



AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE LODO DE ETA SECO EM DIFERENTES LEITOS DE SECAGEM ARTESANAIS

JOÃO CARLOS POZZOBON¹; JULIANA FENNER RUAS LUCAS²;
LEONILDA CORREIA DOS SANTOS³; NORA DÍAZ MORA⁴

RESUMO: Uma possível destinação do lodo gerado em estações de tratamento de água é sua incorporação a massas cerâmicas para a produção de peças artísticas. Para tanto, faz-se necessária a secagem prévia do lodo e a remoção dos microrganismos presentes no mesmo. Assim, com o objetivo de identificar um mecanismo artesanal eficiente de pré-tratamento e desinfecção do lodo de ETA, avaliou-se dois diferentes arranjos de leito de secagem: sobre piso de concreto e suspenso em tela. Quantidades iguais de lodo proveniente da ETA Tamanduá - Foz do Iguaçu/PR foram submetidas às mesmas condições de secagem por 10 dias nos dois leitos, monitorando-se temperatura e umidade do material. Amostras de lodo *in natura* e do lodo seco nos leitos foram submetidas à análise microbiológica. Constatou-se que os dois leitos estudados foram eficientes na remoção de fungos e bactérias, eliminando a maior parte dos microrganismos encontrados no lodo *in natura*, considerando as condições ambientais obtidas neste experimento.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de resíduo. Lodo de ETA. Microbiologia.

1. INTRODUÇÃO

O processo convencional de tratamento de água, utilizado na maioria dos sistemas de abastecimento para o consumo humano, gera um lodo decantado com alto teor de umidade, formado por materiais inorgânicos, matéria orgânica e microrganismos (PORTELLA et al., 2003). Este resíduo em estações de tratamento de água (ETA) usualmente é destinado para aterros sanitários, contribuindo na redução da vida útil dos mesmos (ANDREOLI, 2001).

Com o intuito de melhor gerenciar a disposição final do lodo de ETA, o Laboratório de Materiais da UNIOESTE - *Campus* de Foz do Iguaçu tem estudado sua incorporação à massa

¹ UNIOESTE - jocapozzo@hotmail.com

² UNIOESTE - juliana_fenner@hotmail.com

³ UNIOESTE e Itaipu Binacional - leonildacorreia@gmail.com

⁴ UNIOESTE - noradiazmora@hotmail.com

cerâmica utilizada na produção de peças cerâmicas artísticas, em substituição parcial à argila normalmente usada nestas aplicações (POZZOBON; LUCAS; DÍAZ MORA, 2009a).

Para a referida aplicação, identificou-se que a utilização do lodo *in natura* pode comprometer o aspecto visual das peças devido a defeitos provenientes de impurezas presentes no lodo, fazendo-se necessária a secagem do lodo seguida de moagem e peneiramento (POZZOBON; LUCAS; DÍAZ MORA, 2009b).

Para viabilizar o aproveitamento do lodo em cerâmica artística, sugere-se o uso de leitos de secagem artesanais para minimizar os custos com o beneficiamento deste (MARAN et al., 2010), uma vez que a exposição ao sol promove a secagem natural do lodo sem o uso de energia elétrica.

Outro aspecto importante na utilização do lodo de ETA em artesanato refere-se à proteção da saúde dos artesãos. Considerando que o lodo *in natura* pode conter microrganismos patogênicos ao homem, torna-se imprescindível a adoção de técnicas de desinfecção do lodo associadas à secagem deste.

Diante do exposto, neste trabalho, avaliou-se a capacidade de redução de microrganismos de dois diferentes arranjos de leito de secagem: sobre piso de concreto e suspenso em tela, com o objetivo de identificar um mecanismo artesanal eficiente de pré-tratamento e desinfecção do lodo de ETA.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os microrganismos, que podem ser bactérias, fungos, protozoários, algas microscópicas ou vírus, vivem nos mais variados habitats da Terra, sendo encontrados em praticamente todos os lugares. Embora comumente associados a doenças, somente uma minoria dos microrganismos é considerada efetivamente patogênica (TORTORA; FUNKE; CASE, 2008).

