



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

BANCO MUNDIAL

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

PRODUTO 58

Estudo sobre o Fluxo de Massa de Materiais no País

Relatório Técnico 84

Fluxo de massa de materiais no Brasil

CONSULTORES

José Jaime Sznelwar
Maurício Dompieri
Remo Scalabrin

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

NOVEMBRO 2009

SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	3
2. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	4
3. APRESENTAÇÃO	6
4. CONCEITOS E INDICADORES APLICÁVEIS	7
5. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO BALANÇO DE MASSAS	10
6. REPRESENTAÇÃO DOS FLUXOS DE MASSA GENÉRICOS NA MINERAÇÃO E NA INDÚSTRIA MINERAL.....	14
6.1. FLUXO DE MASSA TOTAL DA INDÚSTRIA MINERAL BRASILEIRA - PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS	16
6.2. FLUXO DE MASSA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA.....	18
6.3. FLUXO DE MASSA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
6.4. FLUXO DE MASSA AGRONEGÓCIO.....	27
6.5. FLUXO DE MASSA INDUSTRIAL (GERAL)	29
6.6. FLUXO DE MASSA ELETRO-ELETRÔNICO	31
6.7. FLUXO DE MASSA DE METAIS PRECIOSOS	34

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

O levantamento de fluxo de massas da mineração e da indústria de transformação mineral nos leva a um percurso através da cadeia de valores destes ramos da economia propiciando uma percepção de grandezas físicas que em última instância estão relacionados ao esforço e trabalho empreendidos na obtenção e disponibilização dos recursos de origem mineral que a sociedade demanda para atendimento de suas necessidades de vida.

Quando quantificamos volumes movimentados estamos verificando e dimensionando as interferências mútuas da atividade mineração e transformação mineral, com outras atividades sócio-econômicas que ocorrem em espaços próximos ou coincidentes e junto ao meio ambiente. Na mesma análise se pode verificar a demanda de infraestrutura logística (portos para exportação e importação), rodovias, ferrovias, áreas par deposição de rejeitos, estéreis, sucatas, resíduos, barragens e bacias de decantação e pátios de estocagem. Estes volumes estão relacionados a extração bruta de nossas minas, minério, estéril do capeamento e minérios de baixo teor que são estocados para futuro aproveitamento. Incluem ainda quantidades (massas) tratadas em nossas usinas, e transformadas em nossas indústrias além quantidades de bens minerais importados e exportados. Contabiliza-se também o que podemos chamar de fluxos reversos, constituídos de materiais que retornam para processamento imediato em algumas das etapas citadas (resíduos, sucatas, estéreis), ou são destinados a outra aplicação.

Quando definimos indicadores de rendimento, poderemos estabelecer patamares de comparação com melhores práticas (sempre considerando as devidas diversidades) e podemos estabelecer metas para desenvolvimento de tecnologias para diminuição de desperdícios e ineficiências. A diminuição de relação estéril/minério, o aumento da produtividade e a melhoria da recuperação metalúrgica podem ser buscados e alcançados por meio de pesquisa, desenvolvimento, inovação, aplicação de conhecimentos e práticas nas áreas de mecânica de rochas, tratamento de minérios e instrumentação, controle operacional e desenvolvimento de recursos humanos.

Se nos dedicarmos aos resíduos das atividades e sua destinação, podemos criar condições para monitorar a reabilitação de áreas lavradas por um lado e o aproveitamento de materiais em algum momento considerado inservível, mas que com algum esforço e tecnologia pode ter revertido o seu “*status quo*” tornando-se fonte de recursos e de economia de energia. Esse desenvolvimento pode ser o diferencial de viabilidade de muitos empreendimentos da área de mineração e transformação mineral.

São vários os exemplos que podemos encontrar no decorrer do presente trabalho, que passam a servir de paradigma a ser em primeira instância copiado em outras empresas e em uma segunda instância melhorado e aprimorado.

2. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

2.1. Necessidade e utilidade de apuração do balanço de massas de produtos originados do setor mineral:

- Essa informação é importante para o setor público e setor privado pela sua relevância no planejamento estratégico das atividades de mineração e de transformação mineral;
- Possibilita ao governo e a sociedade, o correto entendimento do que seja a dimensão física e o impacto da atividade de mineração no país, verificado através da movimentação de massa, e permitindo a visão integrada de todo esse processo;
- Possibilita o acompanhamento, monitoramento e fiscalização das atividades comprometidas nos planos de lavra, assegurando-se dessa forma a proteção ao patrimônio e a preservação das condições ambientais de desenvolvimento de vida da sociedade;
- De outro lado estes dados permitem à gestão pública um melhor entendimento das atividades de desenvolvimento econômico do país e suas demandas específicas, permitindo com isso uma permanente adequação de políticas de incentivos ao seu desenvolvimento e controle operacional dentro dos princípios de sustentabilidade.

2.2. O planejamento de ações públicas nos diversos âmbitos governamental (federal, estadual e municipal), para buscar a compatibilização de atividades com outras necessidades da sociedade e de seu desenvolvimento econômico e de sustentabilidade sócio econômico e ambiental.

Exemplos: verifica-se que o setor de construção civil é tão importante na escala de movimentação de massas como o setor metal mecânico (capitaneado pela movimentação do minério de ferro). No entanto a característica do setor produtivo, constituído de pequenas e médias empresas, a dispersão geográfica da atividade e a multiplicidade de interlocutores em âmbito de governo e de da sociedade

2.3. As práticas observadas e relatadas nos relatórios técnicos que fazem parte deste projeto Estal, mostram que as destinações e reaproveitamento dos materiais estéreis, rejeitos de mineração, resíduos de transformação e sucata de uso podem ser agrupadas da seguinte forma:

- **Cobertura vegetal** de solo em mineração, separadas e utilizadas como cobertura de áreas mineradas e cobertura de pilhas de estéreis de rejeito.
- **Estéreis de mineração** sendo utilizados para preenchimento de espaços minerados em mineração subterrânea, ou na recomposição de áreas lavradas, em minerações que utilizam o método de *strip mining*.
- **Estéreis de mineração**, que podem ser considerados possíveis minérios para outras substâncias, sendo reservados em pilhas de estoque para eventual aproveitamento futuro.
- **Estéreis de mineração** e rejeitos de usinas de beneficiamento, sendo acumuladas em barragens de rejeitos e bacias de decantação.
- **Rejeitos de usinas de beneficiamento**, contendo baixos teores de substâncias minerais, reservadas para futuro aproveitamento em função ode desenvolvimento de rotas de processamento que viabilizem seu aproveitamento técnico e econômico.
- **Destinação de estéreis** de mineração para aproveitamento como bases de pavimentação de estradas e em ruas, geralmente próximas as regiões de aproveitamento.
- **Escórias de processos metalúrgicos** destinados a mistura com cimento, e aproveitamento como pavimentação de estradas.
- **Reciclagem** de baterias de chumbo.
- **Reciclagem** de produtos de cobre e alumínio.
- **Estudos** de possibilidade de resíduos de construção civil e demolição.
- **Aproveitamento de rejeitos** piritoso para obtenção de ácido sulfúrico, como matéria prima para produção de fertilizantes.

- **Aproveitamento do fosfogesso**, resultantes da produção de ácido fosfórico, em aplicações agrícolas e na indústria da construção civil.
- **Reciclagem de resíduos de demolição e construção**; atenção especial deve ser conferida a este tema que busca resolver alguns problemas críticos que estão surgindo e vão surgir com o desenvolvimento dos centros urbanos: escassez de matérias primas para construção civil, dificuldades logística para aprimoramento das necessidades e falta de espaços para destinação de material resultante de demolição.

2.4. As principais preocupações relacionadas com a destinação e armazenagens de materiais:

- **Sustentabilidade das soluções**, e responsabilidades - esta preocupação está ligada a manutenção das condições físicas das pilhas de estéril e bacias de rejeitos ao longo do tempo, durante o período de exploração da mina e após o fechamento da mina.
- **Contaminação e difusão** de elementos contaminantes eventualmente presentes em pilhas e barragens, transportados pelo meio físico (água, vento, etc).
- **Conflito gerado** pela utilização de áreas e espaços por estéreis e resíduos, por outras atividades sócio-econômicas, principalmente em área urbana.

2.5. Os principais empecilhos que de alguma forma impedem um aproveitamento maior destas massas são de ordem:

- **Tecnológica**- o desenvolvimento focado em soluções de aproveitamento dos principais estoques de rejeitos e estéreis, não pode ficar restrito aos interesses e motivações dos detentores de direitos minerários u de indústrias geradoras de resíduos. Necessidades regionais podem ser os impulsionadores de ações de desenvolvimento, independentes dos agentes econômicos atuais. Neste sentido, a coordenação de programas de programas tecnológicos, para que estes tenham recurso, sinergia e continuidade são fundamentais.
- **Econômica** – nem sempre soluções tecnológicas podem ser colocadas em praticas em função da economicidade e competitividade das soluções. A questão logística é de fundamental importância, em um país de dimensões continentais como o Brasil e afetam sobremaneira o aproveitamento de materiais e produtos necessários em distâncias maiores. Esta questão pode ser tratada com dois viés: a redução dos custos logísticos e tributários por um lado e a adoção de soluções de aproveitamento local e regional.
- **Legal** – As questões locais passam pela responsabilidade civil e criminal pelos rejeitos e estéreis estocados e pelos direitos dos atuais concessionários pelos produtos do aproveitamento do material contido nestes estoques, durante e após o prazo de concessão do direito de exploração.
- **Cultural** – Do lado empresarial está relacionado à cultura e competência específica empresarial e estratégia adotada no aproveitamento de determinado bem mineral. Em várias situações o aproveitamento de rejeitos e estéreis estão ligados a outros mercados com dinâmicas e concepções totalmente diversas do mercado original. A título de exemplo podemos citar o aproveitamento de rejeitos de minerações de ouro. Estas minerações fazem a extração do metal de jazidas de teores muito baixos, ou seja, os resultados da atividade é obtido em pequenas quantidades, com comercialização bastante restrita. Ao revés, o aproveitamento dos estéreis e rejeitos envolvem atividades com comercialização de grandes quantidades, grande atividade logística e mercados regionais de comportamento bastante distintos da atividade original

2.6. Não resta dúvida que a sinalização do desenvolvimento das atividades econômicas em nosso planeta é pela preservação de recursos e obtenção da melhor valia daqueles que estão disponíveis. Água, energia, espaço e qualidade ambiental “como um todo” são os principais elementos vitais desta concepção de mundo. Todos os estéreis, rejeitos, sucatas já trazem contêm em intrinsecamente quantidades de energia e de trabalho, que devem de alguma forma se aproveitada.

