

Impacto do uso de microrganismos em caixas sifonadas de ambientes sanitários

Impact of the use of microorganisms in floor drains in sanitary rooms

Verena Soares Fernandes
Lúcia Helena de Oliveira
Fábio Campos

Resumo

A preocupação com a qualidade de operação dos sistemas prediais de esgoto sanitário tem motivado empresas especializadas em biotecnologia a investir em produtos compostos por misturas de microrganismos vivos que atuam no pré-tratamento de efluentes de sistemas prediais para combater odores desagradáveis em ambientes sanitários. O objetivo deste artigo é avaliar o uso de misturas concentradas de microrganismos em caixas sifonadas para eliminar o mau cheiro em ambientes sanitários e o impacto em estações de tratamento de esgotos sanitários. O método consiste em diagnosticar o mau cheiro de um dos sanitários de um edifício escolar de nível superior, que é alvo de constantes reclamações por parte dos usuários. Em seguida, introduzir tabletes de microrganismos nas caixas sifonadas e, por fim, avaliar o impacto do uso desse produto em dois sanitários e em estações de tratamento de esgoto por meio de análises de demanda bioquímica de oxigênio e de testes de respirometria. Os resultados indicam que nestes ambientes sanitários o mau cheiro não foi reduzido com o emprego de tabletes de microrganismos e em Estações de Tratamento de Esgoto, na concentração indicada pelo fabricante, o produto não produziu alterações significativas nas características analisadas do esgoto.

Palavras-chave: Sistema predial de esgoto sanitário. Microrganismos. Caixa sifonada.

Abstract

Concern with the quality of building drainage systems has motivated biotechnology companies to invest in products consisting of mixtures of microorganisms that act on the pre-treatment of wastewater in building sewage systems to combat unpleasant odours. The aim of this study is to assess the use of concentrated mixtures of microorganisms to accelerate the degradation of organic compounds in floor drains of building drainage systems and the impact on wastewater treatment plants. The methodology consists in diagnosing unpleasant odours in the restrooms of a university building, which are subject to constant complaints on the part of users. Thereafter, microorganism tablets were put in the wastewater of the floor drains of two restrooms and the performance and impacts of their use in restrooms and in wastewater treatment plants was investigated. Biochemical oxygen demand analyses and respirometry tests were conducted in order to check for changes in the wastewater. The results showed that the foul odours in these restrooms was not reduced and, in wastewater treatment plants, the concentration of product recommended by the manufacturer did not produce significant changes in the analysed characteristics of the wastewater.

Keywords: Building drainage system. Microorganisms. Floor drains.

Verena Soares Fernandes
Universidade de São Paulo
São Paulo - SP - Brasil

Lúcia Helena de Oliveira
Universidade de São Paulo
São Paulo - SP - Brasil

Fábio Campos
Universidade de São Paulo
São Paulo - SP - Brasil

Recebido em 15/06/15
Aceito em 05/11/15

Introdução

Quando se trata de sistemas prediais de esgoto sanitário, um dos pontos críticos é a manutenção das condições de limpeza dos aparelhos sanitários e, em especial, a remoção de resíduos que podem ficar acumulados em desconectores. Esse problema é mais crítico em edifícios com alta densidade populacional, como é o caso de hotéis, restaurantes, edifícios empresariais e escolares.

A acumulação de resíduos em caixas de gordura, em caixas sifonadas e em tubulações bem como o rompimento de fechos hídricos podem ocasionar odores desagradáveis, o que, ao atrair insetos, pode favorecer a proliferação de agentes infecciosos prejudiciais à saúde humana.

A necessidade de tornar a limpeza de sistemas prediais de esgoto sanitário mais prática e rápida tem estimulado o desenvolvimento de pesquisas com a aplicação de agentes biológicos, que facilitam a manutenção desses sistemas. Esse tipo de tecnologia tem contribuído para o desenvolvimento de produtos que têm a função de biorremediar efluentes industriais e domésticos, o que reduz a necessidade de acompanhamento visual para identificar o momento adequado da remoção manual ou mecânica de resíduos e evita a ocorrência de obstrução e danos à tubulação.

As misturas concentradas de bactérias adaptadas, enzimas, bioestimulantes e minerais são apresentadas em forma de tabletes e têm como função acelerar a degradação de compostos orgânicos de origem doméstica. O emprego dessa tecnologia é recente em sistemas prediais e, por isso, a motivação para investigar a eficiência do uso de microrganismos em efluentes sanitários.

Assim, o objetivo deste artigo é avaliar o uso de misturas concentradas de microrganismos para acelerar a degradação de compostos orgânicos em caixas sifonadas, de modo a eliminar mau cheiro em ambientes sanitários, bem como o impacto em estações de tratamento de esgotos sanitários.

Fecho hídrico e uso de microrganismos em sistemas prediais de esgoto sanitário

Os desconectores são componentes providos de fecho hídrico, camada líquida de nível constante, e têm como função vedar a passagem de gases oriundos das tubulações de esgoto primário para o ambiente sanitário (ABNT, 1999).