Entretanto, alguns dos microrganismos que estão naturalmente presentes no ambiente e que não são considerados agentes patogênicos no sentido próprio podem causar enfermidades às pessoas cujos mecanismos de defesa são ou estão deficientes, sendo denominados, portanto, patógenos oportunistas. Exemplos desses agentes são: *Pseudomonas aeruginosa* e espécies de *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* e *Aeromonas*, que podem produzir infecções cutâneas e das mucosas do olho, ouvido, nariz e garganta, mediante o uso de água com elevada concentração destes. Algumas doenças graves podem ser contraídas a

partir da inalação de água onde se tenham multiplicado os organismos causadores, tais como a enfermidade do legionário (*Legionella* sp.) e as causadas pelas amebas *Naegleria fowleri* (meningoencefalite amebiana primária) e *Acanthamoeba* sp. (meningite amebiana, infecções pulmonares) (VIEIRA, 2003).

As amebas de vida livre constituem um grupo de protozoários de ampla dispersão ambiental, isoladas em praticamente todos os ambientes da água, do solo e do ar. Resistem a extremas condições de temperatura e de pH, bem como ao cloro e a outros sistemas de desinfecção. É considerada uma infecção oportunista, que ocorre principalmente em indivíduos debilitados [...] A porta de entrada da ameba pode tanto ser o trato respiratório quanto úlceras de pele [...] Outro aspecto importante é a possibilidade de associação entre algumas espécies de amebas de vida livre e bactérias. Várias espécies de bactérias patogênicas, como *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, *Legionella* spp, *Listeria monocytogenes*, entre outras, foram observadas no interior de amebas de vida livre (SILVA; ROSA, 2003, p. 2).

O *Staphylococcus aureus* é o agente mais comum de infecções piogênicas da pele e de regiões mais profundas. Quando na pele, recebem diferentes designações, tais como impetigo, foliculite (infecção de um folículo piloso decorrente de sua obstrução) e furunculose (infecção de folículos pilosos ou glândulas sebáceas obstruídas, com envolvimento do tecido celular subcutâneo), de acordo com a localização e outras características. Em indivíduos debilitados por doenças crônicas, traumas físicos, queimaduras ou imunosupressão, esse microrganismo pode causar infecções de caráter mais grave (TRABULSI et al., 1999).

Dentre os fungos, aproximadamente 300 espécies já foram descritas como alegizantes, sendo as mais conhecidas as pertencentes aos gêneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Penicillium*. A alergia a fungos manifesta-se, principalmente, com sintomas clínicos de asma brônquica e rinite. Micoses oportunistas são infecções cosmopolitas causadas por fungos de baixa virulência, que convivem pacificamente com o hospedeiro, mas, ao encontrar condições favoráveis, como distúrbio do sistema imunodefensivo, desenvolvem seu poder patogênico, invadindo os tecidos. Como fungos oportunistas, destacam-se *Aspergillus* spp., *Candida* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp. e *Cryptococcus neoformans* (TRABULSI et al., 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O lodo utilizado é proveniente da ETA Tamanduá da cidade de Foz do Iguaçu - PR. Este resíduo é composto por 31,6% Al_2O_3 , 24,1% SiO_2 , 18,6% Fe_2O_3 , 2,8%, SO_3 , 2,2% TiO_2 (mediante difração de raios X) e 35,9% de matéria orgânica (TARTARI, 2008).

O leito de secagem sobre piso de concreto (representado por LPC) consiste em uma superfície de concreto, revestida com uma base plástica removível, para facilitar o manuseio do lodo (Figura 1).



Figura 1: Leito de Secagem Sobre Piso de Concreto (LPC)

O leito de secagem suspenso em tela (representado por LST) consiste em uma peneira de tela metálica de 1,36 mm de abertura de malha, com 50 cm de diâmetro, mantida elevada a 15 cm da superfície de concreto por um suporte (Figura 2).