2.7. O Fluxo de massa estudou também a movimentação em relação ao mercado internacional. Tradicionalmente preconiza-se que o ideal é a exportação de produtos com maior valor agregado possível, evitando-se a exportação de primários e privilegiando a exportação prioritariamente e pela ordem de produtos finais, manufaturados e semi-manufaturados. Do lado da importação preconiza-se que o país deveria ser auto-suficiente em todos os produtos, para que sua produção não dependa de importações e no caso de importações privilegiarem o bem primário.

2.8. Uma forma alternativa de se pensar este fluxo de massas, leva em conta a quantificação e qualificação do valor agregado em cada etapa, a inserção em um ambiente global de competitividade e trocas com outros países. Bens minerais podem ser escassos em alguns países e fortemente abundantes em outros. Valores agregados como custo de produção, energia e custo de capital para instalações são diferentes entre os países. No balanço, o que importa é uma análise caso a caso de conveniências para direcionamento das ações estratégicas de estado.

2.9. Grandes massas movimentadas através de estradas de rodagem, de ferro e de portos pressionam o país por soluções logísticas. Longe de querer dizer que temos uma logística adequada às necessidades atuais do país, porém deve-se avaliar quem deva arcar com os investimentos desta implantação de soluções logísticas, balanceando os interesses específicos e os benefícios sociais decorrentes. Na mineração, são típicas as soluções em que o próprio minerador constrói sua própria logística para suportar uma determinada produção e comercialização, (geralmente a logística de empresas de grande porte). Quando passamos para empresas de médio e pequeno porte, a infraestrutura logística utilizada é a pública, concorrendo com a movimentação de pessoas e de outros bens econômicos. Deve ser buscada uma equação equilibrada e justa para financiamento e manutenção desta estrutura logística.

3. APRESENTAÇÃO

O objetivo do presente relatório é a elaboração de balanço quantitativo do fluxo de minerais e materiais de origem mineral no país levando em consideração a produção interna de bens minerais e seus resíduos, importações e exportações. A base de informações e dados adotada foram e os relatórios técnicos que fazem parte do Plano Duodecenal – Projeto Estal Atividades Mineração e transformação Mineral e o Relatório Anual Mineral de 2006 do DNPM – MME.

São destacadas as massas de resíduos descartados ou estocados, que por sua característica requeiram mais atenção pelo potencial de contaminação, ou inversamente pelo potencial de utilização em outras atividades industriais, ou ainda como materiais alternativos e substitutivos em obras de infraestrutura.

Buscou-se fazer uma análise agregada de informações olhando o setor da economia para o qual se destinam os produtos minerais, ou seja, uma abordagem funcional dos bens minerais. Esta conceituação difere substancialmente da tradicional que agrupa a atividade mineral através de uma mistura de conceitos (funcionais e de características intrínsecas dos bens minerais – metálicos, não metálicos).

Nenhuma das duas abordagens é totalmente perfeita ou certa, mas é importante que se coloque em discussão. A proposta dos consultores considera que com a evolução tecnológica, novos processos e surgimento de novos materiais, a abordagem funcional permite que o planejamento e a alocação de esforços acompanhem a sinalização e a condução de mercado final consumidor de bens minerais. Permite também que as projeções se baseiem em indicadores agregados de setores.

A análise geral dos dados disponíveis indica que os setores que demandam maior movimentação de materiais de origem mineral são:

- Metal Mecânico;
- Construção Civil;
- Agronegócio;
- Industrial Geral;
- Eletro Eletrônico; e
- Metais Preciosos.

Observação: o setor de minerais energéticos, entre eles carvão mineral, xisto betuminoso, urânio e turfa, em que pese seu significado na movimentação de importantes massas, não estão abordados neste trabalho. Da mesma forma o setor de gemas não está incluído por falta de disponibilidade de informações completas

4. CONCEITOS E INDICADORES APLICÁVEIS

- 4.1. **Run Of Mine** – Utiliza-se a sigla ROM para designar de uma forma geral todo o material saído da mina que se destina a beneficiamento ou a comercialização tal como se encontra. Essa definição inclui só a extração do minério, não considerado o capeamento, o estéril e eventualmente de minério de baixo teor que é estocado com potencial de futuro aproveitamento econômico. De uma forma prática, na maior parte das situações encontradas na mineração do país, este material é transportado até um britador primário, uma instalação de peneiramento e lavagem ou até um estoque para posterior destinação a um britador ou a uma instalação de beneficiamento. Em algumas operações há necessidade de se fazer misturas (“*blending*”) de ROM originário de diferentes frentes de lavra, ou até de minas diferentes, com a finalidade de otimizar a utilização da instalação que vem a seguir e adequar características médias do minério que permitam uma qualidade do produto final dentro de especificações exigidas pelo mercado (% de teores e de contaminantes principalmente).
- 4.2. **Capeamento** - Este termo se aplica a camada de solo vegetal, ou solo simplesmente, que cobre o bem mineral que será extraído. Este material geralmente é preservado e utilizado para propiciar uma nova camada de cobertura em pilhas de estéril, rejeitos e na recomposição de áreas lavradas. Por suas características pedológicas, se devidamente estocados, retomados e tratados, são propícios para operações de recomposição de vegetação. Em algumas minerações, por características da rocha que está sendo lavrada, não se faz a distinção entre capeamento e rocha estéril. Esta condição se aplica em situações de exploração de rochas com alto grau de decomposição e rochas sedimentares de forma geral.
- 4.3. **Escória** - Este termo se aplica a material descartado proveniente de processos siderúrgicos e metalúrgicos.
- 4.4. **Material Estéril** - De forma geral este termo se aplica a rochas que são extraídas da mina e não tem aproveitamento econômico imediato. São constituídos por dois tipos básicos:
 - Contem teores antieconômicos do bem mineral objeto da lavra sendo nesse caso estocados para futuro aproveitamento, ou
 - São completamente diferentes do minério não contendo nenhum teor do mineral objeto da lavra.
- 4.5. A razão de sua extração é possibilitar o acesso a rocha com mineralização que permita sua extração econômica. Geralmente a rocha estéril é estocada em pilhas enquanto que o solo, como já explicado anteriormente, é destinado a recobrimento em áreas degradadas e revegetação.

- 4.6. **Método de Lavra** - É fundamental o entendimento das diferenças entre os métodos de lavra; lavra por tiras (stripping mining), lavra em cavas, lavra em meia encosta e lavra subterrânea com seus diferentes métodos. No stripping mining é possível que na medida em que ocorre o avanço da extração, as camadas de rocha estéril sejam reutilizadas para preencher os espaços vazios deixados pela retirada do minério. Nos outros métodos essas técnicas não são aplicáveis. A escolha do método de lavra é condicionada pelas características geológicas e geométricas dos corpos mineralizados a serem lavrados.
- 4.7. **Rejeitos do Beneficiamento Mineral** – Tendo-se em mente a finalidade deste relatório, podemos considerar a etapa de beneficiamento mineral subdividida em duas partes:
- **A de pré-concentração mineral** - Etapa do tratamento do minério, extraído da mina ou proveniente de outras minas (geralmente próximas) em que são realizadas operações de britagem, moagem, pré-classificação granulométrica com objetivo de se descartar uma parcela de minério a qual não contém teores econômicos aproveitáveis. Esta fração descartada será designada como rejeito de pré-concentração.
 - **A concentração mineral** - Etapa do tratamento de minérios que envolvem a utilização de técnicas mais sofisticadas e onerosas de beneficiamento, freqüentemente partindo da moagem, seguida de separação magnética, deslamagem com descarte dos ultrafinos, e completada por uma fase de flotação e, em casos especiais, por outras etapas complementares, as quais também geram resíduos, geralmente mais finos e contendo contaminantes indesejáveis no produto final.
- 4.8. **Finos** – Os finos resultantes dos processos de mineração e beneficiamento mineral são gerados desde o desmonte da rocha, no manuseio do minério, mas principalmente nas operações de cominuição e são posteriormente separados pela deslamagem. A secagem em fornos rotativos também é geradora de finos. De uma forma geral, os minérios de baixa granulometria, variando esta designação de minério para minério, constituem perdas e rejeitos no processo. Um desafio constante em diversas empresas tem sido o desenvolvimento de tecnologias de processos e sua aplicação para obter aproveitamento econômico deste material. Para exemplificar este conceito podemos mencionar o processo de pelletização que permite a utilização dos finos gerados na obtenção de minério de ferro e no minério de manganês; os processos de utilização de finos de bauxita, a geração de calcário em pó na produção de mármore com possível aplicação na indústria de cargas minerais e na indústria papelreira. Outro exemplo é a obtenção de areia artificial a partir dos finos gerados em pedreiras de granito e basalto.
- 4.9. **Minério** – O conceito de minério está ligado a conceito econômico de um bem cujo valor comercial supera todos os custos diretos e indiretos envolvidos em sua obtenção, Ou seja, o processo de geração de valor ao longo da cadeia de mineração e transformação mineral deve gerar margem econômica para que um recurso mineral possa ser considerado minério. Partindo-se dessa conceituação, Um produto mineral pode vir a se tornar “minério“ ou deixar de ser “minério” a medida que sua cadeia de valor deixe de gerar margem econômica. A geração desta margem econômica está ligada a variação de preços de comercialização e também a gestão de custos. A gestão de custos está ligada a eficiência dos processos, a desenvolvimento de tecnologias, a custos de insumos e a tributação da atividade.
- 4.10. **Concentrado** - O conceito de concentrado refere-se aos produtos de uma usina de concentração ou beneficiamento de minério, onde se obtém como resultado do processo um aumento do teor de determinada substância mineral em relação ao teor da alimentação do mesmo. O volume do concentrado é sempre substancialmente menor do que o volume de minério de alimentação, viabilizando o manuseio e o transporte do material pro distâncias maiores. O comércio internacional de concentrado é bastante significativo no caso de alguns minerais metálicos originados em minas de baixos teores, como é o caso do concentrado de

cobre, ouro e outros, e também em minerais não metálicos como é o caso do concentrado de P_2O_5 (fosfato).