Uma das causas do mau cheiro em ambientes sanitários é o rompimento de fechos hídricos de desconectores, o que possibilita a disseminação de

doenças e de infecções, que colocam em risco a saúde pública. Um exemplo foi a ocorrência da síndrome respiratória aguda grave (Sars) no complexo habitacional Amoy Gardens, em Hong Kong, em 2003. Esse fato teve como causa o fecho hídrico rompido de uma caixa sifonada de um banheiro que foi utilizado por um usuário contaminado (HUNG *et al.*, 2006; KELLY *et al.*, 2008; GORMLEY; BEATTIE, 2010).

Os odores desagradáveis em ambientes sanitários também podem ser decorrentes de um sistema de manutenção inadequado como, por exemplo, a ausência de limpeza de caixas sifonadas com regularidade. Ressalta-se que esses componentes podem eventualmente receber resíduos de fezes, além do que a formação de biofilme é inevitável. Nesse caso, o mau cheiro em alguns ambientes sanitários não é decorrente de rompimento de fechos hídricos, mas da ausência de manutenção adequada de aparelhos sanitários e desconectores de sistemas prediais de esgotos sanitários.

Possíveis impactos do uso de microrganismos

Com o objetivo de eliminar odores desagradáveis em ambientes sanitários, produtos compostos de microrganismos que têm a função de pré-tratar o esgoto estão disponibilizados no mercado. Desse modo, esses produtos vêm sendo utilizados dentro de caixas sifonadas.

Pergunta-se: no nível do edifício, a utilização desses microrganismos em caixas sifonadas é eficiente no processo de eliminação de odores em ambientes sanitários? No nível do sistema urbano de esgoto sanitário, qual seria o impacto do uso de microrganismos vivos em estações de tratamento de esgotos (ETE)?

Sabe-se que o tratamento biológico de esgotos é realizado pela reprodução artificial do mecanismo de biodegradação que ocorre em corpos d'água, por meio de um processo fermentativo aeróbio contínuo, composto de uma biomassa atuante constituída de um rico consórcio entre micro e macrorganismos, os quais removem os compostos orgânicos e inorgânicos presentes no esgoto (VAZOLLÉR *et al.*, 1989; RICHARD, 1989).

Em um cenário no qual o uso de tabletes de microrganismos venha a se tornar cultural, pode-se aventar a hipótese de que essas bactérias introduzidas na rede coletora de esgoto cheguem às ETE e passem a integrar a mistura microbiana, podendo ou não provocar alterações nas relações ecológicas lá desenvolvidas.

Desse modo, a interferência de microrganismos em tratamento de esgotos poderia se dar de diversas maneiras, entre elas:

- a) competição entre os microrganismos presentes no tablete e os do sistema de tratamento em que os primeiros levariam vantagem sobre os segundos; e
- b) não eliminação dos microrganismos provenientes dos produtos usados nos pré-tratamentos durante a desinfecção, os quais contaminariam os corpos hídricos.

Metodologia

A pesquisa foi conduzida nas seguintes etapas: levantamento dos sanitários, ensaios laboratoriais, inserção dos tabletes compostos de microrganismos nas caixas sifonadas dos sanitários, avaliação dos usuários e análise dos resultados.

Caracterização dos sanitários

Foi realizado o levantamento de dois sanitários de edifício escolar de nível superior, um masculino e outro feminino, que apresentam muita reclamação de mau cheiro por parte dos estudantes.

Em seguida, foram feitos testes com o objetivo de verificar se as caixas sifonadas estavam recebendo efluentes dos mictórios ou se estava ocorrendo perda de fecho hídrico por sifonagem induzida ou por autossifonagem.

Avaliação do impacto do uso de microrganismos em caixas sifonadas

Para avaliar o uso de misturas concentradas de microrganismos em caixas sifonadas de um edifício escolar foi inserido um tablete de microrganismos em cada caixa sifonada dos sanitários em estudo.

De acordo com o fabricante, o tablete é composto de *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus*

licheniformis, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pasteurii*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis*, sulfato de sódio, metil silicato, farinha de milho, glicol polietileno e corante. Não contém solventes, ácidos ou elementos cáusticos, e não prejudica nenhum tipo de tubulação.

O produto tem como base uma suspensão sólida de culturas bacterianas com alta capacidade enzimática e é recomendado para a digestão de resíduos orgânicos e redução de odores em ralos sifonados domésticos.

Seguindo as instruções do fabricante, os tabletes de microrganismos foram adicionados às duas caixas sifonadas. A Figura 1 ilustra esse procedimento em uma das caixas sifonadas.

Os sanitários foram utilizados normalmente, e a equipe responsável pela limpeza foi orientada a não utilizar produtos bactericidas na limpeza das caixas sifonadas dos sanitários em questão.

O desempenho do produto com relação à redução de mau cheiro foi avaliado durante 30 dias por meio de observações dos sanitários e por meio de entrevistas com usuários mediante a utilização de questionário.

Avaliação do impacto do uso de microrganismos em ETE

Com o intuito de avaliar possíveis impactos do uso de microrganismos empregados em caixas sifonadas na composição da carga orgânica afluente às ETE foram realizados testes de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e de respirometria no laboratório de saneamento da instituição de ensino superior onde os sanitários investigados estão localizados. O teste de DBO tem por objetivo determinar indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável, enquanto o ensaio de respirometria avalia o comportamento metabólico dos microrganismos heterotróficos presentes na amostra.

