



GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA MINERAÇÃO DE BAUXITA: PRÁTICAS E LIÇÕES APRENDIDAS

Sirley de Fátima dos Santos de Melo.

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. E-mail: sirley.melo2@yahoo.com.br

RESUMO

A mineração é um setor economicamente importante e indispensável para subsidiar a fabricação dos bens materiais que atendem às necessidades humanas. A bauxita é uma rocha formada por óxidos de alumínio (Al_2O_3), óxidos de ferro (Fe_2O_3), dióxido de titânio (TiO_2) e silicato de alumínio $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, cujo beneficiamento produz a alumina (Al_2O_3) que é transformada em alumínio; esse processo gera resíduos, alguns perigosos, que precisam ser gerenciados para evitar a geração de danos ou acidentes ambientais. Esta pesquisa descreve as práticas de gerenciamento de resíduos utilizadas por uma empresa de mineração, instalada na Região Nordeste do Brasil. Este estudo descreve as etapas de produção mineral, identifica os tipos de resíduos, destaca as práticas e as lições aprendidas. Foi utilizado o método de Pesquisa Descritiva, com partes de Pesquisa Aplicada, as informações foram obtidas por meio de Pesquisa Bibliográfica, complementada com observação direta e anotações de campo, efetuadas nas frentes de lavra, nas usinas de beneficiamento mineral e nas áreas de armazenamento de resíduos, seguidas do acompanhamento das atividades de transporte, tratamento e destinação final dos resíduos, durante dois anos, fato que embasa um Estudo de Caso. Os resultados demonstraram que a forma de gerenciamento de resíduos influencia diretamente no cumprimento das condicionantes do licenciamento ambiental, na imagem corporativa e no posicionamento da empresa no ranking de mercado. Deste modo, conclui-se que as práticas aplicadas no gerenciamento são fatores decisivos para evitar multas e embargos, cujos efeitos interferem na manutenção da Licença de Operação (L.O.) e na lucratividade da empresa.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos, mineração, gerenciamento.

ABSTRACT

Mining is an economically important and indispensable sector to subsidize the manufacture of material goods that meet human needs. Bauxite is a rock formed by aluminum oxides (Al_2O_3), iron oxides (Fe_2O_3), titanium dioxide (TiO_2) and aluminum silicate $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, whose processing produces alumina (Al_2O_3) which is transformed into aluminum; this process generates residues, some of which are hazardous, which need to be managed to avoid the generation of environmental damage or accidents. This research describes the waste management practices used by a mining company, installed in the Northeast Region of Brazil. This study describes the stages of mineral production, identifies the types of waste, high lights the practices and lessons learned. The Descriptive Research method was used, with parts of Applied Research, the information was obtained through Bibliographic Research, complemented with direct observation and field notes, carried out in the mining fronts, in the mineral processing plants and in the storage areas of waste, followed by the monitoring of transportation, treatment and final destination of waste activities for two years, a fact that supports a Case Study. The results showed that the form of waste management directly influences the fulfillment of environmental licensing conditions, the corporate image and the company's positioning in the market ranking. Thus, it is concluded that the practices applied in the management are decisive factors to avoid fines and embargoes, whose effects interfere in the maintenance of the Operation License (L.O.) and in the company's profitability.

KEY WORDS: waste, mining, management.

INTRODUÇÃO

O termo mineração tem origem no latim *mineralis* (relativo às minas) e pode ser definida como o processo de extração dos minerais dotados de valor econômico para uso da humanidade (IBRAM, 2013). O segmento se caracteriza por ser uma indústria primária e se destaca tanto pela importância econômica no desenvolvimento de um país, quanto pela capacidade de suprir as demandas de consumo.

De forma geral, as atividades necessárias para a produção mineral podem ser divididas em etapas, denominadas de requerimento de pesquisa, prospecção, licenciamento, lavra, beneficiamento e industrialização.

DESENVOLVIMENTO

Caracterização do empreendimento

O Brasil possui a terceira maior reserva mundial de bauxita (ANM, 2019). O empreendimento em estudo é uma mina à céu aberto de bauxita (Figura 1) que está em operação desde 1981. Atualmente, é administrada por um consórcio privado, possui as Certificações ISO 9001, SA 8000, ISO 14001 e OHSAS 18001. No auge produtivo, a mão-e-obra era composta por 15.000 colaboradores, responsáveis pela produção anual de 3,5 milhões de toneladas de alumina e 365.000 toneladas de alumínio (DNPM, 2017).