- 4.11. **Teor** – A quantidade relativa ou percentagem de mineral de minério ou metal contido em um corpo mineralizado. Usa-se de forma mais abrangente para expressar a concentração mássica percentual de uma substância qualquer em uma mistura, por exemplo: o teor de ferro no concentrado é de 68%.
- 4.12. **Minério Polimetálico** – Minério que contém mais de um metal cuja recuperação é economicamente viável, ou que se viabiliza economicamente ao se considerar a recuperação conjunta de mais de um metal.
- 4.13. **Contaminantes** – Substâncias deletérias que devem ser removidas do produto final por impedirem ou prejudicarem sua utilização para o fim a que se destinam.
- 4.14. **Relação estéril/minério** – relação matemática que representa a tonelagem de estéril que deve ser removida para que se acesse uma tonelada de minério. Uma relação de 2/1, portanto significa que se deve remover 2t de estéril para cada t de minério lavrada.
- 4.15. **Recuperação (beneficiamento)** – É a relação percentual definida pela massa de concentrado sobre a massa alimentada. Uma recuperação de 35% significa que 35% da massa alimentada na usina estão contidas no concentrado, sendo os 65% restantes encaminhados ao rejeito.
- 4.16. **Recuperação Metalúrgica** – É a relação percentual definida pela massa de mineral de minério no concentrado sobre a massa de mineral de minério alimentada. Supondo-se a alimentação de uma usina como 500 t/h com teor de ferro de 55%, temos 275 t/h de ferro na alimentação. Se a usina produz 380 t/h de concentrado com 68% de ferro, o conteúdo de ferro no concentrado é de 258,4 t/h, o que representa uma recuperação metalúrgica de 94,0%.
- 4.17. **Lavra por tiras (Stripping Mining)** - A lavra por tiras é adotada geralmente em corpos minerais que sejam caracterizados por sobreposição de camadas horizontais, sendo que para o acesso à camada(s) mineralizada(s) é feito mediante a retirada das camadas superiores. Este método permite a reabilitação praticamente simultânea da área lavrada com a deposição do material retirado da camada superior nos vazios que vão surgindo na medida em que a camada mineralizada é retirada.
- 4.18. **Lavra em meia encosta** – Dá-se o nome de lavra em meia-encosta quando as condições topográficas permitem que a lavra se faça acima da superfície, como em elevações, encostas, morros, etc. Tal situação se verifica frequentemente, mas não somente, em pedreiras para extração de agregado.
- 4.19. **Lavra em cava** - Dá-se o nome de lavra em cava quando as condições topográficas exigem que a lavra se faça abaixo da superfície, anfiteatro.

5. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO BALANÇO DE MASSAS

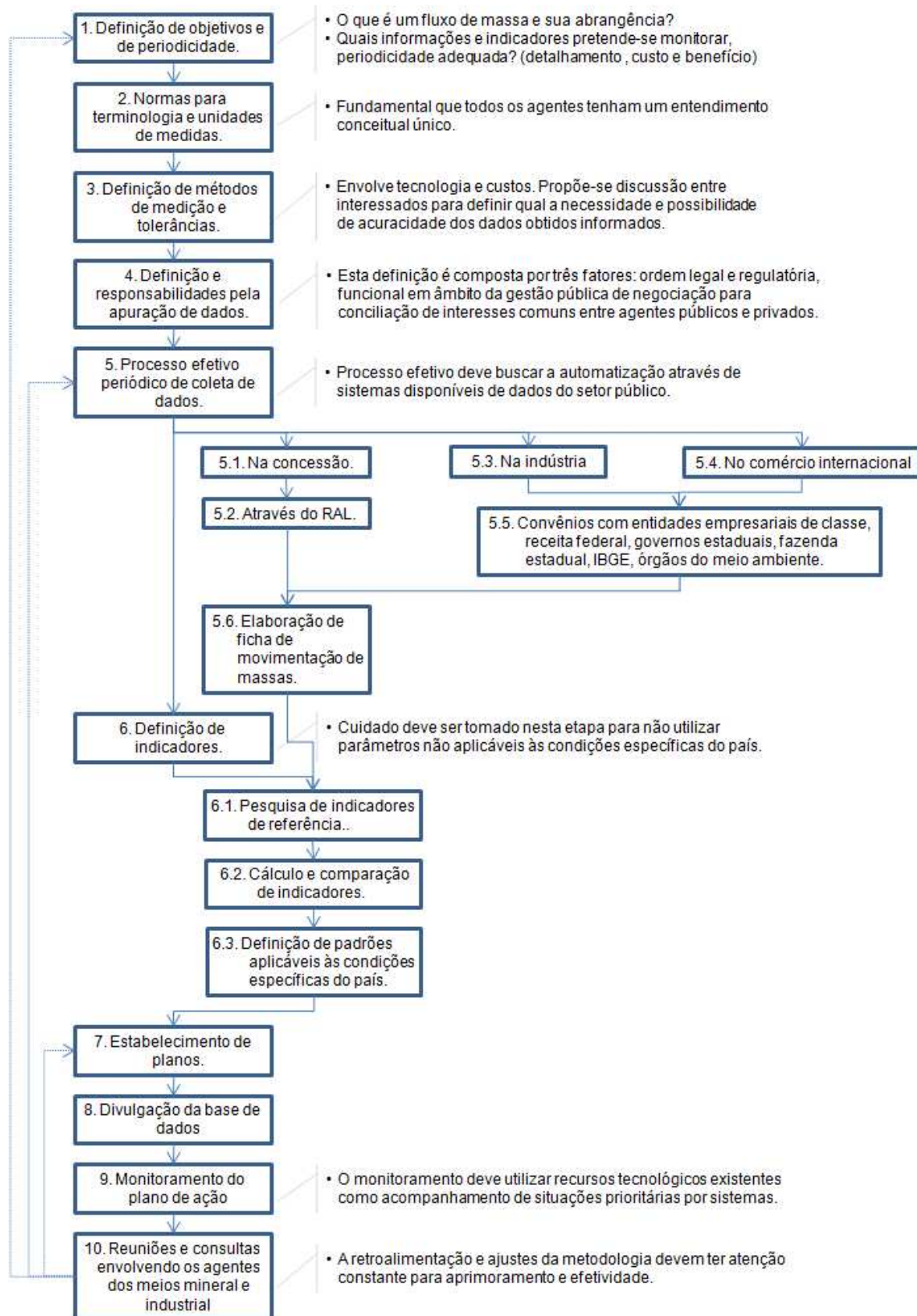


Diagrama 1 - Metodologia para obtenção e atualização de banco de dados de Fluxos de Massa na Indústria de Transformação Mineral

A proposta de metodologia para elaboração de balanços de massa se baseia nos pontos a seguir enumerados:

➤ **Definição de objetivos e de periodicidade**

Os objetivos do estudo do fluxo de massas no país tem por finalidade avaliar impactos, detectar oportunidades e riscos, propor planos de ação para potencializar estas oportunidades e para mitigar os riscos e finalmente monitorar o andamento dos planos de ação.

A periodicidade deste estudo é função direta dos investimentos necessários para realização de um estudo com a qualidade e profundidade necessária a concretização dos objetivos propostos à possibilidade dos setores produtivos e governamentais assimilarem e colocarem em prática os planos de ação proposto e à periodicidade das revisões de planejamento do setor mineral. Em princípio não há a necessidade de se elaborar estes fluxos com periodicidade anual. Não há variações relevantes em pequenos períodos de tempo. Vários planos de ação dependem plano de ação relacionadas de desenvolvimento de tecnologia e acordos setoriais. Revisões quinzenais ou quadrimestrais parecem mais apropriadas. O monitoramento dos Planos de Ação deve ser realizado anualmente, para que tenha alguma efetividade e que se garanta o seu cumprimento.

➤ **2. Normas para terminologia e unidades de medidas**

Uma revisão na terminologia dominante no setor deve ser feita, a partir de um levantamento do que é utilizado, e a partir de sugestões de universidades, empresas, associações de classe e demais interessados. De nada vale um levantamento estatístico se não se tem claro o que está sendo abordado, em níveis de detalhe.

➤ **3. Definição de métodos de medição e tolerância das medidas**

Muitas grandezas incluídas no balanço de massa, apesar de estarem incluídas nas estatísticas, não são de fato medidas. A medição é um processo técnico que envolve processo e equipamentos, e conseqüentemente custos. Quando se refere a produto comercializado, as medições são mais rigorosas, pois afetam o processo de faturamento e apuração de impostos. No entanto, as medições de estéril e rejeitos na maioria das situações não são feitas com o mesmo rigor. Há necessidade de se definir qual é precisão que se espera destes dados e a possibilidade econômica de obtê-lo.

