



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ
CAMPUS BELÉM - DIRETORIA DE ENSINO – DEN
ENSINO MÉDIO INTEGRADO – CURSO DE MINERAÇÃO
COORDENAÇÃO DE MINERAÇÃO
SEMINÁRIO INTEGRADOR INTERDISCIPLINAR

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS

Belém-PA
Jul./ 2021

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS

Artigo apresentando no âmbito da base curricular Projeto Integrador, como requisito obrigatório à conclusão do curso técnico de mineração integrado ao ensino médio, no IFPA Campus Belém.

Equipe de discentes:

Edielly Maevy Cordeiro Lopes - 20182154715

Tábita Vitória Cruz Rabelo - 20182154750

Ygor Daniel Matos Dos Santos - 20182154762

Equipe examinadora docente interdisciplinar:

Prof. Dr. Jaime Henrique Barbosa da Costa

Prof. Dr. Haroldo de Vasconcelos Bentes

Prof. MSc. Adalcileio Lúcio de Souza Duarte

Avaliadores convidados externos de área:

Dra. Silvia Cristina França

Diretora do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI)

Esp. Geovan Olavo Damásio de Oliveira

Eng. de Processo da Hydro Mineração Paragominas

Belém-PA
Jul./ 2021

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS

Aprovado em:

Nota Final:

Banca examinadora

Prof. Dr. Jaime Henrique Barbosa da Costa
(IFPA Campus Belém)
SIAPE: 1215884

Prof. Dr. Haroldo de Vasconcelos Bentes
(IFPA Campus Belém)
SIAPE: 1550089

Prof. MSc. Adalcileio Lúcio de Souza Duarte
(IFPA Campus Belém)
SIAPE: 7779268

Prof. Esp. João Paulo Abreu Almeida
Coordenador do curso
(IFPA Campus Belém)
SIAPE: 2388335

Belém-PA
Jul./ 2021

RESUMO

Com o aumento da demanda mundial pelo minério de manganês e os impactos ambientais que são originados pelo rejeito gerado pelo mesmo, se tornaram pontos motivadores para estudos que frisassem o aproveitamento do rejeito gerado por esse material. Contudo, o objetivo principal do trabalho foi realizar um estudo sobre o aproveitamento do rejeito de manganês em termos das finalidades do uso desses resíduos minerais. Como questão problema norteadora: qual a utilização desses rejeitos nas áreas da produção e em termos de devolutivas sociais? Neste contexto, a partir de pesquisa bibliográfica investigou-se na literatura de área a aplicabilidade desses rejeitos, e desse movimento de investigação concluiu-se que: à base de aproveitamento desses resíduos estão atrelados à área da construção civil, de forma viável, técnica e ambiental, na produção de argamassa e cimento Portland, com ensaios sobre a resistência e absorção de água e a compressão. Além do aproveitamento como agregado miúdo na confecção de concreto, consolidado em estudos de compressão axial.

Palavras-chave: Aproveitamento; rejeito; manganês.

1. INTRODUÇÃO

O manganês está entre os minérios mais extraídos no estado do Pará, e como consequência, a extração do mesmo gera um alto índice de rejeito, o que se apresenta a partir desta pesquisa bibliográfica, de maneira que o rejeito de manganês é aproveitado no segmento da construção civil, e em termos de finalidade, na produção de argamassa e cimento. No movimento da pesquisa partiu-se da questão problema norteadora: qual a utilização desses rejeitos nas áreas da produção e em termos de devolutivas sociais?

O objeto de estudo deste artigo é de elevada importância, pois a extração mineral está diretamente ligada com o meio ambiente, devido ao material que é extraído e do grande volume de resíduos que é produzido.

O Brasil é um dos maiores produtores de minério de manganês, no *ranking* de produtor deste minério, se encontra em quinto lugar. Segundo a DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), deteve em 2014 a parcela de 6,2% da produção mundial, atingindo cerca de 2,7 milhões de toneladas (Mt) na produção brasileira.

Outra informação com base nos dados fornecidos pela DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), em 2015, mostra que o estado do Pará entrou em destaque como o maior fornecedor de manganês, com sua grande província mineral localizada na Serra dos Carajás, que foi responsável pela geração em 2014 de 70% de toda a produção de concentrado de manganês do país.

