Incorporação de lodo e areia de ETE em blocos para construção civil: avaliação do crescimento de fungos

Incorporation of sludge and sand from a wastewater treatment plant in building materials: an evaluation on fungal growth

Flávia Tavares Colpas (*)

Bacharel em Ciências Biológicas pela UNESP (2000) e Máster em Tecnologia Ambiental pela Universidade Autônoma de Barcelona, Espanha (2008). Desde 2009, atua como bióloga do Laboratório de Microbiologia, TOQ/SABESP.

Aguinaldo Jacob de Oliveira

Licenciado em Ciências Biológicas pela UNASP (2006) e especialista em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético pelo IEE/USP. Desde 2007, atua como biólogo do Laboratório de Microbiologia, TOQ/SABESP.

Beatriz Brito Viana

Licenciada em Ciências Biológicas pela UNASP (2002). Desde 2004, atua como bióloga do Laboratório de Microbiologia, TOQ/SABESP.

Lígia Marino

Bacharel em Ciências Biológicas pela UNG (1987) e especialista em Gestão Ambiental pela FSP/USP (2002). Desde 2004, atua como encarregada do Laboratório de Microbiologia, TOQ/SABESP.

Marcelo Morgado

Engenheiro químico pelo IME (1983), especialista e Administração pela FGV-SP (1989) e em Gestão Ambiental pela UNICAMP (1996), e engenheiro de segurança pela UNITAU (1999). Desde 2007, atua como assessor de meio ambiente da Presidência/SABESP.

Ricardo Avari

Licenciado em Ciências Biológicas pela UNINOVE (1998) e especialista em Saúde Pública pelo CRBio (2009). Desde 2009, atua como biólogo do Laboratório de Microbiologia, TOQ/SABESP.

Endereço para correspondência (*):

Rua Conselheiro Saraiva, 519 – Santana – São Paulo – São Paulo – 02037-021 – Brasil - Tel: +55 (11) 2971-4163 - Fax: +55 (11) 2971-4177 - e-mail: fcolpas@sabesp.com.br.

Data de entrada: 10/09/2010 Data de aprovação: 21/02/2010

RESUMO

Este trabalho verificou a influência da composição e estrutura de blocos contendo lodo e areia da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Barueri sobre o crescimento do bolor *Aspergillus niger*. Experimentos comparando blocos de lodo a convencionais foram conduzidos com material seco e fresco. *A. niger* cresce mais lentamente quando quaisquer dos blocos ou tijolos triturados são incorporados ao meio de cultura, comparado ao controle. Este fungo cresce de forma limitada em alguns materiais saturados de água, mas não sobre materiais triturados e úmidos. O crescimento em

meio de cultura contendo lodo fresco autoclavado também é limitado. São discutidos possíveis fatores e condições que influenciariam o crescimento de bolores sobre materiais de construção contendo lodo e areia de ETEs.

ABSTRACT

This work verified how the composition and structure of bricks containing sludge and sand produced at the Barueri's Wastewater Treatment Plant (WWTP) affect the growth of the mould *Aspergillus niger*. Experiments compared sludge bricks to conventional ones, using dry and fresh materials. *A. niger* grows more slowly (compared to the control) when any of the powdered materials are incorporated to the culture media. This fungus showed a limited growth in some water-saturated fragments, but was not capable of growing on the humid, powdered bricks. Growth on media containing fresh sludge was also limited. Possible factors and conditions influencing the growth of moulds on building materials containing sludge and sand from WWTPs are discussed.

Palavras-chave: blocos de lodo; reciclagem de lodo de ETE; *Aspergillus niger*

Key words: sludge bricks; WWTP residues recycling; *Aspergillus niger*

INTRODUÇÃO

Os processos de tratamento de água e de esgotos geram, diariamente, importantes quantidades de lodo e areia, os quais devem receber destinação final adequada no ambiente. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) tem entre seus objetivos de gestão ambiental fomentar formas de reciclagem dos resíduos sólidos gerados em seus processos e inclusive considera a possibilidade de favorecer o uso de materiais obtidos em suas obras, em linha com a política de compras/contratações sustentáveis do governo do estado de São Paulo (gestão 2007-2010). Nesse sentido, a Sabesp foi contatada em 2008 pela empresa CBTAG – Companhia Brasileira de Tecnologia e Automação de Gás, que propôs fabricar blocos de cimento com resíduos do tratamento de esgotos. Os ensaios iniciais avaliaram a eficiência da desinfecção via autoclavagem por 30 minutos a 121°C, a absorção de água, a estabilidade dimensional e resistência à compressão conforme NBR 12118/2006, a caracterização química e classificação conforme NBR 10004 (bloco e lodo e areia autoclavados), bem como a colimetria fecal dos materiais autoclavados.