➤ **4. Definição e responsabilidade pela apuração de dados**

➤ **5. Processo efetivo periódico de coleta de dados**

A responsabilidade de apuração das informações deve ser racionalizada de formas a minimizar o trabalho do dono da concessão de lavra, mas permitindo que as informações sejam disponibilizadas aos órgãos de controle da concessão mineral. Nesse contexto temos:

5.1. No âmbito da concessão mineral, por ocasião em que a exploração mineral recebe a aprovação do Plano de Lavra e o direito de exploração do bem mineral, deve ficar instituído com clareza essa responsabilidade;

5.2. Na obrigatoriedade do Relatório Anual de Lavra é uma possibilidade diferencial. Legalmente, as informações necessárias para a elaboração do balanço de massa podem ser solicitadas ao concessionário dentro do acompanhamento do Plano de Aproveitamento Econômico, na obrigatoriedade de se declarar demais substâncias minerais, e no acompanhamento do plano de reabilitação das áreas lavradas. Seria importante que estas informações fossem disponibilizadas de alguma forma pública por meio de um sistema que permitisse uma apuração (consulta) mais rápida (eficiente?) das mesmas.

5.3. Na indústria de Transformação – Toda linha de produção partindo do bem mineral lavrado, bem como sua transformação industrial deve ser incorporada no processo de

monitoramento obrigatório das volumes de massa produzidos, suas especificações técnicas e de seus destinos, de formas a assegurar à sociedade o adequado tratamento segundo normas de sustentabilidade comprometidas pela atividade de mineração e de industrialização;

5.4. No âmbito das importações e exportações – Já existe implantado um sistema público que acompanha todas as movimentações mensalmente. No entanto a Nomenclatura Comum do MERCOSUL agrupa algumas substâncias minerais, e deixa espaço para classificação de outras. Alguma instrução complementar poderia ser negociada com o Ministério de Comércio Exterior para permitir a clarificação destes pontos e sua convergência com os indicadores de controle da atividade mineral e indústria dele derivada. É importante mencionar que essa nomenclatura é muito semelhante à nomenclatura harmonizada internacional, e qualquer modificação demanda negociações multilaterais abrindo brechas para reivindicações de outras partes interessadas. A identificação dos importadores e exportadores deveria ser franqueada ao DNPM para melhor acompanhamento, porém a exportação ou a importação pode ocorrer através de terceiros.

5.5. No âmbito das organizações setoriais de classe empresarial e de empresas de produção que compõem o setor, órgãos da administração pública federal e estadual. A coleta de informações para estabelecimento de fluxo de massa poderia ser efetuada através de convênios, aproveitando ao máximo as informações disponíveis - Poderiam ser coletadas divulgadas periodicamente informações relativas ao desempenho físico das atividades de mineração e transformação, bem como dados pertinentes à meio ambiente, forma como as massas foram lavradas, e os rejeitos, resíduos e águas de uso no beneficiamento foram tratadas. Da mesma forma poderiam ser divulgadas visões setoriais de futuro de modo a dar às comunidades em que estão inseridas, informações direcionais de planejamento da infraestrutura de sustentação destas comunidades.

Convênios para a concretização de levantamentos através de Associações de Classe, IBGE, órgãos de meio ambiente em nível estadual se faz altamente necessário para obtenção do quadro total das informações.

5.6. Fichas de Mobilização de Massa - A adoção de uma ficha de acompanhamento de massa, com atenção específica aos resíduos seria bastante interessante para ser adicionada na metodologia “on time” de contabilização das massas envolvidas nas várias operações. Nesse sentido, uma ponderação oportuna refere-se ao **Processamento das Informações**: Não faz mais sentido, em plena era do uso de recursos “on line” da informação, não pensarmos em um levantamento, e consistência das informações através de sistemas informatizados e disponíveis em ambiente público de redes de computadores. Só faz sentido um levantamento de informações se não se definem indicadores adequados e não forem comprometidas adequadamente as partes envolvidas.

Conclusões e recomendações - Após cada apuração anual um conjunto de conclusões e recomendações deve ser estabelecida após ouvido os diversos agentes dos setores indicados.

➤ **6. Definição de Indicadores**

Seriam atualizados e redefinidos indicadores referenciais de mobilização de massas de formas a bem caracterizar os itens importantes que devem ser acompanhados e monitorados pelo Órgão de Concessão Mineral.

Definidos os Indicadores referenciais, seriam estabelecidos patamares de referência, obtidos através de consultas junto aos agentes com interesse no setor. Os indicadores devem ser pensados direcionados ao interesse econômico social do país como um todo, olhando-se sempre a agregação de valor na cadeia como um todo e considerados as possibilidades de integração no ambiente competitivo global.

Estes indicadores deveriam estar disponíveis para acompanhamento da sociedade, permitindo um adequar o planejamento da infraestrutura e dos fatores de qualidade e sustentabilidade de vida. Estes indicadores passariam a ser consolidados em um painel de Controle do Balanço de Massas, de forma periódica (mensal) incluindo-se neles a Importação e Exportação Nacional de bens de origem mineral.

➤ **7. Estabelecimento de Planos de Ação**

Seriam estabelecidos planos de ação pelos órgãos de acompanhamento e controle no sentido de buscar um aperfeiçoamento contínuo do sistema e dos resultados de movimentação de massas conciliando os interesses das empresas privadas e dos órgãos de acompanhamento e controle ambiental.

Os planos de ação devem se fixar em ações relacionadas ao fluxo de massas dentro de uma visão que atente para:

- **Oportunidades** - desenvolvimento tecnológico de processos de obtenção de bens minerais e de novas aplicações demandadas pela sociedade e pela economia
- **Riscos** - monitoramento, mitigação e eliminação ode riscos ambientais e á população decorrentes do acumulo de rejeitos e inservíveis.
- **Forças** – Aproveitamento de fatores internos positivos sob controle e disponíveis para uso na alavancagem de resultados
- **Debilidades** – Buscar amenizar as fraquezas internas ao alcance e ações de melhoria própria sob controle do meio mineral

➤ **8. Divulgação da Base de Dados e Planos de Ação**

A efetividade e credibilidade do processo estão ligadas a possibilidade de se disponibilizar as informações de forma aberta ao público específico e comunidades em geral, no menor tempo decorrido após apuração dos dados.

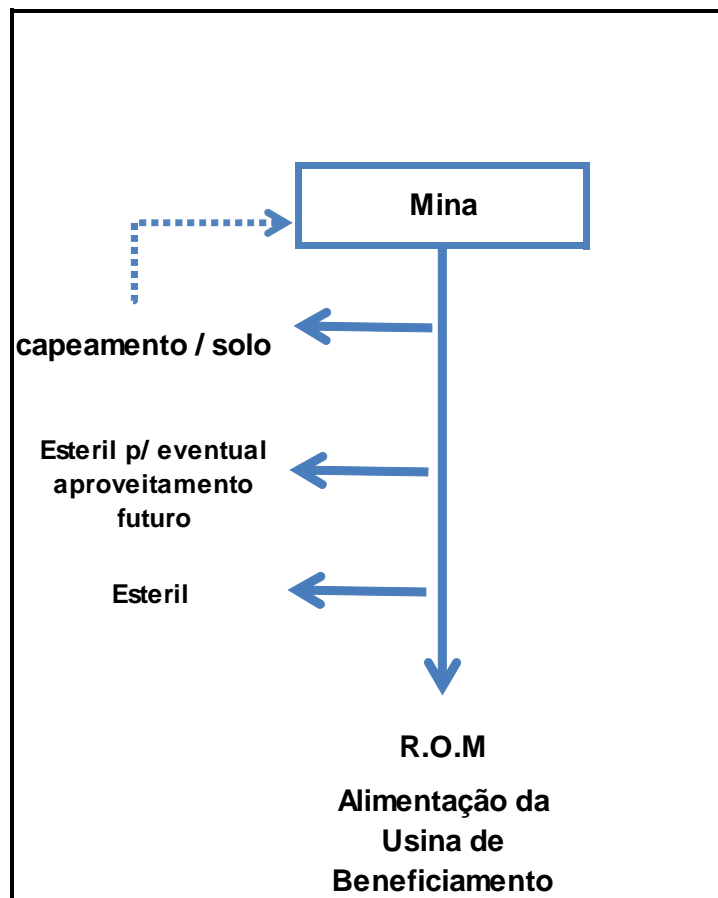
➤ **9. Monitoramento dos Planos de Ação**

Monitoramentos inseridos nas rotinas habituais de controle bem como específicos e relevantes teriam acompanhamento de formas a garantir o cumprimento do que fora estabelecido.

➤ **10. Reuniões e consultas com agentes**

Objetivo destas reuniões e consultas é verificar dificuldades, novas práticas, e definição de prioridades. E através de processo de “feedback” promover tanto o redirecionamento de planos de ação, como o ajuste metodológico.

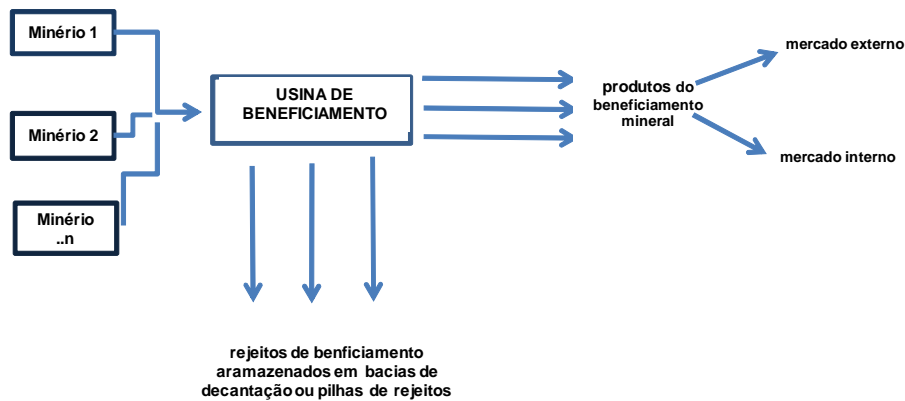
6. REPRESENTAÇÃO DOS FLUXOS DE MASSA GENÉRICOS NA MINERAÇÃO E NA INDÚSTRIA MINERAL