Esse quadro faz-se como motivação e objetivo dessa pesquisa, trazendo por meio do aproveitamento de rejeito do minério de manganês da serra de Buritirama-PA, um proveito como material de construção civil. No que tange ao objetivo central, realizar um estudo sobre o aproveitamento do rejeito de manganês em termos de finalidades do uso desses resíduos minerais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A mineralogia do manganês é variada e complexa. O manganês é um metal encontrado em sua forma elementar e está distribuído em diversos ambientes geológicos, e disperso em uma variedade de rochas sob a forma de óxidos, dentre os quais destacam-se: dióxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos (SAMPAIO et al., 2008). Os referidos autores mencionam que os dióxidos constituem as mais importantes fontes comerciais do metal, destacando-se a pirolusita, a psilomelana e a manganita.

2.1 Minerais de Manganês Mais Importantes Comercialmente e Mais Frequentes

Dentre os minerais, alguns são considerados por vários autores como os mais importantes comercialmente e mais frequentes: Os óxidos (Criptomelana, Pirolusita, Nsutita, Bimessita, Jacobsita, Hausmannita, Psilomelana, Todorokita), os hidróxidos (Manganita e Groutita), os silicatos (Rodonita, Tefroíta, Espessartita, e a Braunita), e os carbonatos (Rodocrosita). Pirolusita – usualmente formado pela oxidação de outros minerais também de Manganês. É o de maior importância comercial (CETEM, 2008).

Psilomelana – o segundo mais importante sob o aspecto comercial. É um óxido hidratado contendo de 45 a 60% de Mn, porém com quantidades variáveis de bário e potássio. É muito comum sua presença em depósitos secundários, apresentando-se como uma forma coloidal de MnO₂ que supostamente absorveu impurezas, incluindo água, sódio, potássio e bário (CETEM, 2008). Rodocrosita – é um carbonato (CaCO₃) de manganês com quantidades variáveis de ferro, cálcio e carbonatos de manganês. É muito encontrado como uma substituição metasomática de calcário nos veios, em filões de prata (CETEM, 2008).

Rodonita – é um silicato de manganês, em cuja estrutura cristalina ocorrem cálcio, na forma de CaSiO₃ no máximo 20% em peso; Fe²⁺, substituindo o Mn em até 14% em peso; zinco, em substituição à formação de um tipo de rodonita, também chamada de fowlerita, Ca(Zn,Mn)₄(Si₅O₁₅). A rodonita ocorre em depósitos de manganês, como resultado de atividades metamórficas. O mineral, ausente de

impurezas, pode ser formado com base em Rodocrosita que, ao reagir com a sílica, produz rodonita e dióxido de carbono, segundo a reação (CETEM, 2008):

Manganita – formado pela redução de pirolusita, o mineral ocorre em veios e está, invariavelmente, associado a outros minerais de manganês (CETEM,2008).

Braunita e manganita – ocorrem, em menores quantidades, em muitos depósitos de Manganês. A braunita contém até 10% de SiO₂, que a transforma em um oxissilicato, o único com alguma importância comercial (CETEM, 2008). Liofilita – (LiMnPO₄) é um óxido de manganês com quantidades variáveis de outros metais, como cobalto, níquel e cobre (CETEM, 2008).

Nsutita – (MnO₂-γ) é um composto não estequiométrico e poroso, comumente empregado na fabricação de baterias, conferindo-lhes melhor rendimento. O nome provém da região de Nsuta, no Gana (CETEM, 2008). Todorokita – nome com origem em Todoroki, mina de manganês no Japão, onde o mineral foi encontrado em nódulos de manganês (CETEM, 2008).

Hausmannita – é um mineral primário de manganês contido em veios associados às rochas ígneas, encontrado em quantidade relativamente pequena (CETEM,2008).