A relevância ambiental da proposta está em:

- Redução do consumo de matérias-primas minerais com impactos associados à sua extração;

- Não ocupação de áreas de aterro com disposição de lodo e areia. Adicionalmente, esta água com matéria orgânica presente deixaria de compor o chorume no aterro, pois passaria a ser incorporada na reação com o cimento;
- Previsão de aquecimento da autoclave com uso de gases quentes e vapores oriundos da queima de biogás para produzir energia, o que aumenta a eficiência do ciclo (processo de cogeração que, de outro modo, seria limitado ao aquecimento dos biodigestores).

No entanto, a incorporação destes subprodutos em materiais para construção civil deve garantir tanto sua qualidade, como a segurança ambiental. A reutilização de um resíduo deve considerar a possibilidade de substituir uma matéria-prima convencional de um processo ou produto, desde que essa utilização não cause incremento às emissões do processo produtivo ou traga implicações ao meio ambiente e à saúde ocupacional e pública, além de não alterar a qualidade do produto e de possibilitar que no fim de sua vida útil o novo produto seja gerenciado da mesma forma que o produto original.

Estudos sobre a incorporação de lodo de Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) em materiais de construção cerâmicos relatam que tais produtos apresentam, em geral, menor resistência à compressão e maior absorção de água (comparado a tijolos convencionais), características associadas em grande medida à maior quantidade de material orgânico presente (MOREIRA et al., 2001; LIEW et al., 2004; NUVOLARI, 2004; HEREK et al., 2009). A inclusão de indicadores microbiológicos como um dos controles de qualidade dos materiais contendo lodo de ETAs e ETEs é bastante pertinente, já que uma maior absorção de água poderia ocasionar aumento de organismos que crescem sobre superfícies úmidas, tais como bolores (MOULD, 2010).

Estes organismos, embora incapazes de obter a umidade necessária ao seu desenvolvimento diretamente da atmosfera, podem obtê-la de substratos que absorvem a umidade do ar quando esta se encontra entre 60 e 100%. Quanto mais higroscópico um material, mais suscetível ele será ao crescimento de bolores. Substratos adequados incluem fibras de carpete, gesso, concreto e tijolos, entre outros, respeitados conteúdos mínimos de umidade entre 10 e 14%. Além disso, em um cômodo podem existir superfícies que têm menor temperatura que o cômodo como um todo (MOULD, 2010).

Consequentemente, embora o teor de umidade seja o mesmo em todo o ambiente, a umidade relativa adjacente a uma parede mais fria será maior. Onde o ar úmido permeia um material poroso como concreto, tijolos ou gesso pode haver condensação intersticial. Isto então agiria como um reservatório de água que permitiria o crescimento de bolores sob condições ambientais que normalmente secariam estas superfícies e preveniriam seu crescimento. E, uma vez que não necessitam de muita água para crescer, pequenas condensações em banheiros, paredes de porões, áreas próximas de janelas, fontes ou pias são suficientes para que cresçam.

O problema reside no fato de que, à medida que crescem, os bolores digerem tudo aquilo sobre o que estão crescendo, podendo desta forma danificar edificações e, eventualmente, causar danos estruturais (USEPA, 2010).

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da composição e estrutura de blocos contendo lodo e areia da ETE Barueri (blocos de lodo) sobre o crescimento do bolor *Aspergillus niger*, conhecido por causar a deterioração de diversos materiais e por estar comumente associado à presença de matéria orgânica (USEPA, 1997).

Os testes compararam blocos de lodo e tijolos convencionais, pintados ou não com tinta acrílica imobiliária. A relevância é verificar se a matéria orgânica remanescente, encapsulada nos blocos de cimento poderia torná-los vulneráveis à formação de mofo, em especial caso naqueles utilizados na construção de banheiros, vestiários, saunas, estações de bombeamento, etc.