Figura 2: Leito de Secagem Suspenso em Tela (LST)

Os dois leitos foram dispostos um ao lado do outro com 3 kg de lodo de ETA *in natura* espalhados uniformemente sobre cada um. O lodo nos leitos ficou exposto à radiação solar por 10 dias (períodos), das 9h00min às 17h00min, entre os dias 10 e 29 do mês de março do ano corrente, na cidade de Foz do Iguaçu - PR.

Para evitar que os leitos fossem atingidos por precipitações atmosféricas, nos intervalos de tempo entre os períodos de exposição, assim como nos dias em que as condições

climáticas não eram favoráveis a secagem, os lodos eram retirados do local de secagem e guardados em sacos plásticos vedados em ambiente fechado.

Antes do primeiro período de exposição e ao final de cada período, amostras de lodo foram coletadas dos leitos para a realização do ensaio de umidade, conforme EMBRAPA (1997). Durante os períodos de exposição, monitorou-se a temperatura do lodo nos leitos a cada hora, com o auxílio de termômetros.

Com o intuito de analisar a periculosidade do lodo no manuseio do mesmo e a capacidade de desinfecção dos leitos, foi realizada a análise microbiológica em amostras de lodo *in natura* (antes da primeira exposição) e dos lodos secos nos leitos ao final do experimento. As análises foram feitas no Laboratório Ambiental da Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu - PR e consistiram em: identificação de fungos e de bactérias, quantificação de bactérias heterotróficas pela técnica *pour plate* e pesquisa parasitológica, sendo adotadas as metodologias apresentadas por Santos (2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O lodo utilizado apresentou umidade inicial média igual a 73,10%. Na Figura 3 é ilustrado o comportamento da umidade do lodo em LPC e LST.

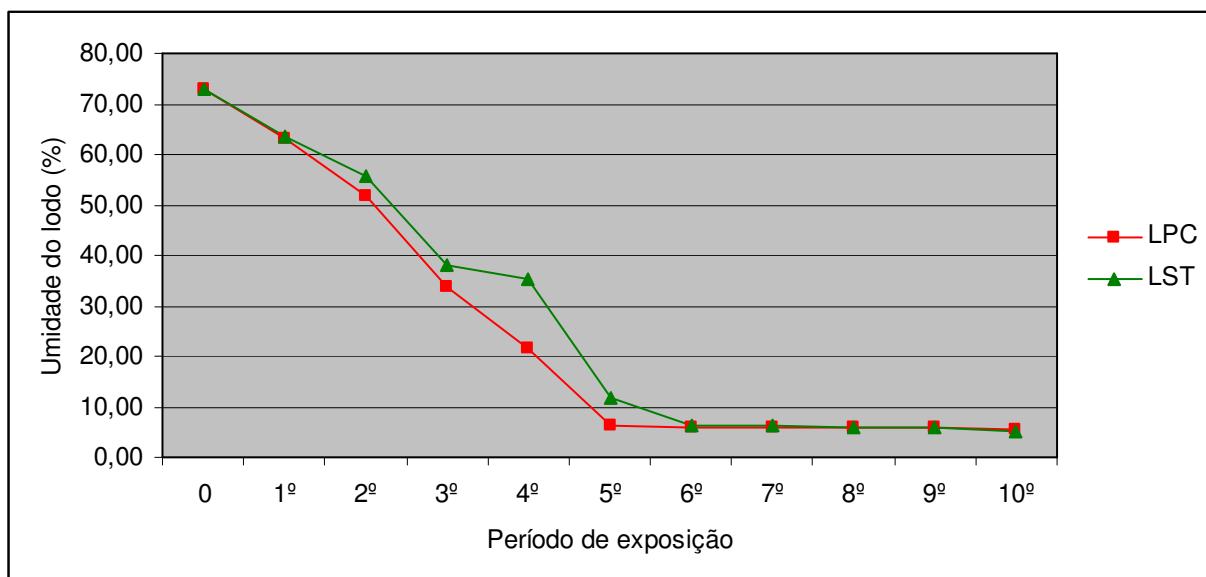


Figura 3: Redução da Umidade do Lodo nos Leitos

Na Figura 3, verifica-se o melhor desempenho de LPC na redução da umidade do lodo, com secagem mais acentuada do 1º ao 5º períodos, embora, a partir do 6º período, a diferença

de umidade entre LPC e LST tenha se mostrado pequena, e ao final do experimento, as umidades tenham sido iguais a 5,65% no LPC e 5,23% no LST.

