



REAPROVEITAMENTO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA PRODUÇÃO DE TIJOLOS

Poliana Arruda Fajardo¹
Valdir Francisco da Silva²

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos (sólidos e líquidos)

Resumo

O objetivo deste trabalho é discutir dados de um relatório da Petrobrás sobre a viabilidade técnica da incorporação dos lodos de uma ETA e uma ETE em massa argilosa para a produção de tijolos, no que se refere à resistência à compressão, presença de substâncias químicas nocivas e toxicidade biológica. A inovação dessa pesquisa é o reaproveitamento dos dois lodos do saneamento básico, cuja destinação é dificultada devido às suas características químicas e biológicas, para a produção de tijolos. A discussão desses dados é importante, já que um número expressivo de pesquisas utiliza somente um desses tipos de lodo para a produção de materiais cerâmicos. As análises de resistência à compressão foram realizadas por um laboratório da Universidade de São Paulo; as análises químicas, pelo Centro de Qualidade Analítica e as de toxicidade pelo Bioagri, todos laboratórios externos, conforme solicitações da CETESB. Entre os principais resultados, destacam-se: o aumento da resistência à compressão; a presença de algumas substâncias químicas que impediriam a destinação desses tijolos diretamente ao solo; e ainda a praticamente inexistência de toxicidade biológica dos tijolos. Considera-se que a incorporação dos lodos da ETA e ETE pesquisadas em massa argilosa para a produção de tijolos é uma alternativa viável, dos pontos de vista ambiental e tecnológico, além dos fatos de que esse tipo de produto está inserido no conceito de Economia Circular e também pode trazer grandes benefícios no âmbito da gestão ambiental.

Palavras-chave: ETA; ETE; Reutilização; Resistência; Toxicidade.

¹Prof. Dra. (orientadora), consultora científica e ambiental, parceira da Allevant Educação, poliarruda@gmail.com.

²Engenheiro ambiental, técnico de operações da Petrobrás, 539112@ead.ufscar.br.



INTRODUÇÃO

Em indústrias de diversos segmentos, a água tem papel importante em várias etapas do processo de fabricação. No caso de refinarias de petróleo, é fundamental nos processos de produção de combustíveis, como na fase líquida, cujo objetivo principal é o resfriamento das unidades e equipamentos de processo, e na fase de vapor d'água, para aquecimento e refino do petróleo cru.

Para o refino do petróleo, se faz necessário um tratamento prévio dessa água, como ocorre na Estação de Tratamento de Água da Refinaria de Paulínia - SP (ETA/Replan), uma das unidades da Petrobrás do estado de São Paulo, onde a água recebe o tratamento adequado para cada etapa de fabricação de combustível.

A estação de tratamento ETA/Replan é de ciclo completo e possui as etapas: pré-sedimentação, pré-cloração, coagulação/floculação, decantação, filtração e cloração, que são complementadas por outras etapas pertinentes à geração de vapor.

Como em todo processo de produção, entretanto, durante o tratamento da água são gerados resíduos que necessitam de uma destinação adequada para não causar impactos ambientais e não comprometer seus locais de descarte. No tratamento de água da ETA/Replan, assim como de ETA que realizam o tratamento de água dos municípios, o principal resíduo gerado é o lodo, proveniente principalmente das etapas de coagulação/floculação e decantação.

Por outro lado, toda a água já utilizada nos processos de fabricação também necessita de tratamento antes de sua devolução aos corpos d'água receptores, pois pode causar impactos nocivos ao meio ambiente, o que é realizado pelas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários ou de Efluentes – ETE.

Os vários tratamentos de esgoto sanitário geram resíduos, como os do tratamento preliminar ou mesmo gases provenientes de reações aeróbicas e anaeróbicas. Mas, o resíduo com maior quantidade e destinação mais difícil é o lodo, a exemplo do que acontece com as ETA (FAJARDO, 2019), o que se aplica também à ETE industrial.

Embora diferentes em sua constituição, tanto o lodo de ETA quanto o de ETE não podem ser descartados em quaisquer locais, pois apresentam características físicas,

químicas e biológicas que podem causar impactos negativos ao meio ambiente. É importante, assim, que sejam realizadas pesquisas quanto à destinação adequada para ambos os lodos, como por exemplo, sua utilização para a produção de tijolos.