Fonte: elaboração dos autores

Diagrama 2 – Modelo genérico de fluxos de materiais em uma mina

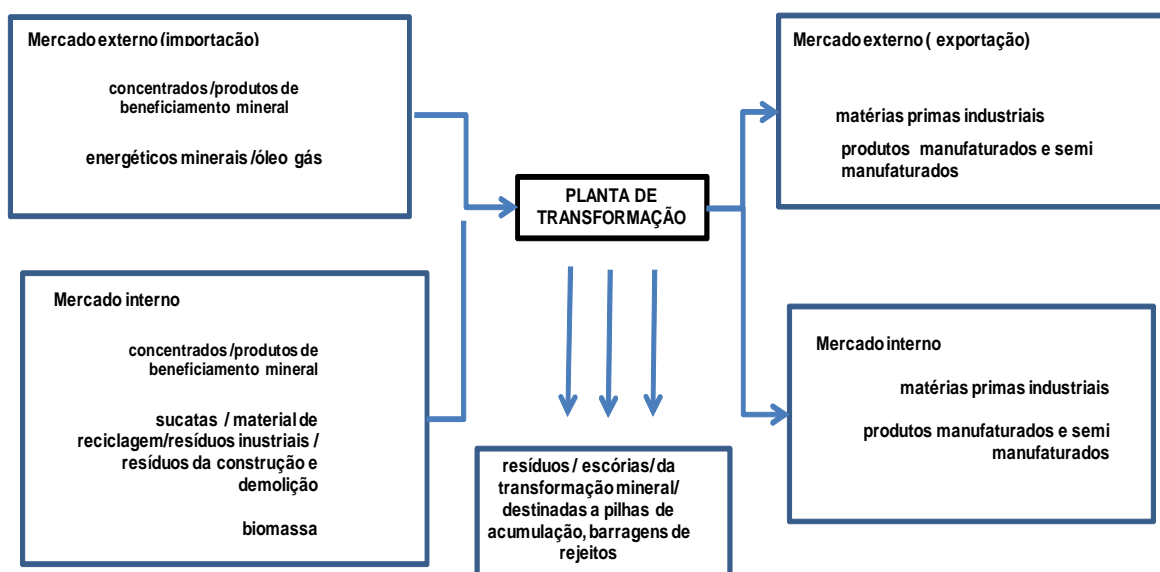
No Diagrama “2”, acima, estão representados os principais fluxos de materiais que tem lugar nas operações de mineração. Variações desse modelo genérico são encontradas em cada mina em função das características geológicas e do método de lavra aplicado. Não existe uma padronização oficial dos termos aplicados a cada uma das massas que estamos considerando, embora a concepção clássica tenha consagrado os nomes comumente em uso. O próprio termo R.O.M., é utilizado atualmente para definir somente o minério destinado a usina de beneficiamento. Alguns autores, e algumas minas, consideram toda a movimentação de materiais provenientes da mina, às vezes é considerado segregando o solo ou algum tipo de material característico da mina específica. As estatísticas do Anuário Mineral do DNPM, ao tabular o ROM e não considerar todos os materiais extraídos da mina faz com que a concepção de tamanho de mina seja apresentada de forma distorcida. Algumas minas podem ter extração de material estéril em volume tal que o seu tamanho seja algumas vezes maior do que quando se considerando somente o minério. Mostramos no diagrama o material designado como capeamento ou solo como sendo reciclado para a mina. A idéia é representar a prática em diversas minerações, no método de extração por tiras de, destinar a camada superior (a camada de solo e que contem resíduo vegetal) para a reabilitação de áreas mineradas. Na ilustração de estéril para eventual aproveitamento, estamos nos referindo a material acumulado na área de mina, que pode em um momento futuro ter algum aproveitamento para obtenção de um mineral diferente do que está sendo obtido presentemente, ou que em função de teor de corte, está sujeito a melhorias de custo de obtenção mediante a aplicação de novas tecnologias ou melhoria da eficiência da planta, ou mesmo de melhoria de preços de comercialização.



Fonte: elaboração dos autores

Diagrama 3 – Modelo genérico de fluxos de materiais usina de beneficiamento

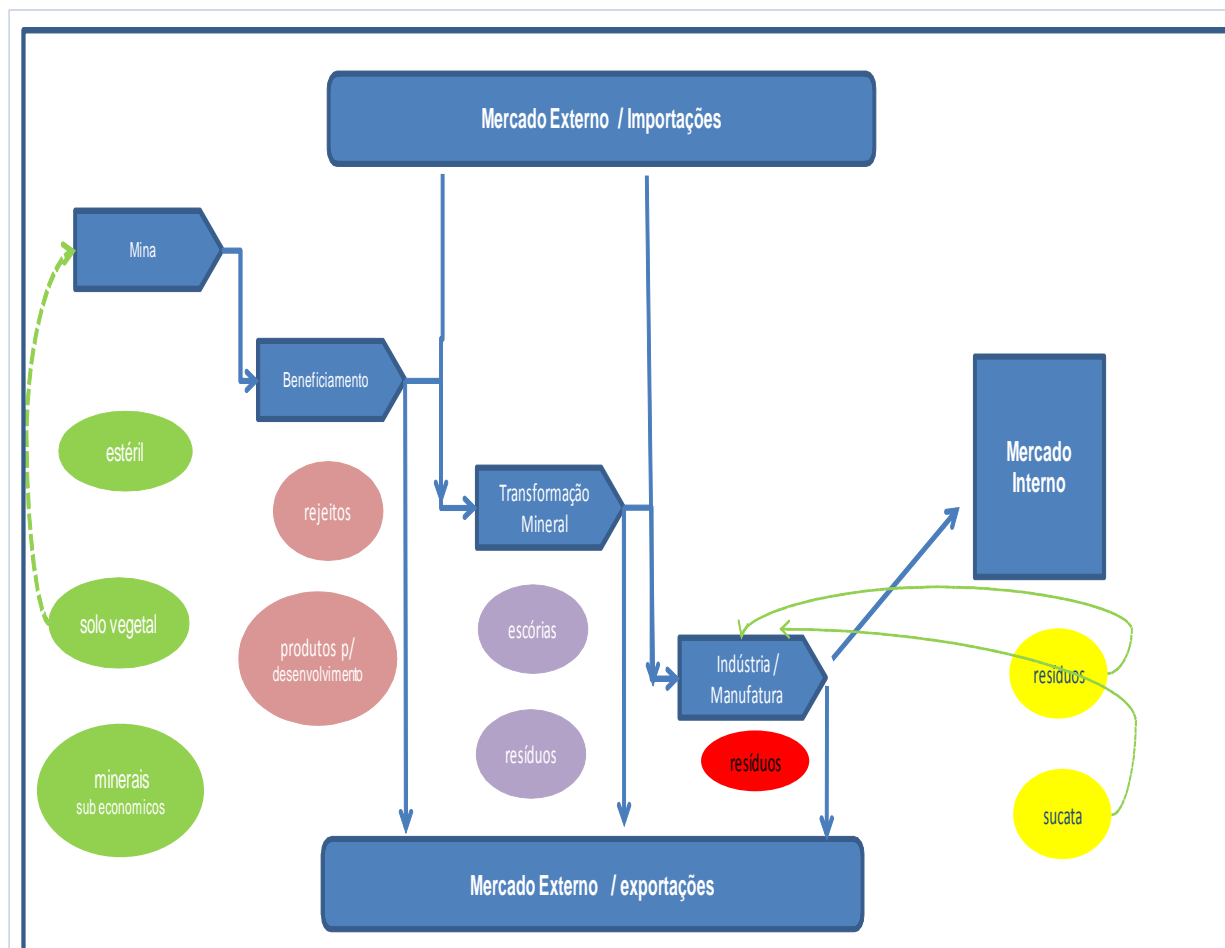
No diagrama “3”, acima, está ilustrado o movimento de massas de usina de beneficiamento típica da indústria de mineração. Muitas vezes uma mesma usina de beneficiamento recebe alimentações provenientes de várias frentes de lavra, localizadas no próprio local da usina, ou de procedências diferentes. Neste modelo também está contemplada a possibilidade de beneficiamento de minérios originadas em uma mesma mina, mas com características distintas. Uma das possibilidades é a “blendagem” de minérios com teores de determinado mineral ou de contaminante diferentes para atender especificações de mercado. Além de teor outras características físicas e mineralógicas podem ser contempladas com este método. Os produtos obtidos no beneficiamento mineral em alguns casos são comercializáveis atendendo padrões determinados para mercados, tanto internos como externos. De uma forma geral estes produtos são designados com o termo “concentrados”, e destinam-se a etapas seguintes de transformação mineral. Na nomenclatura utilizada pelo DNPM, são os produtos considerados “primários”. Os rejeitos de uma usina de beneficiamento diferem dos estéreis da mina em alguns aspectos. Eles em regra geral sofreram algum processo de cominuição, britagem primária e de classificação, esta classificação pode ter sido realizada a seco, obtendo-se um material cujo destino inicial é a estocagem em forma de pilhas. Este material pode se originar de processos em que foi utilizada água e ou reagentes. Desta maneira o rejeito obtido é destinado a bacias de decantação para recuperação da água, e formação de barragens de rejeitos. Por esses processos algum mineral presente no rejeito pode se encontrar mais concentrado nesta fração do que na fração original de alimentação.



Fonte: elaboração dos autores

Diagrama 4 – Modelo genérico de fluxos de materiais planta de transformação mineral

O diagrama “4”, acima, apresenta de forma genérica o fluxo de massa de uma planta de materiais. Uma diferença fundamental ao comparar com uma usina de concentração, diz respeito aos volumes tratados. É bem menor a quantidade de resíduos se comparáveis a uma usina de beneficiamento. Nesta etapa os processos químicos e térmicos estão presentes. É também mais significativa a interação com o mercado externo tanto no suprimento de concentrados como na destinação dos produtos. Os produtos desta fase podem ser considerados semi-manufaturados e geralmente são matérias primas para outras indústrias. Nesta etapa a agregação de valor é bem mais expressiva do que na fase anterior. Resíduos desta etapa são geralmente reutilizados na própria etapa.



