CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESTUDO DE REAPROVEITAMENTO NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

Yadava, Y. P¹.; Rêgo, S. A. B. C²; Júnior, B. S³.; Bezerra, L. P⁴.; Ferreira, R. A. S.⁵;

^{1, 2, 3,4,5}Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n
2º andar - Centro de Tecnologia e Geociências - Cidade Universitária
CEP: 50740-530 – Pernambuco - Brasil
¹yadava@ufpe.br

RESUMO

Para que a água atenda padrões de potabilidade exigidos pelas legislações ela passa por vários processos de tratamento onde são gerados resíduos denominados lodo de ETA. Esse lodo é eliminado sem qualquer processamento, porém, órgãos ambientais e o poder público estão exigindo alternativas para esta situação. Sabendo disso, este trabalho tem como objetivo caracterizar o Lodo da Estação de Tratamento de Água Botafogo e analisar sua viabilidade como matéria-prima na indústria de tijolos vermelhos.

Palavras-chaves: água, ETA, cerâmica vermelha, tijolo

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem de primeira importância para a vida. Os organismos dos animais necessitam de água para realizar todas as reações metabólicas e também de muitos elementos que estão dissolvidos nas águas. No entanto as águas naturais podem conter organismos, substâncias, compostos e elementos prejudiciais à saúde, devendo ter seu número ou concentração reduzido para fins de

abastecimento público [1]. Os sistemas de abastecimento público fornecem aos consumidores água dentro de padrões estabelecidos pela Portaria Nº518 do Ministério da Saúde e são normalmente constituídos das seguintes etapas: captação de água bruta (in natura), adução, tratamento, reservação e distribuição. O tratamento de água constitui um dos principais etapas do processo de abastecimento público, pois ocorrem os processos que garantem a qualidade da água para o consumo humano. Para realizar esta transformação da água bruta em água potável a ETA utiliza os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, adicionados de diversos componentes formando resíduos que serão removidos por sedimentação e filtração, principalmente nos decantadores, sendo estes resíduos chamados de lodo de ETA [2]. São utilizados também os processos de desinfecção, tais como; uso de Cloro, hipoclorito, ozônio, lâmpada ultravioleta e etc, para garantir a qualidade microbiológica da água.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para a realização desta dissertação foram utilizados os resíduos (lodo) da Estação de Tratamento de Água de Botafogo, situada na Cidade de Abreu e Lima-Pernambuco. A ETA faz parte das unidades de tratamento de água da COMPESA-Companhia Pernambucana de Saneamento, que cedeu estes resíduos para estudos.

2.2 METODOLOGIA

Para o início da pesquisa foi solicitado à Compesa o material da Unidade Piloto de Tratamento de Resíduos da ETA Botafogo. O material (lodo), mostrado na Figura 3.1, passou por processo de secagem e adensamento no geotextil, foi coletado em tambores plásticos fechados com aproximadamente 50 Kg de material. Para retirar o material foi necessário abrir o geotextil que estava completamente cheio de material, que se encontra na forma de pedregulhos de vários tamanhos e com coloração avermelhada, conforme mostra a Figura 2.1.

Para realizar a pesquisa com o lodo de ETA foi necessário realizar uma preparação das amostras envolvendo vários procedimentos: secagem do resíduo

em estufa, moagem em moinho de bola, peneiramento em peneiras de várias granulometrias.



Figura 2.1 Resíduo da ETA antes e depois de secagem no geotextil.

Depois deste processamento as amostras dos resíduos foram nomeadas da seguinte forma:

- Amostra 1 Resíduo da 1º secagem e moagem
- Amostra 2 Resíduo da 2º secagem e moagem

Para garantir a homogeneidade dos resultados, utilizou-se das duas amostras durante toda a pesquisa. Para melhor compreensão o presente trabalho foi desenvolvido em quatro etapas:

- 1) Preparação das Amostras dos resíduos;
- 2) Caracterização Química dos resíduos;
- 3) Confecção dos corpos de prova;
- 4) Realização dos Ensaios Cerâmicos.