A possibilidade de reaproveitamento dos lodos da ETA/Replan e também da ETE/Votorantim incentivou um estudo de viabilidade, encomendado pela Petrobrás, para a fabricação de tijolos, em parceria com a olaria Schiavolim, de Piracicaba/SP.

O objetivo deste trabalho é, desse modo, discutir dados de um relatório da Petrobrás (BRASIL, 2006) sobre a viabilidade técnica da incorporação dos lodos da ETA/Replan e da ETE/Votorantim em massa argilosa para produção de tijolos, no que se refere à resistência à compressão, à presença de substâncias químicas nocivas e à toxicidade biológica.

Ressalta-se ainda que a inovação dessa pesquisa é o reaproveitamento dos dois lodos do saneamento básico, cuja destinação é dificultada devido às suas próprias características químicas e biológicas, para a produção de tijolos. A discussão desses dados é, portanto, de suma importância, já que um número expressivo de pesquisas utiliza somente um desses tipos de lodo para a produção de materiais cerâmicos.

METODOLOGIA

A captação de água bruta da ETA/Replan é realizada no rio Jaguari, em Paulínia/SP, ocorre por meio de cinco bombas e pelo transporte por adutoras até três tanques de armazenamento, sendo dois de 16500m³ e um de 20000m³. Nesses tanques de armazenamento, ocorre a sedimentação de partículas grosseiras, como galhos de árvores, folhas, entre outros. A água bruta decantada é transportada para outro reservatório, onde ocorre então uma pré-cloração, que tem como finalidade reduzir a matéria orgânica presente na água e facilitar sua clarificação.

Do reservatório, a água bruta flui por uma calha *Parshall* para três decantadores *Pulsators* e recebe cloro (Cl₂), além de uma dose de Policloreto de alumínio (PAC), coagulante que tem como finalidade promover a agregação de pequenas partículas em suspensão na água. Os flocos maiores formados pela adição do coagulante são



sedimentados nos decantadores, gerando parte do lodo da ETA/Replan.

Nos filtros de areia ocorre o processo de filtração, em que são retidas partículas que ainda não sedimentadas. Essa etapa age, portanto, como complementação à decantação, e tem como finalidade reduzir a turbidez, eliminar partículas coloidais e bactérias. A água utilizada na lavagem dos filtros forma outra parte do lodo da ETA/Replan.

Uma parte da água filtrada recebe injeção de solução de hidróxido de sódio (NaOH), para correção de pH que deve ficar entre 6,5 e 8,5, além de mais Cl₂ para garantir o padrão de potabilidade, conforme recomendação da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, Art. 3 e 4 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Parte da água potável é utilizada pelos trabalhadores da refinaria para consumo; outra parte é utilizada como água industrial, cuja aplicação não requer muita qualidade, e tem como aplicações a selagem de equipamentos e a limpeza de áreas industriais. Grande parte da água filtrada, contudo, vai para a reposição das torres de resfriamento e recebe produtos químicos como anti-incrustantes, algicidas e fungicidas.

Já o lodo acumulado no fundo dos decantadores é transferido para um tanque de armazenamento, que também recebe a água de lavagem dos filtros de areia e, em seguida, segue para uma centrífuga, onde é adicionado um polímero sintético catiônico. O lodo desidratado é acondicionado então em caçambas para ser destinado, e a água retirada do lodo retorna para o início do tratamento na ETA/Replan.

Já no que se refere à ETE/Votorantim, de acordo com Paiva (2007), o efluente líquido gerado na produção de papel e celulose é tratado da seguinte forma: tratamento primário (retirada de sólidos grosseiros, por equipamentos que utilizam processos físicos simples como gradeamento e decantação); tratamento secundário (processo biológico, sendo constituído por lagoas de estabilização, lagoas aeradas, filtros biológicos e/ou lodos ativados); tratamento terciário (processos que melhoram as características das águas residuais como a Demanda Química de Oxigênio DQO e a DBO, redução de cor, espuma e sólidos inorgânicos e absorção química).

Assim, a matéria-prima utilizada para a produção de tijolos maciços na Olaria Schiavolin é composta pelas argilas vermelha e piçarra, com a adição dos lodos da ETA/Replan e da ETE/Votorantim. As quantidades de lodos e argila utilizados na

fabricação dos tijolos durante os testes de queima foram: massa de argila (base úmida) - 44.800 Kg; lodo da ETE/Votorantim - 19.200 Kg; lodo da ETA/Replan - 16.000 Kg (porcentagem de incorporação à massa de até 20%).