Figura 1: Mina à céu aberto de bauxita. Fonte: Mendes, 2016.

Etapas de mineração

As rochas de bauxita, geralmente, contêm de 50 a 55% de teor de óxido de alumínio (ANJOS e SILVA, 1983) e são recursos minerais que fornecem a matéria-prima para a fabricação do alumínio.

De forma geral, as etapas de mineração envolvem a prospecção mineral, o método de lavra e o beneficiamento. Na lavra é extraída a bauxita, no beneficiamento é obtida a alumina (Al_2O_3) que é transformada no produto final, o alumínio (Figura 2).

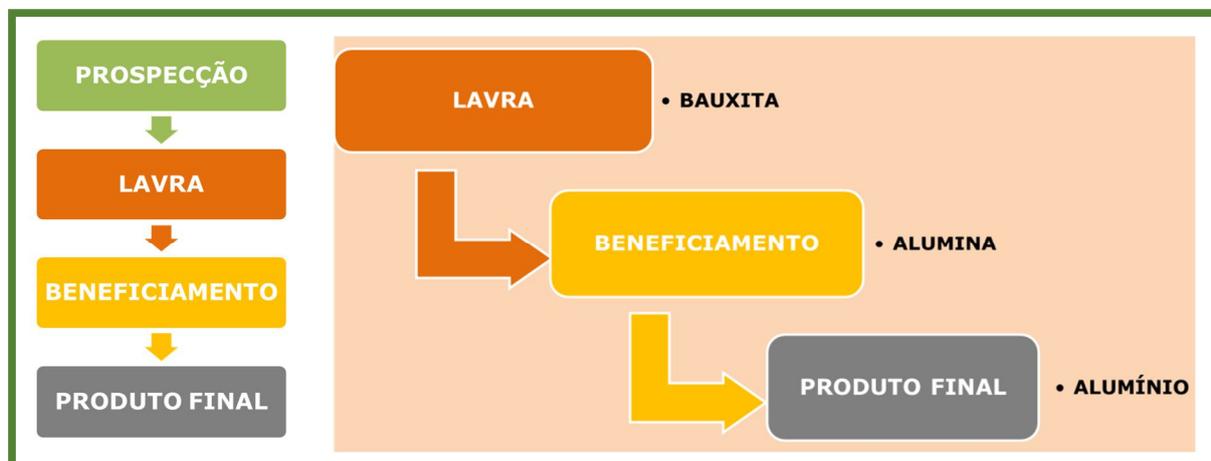


Figura 2: Etapas de produção. Fonte: Autora do Trabalho.

Na prática, a prospecção mineral compreende a fase de pesquisa, investigação e mapeamento geológico para delimitação, cubagem e caracterização do depósito.

O método de lavra é a extração do material “in loco” por meio de máquinas e equipamentos que efetuam a retirada do material economicamente viável para alimentar as unidades de beneficiamento.

As unidades de beneficiamento mineral são instalações dotadas de equipamentos específicos que realizam o tratamento físico, químico e eletromagnético para obtenção do produto final.

O processo de beneficiamento da bauxita pode ser sintetizado em quatro partes: trituração, lavagem, refino e redução, conforme demonstrado na Figura 3.