2.2.1 Preparação das Amostras dos resíduos

O resíduo foi retirado do tambor plástico e colocado em cuba metálica e lavado para realizar secagem em estufa a 110 °C durante 24 horas. Depois os resíduos das Amostras 1 e Amostras 2 foram colocados em recipientes plásticos fechados e posteriormente em repouso até que suas temperaturas igualassem à temperatura ambiente. Depois de realizada a secagem cada amostra foi moída no moinho de bolas durante 24 horas. Após a moagem dos resíduos, cada uma das amostras foi peneirada separadamente, primeiro em peneira metálica Nº 30-ABNT

(Mesh 28-Abertura 0,600mm) e depois em peneira Nº 40-ABNT (Mesh 35-Abertura 0,425mm) para proporcionar uma correta homogeneização da amostra.

2.2.2 Analises Químicas dos resíduos

2.2.3 Fluorescência de Raios X

Esta técnica de análise não destrutiva permite uma análise qualitativa, com a identificação dos elementos presentes na amostra, mais também a análise quantitativa, de modo a estabelecer com que percentual de cada elemento (ou substância) encontra-se presente na amostra [3].

2.4 Confecção dos corpos de prova

Foram produzidas duas amostras de resíduos e de cada amostra foram confeccionados alguns corpos de provas cilíndricos através de prensagem hidráulica utilizando moldes cilíndricos metálicos. No início do processo de pastilhamento, os resíduos foram colocados em moldes cilíndricos de 30 mm de diâmetro para depois serem prensados. Os moldes foram limpos com acetona e antes da colocação do resíduo foi utilizada pequena quantidade de etileno glicol como desmoldante, para facilitar a retirada do corpo de prova do molde metálico. Foi utilizando um molde metálico com 30 mm de diâmetro, e tendo sido utilizada uma Pressão de Compactação de 10 ton/cm² por 10 minutos. Foram confeccionados a cada prensagem 10 corpos de prova, sendo 5 do resíduo da amostra 1 e 5 da amostra 2, para sinterização em cada condição de temperatura. No total foram gerados 40 corpos de provas cilíndricos. No entanto os últimos 10 corpos de prova foram prensados com Pressão de 2 ton/cm² e depois submetidos a tratamento, pulverizados em pistilo de ágata e novamente pastilhados e prensados com a pressão usual do experimento de 10 ton/cm². Depois de prensados os corpos de prova foram submetidos à sinterização em forno mufla nas temperaturas de 800°C, 900°C e 1000°C, durante 24 horas. Contudo os últimos 10 corpos de prova (5 da amostra 1 e 5 da amostra 2) foram, primeiramente, sinterizados com temperatura de 600°C, moídos em pistilo de ágata, prensados novamente e submetidos ao forno com temperatura de 1000°C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE ETA (LODO)

3.1.1 Análises Químicas

3.1.2 Fluorescência de Raios-X

A amostra de resíduo apresentou elevados percentuais de óxidos refratários $AI_2O_3 e SiO_2$, no entanto o grande percentual de Alumínio era esperado (33,80%) devido à utilização de Composto de alumínio $[AI_2(SO4)_3 e$ Policloreto de Alumínio] no processo de coagulação da água. A quantidade sílica presente é proveniente do leito dos rios, pois é o constituinte principal da areias e silte carreados pelas águas dos rios e mananciais. O percentual encontrado de Fe_2O_3 foi muito alto e provavelmente deve-se a altos valores de Ferro nas águas de algum dos mananciais que abastecem à ETA. Outros óxidos foram encontrados em menores percentuais: $SO_3(1,45\%)$, $TiO_2(1,08\%)$, P_2O_5 (0,45%), óxidos alcalinos $K_2O(0,45\%)$, óxidos alcalinos terrosos; MgO(0,29%) , MnO (0,28) , CaO(0,15\%) e outros em proporções mínimas.