Fonte: elaboração dos autores

Diagrama 5 – Modelo genérico da cadeia de valor e dos fluxos de materiais na indústria mineral

Neste diagrama, procura-se representar genericamente todas as etapas envolvidas no balanço de massa da mineração e transformação mineral. Estão incluídas todas as possibilidades de matérias que podem ser objeto de descarte, reciclagem e aproveitamento futuro. Estão representadas as sucatas recolhidas após utilização final, que tendem a ter uma importância cada vez mais significativa em futuro próximo. A reutilização de sucatas de cobre, chumbo, alumínio, ferro, cerâmica já são práticas universais e estão bem encaminhadas as alternativas para reutilização de resíduos de demolição e construção civil.

6.1. Fluxo de massa total da indústria mineral brasileira - principais substâncias

O fluxo total de materiais ligados a mineração e transformação mineral pode ser estimado em torno 1,7 Bilhões de toneladas.. Quando nos referimos a este fluxo total estamos considerando todo o material movimentado nas minas, incluindo minério, estéril e decapeamento. Consideramos também importações, de uma agregada, não importando se a massa era de produtos primários,

semimanufaturados, manufaturados ou na forma de produtos finais. A importação é um fluxo que ocorre em sentido inverso ao fluxo da cadeia de produção, desta forma esta massa vem a se somar ao fluxo normal. Não estamos considerando os rejeitos de usina de beneficiamento a alimentação das usinas da usina e das plantas de transformação e as exportações, pois todas estas massas já estão contabilizadas uma vez no fluxo principal.

Nas estatísticas do DNPM- a partir do Anuário Mineral Brasileiro, não temos as informações relativas a quantidade de estéril ou a relação estéril / minério. Para estimar o volume de estéril adotamos algumas informações que constam dos Relatórios Técnicos do Projeto Estal, quando empresas disponibilizaram esta informação para os consultores.

Substância	ROM M t.	Estéril M t	Importação M t	Fluxo total M t	participação
1 Ferro	376,20	300,96	0,98	678,13	38,9%
2 Areia	218,06	21,81	0,00	239,86	13,8%
3 Calcário	80,38	80,38	0,38	161,14	9,2%
4 Fosfato	34,53	51,80	4,79	91,13	5,2%
5 Alumínio (Bauxita)	31,19	31,19	0,29	62,68	3,6%
6 Rochas (Britadas) e Cascalho	54,21	5,42	0,00	59,64	3,4%
7 Ouro	28,37	28,37	0,00	56,74	3,3%
8 Cobre	18,19	34,56	0,62	53,37	3,1%
Total	841,13	554,49	7,06	1.402,68	80,5%

Tabela 1.0 Fluxo de Total – principais substâncias minerais

Na tabela “1.0”, acima, pode-se observar as 8 (oito) substâncias minerais cuja cadeia produtiva movimentaram juntas mais de 80%” do fluxo de massa da mineração e da indústria mineral no país. O minério de ferro lidera este fluxo, constituído basicamente de minério extraído e de estéril da mineração. Grande parte desta movimentação é feita em algumas poucas regiões do país, no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, na região de Carajás no Pará e na região de Corumbá Mato Grosso do Sul .A destinação dos fluxos é em grande parte para exportação pelos portos do Maranhão, Espírito Santo e Rio de Janeiro, e para transformação na indústria siderúrgica no país. O grande volume de estéril retirado da mina é depositado em áreas da própria mina. Em segundo lugar na lista, e na mesma ordem de grandeza vem a mineração de areia. Contrastando com a mineração de ferro, a mineração de área não tem operação concentradas em um número relativamente de minas sob concessão de poucas empresas de grande porte. No caso de areia, a produção é disseminada em pequenas operações, destinadas em geral a consumo local. O grande desafio da lavra de areia é o conflito territorial com outras atividades sócio econômica que tendem a ocorrer no entorno das regiões metropolitanas. Logo a seguir temos o calcário com duas aplicações significativas uma na fabricação de cimento e outra como corretivo agrícola. Sua produção ocorre de forma disseminada no país, entre pequenas e médias empresas.

6.2. Fluxo de Massa Indústria Metal Mecânica

Anuário Mineral Brasileiro	PRODUÇÃO BRUTA DE MINÉRIO 2005 Destinados ao Setor Metal Mecânico						
	ROM (t)	E / M	Estéril	ROM + Esteril	Contido	Teor médio	
Ferro	376.195.336	0,80	300.956.269	677.151.604,80	229.116.026	60,90	%Fe
Alumínio (Bauxita)	31.194.142	1,00	31.194.142	62.388.284,00	11.010.007	35,30	% Al ₂ O ₃
Cobre	18.190.048	1,90	34.561.091	52.751.139,20	182.615	1,00	% Cu
Nióbio, Tantal e Vanádio	12.633.102	1,50	18.949.653	31.582.755,00	87.745	0,69	%Nb ₂ O ₅
Estanho	24.041.692	0,20	4.808.338	28.850.030,40	12.221	508,33	g/t Sn
Zircônio	13.439.387	0,50	6.719.694	20.159.080,50	26.176	1.947,70	g/t ZrSiO ₄
Manganês	6.429.393	1,00	6.429.393	12.858.786,00	2.597.203	40,40	% Mn
Níquel	4.849.504	1,00	4.849.504	9.699.008,00	74.216	1,53	% Ni
Cromo	1.716.143	0,50	858.072	2.574.214,50	308.873	18,00	%Cr ₂ O ₃
Feldspato, Leucita, e Nefelina- Sienito	291.978	1,00	291.978	583.956,00			
Monazita e Terras Raras	431.762		-	431.762,00	958	0,22	% TR
Flourita e Criolita	201.435	-	-	201.435,00	67.798	33,66	%CaF ₂
Tungstênio	18.543	0,40	7.417	25.960,20	118	0,63	% WO ₃
Total	489.632.465	0,8	409.625.551	899.258.016	243.483.957		

A movimentação bruta nas minas nas atividades de extração de minérios para a indústria metal mecânica atinge anualmente a ordem de 900 milhões de toneladas, quase 80% originadas das operações com minério de ferro. As indicações de volumes de estéril não são precisas em decorrência da falta de informações suficientes nas estatísticas e nos relatórios técnicos, Elas estão estimadas conservadoramente. Além do minério de ferro, minérios de alumínio, cobre, nióbio, estanho, manganês, níquel e cromo promovem também uma importante movimentação de massas.

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Nacional Beneficiada			Rejeitos e Recuperação			
	Quantidade (t) concentrado	Contido	Teor médio	rejeitos	estéril + rejeitos	teor contido no rejeito	recuperação média
Minerais Destinados a Industria Metal Mecanica							
Ferro	280.553.913	185.260.323	66,03 % Fe	95.641.423	396.597.692	45,85%	80,9%
Alumínio (Bauxita)	20.307.425	10.028.616	49,38 % Al ₂ O ₃	10.886.717	42.080.859	9,01%	91,1%
Cobre	440.133	133.084	30,24 % Cu	17.749.915	52.311.006	0,28%	72,9%
Nióbio, Tantal e Vanádio	107.344	58.009	54,04 %Nb ₂ O ₅	12.525.758	31.475.411	0,24%	66,1%
Estanho	23.510	11.739	49,93 % Sn	24.018.182	28.826.520	0,00%	96,1%
Zircônio	25.451	16.436	64,58 %Zr SiO ₄	13.413.936	20.133.630	0,07%	62,8%
Manganês	3.826.012	1.505.638	38,99 % Mn	2.603.381	9.032.774	41,93%	58,0%
Níquel	87.586	36.729	41,93 % Ni	4.761.918	9.611.422	0,79%	49,5%
Cromo	606.094	248.088	40,93 % Cr ₂ O ₃	1.110.049	1.968.121	5,48%	80,3%
Feldspato, Leucita, e Nefelina- Sienito	277.180			14.798	306.776	0,00%	
Monazita e Terras Raras	408	408	100% TR	431.354	431.354	0,13%	42,6%
Flourita e Criolita	62.500	58.153	93,04 %CaF ₂	138.935	138.935	6,94%	85,8%
Tungstênio	239	170	71,17 %WO ₃	18.304	25.721	-0,29%	144,6%
Total	306.317.795	306.317.795		183.314.670	592.940.221		

As operações de concentração acrescentam quantidade da ordem de 200 milhões de toneladas às massas sem aproveitamento imediato nas regiões de mineração.

Anuário Mineral Brasileiro	EXPORTAÇÕES				IMPORTAÇÕES			
	Primário	Compostos Químicos e outros (t)	total	% primário	Primário	Compostos Químicos e outros (t)	total	% primário
Minérios para Indústria Metal Mecânica								
Ferro	224.162.139	19.737.970	243.900.109	91,91%	77	974.934	975.011	0,01%
Alumínio (Bauxita)	7.508.688	3.365.700	10.874.388	69,05%	46.619	247.727	294.346	15,84%
Cobre	387.827	135.107	522.934	74,16%	403.012	217.096	620.108	64,99%
Nióbio, Tantal e Vanádio	921	53.331	54.252	1,70%	157	1.620	1.777	8,84%
Estanho	-	5.797			141	3.574	3.715	3,80%
Zircônio	2.156	2.002	4.158	51,85%	37.637	6.559	44.196	85,16%
Manganês	1.825.760	201.019	2.026.779	90,08%	3.265	29.319	32.584	10,02%
Níquel	-	31.210	31.210	0,00%	64	11.905	11.969	0,53%
Cromo	139.327	2.986	142.313	97,90%	18.584	59.817	78.401	23,70%
Feldspato, Leucita, e Nefelina- Sienito	1.579	2	1.581	99,87%	1.263	232	1.495	84,48%
Monazita e Terras Raras	-	355	355	0,00%	-	3.180	3.180	0,00%
Flourita e Criolita	249	2.246	2.495	9,98%	25.865	15.286	41.151	62,85%
Miscelândia Minerais Metálicos	75	3.797	3.872	1,94%	152	13.844	13.996	1,09%
Platina (outros metais do grupo)		67	67	0,00%	-	7	7	0,00%
Total	234.028.721	23.541.589	257.564.513		536.836	1.585.100	2.121.936	

Os maiores volumes reportados se referem a minério de ferro. Esta exportação é feita na maior parte das vezes na forma primária. A importação mais significativa é de concentrados e de cobre metálico. Uma parte apenas desta importação o (64,89%) é feita na forma de primário.

