

ESTUDO TECNOLÓGICO PARA INCORPORAÇÃO DO LODO DE ETA NA PRODUÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA

Alex Sandro LISBOA¹
Elton Aparecido PRADO DOS REIS²

RESUMO: A estação de tratamento de água (ETA) da cidade de Presidente Prudente - SP, gera grande quantidade de resíduo lodo ETA para tornar a água captada nos mananciais superficiais, potável. Este resíduo quando descartado em corpos d'água provoca impacto ambiental negativo. No presente trabalho são desenvolvidos estudos sobre a viabilidade de mistura do resíduo lodo ETA com argila sedimentar para obtenção de uma nova matéria prima com as características necessárias para produção de argila expandida e, através de ensaios de laboratório, determinar suas propriedades físicas, também o desenvolvimento tecnológico do segmento da construção civil propondo alternativas para destinação do resíduo gerado na estação de tratamento de água (ETA), que é lançado nos corpos d'água e assim diminuir o impacto ambiental, promover ganhos de natureza ambiental, com o uso de materiais com problema de destinação, como também econômicos, para os fornecedores de resíduos e a indústria cerâmica consumidora.

Palavras-chave: estação de tratamento de água. resíduo. lodo. argila sedimentar. argila expandida.

¹ Discente do 2º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário "Antonio Eufrásio de Toledo" de Presidente Prudente. e-mail: alexslisboa@gmail.com Bolsista do Programa de Iniciação Científica

² Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário "Antonio Eufrásio de Toledo" de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMat - Universidade Estadual Paulista – UNESP - Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente e-mail: elton.reis@toledoprudente.edu.br Orientador do trabalho.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande preocupação da sociedade em relação a preservação do meio ambiente. No meio acadêmico, o assunto vem recebendo a atenção de diversos pesquisadores, isso é evidenciado pelo número de estudos publicados, que buscam desenvolvimento de alternativas para viabilizar soluções que envolvam a reciclagem de resíduos poluentes.

Um caso particular está relacionado ao tratamento de água realizado nas estações de tratamento de águas, denominadas ETAs, onde ocorre os processos físico-químicos para que se torne potável à água captada em rios, logo adequada ao consumo humano. Desses processos é gerada grande quantidade de resíduo que é denominado lodo.

Tendo em vista esta problemática, o presente trabalho propõe estudar a viabilidade da expansão da mistura de lodo coletado na ETA da cidade de Presidente Prudente - SP com argila sedimentar, visando assim a obtenção de um material com propriedades semelhantes as apresentadas pela argila expandida produzida comercialmente.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Geração lodo

A água fornecida à população de Presidente Prudente-SP pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de S. Paulo) é captada de mananciais de águas superficiais e subterrâneo (poços profundos ou rasos, artesianos e freáticos). A maior parte da água tratada provém de rios da região (Ribeirão Santo Anastácio e Rio do Peixe) que exigem um tratamento mais complexo do que a água captada de manancial subterrâneo pelos poços [14]. Este tratamento se faz necessário pois a água de rios apresenta concentração maior de elementos e orgânicos e inorgânicos em suspensão devido a seu fluxo turbulento.

O tratamento para que se torne água captada em rios potável, é realizado na Estação de Tratamento de Água - ETA. Uma ETA convencional é constituída das seguintes etapas: aeração, eliminação de impurezas grosseiras, pré-cloração, controle de vazão, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação. [14]

A coagulação é a desestabilização de colóides, ou partículas coloidais com diâmetro entre 0,1 e 0,001 μm . Os principais coagulantes usados são: sulfato de alumínio, policloreto de alumínio, sulfato férrico, sulfato ferroso clorado e cloreto férrico. [14]. Na ETA da cidade de Presidente Prudente o coagulante utilizado é o cloreto de polialumínio (PAC), por apresentar uma eficácia maior na desestabilização das partículas em relação ao sulfato de alumínio. [11]

Em Presidente Prudente, sabe-se que a unidade de tratamento possui três decantadores, responsáveis pela separação dos flocos formados, pela ação da gravidade, que, ao serem lavados, produzem mais de 90.000 kg de resíduos úmidos, por mês. [14]

Atualmente a maioria das ETAs existentes em operação no País, sedimentam e compactam nos decantadores esse material separado da água por um período que pode variar de 01 a 04 meses, e após este período realiza-se a lavagem manual dos decantadores com o lançamento do lodo, sem nenhum tratamento, no corpo receptor mais próximo [8].