3.1.3 Difração de Raios X

As informações obtidas através da técnica de difração de Raios X serviram para a identificação de alguns dos minerais presentes na amostra 1. Sendo possível confirmação apenas dos compostos alumina, hematita e sílica. Os corpos de prova, após sinterização nas temperaturas de 800°C, 900°c e 1000°C (1ª sinterização).

As figuras 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam os difratogramas das análises realizadas nos resíduos da amostra 1 nas diferentes temperaturas.



Figura 4.1 Digratograma da amostra a 800ºC.



Figura 4.2 Difratograma da amostra a 900ºC



Figura 4.3 Digratograma para amostra a 1000º C (1ºsinterização).

Na figura 4.2 verifica-se que alguns picos correspondem aos da Hematita (Fe₂O₃), evidenciados com base nas posições dos picos no difratograma padrão (Figura 4.6) e compatíveis com a Análises de Fluorescência de Raios X, que aponta como o composto de maior proporção dentro da amostra 1. Na figura 4.3 verifica-se que alguns picos correspondem aos do Quartzo (SiO₂), baseado nas posições dos picos no Difratograma padrão da Figura 4.5 e que este resultado é evidenciado na Análise de Fluorescência de Raios X, pois a sílica está presente em grande proporção no resíduo. Analisando a Figura 4.3 verifica-se que alguns picos correspondem aos da Alumina (Al₂O₃), baseado nas posições dos picos no Difratograma padrão da Figura 4.4 e que este resultado é evidenciado na Análise de Fluorescência de Raios X, pois a alumina está presente em grande proporção no resíduo. Aparecem nos difratogramas outros picos, com menores intensidades, que não correspondem aos picos característicos dos materiais cristalinos evidenciados em maior quantidade na amostra (Hematita, Quartzo e Alumina), no entanto devemos atentar para o fato que resíduo estudado é uma mistura de vários compostos e que contém impurezas, e que vários destes foram evidenciados na Análise de Fluorescência de Raios X. Outros fatores também podem contribuir para a presença e intensidades dos picos em posições diferentes dos esperados para os 3 compostos citados: tais como granulometria das amostras e orientação preferencial, entre outros. Os resultados apresentados nas Análises de Difração de Raios X correspondem ao esperado, visto que o resíduo estudado tem em sua composição argilominerais.

3.1.4. MICROSCOPIA ÓPTICA

Foram realizadas imagens com aumentos de 50X, 100X, 200X e 500X das superfícies dos corpos de prova sinterizados nas temperaturas de 800°C, 900°C, 1000°C (1ªsinterização) e 1000 °C (2ª sinterização) como mostram as figuras 4.7 e 4.8:



Figura 4.7. Fotografias com aumento de imagem de 50X e 100 x, amostra a 800°C.



Figura 4.8. Fotografias com aumento de imagem de 200x e 500x, amostra a 800ºC.

As figuras 4.7 e 4.8 mostram que a superfície do corpo de prova apresenta várias trincas em toda a sua superfície e que esta apresenta cristais de vários compostos diferentes, pois podemos visualizar pontos de colorações diferentes ao longo de toda a amostra. As trincas não possuem muita profundidade e não atravessam toda à espessura da pastilha.



Figura 4.9. Fotografias com aumento de imagem de 50x e 100x, amostra a 900°C



Figura 4.10. Fotografias com aumento de imagem de 200x e 500x amostra a 900°C

As figuras 4.9 e 4.10 mostram que a superfície do corpo de prova a 900 °C apresenta muitas trincas e fissuras de vários tamanhos em toda a sua superfície. Podemos visualizar cristais de colorações distintas em toda a amostra. A superfície apresenta uma textura menos uniforme, com mais irregularidades e fissuras de vários tamanhos e profundidades do que a amostra a 800°C.