As análises de resistência à compressão das amostras foram realizadas pelo Laboratório de Matérias-Primas Particuladas e Sólidos Não-Metálicos (LMPSol), do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, por solicitação da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB.

Nesse sentido, foram realizados testes com tijolos queimados, com base na NBR 8492: 1984 (ABNT, 1984), com as seguintes constituições: tijolos queimados preparados com argilas vermelha e piçarra; tijolos queimados preparados com argilas vermelha e piçarra, lodo da ETA/Replan e lodo da ETE/Votorantim.

As análises químicas foram realizadas pelo Centro de Qualidade Analítica Laboratórios (CQA) e as de toxicidade pelo Bioagri, dois laboratórios externos, conforme solicitações da CETESB, que acompanhou todos os testes e as normas que deveriam ser atendidas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados quanto à resistência à compressão dos tijolos queimados, preparados somente com argilas vermelha e piçarra estão representados na Tabela 01. A Tabela 02 apresenta os valores encontrados em tijolos queimados, compostos pelas referidas argilas, além dos lodos da ETA/Replan e ETE/Votorantim. Para os testes com ambos os grupos de tijolos, a média dos valores de resistência à compressão das amostras não poderia ser inferior a 2,0 Mpa (20 Kgf/cm²), bem como os valores individuais inferiores a 1,7 Mpa (17 Kgf/cm²), com idade mínima de sete dias.

Tabela 01: Resistência à compressão em tijolos queimados, compostos por argilas vermelha e piçarra

Bloco	Resistência à compressão	
	Mpa	Kgf/cm ²
Nº 14	8,7	86,9
15	8,5	85,4



16	10,5	105,2
17	8,6	86,2
18	8,9	88,7
19	9,6	95,6
20	11,8	118,5
21	8,8	88,1
22	11,9	118,9
23	8,4	84,4
24	10,1	101,3
25	12,1	121,2
26	8,6	85,8
Média	9,7	97,4

Fonte: LMPSol – USP (2006).

Tabela 02: Resistência à compressão em tijolos queimados compostos por argilas vermelha, piçarra, lodos da ETE/ Votorantim e ETA/Replan

Bloco	Resistência a compressão	
	Mpa	Kgf/cm ²
Nº		
14	12,8	128,5
15	11,6	116,4
16	11,7	116,6
17	15,4	153,9
18	12,7	126,6
19	13,5	135,2
20	9,6	96,2
21	14,5	144,6
22	11,1	110,5
23	12	119,9
24	10,6	106,5
25	13	130,1
26	12,4	124,4
Média	12,4	123,8

Fonte: LMPSol – USP (2006).

Por meio dos resultados dos ensaios tecnológicos apresentados nas Tabela 01 e 02, evidencia-se, portanto, um aumento significativo da resistência dos tijolos queimados quando da incorporação dos lodos da ETA/Replan e da ETE/Votorantim à massa argilosa. Essa melhoria na resistência dos tijolos queimados fez com que houvesse também uma redução de quebras durante seu processo de fabricação de 10% para 1% de toda a produção da olaria, dados importantes não somente para o reaproveitamento desses resíduos como também, conseqüentemente, para redução de custos com o processo de produção. Esses resultados corroboram, em parte, os dados encontrados por Paiva (2007), segundo os quais o acréscimo entre 10 e 30% do lodo da ETE/Votorantim à uma massa argilosa para

fabricação de tijolos promove uma melhora significativa na qualidade final do produto.

Os valores verificados no extrato lixiviado são inferiores aos parâmetros estabelecidos na NBR 10004:2004 (ABNT, 2004) e, sendo assim, o lodo da ETA/Replan não é classificado como Classe I – perigoso, conforme a referida norma. Na Tabela 03, apresentam-se os valores de lodo solubilizado acima dos limites máximos estabelecidos; a análise química de massa bruta do lodo da ETA/Replan não apresentou nenhum valor acima desses limites.