Do ponto de vista ambiental esse resíduo é classificado segundo a ABNT NBR10004/2004 como sendo resíduo classe IIA - Não Inerte, portanto, precisa ser gerenciado de tal forma a garantir as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei 12.305/2010), define resíduos e rejeitos, sendo o primeiro passível de ser reutilizado e reciclado [1].

O resíduo de ETAs, quando seco pode ser classificado como um resíduo sólido rico em argilominerais, silte e areia, com composição semelhante as das argilas sedimentares comuns usadas na cerâmica vermelha. [7] Devido a este fato, este tipo de resíduo tem sido avaliado em vários trabalhos como uma matéria-prima alternativa para fabricação de produtos de cerâmica vermelha [2,7,14].

2.2 Argila

2.2.1 Argila sedimentar

O termo argila *lato sensu* é empregado para designar um material inorgânico natural, de granulometria fina, com partículas de poucos micrômetros, que apresenta comportamento plástico quando adicionada uma determinada quantidade de água. Do ponto de vista sedimentológico e granulométrico, a fração argila corresponde ao conjunto de partículas inferiores a 2 μm ou 4 μm , segundo as escalas de Attemberg e Wentworth, respectivamente. [9]

As argilas são constituídas predominantemente de argilominerais (filossilicatos) e seus tipos mais comuns são formados de folhas tetraédricas (T) de silício e octaédricas (O) de alumínio e, com menor frequência, de magnésio e/ou ferro. Constituem unidades estruturadas na proporção 1:1 (TO) ou 2:1 (TOT). Além do arranjo estrutural, o espaçamento basal dessas unidades caracteriza os argilominerais dos diversos agrupamentos, destacando-se os grupos da caulinita, illita e esmectita como os mais importantes ao uso cerâmico. Com as partículas de argilominerais ocorrem outros minerais, geralmente nas frações silte ($2 \mu\text{m} = 0,002 \text{ mm} < \Phi < 0,62 \text{ mm}$) e areia ($\Phi > 0,62 \text{ mm}$). Nessas granulometrias maiores, o mineral mais comum e abundante é o quartzo, seguido de micas, feldspatos e minerais opacos. [9]

Na indústria de cerâmica vermelha ou estrutural as argilas são empregadas como matéria-prima na fabricação de blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, tubos e ladrilhos. [9]

Figura 1: Exemplos de elementos fabricados pela indústria cerâmica a partir da argila.



Fonte: Google

2.2.2 Argila expandida

A argila expandida é o produto obtido por aquecimento de alguns tipos de argila na temperatura em torno de 1200 °C. Próximo desta temperatura, uma parte dos constituintes do material se funde gerando uma massa viscosa, enquanto a outra parte se decompõe quimicamente liberando gases que são incorporados por esta massa sinterizada, expandindo-a em até sete vezes o seu volume inicial. Esses

gases, retidos no interior da argila, não podem escapar para o seu exterior devido à fase líquida que envolve as partículas da argila. [3]