2.2 Principais Minas de Manganês no Estado do Pará

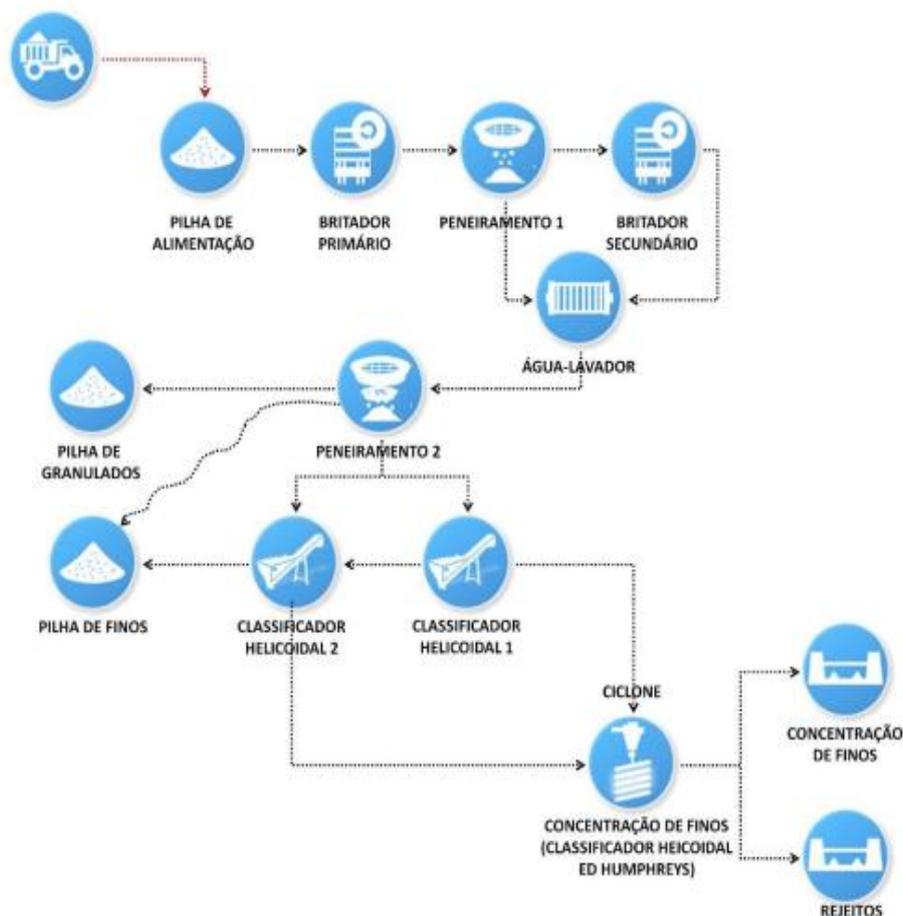
Atualmente o estado do Pará tem duas grandes produtoras de minério de manganês sendo elas: a mina do Azul, pertencente a Vale, que se localiza na Serra Norte de Carajás, é a segunda maior produtora de minério de manganês do estado do Pará e a maior produtora de manganês do estado do Pará e também da América Latina, a mina de Buritirama localizada em Marabá, que pertence ao grupo Buritipar. Em 2019 a mina do Azul rendeu R\$ 403,42 milhões em produção, enquanto a mina da Buritirama, em Marabá, faturou R\$ 575,65 milhões. Essas minas geram grandes quantidades de rejeito de manganês que são mantidos em barragens.

A Mineração Buritirama, tem planta de beneficiamento onde o minério bruto, que é devidamente homogeneizado, passa pelos processos de britagem primária, desagregação e lavagem em tanque rotativo, classificação em peneira vibratória, rebritagem e nova classificação em classificadores espirais.

Segundo Nascimento (2015), os processos de cominuição, lavagem e peneiramento são encarregados para remoção da parte argilosa do minério e

concentrar a fração granulada do mesmo, preferível para fins metalúrgicos. O rejeito do minério de manganês é a fração do minério que, após o processamento, apresenta granulometria inferior a 0,15 mm (MINERAÇÃO BURITIRAMA, 2016). A Figura 1 mostra o processo beneficiamento do minério de manganês.

Figura 1: Processo de beneficiamento do minério de Mn



Fonte: <http://mineracaoburitirama.com.br/produto/area>. Acesso em: 25 jun., 2021

2.3 Mineralogia Mina do Azul

O complexo mineiro da Região de Carajás no estado do Pará possui duas grandes minas, a Mina do Azul e a Mina de Buritirama. A composição mineralógica qualitativa e análise química dos principais minérios de manganês da Mina do Azul apresenta predominância de Criptomelana ($\text{KMn}_8\text{O}_{16}$) com 40%; Todorokita ($(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_2\text{Mn}_6\text{O}_{12} \cdot 3-4 \text{H}_2\text{O}$) e Piroluzita (MnO_2) com 20%; com menor quantidade a Gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) contém 10% e os minoritários sendo a Espessartita

($Mn_3Al_2(SiO_4)_3$); Magnetita (Fe_3O_4) e a Nsutita ($Mn(O, OH)_2$) apresentam 3% apenas.