Especificamente, este trabalho objetiva verificar:

- (1) Se a substituição da sacarose, fonte de carbono do meio de cultura utilizado, por blocos e tijolos triturados afeta o crescimento de *A. niger* em placas de Petri, ou seja, se estes materiais contendo graus variados de matéria orgânica podem ser usados como nutriente;
- (2) Se *A. niger* é capaz de se desenvolver diretamente sobre blocos e tijolos de porosidade variável (e, portanto, capacidade de absorção de água variável), quando estes estão saturados de água e/ou impermeabilizados com tinta acrílica;
- (3) Se *A. niger* é capaz de se desenvolver diretamente sobre o lodo bruto ou autoclavado, verificando, desta forma, como o fator 'degradação da matéria orgânica' afetaria seu crescimento.

METODOLOGIA

Os experimentos aqui propostos testam a hipótese de maior crescimento de fungos em blocos de lodo em função do seu teor de matéria orgânica (efeito nutriente) e de sua capacidade de absorção de água (efeito higroscópico).

Materiais

Foram utilizados blocos com lodo e areia incorporados, resultantes do processo de tratamento de esgotos da ETE Barueri/Sabesp. Os blocos foram produzidos após mistura dos insumos, prensagem e cura por 21 dias, até obtenção de resistência à compressão satisfatória, conforme atestado por laudos técnicos. Segundo testes de solubilização e lixiviação, estes blocos foram classificados como produtos não perigosos e não inertes (classe II-A). Testes microbiológicos realizados no lodo e areia esterilizados demonstraram a eliminação de organismos patogênicos (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Shigella sp.*, *Salmonella sp.* e *Candida albicans*), bactérias (aeróbias e coliformes) e fungos (bolores e leveduras). Para comparação, neste trabalho foram testados também blocos de cimento e tijolos "ecológicos" (ambos prensados, não queimados), além

de tijolos cerâmicos (extrudados e queimados).

Características dos blocos de cimento com lodo e areia

Usou-se um bloco de cimento fabricado em set/2008 pela CBTAG. O lodo utilizado foi coletado após passagem pelo digestor de lodo secundário da ETE. O lodo e a areia foram processados pela CBTAG através de autoclavagem por 1h a 140°C em equipamento de laboratório e, após esfriamento, foram misturados ao cimento e pó de pedra. Os blocos foram fabricados com os seguintes insumos:

- 8% v/v de lodo digerido bruto (a água serviu para a reação com o cimento) e autoclavado (umidade: 41,3% e pH a 50%: 7,96);
- 70% v/v de areia retirada do sistema de desarenação da ETE, submetida à lavagem para remoção de detritos grosseiros e da fração de matéria orgânica aderida e autoclavada (umidade: 0,54% pp e pH a 50%: 5,40);
- 17% v/v cimento CP5;
- 5% v/v de pó de pedra (fração fornecida por pedreiras, contendo também pedrisco).

Preparação do inóculo

Para a inoculação foi utilizado o fungo saprófita *Aspergillus niger*, cepa ATCC 16404, com concentração $>10^5$ UFC.mL⁻¹ (Cefar Diagnóstica®). O fungo liofilizado foi embebido em 1mL de meio Czapek líquido, produzindo uma suspensão. Esta suspensão foi transferida com auxílio de uma alça para placas contendo meio Czapek sólido (ATLAS, 2006), incubadas em câmaras da marca Logen®, nas seguintes condições: $30 \pm 2^\circ\text{C}$, fotoperíodo de 12h luz/12h escuro e saturação de umidade. Colônias com 36-72 horas de idade foram utilizadas para as inoculações, realizadas pela transferência de blocos de ágar (contendo micélio e esporos) da região marginal das placas para o centro de placas e blocos-teste. Todos os procedimentos envolvendo *A. niger* foram realizados em câmara de fluxo laminar ou próximos a um bico de Bunsen.

Efeito nutrienste

Blocos de cimento com lodo (BL), blocos de cimento “normais” (BN), tijolos ecológicos (TE) e tijolos cerâmicos “normais” (TN) foram triturados até atingir granulometria fina e incorporados ao meio Czapek (ATLAS, 2006), próprio para o crescimento de fungos do gênero *Aspergillus* (KIRK, 1992). Os materiais triturados, bem como o meio de cultura, foram autoclavados imediatamente antes do uso. Para os tratamentos (BL, BN, TE e TN), a sacarose do meio foi substituída pelos respectivos materiais triturados, na mesma proporção de 3% p/v. Esta fonte de carbono (sacarose) foi mantida nos controles. Cada placa recebeu, então, um bloco de ágar de cerca de 8 mm de diâmetro contendo micélio e esporos de *A. niger*. A seguir, foram vedadas com fita adesiva e incubadas por uma semana, nas condições descritas anteriormente. As placas foram acompanhadas diariamente, utilizando-se o crescimento radial das colônias como variável controle. As medidas foram realizadas com auxílio de uma régua milimétrica, considerando-se sempre o maior diâmetro. O experimento

foi interrompido quando o crescimento dos controles foi completado (colônias atingindo as margens das placas).