Figura 1 - Tablete de microrganismos sendo adicionado na caixa sifonada



Testes de demanda bioquímica de oxigênio

Os testes para determinar a DBO de esgoto sanitário foram realizados com e sem adição de tablete de microrganismos. Os resultados foram comparados para verificar uma possível influência dos microrganismos e substratos presentes no tablete sobre a DBO.

O método empregado para a determinação da DBO foi o da diluição (Método 5210-B) e incubação por um período de 5 dias a 20 °C, com a determinação dos níveis inicial e final de oxigênio por meio do método Azida modificado (AMERICAN...; WATER...; WATER..., 2005).

Para verificar a influência dos microrganismos sobre os valores de DBO foi feita a diluição de diferentes concentrações de um dos tabletes em 1 L de esgoto proveniente do conjunto residencial de estudantes da universidade.

Em seguida, foram preparados nove frascos de DBO com as seguintes composições:

- um frasco com apenas água de diluição, que serviu como um branco;
- quatro frascos com água de diluição e esgoto em diferentes volumes; e
- quatro frascos com diferentes diluições de esgoto e com diferentes concentrações do tablete de microrganismos.

A água de diluição é uma solução composta de água ultrapura e soluções de micronutrientes para suprir as necessidades dos microrganismos durante os 5 dias do ensaio. Essa água de diluição é também submetida à aeração até o ponto de saturação, a fim de propiciar uma concentração de oxigênio suficiente.

Após o preparo dos frascos foi feita a medição do oxigênio dissolvido (OD) inicial com um oxímetro previamente calibrado.

Foram diluídos 7 mg de um dos tabletes de microrganismos em 1 L de esgoto. Essa proporção foi calculada segundo as instruções do fabricante. Um tablete (70 g do produto) é eficaz por cerca de 30 dias e é capaz de pré-tratar 10 mil litros de esgoto. Para efeito de comparação foram realizados ensaios com as seguintes concentrações de tablete: 0,1 g, 0,5 g e 1 g por litro de esgoto.

O cálculo dos valores de DBO (em mg/L) é feito por meio da Equação 1:

$$DBO = \frac{OD_f - OD_i}{f}, \quad \text{Eq. 1}$$

sendo:

OD_f o valor de oxigênio dissolvido obtido por meio das medições com oxímetro depois da incubação em mg/L;

OD_i o valor de oxigênio dissolvido obtido por meio das medições com oxímetro antes da incubação em mg/L; e

f o fator de correção em função da diluição da amostra no frasco, dado pela Equação 2.

$$f = \frac{\text{volume de amostra}}{\text{volume do frasco DBO}} \quad \text{Eq. 2}$$

Teste respirométrico

As medidas respirométricas têm o objetivo de avaliar o comportamento da biomassa na degradação da matéria orgânica presente no esgoto e podem ser usadas para a avaliação do desempenho e da operação de sistemas de tratamento biológico (CAMPOS, 2014; ABREU *et al.*, 2000). Nesta pesquisa estudou-se a influência do acréscimo de microrganismos e substratos presentes no tablete de microrganismos ao esgoto sanitário.

A determinação da taxa de consumo de oxigênio (TCO) considera variações na taxa de respiração dos microrganismos presentes na biomassa utilizada no teste em consequência do tipo de substrato acrescido ao sistema (ANDREOTTOLA *et al.*, 2005). O consumo de oxigênio durante o ensaio pode se desenvolver em duas fases principais:

- respiração exógena: consumo de oxigênio pela degradação de matéria orgânica externa ao microrganismo; e
- respiração endógena: consumo de oxigênio pela degradação de matéria orgânica presente no próprio microrganismo.

A obtenção da TCO leva em conta o emprego de equipamentos denominados respirômetros, os quais consistem de um medidor de OD acoplado a um computador. Os dados da concentração de oxigênio em função do tempo são armazenados e posteriormente tratados estatisticamente por um software e apresentados na forma de diagramas de TCO em função do tempo.

De acordo com Van Haandel e Marais (1999), é necessário o consumo de oxigênio de 2 a 3 mgO₂/L para haver respirogramas confiáveis.

A Figura 2 apresenta o modelo de respirômetro utilizado na investigação experimental desta pesquisa. Trata-se de um equipamento modelo Beluga S32c, do tipo aberto e semicontínuo, desenvolvido no Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (CATUNDA *et al.*, 1996).