2.4 Aproveitamento do rejeito de manganês na construção civil

De acordo com Viveiros (2017) a exploração do minério de Manganês ocupa um papel importante no setor da mineração existente no Brasil, por ser um recurso natural e devido suas reservas existentes, o mesmo se tornou excepcional para a produção de ligas de aço.

O trabalho de Viveiros (2017) utilizou o rejeito do beneficiamento de minério de manganês da região Sudeste do estado do Pará. A amostra da pesquisa base deste trabalho foi retirada das barragens, na Serra de Buritirama, local onde é extraído o minério e acumula-se o rejeito. As minas encontram-se na bacia do Rio Itacaiúnas.

De acordo com Viveiros (2017), literatura base deste artigo, adotou-se dois tipos distintos de cimentos um primeiro para a investigação do uso do rejeito de manganês como fíler no cimento, optou-se por utilizar o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V ARI) devido sua pureza e possuir apenas de 0 a 5% de material carbonático e assim poder analisar os efeitos da substituição parcial do cimento por rejeito de manganês. Para caracterização deste cimento utilizou-se a norma NBR NM 23 (ABNT 2001) e determinou-se sua massa específica de $3,09 \text{ g/cm}^3$. Quanto ao estudo da aplicação do rejeito de manganês como agregado miúdo na confecção de concretos, optou-se por utilizar o cimento Portland tipo CP-IV 32 (Cimento Portland Pozolânico) especificado pela NBR 5736 (ABNT, 1999) com massa específica de $3,10 \text{ g/cm}^3$.

No agregado miúdo utilizou-se areia proveniente dos leitos dos rios próximos à cidade de Belém para a confecção das argamassas e concretos. Essa areia passou pelo processo de secagem, com o auxílio de estufa e foi armazenada em tonéis. Para efeito de caracterização foi determinada sua massa unitária e índice de vazios. Utilizou-se água potável com temperatura de 28°C e pH 6,0 oriunda da Universidade Federal do Pará que atualmente produz sua água. Portanto, o abastecimento hídrico da universidade oferece água válida para a produção de concretos.

Empregou-se na produção das argamassas aditivo super plastificante, à base de sais sulfonados e carboidratos em meio aquoso, densidade de $1,20 \pm 0,02 \text{ kg/litro}$, PH $8,5 \pm 1,0$ com dosagem recomendada pelo fabricante de 0,30 a 2% sobre a massa

do aglomerante (cimento Portland). E para a confecção dos concretos utilizou-se aditivo super plastificante de terceira geração, baseado em uma cadeia de éter policarboxílico modificado que atua como dispersante do material cimentício, densidade de 1,067 – 1,107 g/cm³, PH aproximado de 6,6 (20 °C).

Castro (2011) apresentou a utilização da lama de redução de manganês, um resíduo dos fornos elétricos de produção de ferro-ligas de manganês, como matéria prima de tijolos para construção civil, foram formuladas diferentes massas cerâmicas com teores de 0; 2,5; 5 e 10% em peso de adição de resíduo à argila utilizada comercialmente, e sinterizadas em diferentes temperaturas, 850°C, 950°C e 1050°C. Depois de sinterizados, os corpos cerâmicos foram estudados por microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios x e por espectrofotometria. Suas propriedades mecânicas foram avaliadas por resistência à flexão, porosidade aparente e massa específica, absorção de água, retração linear e perda ao fogo. Com o auxílio de técnicas e programas de planejamento de experimentos, a ação das variáveis: temperatura, composição e a interação entre elas sobre os resultados foram discutidos. Castro (2011) chegou a conclusão de que a adição de lama de manganês à massa cerâmica, para a produção de cerâmica vermelha, mostrou-se altamente viável do ponto de vista técnico. Utilizou-se de resíduos para estudo onde foram enviados pela empresa Vale Manganês em dois lotes de 50L, que foram tratados como duas amostras distintas, Lama Mn 01 e Lama Mn 02. Trabalhou-se com as duas amostras simultaneamente, evitando discrepâncias nos resultados por utilização de parâmetros diferentes nos processos experimentais e por erros sistemáticos durante os procedimentos. Foram retiradas aleatoriamente amostras representativas de cada lote, com um volume de 1,5L cada, após o quarteamento foram separadas para: arquivo do projeto, análise química, granulometria e determinação de densidade e confecção dos corpos de prova. Com exceção da alíquota reservada para a granulometria, as amostras foram secas na estufa à temperatura de 153°C por 12 horas.