Anuário Mineral Brasileiro	Fluxo Total de Massa
Minerais para Industria Metal Mecânica	(ROM + Esteril+ Importação) Em Toneladas
Ferro	678.126.616
Aluminio (Bauxita)	62.682.630
Cobre	53.371.247
Nióbio, Tantal e Vanádio	31.584.532
Estanho	28.853.745
Zircônio	20.203.277
Manganês	12.891.370
Níquel	9.710.977
Cromo	2.652.616
Feldspato, Leucita, e Nefelina- Sienito	585.451
Monazita e Terras Raras	434.942
Flourita e Criolita	242.586
Tungstênio	26.836
	901.366.825

As grandes massas de minerais e produtos destinados a indústria metal mecânica se referem a Minério de ferro, alumínio, cobre, nióbio, tântalo, vanádio, estanho, zircônio, manganês e níquel. A demanda por espaços, infra estrutura logística nos diversos modais de transporte e níveis é bastante importante, quase 1 bilhão de toneladas são movimentadas ao menos uma vez nesta cadeia produtiva.

➤ **Manganês**

Após a utilização na usina, a água e rejeito, sob a forma de polpa, seguem para a barragem do Azul.

➤ **Cromo**

A escória de FeCr AC, um resíduo sólido gerado neste processo, sofre tratamento.

➤ **Ferroligas**

São produzidas escórias, mas não há informação nenhuma a respeito.

Na aluminotermia, é o óxido de alumínio gerado na redução do minério.

➤ **Nióbio**

Minerais de ferro e argilas são depositado em uma barragem de rejeitos.

A empresa dispõe de filtros de manga para reduzir e minimizar as emissões atmosféricas, principalmente poeira de chaminés. Os materiais coletados nos filtros são reutilizados na CBMM como matéria prima.

O Projeto Tailings, desenvolvido pela Anglo American, trata os rejeitos gerados pela Copebrás, proveniente do tratamento do fosfato, reduzindo a emissão dos rejeitos derivados da produção industrial de fertilizantes fosfatados.

➤ **Bauxita**

Na gestão de resíduos para evitar-se a contaminação, as áreas destinadas a resíduos de bauxita são impermeabilizadas e a água tratada é devolvida ao ambiente natural. No caso de material sólido as áreas são reabilitadas e monitoradas na superfície e nos aquíferos.

A geração de resíduos quando a bauxita tem que ser decapeada, varia muito entre cada mina, não havendo um limite médio, mas de maneira geral o estéril de cobertura é depositado na cava na qual o minério foi, anteriormente, lavrado. Nas instalações de tratamento, em geral, resulta em cerca de 30% de massa sólida como rejeito de bauxita que é depositado em reservatório em área normalmente já minerada.

Em algumas situações há possibilidade de recuperação das rochas para brita na construção civil.

Durante a preparação do minério o descarte de sólidos corresponde à fração fina dos hidrociclones deslamadores, disposta em barragem de rejeitos. O efluente é em forma de polpa, que geralmente contém 5% a 8% de sólidos em peso e pH em torno de 7. Os componentes presentes são sílica, fluoreto de cálcio, carbonato de cálcio, óxido de ferro e alumínio e sulfato.

Nas unidades de concentração em meio denso, de onde advém a produção de fluorita grau metalúrgico os resíduos sólidos são aproveitados como brita, para abastecimento do mercado local.

As maiores quantidades de resíduos sólidos são gerados após a flotação, formado por polpa, com aproximadamente 12% a 18% de sólidos em peso e pH da ordem de 8 a 9. Os sólidos são constituídos, basicamente, por quartzo (70%), óxido de alumínio e ferro (17%), carbonato de cálcio (2,0%), fluoreto de cálcio (8,0%), sulfato de bário (2,0%), além de óxidos de sódio e potássio. Esse resíduo, após deslamagem, pode ser aproveitado na recuperação de áreas degradadas e a polpa com os ultrafinos como enchimento (backfill) retornando à mina subterrânea.

O processo de secagem dispõe de um sistema de coleta de finos constituído de um ciclone e um filtro de mangas. A fração grossa da ciclonagem retorna ao processo, enquanto que a fina passa pelo filtro de manga que retém o material ultrafino e encaminha o fluxo de ar à chaminé de descarga dos gases de combustão.

➤ **Fundição**

Resíduos metálicos - reciclados 100% no próprio processo – refusão representados por canais, retornos de metal e sucata nos processos de acabamento das peças.

Areias de moldes e machos -

- parte reciclada como areia verde - mais de 84%
- parte descartada - cerca de 16%, ou 800kg/t de peças fundidas

A ABIFA participa do Programa P+L - Produção mais Limpa - e consolida grupo de empresas fundidoras para, com apoio do meio acadêmico, estudar e operacionalizar utilizações e/ou formas adequadas de descarte das areias usadas, pelo volume significativo de sua utilização, conforme comprovam as relações em peso areia/metal na produção de peças:

- Ferro - 3 partes de areia para 1 de metal
- Aço - 5 para 1
- Alumínio - 12 para 1

A geração típica de sub-produtos derivados da atividade de fundição está abaixo discriminada:

- Areia - 65%
- Poeira de coletor - 15%
- Escória dos fornos - 8%
- Outros - 12%

As fundições têm buscado alternativas para a geração e disposição dos seus resíduos, não apenas através de processos de reciclagem interna, mas também através de estudos de valorização dos resíduos como matéria prima em outros processos ou atividades. No caso da reutilização das areias descartadas de fundição, sua utilização na produção de concreto asfáltico e artefatos de concreto não estrutural foi aprovada em 26 de agosto de 2008 na reunião ordinária do CONSEMA e assinada no dia 29 de setembro de 2008 pelo Secretário de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina.

Como impacto ambiental mais relevante da Cadeia de Fundição em Santa Catarina, mas também em São Paulo, Rio Grande do Sul e em outros estados, a quantidade de areia descartada pelo setor, cerca de 2,8M t/ano, é já, em grande parte, reutilizada como agregado em misturas asfálticas, visando reduzir o volume do material disposto em aterros, e atender as grandes demandas regionais de pavimentação de ruas e estradas.

➤ **Alumínio**

Os resíduos gerados no processo produtivo primário (borra branca) são reaproveitados dados os altos teores de alumínio contido; a recuperação é feita em fornos rotativos. Já a “borra preta” da produção secundária, que a legislação brasileira exige seja depositada em aterro industrial, está sendo tecnologicamente estudada pela empresa Recicla Alumínio visando extrair o alumínio contido e ainda a recuperação de sais do residual gerado, com resultados positivos (ABAL,2007).

➤ **Cobre**

No que tange à geração de resíduos sólidos, o processo metalúrgico do cobre tem como principais rejeitos: a escória granulada do forno elétrico e a lama de gesso do tratamento de efluentes (UTE). Foi desenvolvido um processo de aproveitamento comercial da escória como subproduto para a indústria cimenteira, para a indústria da construção civil e na indústria de jateamento (granalha), para tratamento de superfícies metálicas. O excedente da escória é conduzido a um aterro específico de escória, em terreno da própria empresa. Essa disposição, bem como o uso como subproduto, são aprovados pelo órgão ambiental do estado (BA), na licença de operação. A lama de gesso é coletada e transportada em caçambas para um aterro especial na própria unidade, onde é disposta. Este aterro possui várias camadas impermeabilizantes, visando a proteção do solo e águas subterrâneas, sendo licenciado pelo órgão ambiental do estado.

O emprego do novo método de lavra *Vertical Retreat Mining* (VRM) demanda a utilização de uma pasta formada por 78% de rejeito sólido da concentração do minério de cobre e 4% de cimento e água para ser usada no preenchimento dos realces e pilares desmontados. Com isso, maximizou-se a recuperação de água da concentradora, além de minimizar o lançamento de sólidos em bacia de rejeito. Os resíduos do próprio subsolo a ele retornam.

Programas de gestão de resíduos industriais (que não os rejeitos de lavra e beneficiamento), já estão implantados ou em implantação nas minas de cobre brasileiras.

➤ **Níquel**

Em todas as minas e plantas de níquel, sem exceção, as bacias de rejeitos são convencionais e foram construídas dentro do melhor padrão geotécnico e de engenharia existentes, que permitem atender os mais rigorosos requisitos de segurança ambiental. Programas de gerenciamento de resíduos sólidos e de resíduos industriais (que não os rejeitos de lavra e beneficiamento) estão implantados em todas as minas e plantas.

➤ **Zinco**

Atualmente, após os processos de separação e enriquecimento do zinco, o resíduo é depositado em uma estação de tratamento de pH.

As emissões atmosféricas são controladas por sistemas de controle ou filtros de manga instalados nas chaminés para a retenção SOx e material particulado.

No circuito sulfeto, os resíduos gerados são estocados em depósitos devidamente reparados e o zinco recuperado é realimentado na etapa de lixiviação sob a forma de sulfato de zinco.

O Projeto Polimetálicos em desenvolvimento pela Votorantim Metais zinco prevê o aproveitamento de resíduos de metalurgia, da ordem de 65.000t estocados na Unidade de Juiz de Fora, que apresentam os seguintes teores médios: 6,5 % de zinco, 17% de chumbo e 500 g/t de prata.

A adequação da planta de Juiz de Fora para a incorporação do Projeto Polimetálicos exigirá um investimento estimado em US\$ 360 milhões (2008) e prevê a obtenção dos seguintes produtos:

- 75.000 t. de chumbo metálico *
- 91 t de prata + ouro;
- 45.000 t de ácido sulfúrico;
- 16.000 t de polipropileno.

* a partir da reciclagem de baterias automotivas + processamento de concentrado de chumbo importado.