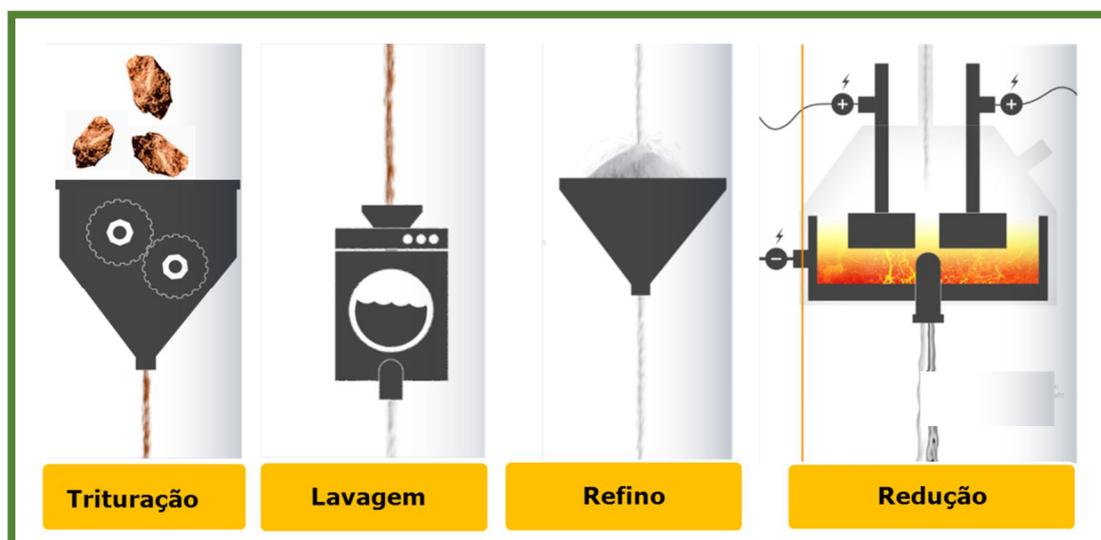


Figura 3: Síntese do processo de beneficiamento da bauxita. Fonte: Adaptado de Central do Alumínio, 2019.

A bauxita é transportada, por meio de caminhões, das frentes de lavra para as usinas de beneficiamento. Nas referidas usinas, a primeira parte do processo consiste na trituração do material, efetuada por britadores de mandíbulas, cujo produto é encaminhado para uma planta de lavagem que realiza a segregação, a remoção da argila e prepara o material para ser refinado.

No refino, a alumina é submetida ao processo de purificação, no qual é dissolvida em soda cáustica, em seguida é conduzida para a filtração e o produto, o pó branco de alumina pura, é enviado para a redução.

Na fase de redução, a alumina passa por um processo de eletrólise, cujo produto final é o alumínio. O processo consiste na disposição da alumina pura em um tanque de ferro revestido com carbono que funciona como cátodo, no qual são mergulhados bastões de carbono que funcionam como ânodos, a passagem de corrente elétrica na célula eletrolítica promove a redução da alumina, decanta o alumínio metálico no fundo da célula e provoca a reação do oxigênio liberado com o ânodo de carbono, formando o dióxido de carbono (PAGIN *et al.*, 1983).

Gerenciamento de resíduos

A NBR 10.004 classifica os Resíduos Sólidos Industriais (RSI) conforme o processo de geração, atividade de origem, constituintes e características do resíduo. Define que esses resíduos são gerados de forma direta ou indireta durante o processo de transformação e inclui nesta classe os rejeitos radioativos, os resíduos da construção civil e os resíduos da indústria de transformação.

Os resíduos sólidos são classificados em dois grupos: perigosos (Classe I) e não perigosos (Classe II). Os resíduos Classe II são subdivididos em dois grupos: não inerte (Classe II-A) e inerte (Classe II-B).

Os resíduos Classe I são todos aqueles que apresentam periculosidade ou alguma características de corrosividade, reatividade, toxicidade, inflamabilidade ou patogenicidade (ABNT, 2004).

O gerenciamento de resíduos da mineradora em estudo segue as diretrizes do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) e do Programa de Separação, Reciclagem e Reutilização de Resíduos.

O processo de beneficiamento da bauxita gera quantidades significativas de resíduos insolúveis e altamente alcalinos, compostos por hidróxido não solubilizado, óxidos de ferro, óxido de titânio, silício, kaolinita e outros elementos que são segregados da rocha durante o processo de lavagem e refino, cujo pH oscila na faixa de 10 a 13, são denominados de lama vermelha e devido à característica de alta corrosividade são enquadrados como resíduo Classe I (ANTUNES *et al.*, 2012). Segundo Wang *et al.* (2008) para cada tonelada de alumina produzida são gerados uma ou duas toneladas de lama vermelha.

A lama vermelha é disposta em lagoas de rejeito instaladas na própria área da mineradora (Figura 4), os resíduos gerados na área administrativa são armazenados temporariamente em uma central de resíduos, separados conforme a tipologia e encaminhados para tratamento e reciclagem. Os resíduos dos refeitórios e os resíduos ambulatoriais são encaminhados para empresas terceirizadas, devidamente licenciadas, com o respectivo controle por manifesto de transporte de resíduos e a emissão do Certificado de Destinação Final. Todas as empresas terceirizadas são auditadas periodicamente pela mineradora contratante.



Figura 4: Lagoa de rejeito na área da mineradora. Fonte: Garcia, 2012.

OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo principal descrever a forma de gerenciamento de resíduos gerados nas atividades de beneficiamento da bauxita. Tem como objetivos secundários caracterizar as atividades de lavra e beneficiamento para identificar o controle da geração, classificação, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos gerados no empreendimento; além de destacar as práticas, os desafios e as lições aprendidas.