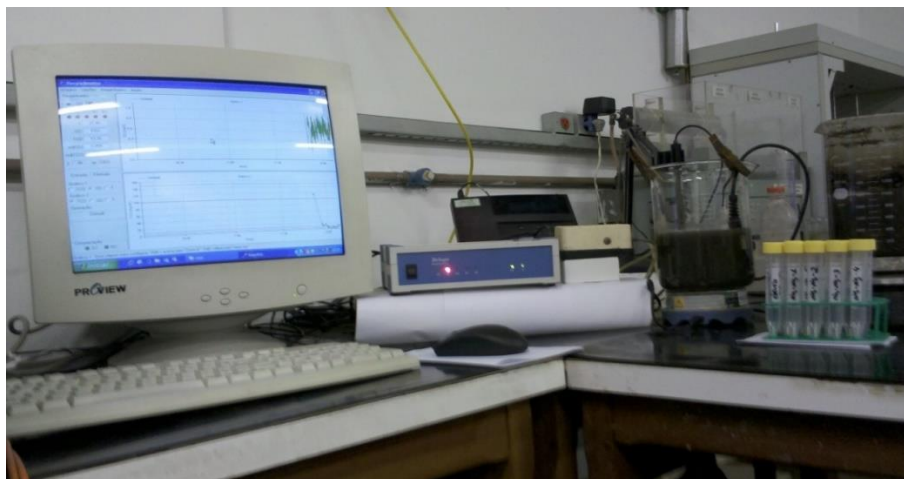
Para a realização dos ensaios foi utilizado 1 L do conteúdo do tanque de aeração de um sistema piloto de lodos ativados, mantido em operação nas dependências do laboratório de saneamento da universidade. No primeiro ensaio aguardou-se até que o lodo ativado entrasse em estágio de respiração endógena, quando foi acrescentado substrato.

Na Figura 3 estão ilustradas curvas obtidas em respirograma que relacionam a TCO e o tempo, em horas, para as fases endógena e exógena do consumo de oxigênio pelos microrganismos do lodo ativado.

Observa-se pela Figura 3 que, em condições endógenas, a taxa de consumo de oxigênio

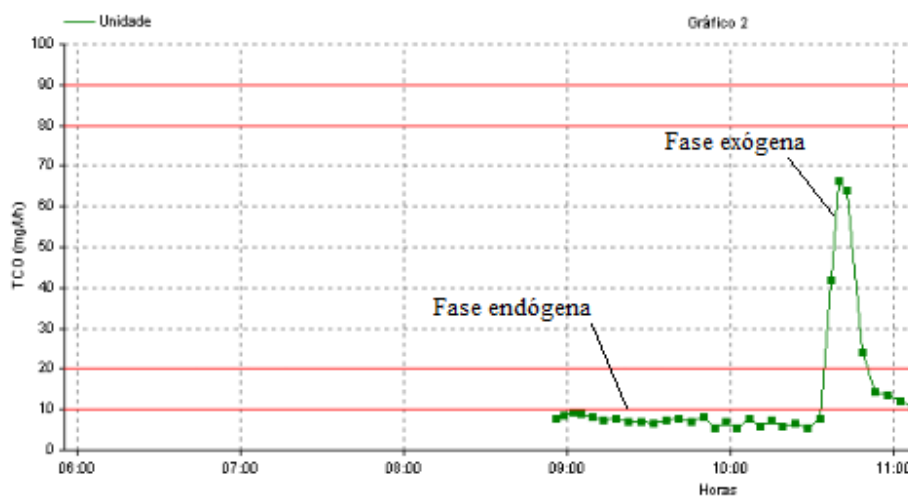
produzido pelos microrganismos presentes no ensaio tende a ser mínima em função da utilização exclusiva de compostos orgânicos de reserva presentes em suas células. Por isso, a TCO mantém-se constante ao longo do tempo. Com a adição de substrato externo inicia-se a respiração exógena e observa-se elevação da TCO, proporcional ao grau de afinidade do substrato com os microrganismos. Desse modo, as medidas respirométricas podem ser usadas para o controle do desempenho e da operação de sistemas de tratamento biológicos, na medida em que oferecem respostas imediatas da ação da biomassa ativa na degradação do substrato.

Figura 2 - Respirometro modelo Beluga S32c, do tipo aberto e semicontínuo



Fonte: Campos (2014).

Figura 3 - Taxa de consumo de oxigênio em função do tempo nas fases endógena e exógena



Fonte: Campos (2014).

O software controla o acionamento e o desligamento dos aeradores quando a concentração de oxigênio dissolvido é menor ou maior que o valor de referência preestabelecido. A sonda de medição de oxigênio dissolvido envia os valores medidos ao computador, que determina a TCO de forma semicontínua, como mostra a Equação 3 (CAMPOS, 2014).

$$TCO = \frac{d[OD]}{dt} = \frac{[OD1]-[OD2]}{(t_1-t_2)}, \quad \text{Eq. 3}$$

sendo:

d[OD]/dt a taxa de variação de oxigênio dissolvido na solução em relação ao tempo;

OD1 e OD2 a concentração inicial e final de oxigênio dissolvido respectivamente, em mg/L; e

t₁ e t₂ o tempo inicial e final de medida respectivamente.

Para tanto, os ensaios foram conduzidos do seguinte modo: primeiramente se aguardou atingir a fase endógena, evidenciada pelo baixo valor de TCO medido. Em seguida, adicionaram-se 100 ml de esgoto bruto e aguardou-se o consumo dos compostos orgânicos presentes (fase exógena) até o retorno da condição endógena. Por fim, adicionaram-se 100 ml de esgoto mais a concentração do tablete de microrganismos e obteve-se uma nova curva de TCO.

