

QUÍMICA-MINERAL DAS CAMADAS INERTIZADAS EM LAMA VERMELHA DA HYDRO ALUNORTE

Erika Raiol Pinheiro (E. R. Pinheiro), Oscar Jesus Choque Fernandez (O. J. Ch.
Fernandez), Josivaldo Chaves Costa (J. C. Costa)

Trav. Das Mercedes, nº39, Apt. 202, São Brás, Belém, Pará – Brasil, 66093630,
raiolerika@hotmail.com

Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Pará – IFPA

RESUMO

Neste trabalho foram analisadas as variações químico-mineralógicas em diferentes profundidades e tempo de deposição da lama vermelha do Depósito de Rejeito Sólidos (DRS) da Hydro Alunorte Pará. Com esse fim foram usadas a fluorescência, difração de raios-X, medidas de pH e ensaios granulométricos. Sua composição química predomina em óxido de ferro bem como óxidos de sódio e titânio, alumina residual e sílica. Nos perfis em profundidade e nos pontos amostrados as fases mostraram ser semelhantes sendo constituídas por hematita, anatásio, goethita, sodalita e quartzo. Por vezes ocorre calcita, zircão, gipsita e cristobalita. Observou-se que, o percentual do ferro aumentou, enquanto que a sílica e a alumina residual diminuem, com a profundidade. O óxido de titânio apresentou-se constante. O pH das amostras variam de 11 a 11,7. Os ensaios granulométricos mostram, predominantemente, partículas < 74µm. O estudo evidencia a possibilidade de trabalhar com esse resíduo em outras aplicabilidades observando suas características.

Palavras-chave: camadas inertizadas, rejeito, fases mineralógicas, caracterização.

INTRODUÇÃO

A lama vermelha (LV) é um resíduo sólido do processo de obtenção de alumina do minério de bauxita. No Pará, as principais grandes empresas envolvidas desde extração do minério da bauxita até a formação do alumínio são as seguintes: MRN – mineração Rio do Norte, MP – Mineração Paragominas, ALCOA, e a Hydro Paragominas. Para o refinamento do minério, a Hydro Alunorte utiliza o processo Bayer para a alumina e o Hall-Héroult para a produção do alumínio.

A lama vermelha é um dos rejeitos industriais mais abundantes no Brasil. Em 2013, a Hydro Alunorte produziu 5,5 milhões de toneladas de alumina, o que é proporcional à geração de 5,5 milhões de toneladas de lama vermelha. Para o setor mineral e industrial a lama é vista como uma jazida de grande potencial mineralógico. Também é importante verificar e tratar a toxicidade da desse resíduo antes de efetuar uma aplicação direta⁽¹⁾.

A granulometria dos resíduos está relacionada com a mineralogia da rocha de origem, processo de extração, processamento e a forma como é despejada na barragem ou dique. A faixa da curva granulométrica é impossível definir um padrão, pois as características como processamento, extração e mineralogia variam de região para região. De modo geral, a granulometria dos rejeitos de LV está faixa dos síltes que varia de 10 μ m a 100 μ m⁽²⁾.

Os estudos químicos – mineralógicos, deste trabalho foi realizado sobre rejeitos em profundidades (0,4 a 2,0 metros de superfície) com identificação de possíveis variações nas composições químicas e mineralógicas ocorridas por influência do processo de digestão e/ou pelo tempo de deposição desta lama no Depósito de rejeito sólido da Hydro Alunorte. Há de considerar a importância deste estudo, pois não foi encontrada literatura com informação mineralógica ou modificação de fases seguindo um perfil em profundidade em depósitos de lama vermelha⁽¹⁾.

Este estudo servira como sustento para possíveis aplicações da lama vermelha, pois contribuirá no conhecimento de variações prováveis de fases e tamanhos de grão em profundidade, pois nos estudos atuais sobre esse resíduo são direcionados para as camadas superficiais do depósito de rejeito e devido à ocorrência de grande quantidade de LV, faz necessário conhecer as propriedades físicas e químicas que ocorre ao longo do tempo de deposição.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O rejeito, lama vermelha, foi extraído diretamente do depósito de rejeitos sólidos (DRS) da Hydro Alunorte, localizada no município de Barcarena. Foi coletada 5 amostras de 8 pontos diferentes, em diferentes profundidades sendo de 40cm, 80cm, 120cm, 160cm e 200cm. Totalizando 40 amostras no total. Conforme a figura 1 abaixo:

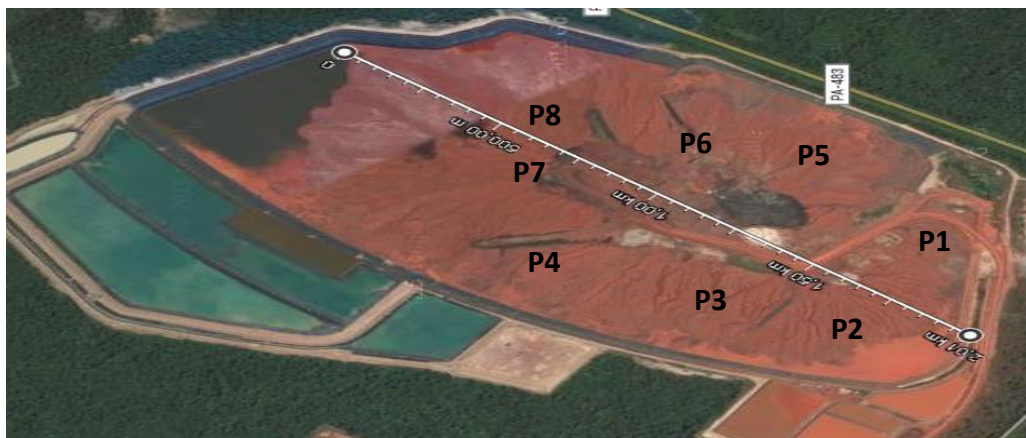


Fig.1. Depósito de rejeito sólidos da Hydro Alunorte. (Costa, 2015)

Métodos

Para a tarefa da amostragem foi usada uma ferramenta manual chamada draga, ou seja, um cavador de garras para fazer o furo e pegar a amostra.

As amostras passaram por uma preparação para realizar a análise de difração de raios-X, respectivamente: filtração à vácuo por 15 minutos para retirada do resíduo cáustico (entre 5g/l e 20g/l), filtração à quente através de lavagem com água a 95°C também para eliminar resíduo de cáustico, secagem de 8 horas na estufa a 110°C para eliminação da umidade, pulverização manual e posterior peneiramento na malha de 60#. Em seguida a mostra foi compactada no porta amostra conforme a figura 2. Em seguida as amostras foram colocadas no difratometro de raio x, da marca PW 3040/60 da PANalytical (IG/UFPa).



Fig.2. Compactação da amostra para análise de difração de raios-X.

Para as análises de fluorescência de raios-X foi retirada de cada uma das amostras uma alíquota de 5,0 *gramas* para serem calcinadas por 2,0 *horas* em temperaturas entre 110°C a 1100°C. Depois as pastilhas foram analisadas no equipamento de fluorescência de raio x, figura 3.

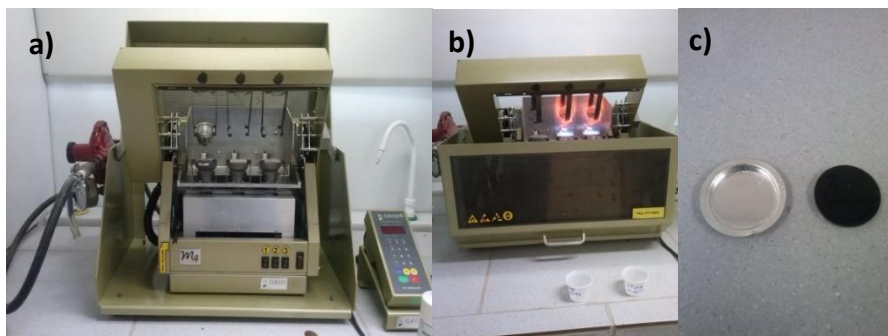


Fig.3. Forno para fundição da amostra (a), forno em processo de queima (b) e amostra sólida em forma de pastilha após fusão e solidificação (c).

Antes de passar pelo processo de preparação da amostra, o pH da lama vermelha foi avaliado in natura com o auxílio do phmetro, dos pontos 1 e 5 em suas cinco camadas, onde as amostras se encontravam úmidas, apresentando um pH na faixa de variação de 11,00 á 11,7.