Tabela 03: Análises de extrato solubilizado do lodo da ETA/Replan

Solubilizado – Lodo da ETA da REPLAN*				
Parâmetros	Amostra 1 16/01/06	Amostra 2 16/01/06	Amostra 3 16/01/06	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004:2004
Alumínio	7,7	6,7	9,5	0,2
Bário	1,3	1	1,2	0,7
Fenóis totais	1,69	91x10 ⁻²	89x10 ⁻²	1x10 ⁻²
Ferro	6,6	9,7	7,7	0,3
Manganês	31	31	32	0,1

Fonte: Centro de Qualidade Analítica Laboratórios (2006). *Em vermelho: concentrações acima dos limites estabelecidos pela NBR 10004:2004 para as três amostras (ABNT, 2004).

Considerando-se, portanto, os resultados das análises, o lodo da ETA/Replan é classificado como Classe II A – não perigoso e não inerte, segundo a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004). No entanto, apesar de não ser classificado como um resíduo perigoso, os valores acima dos limites, apresentados na Tabela 03, demonstram que esse lodo não pode ser descartado diretamente no solo ou em corpos d'água.

De acordo com Soares, Achon e Megda (2004), o lodo proveniente de uma ETA geralmente possui altas concentrações de metais, que são resultado de ações naturais ou antrópicas, como as aplicações de produtos químicos durante o tratamento, podendo causar impactos ambientais negativos quando lançados *in natura* em corpos d'água, como: aumento da turbidez, da matéria orgânica e de metais pesados, provocando uma degradação da qualidade ambiental. A autora destaca então que o tratamento e disposição adequada dos lodos provenientes de ETA são uma grande oportunidade de geração de receitas, principalmente na redução de custos e impactos ambientais em diversas empresas e serviços autônomos de saneamento básico do mundo, sendo uma delas a incorporação do lodo



proveniente de ETA em massa argilosa para produção de tijolos.

Da mesma forma que o lodo da ETA/Replan, os valores verificados no extrato lixiviado do lodo da ETE/Votorantim são inferiores àqueles estabelecidos na NBR 10004:2004 (ABNT, 2004) e, portanto, este lodo também não é classificado como Classe I – perigoso. Os valores dos parâmetros de solubilizado do lodo da referida ETE acima dos limites estabelecidos pela norma são apresentados na Tabela 04.

Tabela 04: Análise de extrato solubilizado de lodo da ETE/Votorantim

Solubilizado – Lodo da ETE da VCP				
Parâmetros	Amostra 1 16/01/06	Amostra 2 16/01/06	Amostra 3 16/01/06	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004:2004
Fenóis totais	0,88	1,33	0,7	1×10^{-2}
Ferro	46	35	91	0,3
Manganês	4,9	4,4	4,2	0,1
Nitrato	11,3	12,4	12,4	10

Fonte: Centro de Qualidade Analítica Laboratórios (2006). *Em vermelho: concentrações acima dos limites estabelecidos pela NBR 10004:2004 para as três amostras (ABNT, 2004).

Em sua pesquisa, Paiva (2007) também encontrou na análise de solubilizado do lodo da ETE/Votorantim as concentrações de Fenóis totais (0,06), Ferro (28,0), Manganês (3,0) e Cromo total (1,26) acima do estabelecido pela NBR 10004:2004 (ABNT, 2004).

Comparando-se os resultados das análises químicas de massa bruta com a NBR 10004:2004, o único resultado acima do estabelecido nesta norma foi o de fenóis totais, em uma única amostra da triplicata, diferente do que foi encontrado por Paiva (2007), cujas análises de massa bruta do lodo da ETE/Votorantim não demonstraram nenhum parâmetro acima do estabelecido pela referida norma.

Considerando-se, portanto, os resultados das análises do lodo da ETE/Votorantim, este é classificado como Classe II A – não perigoso e não inerte, segundo a NBR 10004:2004 (ABNT, 2004). O lodo da ETE/Votorantim apresentou quantidades de fenóis e metais acima do estabelecido pela norma e, portanto, não pode ser destinado ao solo ou corpos d'água, pois pode impactar de forma negativa o meio ambiente. Concentrações elevadas de fenóis dificultam a degradação biológica do material, que apresenta propriedades antimicrobianas e fitotóxicas (SANTOS; SIMIONATTO; CABRAL; SANTOS, 2011). Somam-se os impactos ambientais que podem ser causados por metais

pesados, como alumínio e ferro, segundo Soares, Achon e Megda (2004), como destacado para o caso do lodo de ETA, além dos nitratos que favorecem a eutrofização de corpos d'água.