Figura 4.11. Fotografias com aumento de imagem de 50x e 100x amostra a 1000ºC (1ª sinterização).



Figura 4.12. Fotografias com aumento de imagem de 200x e 500x amostra a 1000°C (1ªsinterização).

A Figura 4.11 mostra que a superfície do corpo de prova apresenta muitas fissuras de vários tamanhos em toda a sua superfície, que alcançam grande profundidade na amostra, visto que não conseguimos visualizar o fundo das trincas presentes. Nesta figura notamos uma diferença de coloração entre a superfície polida e o interior das trincas, fato que não ocorreu nas outras amostras. Este fato deve-se ao fenômeno de vitrificação que iniciou na superfície devido à temperatura de 1000°C utilizada na sinterização, mas não se propagou para o interior da trinca.



Figura 4.13. Fotografias com aumento de imagem de 50x e 100x amostra a 1000°C (2ªsinterização).



Figura 4.14. Fotografias com aumento de imagem de 200x e 500x amostra a 1000°C (2ªsinterização).

A figura 4.13 mostra que a superfície do corpo de prova apresenta trincas muito pequenas na superfície, com tamanhos e profundidade bem menores que das outras amostras. Na figura 4.14 podemos observar a formação de áreas espelhadas na superfície da amostra, provavelmente devido ao processo de vitrificação destas áreas, porém este mecanismo não se propagou para o interior das pequenas fissuras.

3.15. ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA.

O resultado da Análise Termogravimétrica (ATG) realizada na amostra do resíduo seco em estufa está exposto na Figura 4.15.



Figura 4.15 Análise Termogravimétrica.

A ATG mostra uma variação de massa ao longo do intervalo de temperatura (de 20°C a 900°C), no entanto a grande diminuição de massa ocorre no intervalo de 20°C até 600°C, com perda de 36,12% inicial da amostra. No intervalo de 600°C até 900°C variação ocorre perda de apenas 0,84% da massa inicial. No processo de retirada da água quimicamente ligada provavelmente ocorre a desidratação dos hidróxidos presentes na estrutura cristalina e também da água de hidratação presentes entre as camadas da rede cristalinas dos compostos. A retirada desta água constituinte, quimicamente ligada à rede cristalina continua sendo ser observada no Gráfico de ATG na pequena perda de massa na temperatura entre 600 °C e 900 °C. Devido a estes resultados e às trincas e fissuras nos corpos de prova sinterizados concluímos que os gases provenientes da decomposição da matéria orgânica produzem forças intermoleculares resultando na fragilização nas estruturas cristalinas dos componentes da amostra. Após analisar este gráfico

propusemos sinterizar uma amostra (com 10 corpos de prova) a 1000°C cujo material fosse colocado anteriormente no forno à 600°C, depois moído e prensado, esta amostra foi denominada de 2ª sinterização na temperatura de 1000°C.

4.4. ENSAIOS CERÂMICOS

4.4.1 Microdureza Vickers

Neste Ensaio foram realizadas 10 medidas de Indentação em cada corpo de prova (1 para cada temperatura), por um microdurômetro Vickers com indentador em forma de pirâmide, nas amostras que foram sinterizadas nas temperaturas de 900°C, 1000°C (1ºsinterização) e a 1000°C (2ºsinterização). Em todas as indentações foi usada uma força de 2000G e tempo de 30s. Nas Tabelas 4.11, 4.12 e 4.13 são mostrados os resultados de microdureza (HV), a qual é uma função das diagonais da base da indentação.

Indentação	Diagonal 1 µm	Diagonal 2 µm	HV
1	160,39	166,08	139,19
2	162,78	149,38	152,24
3	166,83	157,23	141,27
4	161,38	140,20	163,11
5	154,77	158,69	150,98
6	170,20	166,06	131,20
7	161,86	158,48	144,57
8	188,97	169,34	115,55
9	172,20	169,19	127,29
10	150,31	156,81	157,28

Tabela 4.11Resultados da análise de microdureza nas amostras a 900°C.