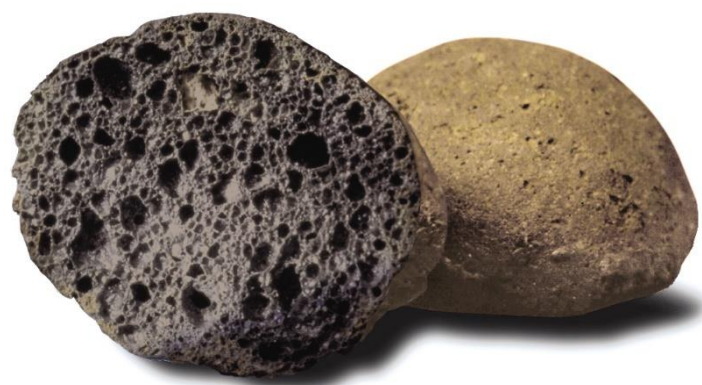
Figura 2: Argila expandida em diferentes granulometrias



Fonte: Google

Essa estrutura porosa se mantém após o resfriamento, de modo que a massa unitária do material resultante torna-se menor do que antes do aquecimento, assim, argilas expandidas produzidas pelo processo de sinterização contínua possuem massa específica aparente na faixa compreendida entre 650 e 900 Kg/m³ e os produzidos em fornos rotativo, entre 300 e 650 Kg/m³ [6]

Figura 3: Estrutura porosa da argila expandida.



Fonte: Google

O conhecimento dessa propriedade é importante para o emprego do material como agregado leve na construção civil como: agregado leve na produção de concreto leve estrutural, levando a uma redução de peso da ordem de 25 a 35% em relação ao concreto tradicional; blocos de concreto leve, redução de 40% de peso em relação aos blocos com areia e brita; isolamento térmico e acústico; enchimento de vazios e regularização de pisos; misturas asfálticas a quente; drenagem; hidrocultura, agregado retentor de umidade; entre outras possíveis aplicações. [14]

No Brasil, a produção de argila expandida se restringe a um único fabricante, sendo sua produção voltada, principalmente, para industrial têxtil (estonagem de “jeans”) e de ornamentação (decoração de jardins). [6]

2.3 Materiais e Métodos

A amostra de argila sedimentar, originária de várzea, foi doada pela Olaria Gimenes, instalada no município de Indiana-SP, e o lodo, oriundo da estação de tratamento de água, foi doado pela empresa SABESP, unidade de Presidente Prudente-SP.

A amostra de lodo foi homogeneizada com agitador mecânico, para garantir a coleta de amostra representativa. Alíquotas do lodo foram transferidas para uma bandeja metálica, posicionada sobre uma balança semi-analítica BL3200H de marca Shimadzu, previamente tarada, determinando a quantidade lodo. Em seguida, levada para uma estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar SP-102 de marca SP Labor, mantida a temperatura de 100 ± 5 °C, por um período de 24 horas, para remoção da umidade.

Figura 4: Amostra de lodo durante a pesagem em balança semi-analítica



Fonte: O autor

O sólido resultante após a secagem, foi pesado, anotando os valores. Os dados obtidos foram tabulados e são apresentados na tabela – 1.

Figura 5: Massa sólida remanescente após a secagem do lodo.



Fonte: O autor

TABELA – 1: Dados obtidos das amostras de lodo antes e depois da secagem.

Amostra Nº	Massa do lodo úmido (g)	Massa do lodo Seco (g)	Perda de massa Evaporado (%)
# 01	705,04	101,04	85,67
# 02	802,43	114,86	85,69
# 03	1.001,31	143,54	85,66
# 04	1.203,34	172,78	85,64
# 05	1.200,98	172,15	85,67
# 06	1.743,80	249,8	85,67
Média	1.109,48	159,03	85,67

A partir dos dados, determinou-se a perda de massa percentual média de 85,67%, que representa a fração de umidade evaporada.

A argila foi fragmentada manualmente, a fim de obter frações com a menor dimensão possível, alíquotas foram transferidas para uma bandeja metálica, posicionada sobre uma balança semi-analítica BL3200H de marca Shimadzu, previamente tarada, determinando a quantidade de argila para secagem. Em seguida, levada para uma estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar SP-102 de marca SP Labor, e mantida a temperatura de 100 ± 5 °C, por um período de 24 horas, para remoção da umidade presente.