Resultados e discussão

A caracterização dos sanitários, a avaliação do desempenho por parte dos usuários dos sanitários, após a inserção dos tabletes de microrganismos nas caixas sifonadas, bem como os resultados dos testes de DBO e de respirometria são apresentados e discutidos a seguir.

Caracterização dos sanitários

Os sanitários não têm janelas. Possuem exaustores, porém não estão em operação. Tanto o sanitário masculino quanto o feminino possuem apenas uma caixa sifonada, que recebe os efluentes de todos os lavatórios.

Foram feitos testes com o emprego de corantes para verificar se as caixas sifonadas estavam recebendo efluentes dos mictórios ou se estava ocorrendo perda de fecho hidráulico por sifonagem induzida ou por autossifonagem. Não foi constatado nenhum problema nesse sentido.

Condições de limpeza

A limpeza dos sanitários é realizada quatro vezes por dia, com uso de água, sabão, desinfetante e cloro. As caixas sifonadas não recebem limpeza

específica, ou seja, não são lavadas regularmente. Aparentemente os sanitários estão em condições adequadas de limpeza na maior parte do tempo, mesmo assim os odores desagradáveis são constantes.

Manutenção

Foi realizada manutenção nos mictórios dos sanitários masculinos, pois estavam parcialmente obstruídos. Ressalta-se que essa manutenção não amenizou odores desagradáveis.

Avaliação do uso de microrganismos em caixas sifonadas

Após a inserção dos tabletes nas caixas sifonadas, foi realizado o acompanhamento por meio de entrevistas com os usuários para verificar a percepção deles na questão do odor dos sanitários.

Setenta usuários foram perguntados em três momentos distintos sobre o quanto o odor dos sanitários os incomodava. As quantidades de usuários que responderam a cada uma das alternativas estão apresentadas na Figura 4.

Observando-se o gráfico da Figura 4, pode-se afirmar que as respostas obtidas indicam que não houve melhora significativa que pudesse ser verificada pelos usuários nas condições dos sanitários ao longo das 3 semanas em que as entrevistas foram realizadas. Ressalta-se, no entanto, que cerca de 30% dos usuários sentiram muito incômodo em todos os três períodos de avaliação.

Algumas hipóteses são consideradas para o mau desempenho do tablete em reduzir os odores desagradáveis nos sanitários:

- a) a equipe de limpeza pode não ter atendido às recomendações de não utilizar produtos bactericidas;
- b) as recomendações dadas à equipe de limpeza podem ter prejudicado a execução da limpeza dos sanitários, o que acarretou a acumulação de detritos, que provocaram o aumento do mau cheiro durante o período de ação do tablete de microrganismos;
- c) como os odores desagradáveis são recorrentes nesses sanitários, alguns usuários podem ter respondido à pesquisa levando em consideração o incômodo usual provocado pelos odores, e não necessariamente a situação no momento em que foram questionados; e
- d) os sanitários sem sistemas de ventilação tornam mais difícil a eliminação dos odores desagradáveis mesmo que a limpeza seja adequada

e se faça uso de produtos biológicos no pré-tratamento do efluente nas caixas sifonadas.

Avaliação do impacto do uso de microrganismos em ETE

Para avaliar os possíveis impactos de microrganismos provenientes de caixas sifonadas em ETE foram realizados ensaios de DBO e de respirometria, cujos resultados estão apresentados a seguir.

Demanda Bioquímica de Oxigênio

No primeiro ensaio foram diluídos 7 mg de um tablete de microrganismos em 1 L de esgoto. Depois foi realizado um novo ensaio, dessa vez simulando uma situação crítica de contaminação, tendo sido diluído 1 g de tablete de microrganismos em 1 L de esgoto. Nesse segundo ensaio foram obtidas diferenças relevantes entre os valores de DBO das amostras com e sem o tablete de microrganismos. Os resultados podem indicar que, no caso de uso excessivo de tablete de microrganismos, é possível que haja aumento significativo do valor da DBO do esgoto.

Finalmente foram realizadas mais duas análises de DBO, com concentrações intermediárias às concentrações das análises anteriores: 0,1 g e 0,5 g de tablete de microrganismos por litro de esgoto. Foi verificado aumento significativo da DBO nas amostras com tablete de microrganismos nas concentrações analisadas no terceiro ensaio de DBO.

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos quatro ensaios de DBO realizados e também o aumento percentual da DBO causado pelo acréscimo de tablete de microrganismos.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que o tablete de microrganismos é capaz de produzir alterações significativas na DBO apenas quando em concentrações muito mais elevadas do que a especificada pelo fabricante do produto.

Na Figura 5 é exposto o gráfico que relaciona o aumento percentual nos valores de DBO com a concentração de tablete de microrganismos na amostra de esgoto.

Ensaio respirométricos

Foram realizados os ensaios respirométricos para avaliar os possíveis efeitos do uso do tablete de microrganismos sobre a cinética de utilização do substrato pelos microrganismos presentes na biomassa empregada no teste.