Tabela 4.12: Resultados das análises de microdureza nas amostras a 1000°C (1^asinterização).

Indentação	Diagonal 1 µm	Diagonal 2 µm	HV
1	178,69	177,06	117,22
2	176,81	171,25	122,46
3	174,06	171,50	124,24

4	176,00	165,31	127,35
5	167,13	166,63	133,18
6	187,06	176,19	112,43
7	174,94	175,88	120,54
8	175,81	171,89	120,11
9	165,63	169,69	131,94
10	165,63	164,81	135,84

Tabela	4.13	Resultados	das	análises	de	microdureza	nas	amostras	а	1000°C
(2 ^a sinte	erizaçã	ão).								

Indentação	Diagonal 1 µm	Diagonal 2 µm	HV
1	170,27	163,93	132,79
2	172,22	164,92	130,52
3	170,45	163,02	133,41
4	158,91	160,98	144,97
5	157,00	160,89	146,80
6	166,47	164,40	135,50
7	161,23	158,19	145,40
8	169,17	161,56	165,63
9	172,06	166,73	129,25
10	159,73	169,69	136,71

5. CONCLUSÕES

Os resíduos gerados na Unidade Piloto de Tratamento dos Efluentes da Estação de Tratamento de Água de Botafogo, situada em Igarassu (PE), constituemse de um material com enorme potencial para reaproveitamento na indústria de cerâmicas vermelhas, pois sua composição assemelha-se à de argilas naturais. Este resíduo é constituído quimicamente, em sua maioria, pelos compostos Fe₂O₃, SiO₂ e Al₂O₃, e do ponto de vista mineralógico, é constituído de alumina, sílica e hematita. Os compostos de Ferro e Silício estão presentes na água bruta, vindos do solo, e os compostos de Alumínio são provenientes dos coagulantes (Al₂SO₃ e Policloreto de Alumínio) usados no tratamento e das argilas do solo (que contém alumino-silicatos). A presença de fissuras e trincas nos corpos de prova indica a saída dos gases gerados na decomposição da matéria orgânica e saída da água quimicamente ligada ao material. Os ensaios de Microdureza Vickers demonstram que esta propriedade é influenciada positivamente pelo aumento da temperatura de sinterização, devido à densificação do material, e negativamente pela presença de compostos orgânicos do resíduo. Os resultados demonstraram que os corpos cerâmicos produzidos com resíduo de ETA apresentam propriedades tecnológicas adequadas e que o lodo pode ser utilizado em cerâmicas vermelhas, dependendo apenas de um tratamento térmico adequado que elimine alguns compostos presentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DI BERNARDO, LUIZ; SABOGAL PAZ, LYDA PATRICIA. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. .São Carlos, Ed. LDIBE LTDA, Vol 1, 2008. p. 1, 5,116.
- [2] TSUTUYA, M.T.; HIRATA, A.Y. Aproveitamento e Disposição Final de lodos de Estação de Tratamento de Água do Estado de São Paulo. In:Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21.,2001,João Pessoa.Anais...João Pessoa: ABES,2001.1CD-ROM,p.21.
- [3] ALBUQUERQUE, LENITA MOURA DA COSTA. Reciclagem e Estudo de Reaproveitamento de Resíduos Cerâmicos de Indústria de Louça Sanitárias, UFPE, 2009, p.29,38. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

DESCRIPTION OF STATION WASTE WATER TREATMENT AND STUDY OF RECLAIMING INDUSTRY CERAMIC RED

ABSTRACT

So that the water meets potability standards required by the laws it passes through various treatment processes which generate waste called WTS. This sludge is disposed of without any processing, however, environmental agencies and the public are demanding alternatives to this situation. Knowing this, this study aims to characterize the sludge from the Water Treatment Plant Botafogo and analyze its viability as a feedstock in the manufacture of red bricks.