Para a produção dos tijolos queimados com esses dois tipos de lodos, além das argilas vermelha e piçarra, foram consideradas duas dimensões: 5cmx10cmx21cm e 8cmx10cmx21cm. Da mesma forma que os testes de lixiviado de lodo da ETA/Replan e da ETE/Votorantim, os valores verificados para o lixiviado desses tijolos são inferiores aos parâmetros estabelecidos pela NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004) e, portanto, o lixiviado também não foi classificado como resíduo Classe I – perigoso. A Tabela 05 apresenta os valores acima dos limites permitidos.

Tabela 05: Análises de estratos solubilizados em tijolos queimados, composto por argilas vermelha, piçarra, lodo da ETA/Replan e lodo da ETE/Votorantim, em diferentes dimensões

Solubilizado (5cmx10cmx21cm)				
Parâmetros	Amostra 1 13/02/06	Amostra 2 13/02/06	Amostra 3 13/02/06	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004:2004
Alumínio	1	1,2	2×10^{-2}	0,2
Fenóis totais	$<7 \times 10^{-5}$	$<7 \times 10^{-5}$	$22,9 \times 10^{-2}$	1×10^{-2}
Solubilizado (8cmx10cmx21cm)				
Parâmetros	Amostra 1 13/02/06	Amostra 2 13/02/06	Amostra 3 13/02/06	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004:2004
Alumínio	0,12	0,4	4×10^{-2}	0,2
Manganês	0,35	7×10^{-3}	0,35	0,1

Fonte: *Em vermelho: concentrações acima dos limites estabelecidos pela NBR 10004:2004 para as três amostras (ABNT, 2004).

Com base nos resultados das análises, os tijolos queimados com argilas vermelha e piçarra, lodo da ETE/Votorantim e lodo da ETA/Replan são classificados, portanto, como de Classe II A – não perigosos e não inertes, conforme a NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004). Há uma concentração elevada de fenóis na composição, como se verifica na Tabela 05, que pode ser causada tanto pelas argilas vermelha e piçarra quanto pelo lodo da ETE/Votorantim, o que suscita cuidados também com sua disposição para que não sejam causados impactos ambientais negativos.

Além da toxicidade química, é importante também que se verifique se há uma toxicidade biológica nesse tipo de tijolo, já que é produzido com lodo de ETE, cuja constituição é, em grande parte, usualmente orgânica, ao contrário de lodo de ETA. Assim,

foram realizados também testes de toxicidade aguda com a bactéria luminescente *Vibrio fischeri*, cuja finalidade foi avaliar o efeito tóxico de extratos solubilizados dos tijolos queimados, com e sem adição de lodos da ETA/Replan e ETE/Votorantim. Foram enviadas 18 amostras de tijolos queimados com as seguintes composições: argilas vermelha e piçarra; argilas vermelha e piçarra, lodo da ETE/Votorantim; argilas vermelha e piçarra, lodo da ETE/ Votorantim e lodo da ETA/Replan. Os resultados desses testes de toxicidade aguda são apresentados nos Quadros 01, 02 e 03.

Quadro 01: Análises de toxicidade em tijolos queimados com argila Vermelha e Piçarra

Dimensões dos tijolos	Parâmetro	Amostra 1 13/03/06	Amostra 2 13/03/06	Amostra 3 13/03/06
5 x 10 x 21 cm	Toxicidade por <i>Vibrio fischeri</i>	Apresentou efeito tóxico Laudo Bioagri N° 3021/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3025/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3026/2006-0
8 x 10 x 21 cm	Toxicidade por <i>Vibrio fischeri</i>	Não tóxica Laudo Bioagri N°3022/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3023/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3024/2006-0

Fonte: Bioagri (2006).

Quadro 02: Análises de toxidade em tijolos queimados com lodo da ETE/Votorantim

Dimensões dos tijolos	Parâmetro	Amostra 1 16/01/06	Amostra 2 16/01/06	Amostra 3 16/01/06
5 x 10 x 21 cm	Toxicidade por <i>Vibrio fischeri</i>	Não tóxica Laudo Bioagri N°3009/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3011/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3013/2006-0
8 x 10 x 21 cm	Toxicidade por <i>Vibrio fischeri</i>	Não tóxica Laudo Bioagri N°3010/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3012/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3014/2006-0

Fonte: Bioagri (2006).