Para a granulometria, foi utilizado apenas as amostras do ponto 1 e 5. Foi separado 21 gramas de cada nível do perfil dos dois pontos. Antes da sedimentação as amostras foram previamente secadas a 60°C por 30 minutos e peneiradas na peneira de 200 mesh ou 74 mm. O ensaio partiu da seguinte forma: em uma proveta de 100 ml, a qual foi marcada em 7 níveis, seguindo a lei de Stokes (equação A), para determinar a velocidade das partículas e o tempo para sedimentar.

$$v = \frac{gD_p^2(\rho_p - \rho)}{18\mu} \quad (A)$$

Nessa proveta foi colocada 21 gramas de lama vermelha e água até a medida estipulada, em seguida foi homogeneizada e tirada a mistura com o auxílio de uma mangueira. O tempo de sedimentar foi esperado e em seguida cada amostra foi colocada na mufla a 60°C por mais ou menos 24 horas para sua secagem completa. Depois de secas, com o auxílio de um pincel foi tirado os pós de lama dos pratos e pesadas. A figura 4 mostra a sequência da sedimentação.



Fig.4. Sequência da etapa para sedimentar a lama.

RESULTADOS E DISCUSÕES

Para as análises de difração de raios-X foram obtidos os seguintes resultados:

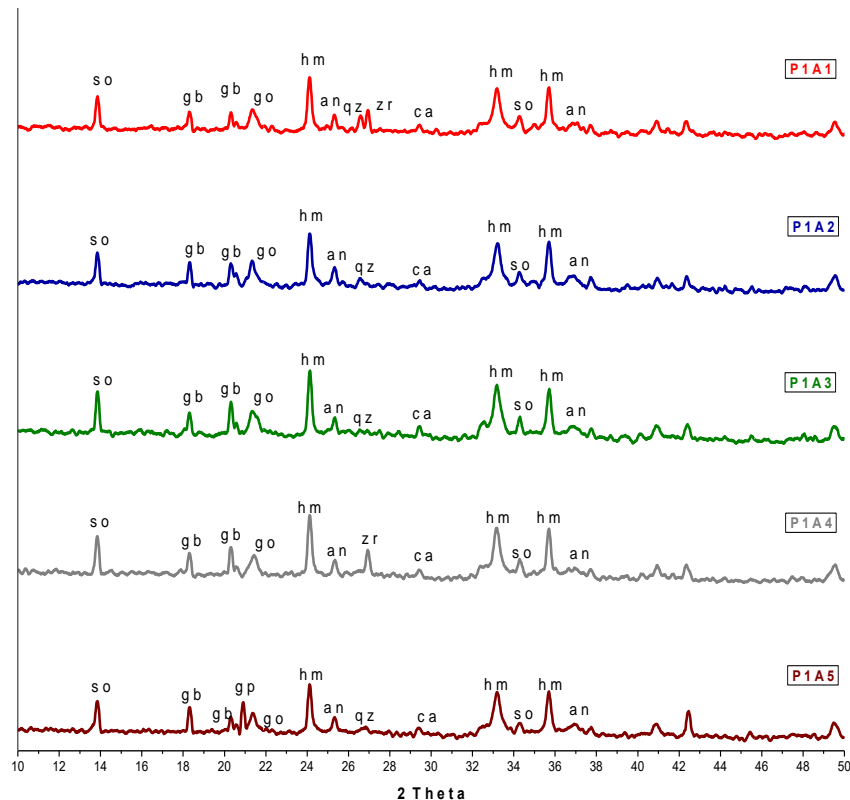


Fig. 5. Difratoograma do ponto 1.

Por difração de raios-X a lama vermelha no mesmo ponto amostrado e em profundidade (Figura 5), apresenta pelo geral as seguintes fases: gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), (PDF:00-001-0263); hematita (Fe_2O_3), (PDF:01-089-0007); anatásio (TiO_2), (PDF: 01-089-4203); goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$), (PDF:00-003-0251); e sodalita ($\text{Na}_8(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})$), (PDF: 01-089-9098) e quartzo (SiO_2), (PDF:01-083-0539). Com muita frequência a calcita (CaCO_3), (PDF:00-001-0837). Localmente, por vezes foram identificados: zircão (ZrSiO_4), (PDF:01-076-0865), gipsita ($\text{Ca}(\text{SO}_4)(\text{H}_2\text{O})_2$), (PDF:01-072-0596) e cristobalita (SiO_2), (PDF:01-082-1407).