O sólido resultante após a secagem, foi pesado, anotando os valores. Os dados obtidos foram tabulados e são apresentados na tabela – 2.

TABELA – 2: Dados obtidos das amostras de argila antes e depois da secagem.

Amostra Nº	Massa de argila úmida (g)	Massa de argila Seca (g)	Perda de massa Evaporado (%)
# 01	641,52	520,23288	18,91
# 02	1.004,92	815,06712	18,89
Média	823,22	667,65	18,90

A partir dos dados, determinou-se a perda de massa percentual média de 18,90%, que representa a fração de umidade evaporada.

A argila e o lodo secos, foram destorroados em moinho de martelo MA-880 de marca Marconi, para redução do tamanho das partículas, e acondicionados em sacos plásticos para posterior mistura nas concentrações de ensaio.

Figura 6: Moinho de martelo MA-880 de marca Marconi.



Fonte: Marconi equipamentos para laboratórios Ltda

As próximas etapas do trabalho serão realizadas a análise granulométrica das materiais primas destorroadas, através de equipamento um agitador de peneiras de marca LUCADEMA, com peneiras ABNT 270 # (0,53 μm), 325 # (0,44 μm) e por meio da distribuição de tamanho de partículas, realizar a caracterização granulométrica das frações areia, site e argila.

Serão produzidas pastas plásticas, por via úmida, através da adição de 15% de água, a mistura composta pela incorporação do resíduo à argila, em

diferentes concentrações, 10, 20, 30, 40 50 e 100% em massa, homogeneizadas em cilindro misturador aberto para obtenção de matéria prima uniforme. A partir das pastas, serão moldados corpos de prova prismáticos, em triplicata, pôr prensagem uniaxial (7 ton.), utilizando uma prensa manual SCHULZ em uma matriz para três corpos de prova com dimensões de 60 x 20 x ~5 mm.

Os corpos de prova serão queimados em etapas: inicialmente será realizada a secagem lenta, em forno tipo mufla marca EDG ($T_{\text{máx}} = 1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$) a uma temperatura de cerca de $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$, em diferentes tempos, para assegurar a eliminação da água de modelagem de forma suficientemente lenta e assim evitar o rompimento dos corpos de prova durante o processo de queima.

A expansão será realizada a uma temperatura entre 1150 e $1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ seguido de resfriamento brusco a temperatura em torno de $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Após a queima dos corpos de prova, serão realizados ensaios tecnológicos, retração linear; perda de massa; resistência mecânica à flexão e a compressão; massa específica aparente; absorção de água e porosidade aparente.

2.4 Resultados e Discussões

A partir dos dados obtidos, foi possível relacionar a diferença existente entre a teor de água na amostra lodo de 85,67% e de 18,90% para argila sedimentar, evidenciando a maior concentração de água em relação a argila sedimentar.

O controle do teor de água na composição da matéria prima é importante porque nos minerais argilosos, quando é adicionada água, eles se tornam muito plásticas, uma condição denominada hidroplaticidade. A consistência (razão água-argila) da massa hidroplástica deve produzir um limite de escoamento suficiente para permitir que a peça extrusada mantenha sua forma durante o manuseio e secagem.

Na etapa de secagem um corpo cerâmico à base de argila seca, apresenta alguma contração. Nos estágios iniciais da secagem, as partículas de argila estão virtualmente envolvidas e separadas umas das outras por uma fina película de água. Na medida em que a secagem progride e a água é removida, a

separação entre as partículas diminui, o que se manifesta como contração. Por esse motivo, é crítico controlar a taxa de remoção de água. A secagem das regiões internas do corpo é realizada pela difusão das moléculas de água para superfície, onde ocorre a sua evaporação, se a taxa de evaporação for maior que a taxa de difusão, a superfície secará (e conseqüentemente irá se contrair) mais rapidamente que o interior, com grande probabilidade de formação de defeitos, como empenamento, distorções e tricas. [7]

3 CONCLUSÃO

Diante da problemática apresentada e também das inúmeras aplicações existentes para argila expandida, busca-se a possibilidade da mistura a fim de obter uma nova matéria-prima com as características necessárias para produção de argila expandida.