Efeito higroscópico

Fragmentos de aproximadamente 8x8 cm dos blocos (BL e BN) e tijolos (TE e TN), pintados ou não com tinta acrílica, foram imersos em água por 3 horas para sua completa saturação, segundo experimento prévio. Usou-se tinta Coral Acrílica®, cor branco gelo, aplicando-se quatro demãos do produto, a cada 2 ou 3 horas, após secagem ao sol. Fragmentos secos foram utilizados como controles. Todos os materiais (tratamentos e controles) foram inoculados com *A. niger*, como no experimento anterior. Os blocos e tijolos foram, então, envolvidos por sacos plásticos para evitar a contaminação por esporos do fungo a partir de outros tratamentos, assim como para manter a umidade. A incubação seguiu as mesmas condições: $30 \pm 2^\circ\text{C}$, 12h/12h (luz/escuro) e 100% de umidade. O crescimento do fungo foi acompanhado nestes fragmentos por 10 dias. O desenvolvimento de *A. niger* foi também seguido em placas contendo aproximadamente 15 gramas (3 mm de espessura) dos diferentes materiais - BL, BN, TE e TN - umedecidos com 8-10 mL de água destilada. As placas foram inoculadas, vedadas e incubadas como já descrito.

Outros efeitos

Para testar se a matéria orgânica contida nos blocos de lodo não teria se degradado/mineralizado no período entre sua produção e a realização destes testes, um novo experimento utilizando lodo fresco foi realizado.

Estes testes também serviram para tentar esclarecer o porquê dos primeiros resultados terem indicado menor crescimento nos blocos com lodo em relação aos normais, que poderia estar associado ao encapsulamento da matéria orgânica ou a própria reação do cimento, alterando o pH e gerando produtos eventualmente tóxicos para o fungo.

Assim resolveu-se testar o lodo bruto como meio de suporte isolado. O crescimento de *A. niger* foi avaliado em: (1) meio de cultura controle (Czapek), (2) meio de cultura com lodo autoclavado, (3) meio de cultura com lodo bruto, (4) lodo autoclavado isoladamente e (5) lodo bruto isoladamente.

O lodo (autoclavado ou bruto) foi incorporado ao meio de cultura na mesma proporção utilizada no primeiro teste, ou seja, 3% p/v em substituição à sacarose. *A. niger* foi inoculado e incubado como descrito previamente.

O pH destes meios, bem como o de suspensões dos diferentes blocos/tijolos, foi verificado através de tiras indicadoras 0-14 Merck®.

Análise estatística

Foram utilizadas três a cinco repetições por tratamento, em um delineamento inteiramente casualizado.

Os dados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias, com ou sem transformação, justificando a utilização de testes paramétricos.

Os resultados foram avaliados segundo Análise de Variância de um fator, sendo as médias comparadas através do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS

Quanto ao efeito nutriente dos blocos e tijolos testados, verificou-se que *A. niger* é capaz de crescer em quaisquer dos meios contendo material triturado, porém de forma mais lenta que no controle (Tabela 1).

Nas placas-controle, o fungo completou seu crescimento entre 72 e 96 horas após a inoculação, momento em que se detectou diferença estatística significativa entre os tratamentos ($F(4,10)=3,48$; $P<0,05$).

Também se observou que não havia diferença no desenvolvimento de *A. niger* quando se comparavam os diferentes materiais entre si, fossem eles blocos de lodo, blocos normais, tijolos ecológicos ou tijolos normais, mas sim entre estes tratamentos e o controle (Tukey(5,10)=1,84; $P<0,05$; Figura 1).

Tabela 1. Diâmetro das colônias em centímetros (média de 3 repetições $\pm$ desvio-padrão) de *Aspergillus niger* em placas contendo blocos ou tijolos incorporados, 24, 48, 72 e 96 horas após a inoculação (BN: bloco normal, BL: bloco de lodo, TN: tijolo normal, TE: tijolo ecológico).