Na Figura 4 é apresentado um gráfico com as temperaturas médias e máximas registradas nos leitos de secagem ao longo do experimento.

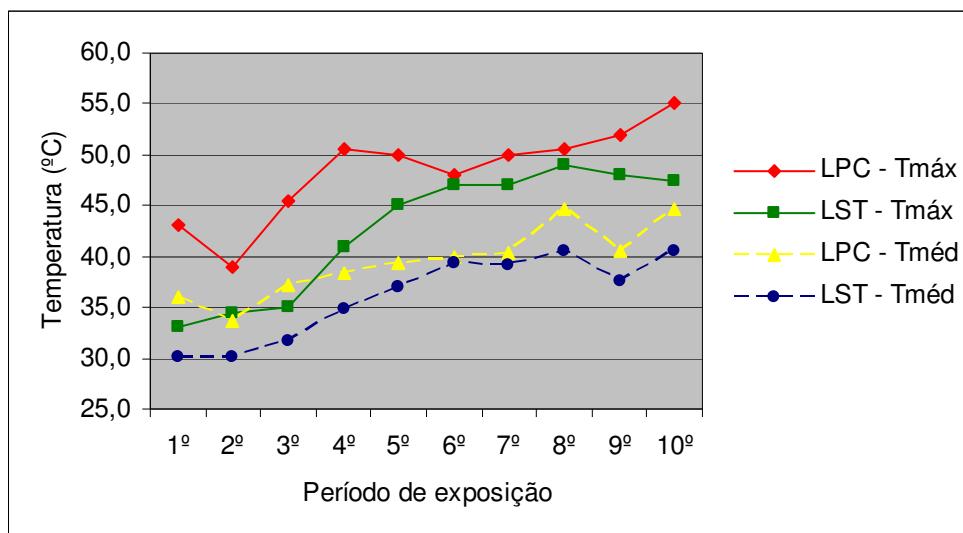


Figura 4: Temperaturas Máximas e Médias do Lodo nos Leitos

As temperaturas médias (linhas tracejadas) por período de exposição mostram-se superiores no lodo no LPC em relação ao lodo no LST. O mesmo se verifica com as temperaturas máximas (linhas contínuas) registradas em cada período, destacando-se que o lodo no LPC, no 10º período, atingiu 55 °C, a maior temperatura do experimento.

Na Tabela 1 é apresentado o resultado das análises microbiológicas realizadas.

Tabela 1: Análise Qualitativa de Microrganismos em Amostras de Lodo

Microrganismo	Lodo <i>in natura</i>	Lodo seco em LPC	Lodo seco em LST
Fungos:			
<i>Penicillium</i> sp.	X	-	-
<i>Mucor</i> sp.	X	X	X
<i>Aspergillus niger</i>	X	-	-
<i>Candida</i> sp.	X	-	-
<i>Cladosporium</i> sp.	-	X	-
Bactérias:			
<i>Proteus vulgaris</i>	X	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	X	-	-
<i>Providencia</i> sp.	X	-	-
<i>Citrobacter</i> sp.	X	-	-
<i>Bacillus</i> sp.	X	-	-

Na Tabela 1, analisando o lodo *in natura*, identificou-se a presença de microrganismos que podem causar doenças, principalmente em indivíduos com imunidade reduzida: o fungo *Aspergillus niger*, que pode produzir problemas respiratórios, e a bactéria *Staphylococcus aureus*, que é agente comum de infecções cutâneas (KUMAR; ABBAS; FAUSTO, 2005). A quantificação de bactérias heterotróficas neste lodo foi de 8.226 UFC/g, sendo considerados aceitáveis valores de até 10.000 UFC/g (SANTOS, 2010). Ante esses resultados, ressalta-se a necessidade de cuidados na manipulação do lodo *in natura* por parte dos artesãos.