Quadro 03: Toxidade em tijolos queimados com lodos da ETA/Replan e ETE/Votorantim

Dimensões dos tijolos	Parâmetro	Amostra 1 13/02/06	Amostra 2 13/02/06	Amostra 3 13/02/06
5 x 10 x 21 cm	Toxicidade por <i>Vibrio fischeri</i>	Não tóxica Laudo Bioagri N°3015/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3019/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3020/2006-0
8 x 10 x 21 cm	Toxicidade por <i>Vibrio fischeri</i>	Não tóxica Laudo Bioagri N°3016/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3017/2006-0	Não tóxica Laudo Bioagri N°3018/2006-0

Fonte: Bioagri (2006).

Como observado nos Quadros 01, 02 e 03, somente uma amostra de tijolos

queimados, compostos por argilas vermelha e piçarra (Quadro 01), apresentou teor tóxico. Os tijolos feitos com os dois tipos de argilas e de lodos não apresentaram toxicidade biológica aguda, o que viabiliza, portanto, seu uso na construção civil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação dos lodos da ETA/Replan e da ETE/Votorantim em massa argilosa para a fabricação de tijolos mostra-se uma alternativa viável, dos pontos de vista ambiental e tecnológico. São vários os benefícios do reaproveitamento desses lodos, pois podem evitar a exploração demasiada das jazidas de argila, aumentando seu tempo de vida útil, bem como diminuir a busca por novas fontes de argila, evitando, desse modo, impactos ambientais no solo, vegetação e recursos hídricos. Pode possibilitar a redução da quantidade desse resíduo que é destinada para aterros sanitários, o que poderá não somente prolongar a vida útil destes aterros, como também promover benefícios ambientais, além de financeiros, uma vez que a destinação desse tipo de lodo é onerosa. O mesmo é válido para o lodo de ETE.

Além disso, o reaproveitamento desses resíduos está inserido no conceito de Economia Circular, pois os lodos advindos tanto do tratamento da água quanto do de esgoto industrial podem ser utilizados como matérias-primas para a produção de um bem durável com valor agregado.

Há também benefícios no âmbito da gestão ambiental, com ganhos ambientais e também para os setores público e de atividade industrial. Ganha o meio ambiente, com a possibilidade da redução de impactos ambientais; o setor público, com a minimização da destinação de lodo para aterros sanitários e o consequente prolongamento de sua vida útil; ganha a Petrobras, com ações mais efetivas de gestão ambiental e de responsabilidade socioambiental e ganha também a indústria cerâmica, com a possibilidade de redução de custos de produção, diminuição de perdas no processo produtivo, redução do consumo de recursos ambientais e melhorias na qualidade final dos seus produtos.

É necessário a realização de novas pesquisas que avaliem o comportamento desses resíduos em outros produtos cerâmicos, pois o descarte desses resíduos tem sido um desafio para as estações de tratamento de água e também de esgoto industrial e sanitário.



A AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Replan, à indústria Votorantim e à Olaria Schiavolin, por possibilitarem a realização deste trabalho, além da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, por proporcionar os meios científicos e educacionais para sua concretude.

R REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8492**: tijolo maciço de solo-cimento - determinação da resistência à compressão e da absorção d'água - método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Petrobrás. **Relatório da Estação de Tratamento de Água – ETA/REPLAN**. Paulínia: Petrobrás, 2006.

BRASIL. **Portaria Interministerial nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [2017].

FAJARDO, P. A. **Monitoramento de impactos ambientais pós-implantação de estações de esgotos sanitários**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

PAIVA, S. N. **Compósito cimento-lodo de ETE de indústria de papel para aplicação na construção civil**. 2007. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SANTOS, A. A. A. O.; SIMIONATTO, E.; CABRAL, M. R. P.; SANTOS, C. C. Caracterização do Efluente da indústria sucroalcooleira: conteúdo de fenóis totais. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2011, [S. l.]. **Anais [...]**. [S. l.]: UEMS, 2011. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/1444>. Acesso em: 28 jan. 2021.

SOARES, L. V.; ACHON, C. L.; MEGDA, C. R. Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ITCR 2004, 2004, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ITCR, USP, 2004. p. 247-257. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/08/08-020.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2020.