TRATAMENTO	TEMPO			
	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
Controle	1,70 $\pm$ 0,17	4,97 $\pm$ 1,10	7,53 $\pm$ 0,81	8,00 $\pm$ 0,00
BN	1,53 $\pm$ 0,21	2,40 $\pm$ 0,53	3,03 $\pm$ 0,35	3,67 $\pm$ 0,80
BL	1,23 $\pm$ 0,42	2,37 $\pm$ 0,40	2,40 $\pm$ 0,44	3,00 $\pm$ 0,20
TE	1,07 $\pm$ 0,29	1,67 $\pm$ 0,47	1,70 $\pm$ 0,44	2,07 $\pm$ 0,29
TN	1,83 $\pm$ 0,12	2,37 $\pm$ 0,55	3,70 $\pm$ 0,41	4,60 $\pm$ 1,21

Figura 1. Diâmetro das colônias em centímetros (média de 3 repetições, com barras de erro-padrão) de *Aspergillus niger* em placas contendo blocos ou tijolos incorporados, 24 horas após a inoculação (BN: bloco normal, BL: bloco de lodo, TN: tijolo normal, TE: tijolo ecológico). Letras diferentes significam diferença estatística, segundo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao efeito higroscópico, não se observou crescimento radial do fungo sobre a superfície dos blocos de lodo, blocos normais ou tijolos ecológicos, independentemente de estarem pintados ou não com tinta acrílica (Figura 2).

Já nos tijolos úmidos, do tipo normal (TN), houve crescimento de colônias isoladas sobre a superfície dos fragmentos.

A observação sob lupa evidenciou que estas colônias eram formadas por hifas originadas dos blocos centrais de ágar, mas também de esporos que se dispersaram a partir dele.

No teste de absorção realizado previamente, este foi o material que mais absorveu água (aproximadamente 14%), seguido pelos tijolos ecológicos (11%), blocos normais (5%) e blocos de lodo (1%).

Curiosamente, nos tijolos normais e úmidos também se observou a colonização das tiras de cartolina que envolviam os fragmentos. Por outro lado, quando se testou o efeito higroscópico nos blocos e tijolos triturados, não se observou crescimento dos fungos sobre quaisquer dos materiais.

Os testes com lodo fresco revelaram que *A. niger* foi capaz de crescer apenas nas placas-controle e no meio contendo lodo autoclavado (Figura 3). Em meio de cultura contendo lodo bruto, o fungo não foi capaz de se desenvolver, provavelmente, em função da grande proliferação de bactérias provenientes do material de origem. A diferença de crescimento entre os meios testados foi estatisticamente significativa ($F(4,20)=2,86$; $P<0,05$).

O teste de médias revelou que, 24 horas após a inoculação, o crescimento de *A. niger* nas placas controle foi maior que nos demais tratamentos e que o desenvolvimento do fungo em meio+lodo autoclavado foi maior que em meio+lodo bruto ou em lodo isoladamente (Tukey(5,20)=4,23; $P<0,05$).

Valores de pH neutros (7,0) foram observados para o lodo (autoclavado ou bruto) e os meios que os continham, assim

como para a suspensão de blocos de cimento normais (BN). Por outro lado, as suspensões de blocos de lodo (BL) e de tijolos ecológicos (TE) mostraram-se bastante alcalinas (entre 10,0-11,0), enquanto aquela de tijolos cerâmicos normais (TN) foi levemente ácida (entre 6,0-7,0).

Figura 2: Desenvolvimento de *Aspergillus niger* em fragmentos de blocos de lodo (BL), 10 dias após a inoculação. A-B (não pintados): fragmentos saturados de água e secos, respectivamente, C-D (pintados): fragmentos saturados de água e secos, respectivamente.

Figura 3. Desenvolvimento de *A. niger* em meio Czapek (A) e meio contendo lodo autoclavado (B), 96 horas após a inoculação.

DISCUSSÃO

Os testes aqui apresentados indicam que, nas condições experimentais propostas, *Aspergillus niger* cresce mais lentamente em meios de cultura contendo blocos ou tijolos triturados incorporados (comparado aos controles), não se observando diferença dos materiais entre si. Vale salientar que neste experimento a fonte de carbono do meio de cultura (sacarose) foi substituída por matrizes complexas contendo lodo, areia, cimento, pedra, solo e outros materiais, o que significa grande variação de sua natureza química, notadamente do teor de matéria orgânica, minerais, metais pesados, substâncias tóxicas e metabólitos e compostos bioativos. Portanto, a determinação do agente causal neste caso dependeria de um conhecimento mais aprofundado da composição dos blocos e tijolos testados.