Nos lodos secos nos leitos, além da ausência de bactérias, identificou-se apenas o fungo *Mucor* sp., o que indica eficiência dos leitos na remoção dos microrganismos inicialmente presentes no lodo, pelo menos nas condições obtidas no experimento, considerando que este resultado depende das temperaturas máximas alcançadas nos leitos e o tempo de exposição do lodo a estas temperaturas e à radiação solar.

Na Tabela 2 é apresentado o resultado das análises parasitológicas realizadas:

Tabela 2: Determinação Parasitológica de Amostras de Lodo

Pesquisa	Lodo <i>in natura</i>	Lodo seco em LPC	Lodo seco em LST
<i>Acanthamoeba</i> sp. viáveis	-	-	-
Cistos, larvas e ovos de parasitas	-	X	-

Na Tabela 2, verifica-se a ausência de *Acanthamoeba* sp. viáveis assim como de cistos, larvas e ovos de parasitas em todas as amostras de lodo, exceto no lodo seco em LPC, que apresentou uma larva de nematóide de vida livre, pertencente à biota do solo, não patogênico ao homem. Este resultado positivo, assim como a presença do fungo *Cladosporium* sp. na mesma amostra de lodo (Tabela 1), indicam uma contaminação durante o processo de secagem ou posterior a este, uma vez que estes microrganismos não foram identificados no lodo *in natura*.

5. CONCLUSÕES

Os dois leitos foram eficientes na remoção de fungos e bactérias, eliminando a maior parte dos microrganismos inicialmente encontrados no lodo *in natura*, considerando as condições ambientais obtidas neste experimento.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório Ambiental da Itaipu Binacional, à Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná e ao Programa C&T do Parque Tecnológico Itaipu.

7. REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C.V. **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

KUMAR, V; ABBAS, A.K.; FAUSTO, N. **Robbins y Cotran**: patología estructural y funcional. Elsevier: Madrid, 2005.

MARAN, M.A.; POZZOBON, J.C.; LUCAS, J.F.R.; DÍAZ MORA, N. Avaliação de leitos de secagem de lodo artesanais para a utilização em cerâmica artística. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 54., 2010, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABC, 2010.

PORTELLA, K.F.; ANDREOLI, C.V.; HOPPEN, C.; SALES, A. BARON, O. Caracterização físico-química do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna - Curitiba - PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 22., 2003, Joinville. **Anais...** Joinville: ABES, 2003.

POZZOBON, J.C.; LUCAS, J.F.R.; DÍAZ MORA, N. Avaliação de métodos de tratamento do lodo de ETA para a utilização em cerâmica artística. In: CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, 4., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: UNIOESTE, 2009b.

POZZOBON, J.C; LUCAS, J.F.R; DÍAZ MORA, N. Estudo preliminar para a utilização de lodo de ETA para a produção de cerâmica artística. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2009, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 2009a.

SANTOS, L.C. dos. **Laboratório ambiental**. 2. ed. Cascavel: EDUNIOESTE, 2010.

SILVA, M.A. da; ROSA, J. A. da. Isolamento de amebas de vida livre potencialmente patogênicas em poeira de hospitais. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 37, n. 2, abr. 2003.

TARTARI, R. **Incorporação de lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, como aditivo em massa para cerâmica vermelha**. 2008, 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE,C.L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F.; GOMPERTZ, O.F.; CANDEIAS, J.A.N. **Microbiologia**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 1999.

VIEIRA, M.B.C.M. Controle microbiológico da água. In: COUTO, R.C.; PEDROSA, T.M. G.; NOGUEIRA, J.M. **Infecção hospitalar**: e outras complicações não infecciosas da doença. 3. ed. Rio de Janeiro: MEDSI, 2003.