METODOLOGIA

Foi utilizado o método de Pesquisa Descritiva porque descreve as características de um determinado segmento (GIL, 2008), com partes da Pesquisa Aplicada porque tem a intenção de gerar conhecimentos para aplicação prática direcionada à solução de problemas específicos (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

As informações foram obtidas por meio de Pesquisa Bibliográfica, com base em material previamente publicado, complementadas com Pesquisa de Campo realizada nas frentes de lavra, nas usinas de beneficiamento, nas instalações de apoio e nas visitas técnicas às empresas responsáveis pelo transporte, tratamento e destinação final dos resíduos, compreendendo o período de dois anos, fato que embasa um Estudo de Caso, descrito por Gil (2008) como um estudo que permite o amplo conhecimento.

RESULTADOS

Os resultados demonstram que as práticas de gerenciamento abrangem todas as frentes de serviço da mineradora e que o sistema funciona sob a responsabilidade de um (01) Engenheiro Ambiental, três (03) Analistas Ambientais e cinco (05) Assistentes de SMS, com o auxílio de dez (10) empresas especializadas em prestação de serviços de transporte, tratamento e destinação final.

O sistema de gerenciamento de resíduos é eficaz, considera a prevenção de falhas, desvios e acidentes ambientais, especialmente nos aspectos relacionados ao armazenamento temporário e transporte dos resíduos sólidos perigosos. As condicionantes da Licença de Operação, os requisitos legais e as exigências contratuais referentes ao gerenciamento de resíduos foram cumpridas. Não foi identificado nenhum acidente ambiental e as ações da empresa se mantiveram valorizadas no mercado financeiro.

De forma geral, os resultados apontam que a forma de gerenciamento de resíduos influencia diretamente no cumprimento das condicionantes do licenciamento ambiental, na imagem corporativa e no posicionamento da empresa no ranking de mercado.



CONCLUSÕES

Conclui-se que o êxito do sistema de gerenciamento de resíduos está condicionado ao planejamento, a elaboração e atualização constante do inventário de resíduos, bem como, da análise criteriosa no processo de escolha e contratação das empresas subcontratadas para os serviços de transporte, tratamento e destinação final de resíduos.

A realização de treinamentos específicos, associados às campanhas e ações periódicas, estimula a participação dos colaboradores, especialmente nas etapas de segregação, armazenamento temporário, na prevenção, identificação e resolução de problemas ambientais relacionados aos resíduos, especialmente no caso dos resíduos perigosos ou contaminados.

A efetividade das ações do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos são fatores decisivos para o alcance das metas e obtenção dos resultados esperados, mas, dependem do comprometimento da alta direção, dos colaboradores e da atuação das empresas subcontratadas.

Conclui-se, finalmente, que as práticas aplicadas no gerenciamento de resíduos são fatores decisivos para evitar multas e embargos, cujos efeitos interferem na manutenção da Licença de Operação (L.O.) e na lucratividade da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anjos, F. V.; Silva, J. B. **As usinas de produção de alumínio da ALCAN no Brasil: processo bayer para produção de alumina e os processos eletrolíticos para a produção de alumínio.** In: As usinas brasileiras de metalurgia extrativa dos metais não-ferrosos. São Paulo: ABM, 1983.
2. Antunes, M. L. P.; Conceição, F. T.; Toledo, S. P.; Kyohara, P. K. **Bauxita e seu resíduos: caracterização e estudo por microscopia eletrônica.** Anais do 56º. Congresso Brasileiro de Cerâmica, p. 2066-2074. Curitiba, 2012.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10.004. Classificação de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
4. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Anuário de Produção Mineral do Brasil.** Brasília: DNPM, 2017.
5. Garcia, M. C. S. **Modificação do resíduo de bauxita gerado no processo Bayer por tratamento térmico.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). São Paulo: USP, 2012. 102p.
6. Gerhardt, T. E.; Silveira, D. T. **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: UFRGS, 2009.
7. Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 118p.
8. Harben, P. W.; Kuzvart, M. **Bauxite.** In: Industrial Minerals: a global Geology. Londres: Industrial Minerals Information Limited, 1997. 462p.
9. Pagin, S.; Cera, D.; Érrico, J. C. D. **Alumínio do minério ao lingote.** In: As usinas brasileiras de metalurgia extrativa dos metais não-ferrosos. São Paulo: ABM, 1983.