No primeiro ensaio aguardou-se até que o lodo ativado entrasse em estágio de respiração endógena e foi acrescentada matéria orgânica. O primeiro pico observado no respirograma apresenta a TCO máxima obtida em resposta ao acréscimo de matéria orgânica. O segundo pico apresenta a TCO máxima obtida com o acréscimo de substrato em conjunto com tablete de microrganismos na concentração de 0,01 g/L. O terceiro pico é resultado de um novo acréscimo de substrato ao sistema.

Figura 4 - Resposta dos usuários sobre o odor dos sanitários

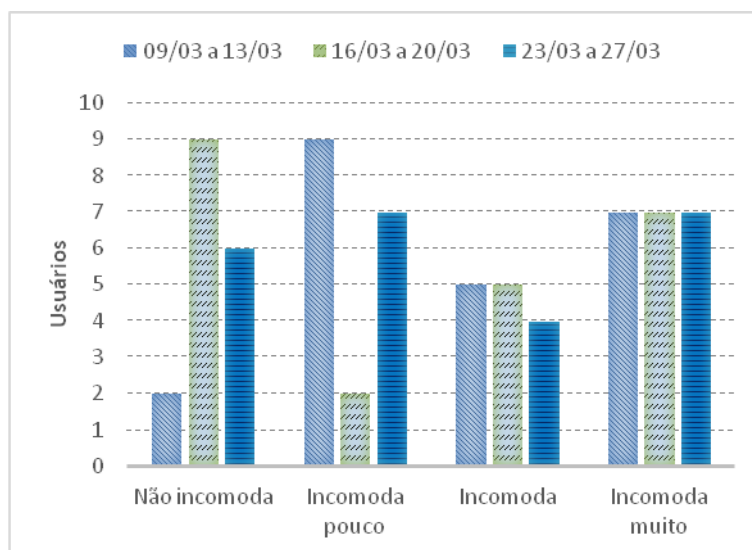
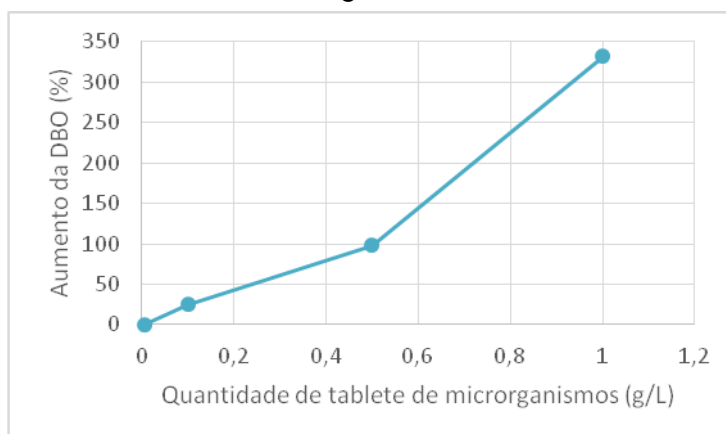


Tabela 1 - Resultados da análise de DBO em amostras de esgoto e em amostras de esgoto com diferentes quantidades de tablete de microrganismos

Quantidade de tablete de microrganismos (g/L)	DBO média no esgoto (mg/L)	DBO média no esgoto + tablete (mg/L)	Aumento (%)
0,007	278	276	Não alterado
0,1	268	334	24,6
0,5	268	532	98,5
1,0	162	700	332,1

Figura 5 - Relação entre aumento percentual da DBO em amostras de esgoto e em amostras de esgoto com diferentes quantidades de tablete de microrganismos



A Figura 6 mostra o respirograma do primeiro ensaio (Gráfico 2 na Figura 6), realizado para a concentração de 0,01 g de tablete de microrganismos por litro de esgoto, e o gráfico que relaciona a concentração de oxigênio dissolvido no esgoto ao longo do tempo decorrido no ensaio (Gráfico 1 na Figura 6).

O respirograma apresentado na Figura 6 indica que, na concentração ensaiada, o tablete de microrganismos pouco influencia na resposta dos microrganismos presentes na biomassa.

O segundo ensaio respirométrico foi executado com o mesmo procedimento: primeiramente foi injetado ao sistema substrato e, em seguida, substrato e tablete de microrganismos, na concentração de 0,1 g/L de esgoto.

A Figura 7 mostra o respirograma do segundo ensaio (Gráfico 2 na Figura 7), realizado para a concentração de 0,1 g de tablete de microrganismos por litro de esgoto, e o gráfico que

relaciona a concentração de oxigênio dissolvido no sistema ao longo do tempo decorrido no ensaio (Gráfico 1 na Figura 7).

O respirograma apresentado na Figura 7 indica que, na concentração ensaiada, o tablete de microrganismos é capaz de produzir alteração significativa na resposta dos microrganismos presentes no teste. A TCO máxima da biomassa com o acréscimo de esgoto em conjunto com o tablete de microrganismos foi maior que a TCO obtida com adição apenas de esgoto.

O fato de a resposta na TCO ter sido mais intensa com a adição de esgoto em conjunto com o tablete de microrganismos, em comparação com adição apenas de esgoto, indica que houve maior consumo de oxigênio dissolvido em função da presença de mais matéria orgânica, muito provavelmente advinda do tablete de microrganismos, ou seja, não há como evidenciar inibição.