Nos demais pontos amostrados predominaram essas mesmas fases e houve pouca variação morfológica em função do tempo de deposição e profundidade.

Os minerais do perfil laterítico da bauxita determinam as fases mineralógicas da lama vermelha. As fases neoformadas, como aluminossilicatos e carbonatos foram formadas pela influência da temperatura da digestão e da adição de hidróxido de sódio e óxido de cálcio. Em todos os pontos, as amostras mostraram-se semelhante nas fases gibbsita, hematita, goethita, sodalita e anatásio. Entretanto, o quartzo, o zircão e a calcita são notados em pontos e profundidades distintas com diferentes proporções.

Para a fluorescência de raios-X, os resultados são mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Variação em percentagem da análise química de lama vermelha.

	Ponto1	Ponto2	Ponto3	Ponto4	Ponto5	Ponto6	Ponto7	Ponto8
Fe ₂ O ₃	32,26 - 36,88	42,14 - 50,45	26,06 - 34,59	32,74 - 34,68	30,09 - 34,53	31,39 - 32,83	26,48 - 34,97	28,97 - 35,61
Al ₂ O ₃	21,82 - 23,42	16,84 - 20,97	22,06 - 24,00	21,58 - 22,43	21,61 - 23,26	22,71 - 23,15	22,56 - 24,41	22,58 - 23,85
SiO ₂	16,61 - 17,32	12,38 - 14,59	18,40 - 22,66	17,03 - 18,14	17,23 - 19,53	17,15 - 17,59	16,74 - 23,58	17,27 - 19,27
Na ₂ O	8,35 - 9,47	5,48 - 6,99	10,07 - 10,59	10,22 - 10,86	10,06 - 12,17	10,13 - 11,29	8,18 - 9,51	9,45 - 10,52
TiO ₂	4,72 - 5,73	4,42 - 4,63	3,21 - 4,53	4,28 - 5,22	4,75 - 6,00	5,22 - 5,56	3,57 - 5,08	4,99 - 6,93
CaO	0,99 - 1,60	1,32 - 1,73	0,66 - 1,86	1,32 - 1,84	1,04 - 1,90	1,21 - 1,35	1,59 - 1,67	0,64 - 1,87
ZrO ₂	0,37 - 0,7	0,28 - 0,41	0,19 - 0,34	0,32 - 0,62	0,51 - 0,81	0,56 - 0,71	0,28 - 0,47	0,47 - 0,88
V ₂ O ₅	0,08 - 0,11	0,08 - 0,09	0,08 - 0,12	0,11 - 0,12	0,11 - 0,12	0,11 - 0,12	0,06 - 0,09	0,09 - 0,13
MnO	0,02 - 0,12	0,01 - 0,03	0,01 - 0,03	0,02 - 0,09	0,05 - 0,12	0,08 - 0,11	0,02 - 0,04	0,03 - 0,17
P ₂ O ₅	0,04 - 0,08	0,05 - 0,05	0,04 - 0,06	0,05 - 0,07	0,06 - 0,08	0,08 - 0,08	0,04 - 0,06	0,05 - 0,09
Cr ₂ O ₃	0,04 - 0,04	0,05 - 0,06	0,02 - 0,04	0,03 - 0,03	0,02 - 0,03	0,03 - 0,03	0,03 - 0,04	0,04 - 0,05
K ₂ O	0,00 - 0,01	0,01 - 0,03	0,02 - 0,14	0,01 - 0,02	0,08 - 0,14	0,03 - 0,03	0,00 - 0,15	0,05 - 0,11
MgO	0,0 - 0,01	0,00 - 0,010	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,07	0,00 - 0,04
ZnO	0,002 - 0,004	0,005 - 0,010	0,003 - 0,008	0,002 - 0,005	0,003 - 0,006	0,004 - 0,006	0,001 - 0,003	0,002 - 0,004
Perda ao fogo	8,78 - 9,66	8,01 - 9,85	9,13 - 11,67	8,89 - 10,00	9,21 - 9,5	9,04 - 9,62	9,01 - 11,44	8,71 - 9,48

As análises químicas feitas por FRX, mostram valores percentuais com intervalo mínimo e máximo dos elementos da composição da lama vermelha das cinco alturas ou profundidades consideradas neste trabalho.