Conforme resultados alcançados no trabalho de Viveiros (2017), o objetivo do trabalho foi atingido. Considerando-se que os métodos utilizados como resistência à compressão; absorção de fluídos (Água) e os índices dos vazios que fazem parte da divisão de argamassas geradas a partir de rejeito de manganês (Cimento Portland) tanto quanto em rejeito de manganês para a criação de agregados miúdos na constituição do concreto, que se conduziu através de testes feitos que frisavam a

resistência a compressão; resistência a tração e módulos de elasticidade dos mesmos. É importante destacar que os resultados adquiridos nas pesquisas são bons em aspectos de qualidade e aplicabilidade, se tornando viáveis economicamente.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica, tendo como fonte de dados, por exemplo, *google* acadêmico, repositório de dissertações e teses de universidades e etc. Utilizou-se também de atividades extras curriculares (ANEXO 1) como palestras de profissionais da área de mineração sobre o aproveitamento de rejeitos praticados nas empresas de mineração, como por exemplo, de cobre, ferro e da bauxita.

Assim sendo, e sob orientações de professores de áreas multidisciplinares, esta produção escolar de natureza científica, situa-se como requisito obrigatório à conclusão do curso técnico de mineração integrado ao ensino médio, no IFPA Campus Belém.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no movimento da pesquisa realizada, tendo Viveiros (2017) como base principal, conclui-se que o aproveitamento desses rejeitos gerados durante o beneficiamento do minério de manganês é possível e tem sim utilidades no cotidiano da população, como vimos na pesquisa apresentada anteriormente se aplicados na área da construção civil para a produção de argamassas e cimentos. Tendo assim seus objetivos atingidos com sucesso e eficácia.

É importante destacar também que além dos resultados serem bons, esse aproveitamento dos rejeitos de manganês para a construção civil, se aplicados podem até gerar benefícios econômicos para a população da região.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23:**

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5736:**

<https://sistemas.anm.gov.br/scm/site/admin/default.aspx>

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM, v. 31, 125 p., 2011.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM, v. 35, 135 p., 2015.

Cimento **Portland pozolânico**. Rio de Janeiro, 1999.

Cimento Portland e outros materiais em pó – **Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2001.

CASTRO, C. G. Estudo do **aproveitamento de rejeitos do beneficiamento do manganês pela indústria cerâmica**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

SALGUERO, F. ; GRANDE, J. A. ; VALENTE, T. ; GARRIDO, R. ; DE LA TORRE, M. L. ; FORTES, J. C. ; SÁNCHEZ, A. **Reciclagem de materiais de ganga manganês provenientes de lixões da Faixa Piritosa Ibérica - Aplicação como filler na produção de betão**. Construção e Materiais de Construção 54, p. 363 - 368, 2014.

SANTOS, Olívia de Souza Heleno. **Reciclagem de um Resíduo Proveniente do Beneficiamento de Minério De Manganês**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2013.

Viveiros, Danielle de Cássia Santos de Viveiros. **Rejeito do minério de manganês como material de construção civil**. UFPA PPGEC, 2017.

ANEXO 1: atividades extras curriculares

Datas	Palestrantes	Temas
10/04/2021	Técnico Reinaldo Silva	Aproveitamento do rejeito do processamento de minério de Ouro da Serabi Gold.
24/04/2021	Engenheiro Geovan Oliveira	Aproveitamento do rejeito do processamento de minério de Cobre da mina do Sossego da Vale.
15/05/2021	Engenheiro Cleyson Lameira	Aproveitamento do rejeito do processamento de minério de Manganês da mina do Azul da Vale.
22/05/2021	Engenheiro Fábio Mendes	Aproveitamento do rejeito do processamento de minério de Caulim na Imerys.
19/06/2021	Engenheiro Leonardo Agripino	Aproveitamento do rejeito do processamento de minério de Bauxita da Hydro.

Fonte: Projeto integrador, curso técnico integrado de mineração IFPA Campus Belém, 2021/1