Figura 6 - Concentração de oxigênio dissolvido no esgoto em função do tempo (Gráfico 1) e o respirograma (Gráfico 2) obtido no primeiro ensaio respirométrico (0,01 g tablete de microrganismos/L)

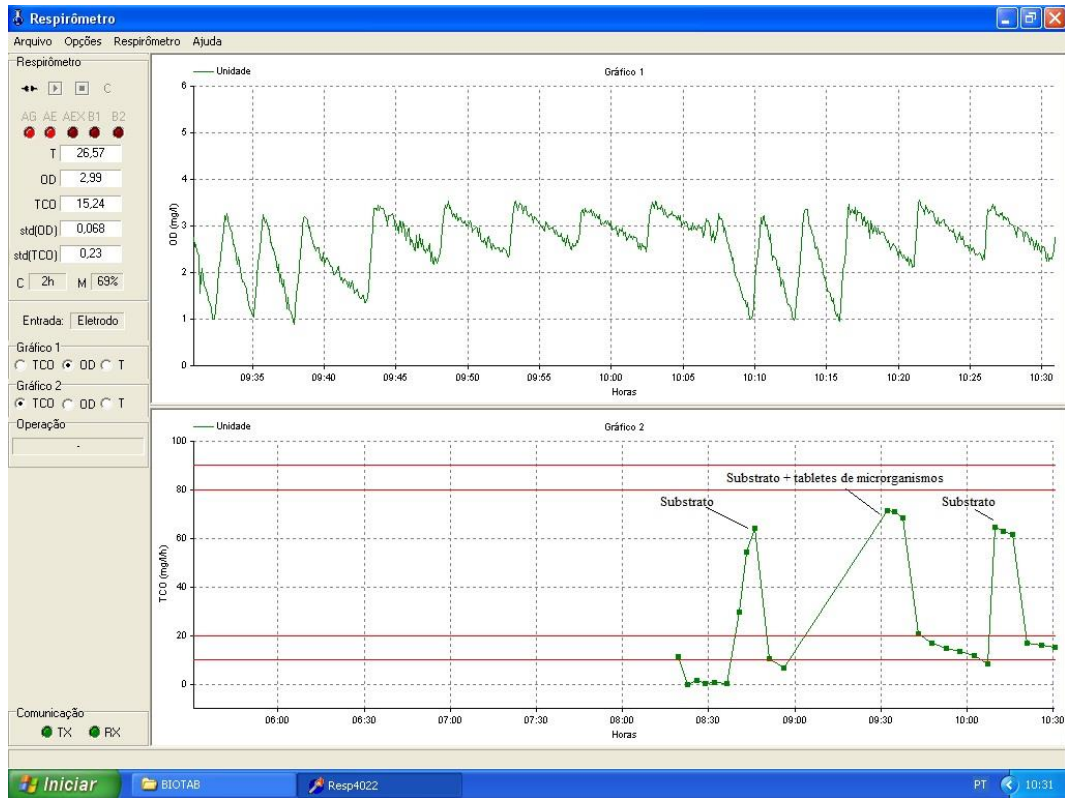
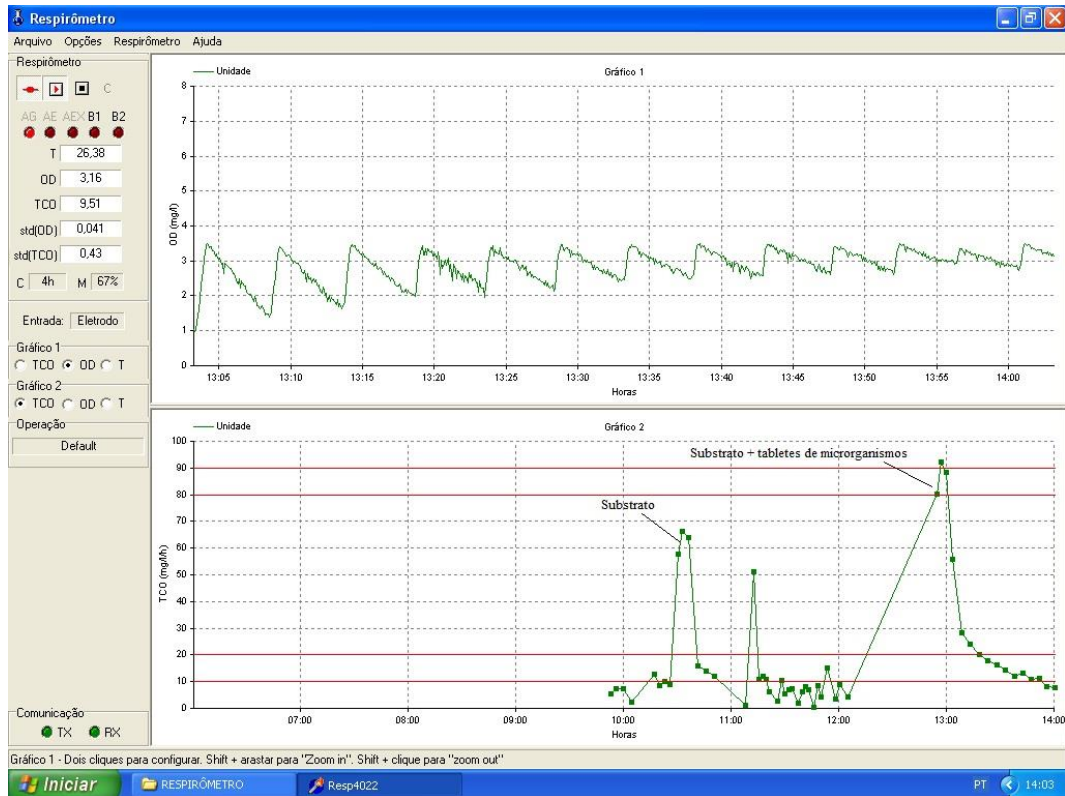