Os testes para verificação do efeito higroscópico demonstraram que este organismo é capaz de crescer sobre alguns materiais intactos, previamente saturados em água, mas não é capaz de crescer diretamente sobre quaisquer dos materiais triturados. Assim, fica evidente a importância da porosidade dos blocos/tijolos e, conseqüentemente, de sua capacidade de absorver água sobre o crescimento destes bolores. De qualquer forma, *A. niger* pode ter sido influenciado pela indisponibilidade dos nutrientes presentes nos diferentes materiais nestas condições, pela quantidade inadequada de água, bem como por um intervalo de tempo demasiado curto para que crescesse. Para investigar a possibilidade de mineralização da fração orgânica dos blocos por ação bacteriana, o que poderia ter ocorrido entre a produção do material e a realização destes testes, novo experimento foi realizado com lodo fresco.

Este teste também permitiu avaliar o lodo bruto e autoclavado isoladamente como meios suporte, sem os eventuais efeitos advindos do encapsulamento e de produtos de reação da cura do cimento. Aqui se observou que este bolor não é capaz de crescer diretamente sobre lodo (autoclavado ou bruto), sendo capaz de se desenvolver apenas no meio controle e em meio contendo lodo autoclavado, porém de modo limitado. Verificou-se ainda que a composição dos blocos de lodo o torna bastante alcalino, o que poderia ser um dos responsáveis pelo não desenvolvimento de *A. niger*. Isto porque as condições ideais de pH para crescimento de *A. niger* e de fungos, segundo a literatura geral, são normalmente ácidas.

CONCLUSÕES

Quando se trata do desenvolvimento de *A. niger*, os resultados aqui apresentados evidenciam desempenho igual ou superior sobre os blocos de lodo quando comparado aos blocos comuns e tijolos de solo-cimento testados. Isto indicaria que a incorporação de lodo a blocos para construção civil provavelmente não irá criar vulnerabilidade à formação de bolores. Para corroborar esta observação e garantir a qualidade dos blocos de lodo com relação ao crescimento de fungos, seria necessário testar sequencialmente um maior número de blocos, de diferentes lotes de produção. Também seria

interessante investigar diferentes condições experimentais e outros organismos-teste, além do efeito do cimento como inibidor do crescimento de fungos. O fato do fungo não crescer diretamente sobre o lodo bruto ou autoclavado aponta para as seguintes causas prováveis: 1) no caso do lodo bruto a alta concentração de bactérias presentes é inibidora; 2) no caso do lodo autoclavado, sua composição em si não reuniria nutrientes e condições propícias.

AGRADECIMENTOS

Aos biólogos, estagiários e funcionário do Laboratório de Microbiologia, TOQ/Sabesp, pessoal da ETE Barueri, Marco Seidenberg, da TN/Sabesp, e CBTAG.

REFERÊNCIAS

- ATLAS, R.M. Handbook of microbiological media for the examination of food. Boca Raton, CRC Press. 464p. 2006.
- HEREK, L.C.S.; SILVA JÚNIOR, A.T.; PAVEZZI, C.C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C.R.G., Incorporação de lodo de lavanderia industrial na fabricação de tijolos cerâmicos. Cerâmica. São Paulo, v.55, 326-331. 2009.
- KIRK, P.M. Taxonomy and identification of filamentous fungi. Campinas, Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia "André Tosello". 1992.
- LIEW, A.G.; IDRIS, A.; WONG, C.H.K.; SAMAD, A.A.; NOOR, M.J.M.M.; BAKI, A.M. Incorporation of sewage sludge in clay brick and its characterization. Waste Management Research. Londres, v.22, 226-233. 2004.
- MOREIRA, A.H.; OLIVEIRA, R.M.; LIMA, P.D.S. Efeito da adição de lodo de águas residuais da indústria têxtil nas propriedades de materiais de construção. Cerâmica. São Paulo, v.47, 158-162. 2001.
- MOULD prevention. Health and Energy. Disponível em: <<http://healthandenergy.com>>. Acesso em: jan. 2010.
- NUVOLARI, A. Inertização de lodo de esgoto em tijolos cerâmicos maciços: aspectos tecnológicos e ambientais. 2004. 238p. Tese (doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 40 CFR, Part 503: Standards for the use or disposal of sewage sludge, USA, 1993.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Biotechnology program under toxic substances: *Aspergillus niger* final risk assessment, USA, 1997.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Biennial Review of 40 CFR Part 503 as required under the Clean Water Act, USA, 2009.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Mold Web Course. PDF Version, USA, 2010.