Os elementos em maior proporção são: Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂ e Na₂O, e os de menor proporção são: P₂O₅, CaO, V₂O₅, ZrO₂, ZnO, MnO, MgO, K₂O, Cr₂O₃. Essa análises químicas, em todos os pontos e profundidades apresentam uma variação muito grande. Observou que quanto mais antiga e profunda a camada maior a presença de fases de ferro. Já a fase de alumínio apresentou o contrário, menor sua quantidade com o tempo e profundidade de deposição. E o titânio apresentou em quantidade uma homogeneidade de percentagem em todos os pontos e tempo de deposição.

Os resultados das análises granulométricas dos pontos P1 e P5, obtidos pela sedimentação das partículas são mostrados na Tabela 2.

Tab. 2. Quantidade granulométrica em gramas do P1 e P5.

DIÂMETRO (μm)	P1	P5
1	9,86	12,14
3	7,58	9,86
5	7,84	10,16
10	7,62	9,55
20	7,86	9,72
38	8,65	10,1
74	49,06	33,04
PERDAS	98,47	94,57

Percebe-se que nos pontos P1 e P5 a quantidade em relação a granulometria é bem variada, assim como em comparação de um ponto para outro os valores são bem divergentes. Nesse dois pontos, percebe-se que em quantidade de massa por diâmetro o do ponto P5 possui os maiores valores por camada em relação a P1. Porém o ponto P1, destaca-se pela grande quantidade em massa na granulometria 74 μm . Em geral, a granulometria dos rejeitos de lama vermelha está na faixa do sílto. Como observamos pelas as análises das sedimentações. No qual, P1 apresentou maior peso em relação aos outros pontos no tamanho de 74 μm . É um fator importante para a indústria de extração, pois possivelmente há a concentração de elementos importante para o setor.

CONCLUSÃO

O produto de lama vermelha (LV) nos diferentes pontos amostrados em profundidade está determinada pelas fases da bauxita alimentadas ao processo Bayer e aos agentes lixiviantes à que são submetidos os minérios de Al. A fase predominante é hematita ocorrente no minério, sodalita é principal fase neoformada na digestão. A presença de gibbsita sugere que parte da bauxita não foi lixiviada.

É notavel a variação química nas camadas inertizadas, produto da sedimentação de partículas com teores de Fe_2O_3 mais densas que Al_2O_3 .

A granulometria dos rejeitos está relacionada à alimentação dos minérios ao processo, predominando frações menores a 74 μm . Essa variação reflete o fato do relevo do rejeito, bem como a disposição do rejeito com o tempo.

O rejeito possui característica alcalina para o setor industrial, sendo necessaria realizar estudos de neutralização da LV.

REFERÊNCIAS

1. COSTA, J. ***Variações químico mineralógicas em camadas inertizadas de lama vermelha da Hydro Alunorte***. 2015, 105p. TCC (Trabalho de conclusão de curso) – Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia do Pará, IFPA/Campus Belém-PA, Pará.
2. VILLAR, L. ***Estudo do adensamento e ressecamento de resíduos de ineração e processamento de bauxita***. 2002, 156 - 158p. Tese (Doutorado para obtenção do grau de Doutor) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Rio de Janeiro.

MINERAL CHEMISTRY IN INERTED LAYERS OF RED MUD FROM HYDRO ALUNORTE ABSTRACT

In this study were carried out the mineral chemistry variations in samples of the different depths and deposition time of the red mud solids from Hydro ALUNORTE Pará. Red mud samples were analyzed by X-ray diffraction and fluorescence. The predominant chemical compositions are: iron, sodium and titanium oxides, residual alumina and silica. Similar phases along the profiles layers are similar and are represented by hematite, anatase, goethite, sodalite and quartz. Sometimes occur calcite, zircon, cristobalite and gypsum. The iron percentage increases in the deeper layers as well as the residual silica and alumina decrease with depth. The titanium oxide had constant. The pH of the samples ranged from 9.9 to 11. The predominant size particles are < 74 micrometers. The study shows the possibility of working with this residue in other applicability observing its characteristics.

Key-words: inerted layer, red mud, mineral phases, characterization.