Figura 7 - Concentração de oxigênio dissolvido no sistema em função do tempo e respirograma obtido no segundo ensaio respirométrico (0,1 g tablete de microrganismos/L)



Conclusões

O tablete de microrganismos, nesse caso, não reduziu os odores desagradáveis dos sanitários durante o tempo em que foi utilizado.

No que diz respeito ao impacto no sistema urbano de esgoto sanitário os ensaios realizados em laboratório indicam que os tabletos de microrganismos, quando empregados segundo as recomendações do fabricante, não seriam capazes de produzir alterações significativas na composição da DBO do esgoto a ponto de comprometer o sistema de tratamento nas ETE. Ressalta-se, contudo, que os ensaios simulados neste estudo, com uma quantidade de tablete muito além do recomendado pelo fabricante, contribuíram para um acréscimo da DBO de 332%.

A elevação da DBO causada pelo acréscimo excessivo de tablete de microrganismos indica que, além do aumento de microrganismos, ocorre aumento na carga orgânica em função da composição do tablete.

Em concentrações extremamente elevadas o produto poderia promover alterações nas condições normais do esgoto, para as quais o sistema de tratamento poderia não estar preparado. Porém, as chances de um produto biológico como o tablete de microrganismos comprometer a eficiência do sistema de tratamento nas ETE são pequenas, uma vez que, numa situação de uso massivo de produtos como esse pela população, a concentração do produto não seria capaz de produzir alterações significativas.

Os resultados obtidos com o acréscimo de tablete de microrganismos nos ensaios respirométricos indicam que somente em condições críticas ocorrerá aumento da TCO, o que poderá comprometer o tratamento em uma estação de tratamento de esgoto.

Referências

ABREU, A. F. *et al.* Uso da Respirometria Para a Determinação Experimental da Cinética de Nitrificação. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Porto Alegre, 2000. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, ABES, 2000.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 21. ed. Washington, 2005.

ANDREOTTOLA, G. *et al.* Método Respirométrico Para o Monitoramento de Processos Biológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 14-23, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário: projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

CAMPOS, F. **Influência do Recebimento de Lixiviado de Aterro Sanitário Dobre o Tratamento de Esgoto em Processo de Lodo Ativado e Reator Integrado de Lodo Ativado Com Biofilme em Leito Móvel**. São Paulo, 2014. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CATUNDA, S. Y. C. *et al.* Fast Online Measurement of the Respiration Rate in Activated Sludge Systems. In: IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE, Bruxelas, 1996. **Proceedings...** Bruxelas, 1996.

GORMLEY, M.; BEATTIE, R.K. Derivation of an Empirical Frequency-Dependent Friction Factor for Transient Response Analysis of Water Trap Seals in Building Drainage Systems. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 31, n. 3, p. 221-236, 2010.

HUNG, H. C. K. *et al.* Industrial Experience and Research Into the Causes of SARS Virus Transmission in a High-Rise Residential Housing Estate in Hong Kong. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 27, n. 2, p. 91-102, 2006.

KELLY, D. A. *et al.* Pressure Transient Identification of Depleted Appliance Trap Seals: a sinusoidal wave technique. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 29, n. 3, p. 91-102, 2008.

RICHARD, M. **Activated Sludge Microbiology**. Virginia: The Water Pollution Control Federation, 1989.

VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G. V. R. **O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado**: teoria e aplicações para projetos e operações. Campina Grande: Epgraf, 1999.

VAZOLLÉ, R. F. *et al.* **Microbiologia de Lodos Ativados**. São Paulo: CETESB, 1989. Série Manuais CETESB.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento à pesquisa.

Verena Soares Fernandes

Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | Av. Prof. Almeida Prado n. 83, Trav. 1, Cidade Universitária | São Paulo - SP - Brasil | CEP 05508-000 | Tel.: (11) 3091-5458 | E-mail: verena.fernandes@usp.br

Lúcia Helena de Oliveira

Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | E-mail: lucia.helena@usp.br

Fábio Campos

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica | Universidade de São Paulo | Tel.: (11) 3091-5444 | E-mail: fcampos@usp.br

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro
Porto Alegre - RS - Brasil
CEP 90035-190
Telefone: +55 (51) 3308-4084
Fax: +55 (51) 3308-4054
www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido
E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br