 16,41%.

O fato de que o filtro A apresentou maior poder de redução do fósforo do que o filtro B pode ser atribuído à maior área de carvão ativado percorrida pelo efluente, uma vez que o fundo do recipiente apresenta diâmetro menor, acarretando em uma coluna de carvão de maior altura.

Tonetti et al. (2004) fizeram uso de filtros anaeróbios buscando reduzir os teores de alguns compostos, entre eles o fósforo, e obtiveram 23% de redução desses teores. Cunha et al. (2010) empregaram um tratamento semelhante, com filtro de carvão, areia e brita, e verificaram redução de 16% nos teores de sódio do efluente estudado. Santos (2011) verificou redução de 90% dos teores de fósforo total após submeter o efluente a tratamento de precipitação de estruvita.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados, foi observada redução de 18,73% e de 16,41% dos teores de fósforo das amostras do efluente para os filtros A e B, respectivamente, após a aplicação das amostras no sistema de filtração com carvão ativado, areia e brita.

Demonstrou-se com estes resultados a possibilidade de sucesso na aplicação desse sistema em uma estação de tratamento na busca pela redução da carga poluidora de fósforo dos efluentes.

REFERÊNCIAS

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 357**. Diário Oficial da União, Brasília, de 17 de março de 2005.

BRASIL. CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução 128**. Diário Oficial da União, Brasília, de 24 de novembro de 2006.

- BRAUN, A.; HILGEMANN, M. **Validação de diferentes coagulantes para a remoção de fósforo em efluentes de indústria de laticínios.** Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, RS, Brasil. In: TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 18, n.1, p. 19-23, jan./jun. 2014.
- CLARK, T.; STEPHENSON, T.; PEARCE, P. A. **Phosphorus removal by chemical precipitation in a biological aerated filter.** In: Water Research, v. 31, n. 10, p. 2557-63, out. 1997.
- CUNHA, A.H.N.; FRANÇA, J.B.A.; VIEIRA, J.A. **Utilização de filtro a base de carvão ativado para tratamento de efluentes provenientes de lagoa de estabilização.** I Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente. Anápolis, 2010.
- DRINKWATER, L. E.; SNAPP, S. S. **Nutrientes in agroecosystems: rethinking the panagement Paradigm.** In: Adv. Agron., v. 92, p. 163-86, 2007.
- FERNANDES, G. W. **Avaliação de processos para remoção química de fósforo de efluente de suinocultura.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Química, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.
- MAURER, M. BOLLER, M. **Modelling of Phosphorus precipitation in wastewater treatment plants with enhanced biological phosphorus removal.** In: Water Science Tecnology, v. 39, n. 1, p. 147-163, 1999.
- MENDONÇA, H. V.; RIBERO, C.B.M.; BORGES, A.C.; BASTOS, R.R. **Remoção de nitrogênio e fósforo de águas residuárias de laticínios por sistemas alagados construídos operando em bateladas.** Ambi-Água, Taubaté, Vol.7, p. 75-87, 2012.
- METCALF, A.; EDDY, F. **Wasterwater Engineering: Treatment disposal reuse.** 4ª ed. New York: McGraw Hill, 2003.
- PEREIRA, L. S. F.; SENNA, A. J. T.; KUNZ, A. **Análise do desempenho de um sistema de aeração por difusor poroso de bolha fina instalado no reator biológico aeróbio (RBA) da estação de tratamento de dejetos suínos (ETDS) da Embrapa.** 2011. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2010, Bauru.
- RAST, W.; THORNTON, J. A. **Trends in eutrophication research and control.** Hydrol. Process. 1996.
- SANTOS, W. R. B. **Remoção de nitrogênio e fósforo presentes em efluentes agroindustriais pela precipitação de estruvita.** Dissertação de mestrado, Universidade de Santa Maria. Santa Maria – RS, 2011.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2ª edição. ANEEL. ANA. Brasília – DF, 2001.
- SHU, L. et al. **An economic evaluation of phosphorus recovery as struvite from digester supernatant.** In: Bioresource Technology, v. 97, n. 17, p. 2211-16, nov. 2006.
- SRH/MMA. Secretaria de Recursos Hídricos/ Ministério do Meio Ambiente SRH/ MMA – Água: Manual de Uso. Brasília – DF, 2006.
- TONETTI, A.L.; FILHO, B. C.; STEFANUTTI, R.; FIGUEIREDO, R.F. **O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbio.** Sanare. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.21, n.21, p. 42-52, jan./jun. 2004.