Busca-se também o desenvolvimento tecnológico do segmento da construção civil e assim propor alternativas para destinação do resíduo gerado na estação de tratamento de água (ETA), que é lançado nos corpos d'água e assim diminuir o impacto ambiental, promover ganhos de natureza ambiental, com o uso de materiais com problema de destinação, como também econômicos, para os fornecedores de resíduos e a indústria cerâmica consumidora.

Com o desenvolvimento do trabalho, será feita a caracterização das matérias primas, a confecção de corpos de prova, com objetivos de determinar a composição mais adequada para obtenção de argila expandida e por meio de ensaios de laboratório, determinar suas propriedades físicas e tecnológicas que podem vir a ser utilizado em diversos campos da Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ACHON, C.L.; CORDEIRO, J.S. (2013). **Riscos da destinação de lodos de ETAs - Leis 9.605/1998 e 12.305/2010**. In: XVII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. 43º Assembléia nacional do ASSEMAE, de 19 a 24 de maio de 2013, Vitória, ES, Brasil, VII-28, 2013. 13p.

[2] AMANDA OZÓRIO MACHADO. JOICE ANDRADE DE ARAÚJO. **Avaliação de Tijolos Ecológicos Compostos por Lodo de Eta e Resíduos da Construção Civil**. 2014.

[3] **ARGILA EXPANDIDA**. Disponível em < <http://www.cinexpan.com.br/argila-expandida-cinexpan.html> >. Acessado em 26 de abril de 2016.

[4] CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 441 p.

[5] CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTONIO EUFRÁSIO DE TOLEDO”. **Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso**. 2007 – Presidente Prudente, 2007, 110p.

[6] Moravia, W. G. et al. **Caracterização microestrutural da argila expandida para aplicação como agregado em concreto estrutural leve**. Cerâmica, Jun 2006, vol.52, no.322, p.193-199. ISSN 0366-6913

[7] OLIVEIRA, E. M. S.; HOLANDA, J. N. F. **Influência da adição de resíduo (lodo) de estação de tratamento de águas nas propriedades e microestrutura de cerâmica vermelha.** Cerâmica, São Paulo, v. 54, n. 330, p. 167-173, June 2008.

[8] PEIXOTO, GILMAR JOSÉ. **Avaliação da aplicação de lodo de ETA no adensador de lodo de uma ETE de lodos ativados.** 2008. p.16.

[9] Rochas & Minerais Industriais/Ed. **28. Argilas para Cerâmica Vermelha.** Adão Benvindo da Luz e Fernando Antônio Freitas Lins. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. p.75 - 583.

[10] ROSSIGNOLO, JOÃO ADRIANO. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações** João Adriano Rossignolo. - São Paulo: Pini, 2009.

[11] Santos, Gabriel Rosa. **Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água /** Gabriel Rosa dos Santos. – Rio de Janeiro, 2011. UFRJ/EQ 2011.p. 39.

[12] SILVA, Bruno Miguel Martins. **Betão leve estrutural com agregados de argila expandida.** p. 2007. Tese de Doutorado. Universidade do Porto.

[13] Takahashi, E. A. N. **Utilização da escória de alumínio na fabricação de argila expandida.** 2006. p. 19.

[14] TEIXEIRA, Silvio Rainha. **Caracterização de argilas usadas para produção de cerâmica vermelha e estudo das alterações nas suas propriedades pela adição de resíduos sólidos.** 2006. 181 f. Tese (Livre-Docência em Física) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP – Campus de Presidente Prudente. 2006. p. 19 – 45.