➤ **Chumbo**

A indústria de chumbo secundário tem como principal matéria-prima os resíduos provenientes de produtos que contém metal em sua formulação. Devido ao fato de que grande parte da produção de chumbo é destinada à fabricação de baterias chumbo/ácido, o próprio resíduo gerado no final do ciclo de vida das mesmas é também a principal matéria-prima para a reciclagem, sendo que, em uma planta típica de fundição de chumbo secundário, representam acima de 90% da matéria-prima utilizada.

➤ **Estanho**

Óxidos possivelmente presentes no concentrado, mais eletronegativos que o carbono (silício, alumínio, Nb, Ta, Terras Raras, U, Th, etc), não são reduzidos, mas sim fundidos devido à temperatura no interior do forno formando a escória, um produto vítreo e quimicamente inerte. Como a escória ainda contém um teor apreciável de estanho, após o seu esfriamento e solidificação, passa por um processo de britagem e retorna ao forno, para mais uma etapa de redução. Normalmente depois dessa etapa a escória pode ser descartada, pois já não contém estanho economicamente recuperável.

Fato que pode vir a fazer parte da atenção dos produtores se refere ao descarte dos rejeitos das fundições, diante da possibilidade em análise na CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear sobre a possibilidade de haver contaminação radioativa leve em algumas escórias de estanho. Enquanto prosseguem as verificações, o cuidado preventivamente recomendado pela CNEN é no sentido dos rejeitos serem estocados de modo seguro, não devendo o material ser destinado para pavimentações ou revestimentos em obras civis.

Na mina do Pitinga a questão da radioatividade da escória da produção da liga Fe-Nb, decorrente da presença de urânio e tório na rocha matriz granítica, já era conhecida e os procedimentos de salvaguarda há muito adotados, com total preservação do meio ambiente. De qualquer forma, a preocupação não se aplica às minas de cassiterita e é nula a presença de radioatividade no estanho metálico produzido.

➤ **Zirconita**

Através de processo hidrogravimétrico, é feita a concentração de minerais pesados: o que é estéril retorna para recomposição do solo lavrado. Não são utilizadas barragens de rejeitos no

sistema de lavra porque no método empregado o material é imediatamente empilhado atrás da planta flutuante de concentração, à medida que a lavra é desenvolvida.

➤ Ferro-gusa

Resíduos gerados:

Finos de minério de ferro – vão para o depósito de fino de minério, resíduo inerte.

Carvão vegetal – os efluentes atmosféricos gerados no manuseio do carvão vegetal, o depósito de descarregamento, na peneira e na moega são captados e tratados no filtro de mangas e são vendidos para fábricas de cimento portland.

Escória – vários usos, entre eles a pavimentação de logradouros.

➤ Abrasivos

No processo produtivo do óxido de alumínio eletrofundido marrom, é gerada uma fase mais densa de ferro-silício, recuperada por separador magnético. O material é reaproveitado na indústria siderúrgica. A proporção é de cerca de 314kg/t_{produto}. No caso do carvão de silício, o material não reagido no processo retorna ao forno e é misturado com alimentação nova, não havendo sobras. A reciclagem ocorre reaproveitando produtos acabados, extraindo os grãos do substrato revestido ou ligado. Há um florescente mercado de recuperadoras de grãos, composto de recicladores que usam sobras e sucatas e que se especializam por tipo de aglomerante e de grão. Exemplos: R. Gogolla, Ascontec, Ramirez

6.3. Fluxo de Massa Construção Civil

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Bruta de Minérios da Construção Civil 2005				Produção Nacional Beneficiada	Rejeitos	
	ROM (t)	E/M	Estéril (t)	Rom + Estéril em (t)	Quantidade (t)	Rejeitos (t)	Estéril + Rejeitos (t)
Cristotila	3,668,615	1.20	4,402,338	8,070,953	236,047	3,432,568	7,834,906
Areia	218,057,591	0.10	21,805,759	239,863,350	6,454,137	213,754,833	235,560,592
Areias Industriais	11,089,233	0.39	4,324,801	15,414,034	4,777,498	6,311,735	10,636,536
Argilas	22,545,416	0.10	2,254,542	24,799,958	2,765,358	19,780,058	22,034,600
Calcário Construção Civil	63,499,902	1.00	63,499,902	126,999,804	56,344,273	7,155,630	70,655,532
Feldspato, Leucita, Nef.Sienito	291,978	1.00	291,978	583,956	277,180	14,798	306,776
Gipsita	1,489,825	1.00	1,489,825	2,979,650	527,912	961,913	2,451,738
Rochas (Britadas) e Cascalho	54,212,081	0.10	5,421,208	59,633,289	37,957,339	16,254,742	21,675,950
Rochas Ornamentais	761,216	0.10	76,122	837,338	187,574	573,642	649,764
Rochas Ornamentais - Outras	209,605	-	-	209,605	-	209,605	209,605
Total	375,825,462		103,566,474	479,391,936	109,527,317	268,449,523	372,015,998

Vemos pelo quadro acima que a movimentação de massas da Construção Civil tem uma dimensão total de 372 milhões de tons ano, dos quais mais de 70 % é constituído pelos volumes de estéril mais o dos rejeitos de beneficiamento dos minerais brutos.

Anuário Mineral Brasileiro	EXPORTAÇÕES							
	Primário (t)	Semimanufaturado	Manufaturado	Compostos Químicos	Manufaturados Semi Manuf. e Outros (t)	Total (t)	% Primário	% Manufaturado
Cristotila	143,619		80,759		80,759	224,378	64.0%	36.0%
Areia	18		-		-	18	100.0%	0.0%
Areias Industriais	12,993	113,143	560,923	59,956	734,022	747,015	1.7%	75.1%
Argilas	6,074		1,792,547		1,792,547	1,798,621	0.3%	99.7%
Calcário Construção Civil	7,268	10,509	1,329,290	43,512	1,383,311	1,390,579	0.5%	95.6%
Feldspato, Leucita, Nef.Sienito	1,579		2		2	1,581	99.9%	0.1%
Gipsita	17		16,420		16,420	16,437	0.1%	99.9%
Rochas (Britadas) e Cascalho	7,622		-		-	7,622	100.0%	0.0%
Rochas Ornamentais	1,647,713	129,552	350,195		479,747	2,127,460	77.4%	16.5%
Rochas Ornamentais - Outras	992		16,394		16,394	17,386	5.7%	94.3%
Total	1,827,895	253,204	4,146,530	103,468	4,503,202	6,331,097	28.9%	65.5%

Das exportações, embora pouco significativas no contexto do volume de massas, pois representa apenas 1,7% da massa total movimentada pela construção civil nacional, em termos de valores constitui algo muito significativo e uma das grandes oportunidades da produção mineral nacional no mercado global.

Anuário Mineral Brasileiro Minerais da Construção Civil	IMPORTAÇÕES					
	Primário (t)	Manufaturado	Manufaturados Semi Manuf. e Outros (t)	Total (t)	% primário	% Manufaturado
Cristotila	-	4,226	4,226	4,226	0.0%	100.0%
Areia	815	-	-	815	100.0%	0.0%
Areias Industriais	1,026	299,825	333,528	334,554	0.3%	89.6%
Argilas	171,550	35,457	36,330	207,880	82.5%	17.1%
Calcário Construção Civil	14,206	343,404	364,500	378,706	3.8%	90.7%
Feldspato, Leucita, Nef.Sienito	1,263	232	232	1,495	84.5%	15.5%
Gipsita	291	2,764	2,764	3,055	9.5%	90.5%
Rochas (Britadas) e Cascalho	2,924	-	-	2,924	100.0%	0.0%
Rochas Ornamentais	25,117	24,415	24,415	49,532	50.7%	49.3%
Rochas Ornamentais - Outras	50	398	413	463	10.8%	86.0%
Total	217,242	710,721	766,408	983,650	22.1%	72.3%

As importações nacionais no que se refere ao volume de massas da Construção civil podem ser consideradas não significativas (0,3%), mas em termos de valores é algo a ser monitorado buscando-se alternativas de sua substituição competitiva.

Anuário Mineral Brasileiro Minerais da Construção Civil	FLUXO TOTAL DE MASSA (ROM+Estéril + Importação) Em Toneladas	Verifica-se pelos dados consolidados que a construção civil nacional tem uma movimentação de massas de uma dimensão bastante grande. Levando-se em conta de que a quase totalidade das extrações de minerais da construção civil localizam-se próximas aos centros urbanos tem-se uma boa idéia das exigências ambientais a serem monitoradas nesta atividade de grande importância para o alcance dos benefícios que a mineração propicia a sociedade
Cristotila	8,075,179	
Areia	239,864,165	
Areias Industriais	15,748,588	
Argilas	25,007,838	
Calcário Construção Civil	127,298,982	
Feldspato, Leucita, Nef.Sienito	585,451	
Gipsita	2,982,705	
Rochas (Britadas) e Cascalho	59,636,213	
Rochas Ornamentais	886,870	
Rochas Ornamentais - Outras	210,068	
Total	480,296,058	

➤ Areia industrial

Remove-se a fração siltico-argilosa, que chega a representar 20% da areia processada, descartando-a geralmente para as lagoas de decantação.

No caso da mina da Saint-Gobain em Bofete, o retorno do capeamento do solo se dá sobre piso da mina nos painéis de lavra minerados e já assoreados com lama argilosa.

Na areia explotada pela Mineração Jundu em Descalvado, a argila, que representa cerca de 6% na composição do material lavrado, é removida e disposta em lagoas de sedimentação que compõem o processo de tratamento e recirculação da água. Estas lagoas, após assoreamento total e adensamento da argila decantada, podem ser recobertas com solo e revegetadas, ou, no futuro, possivelmente, lavradas para a recuperação da argila beneficiada, cujo potencial de uso já foi comprovado, embora o aproveitamento econômico ainda não se mostre viável.

Na Mineração Descalvado o capeamento superficial tem espessura média de 0,50 m e é composto por material orgânico. Como não tem possibilidade de aproveitamento econômico para fins industriais, é utilizado na recuperação ambiental na atividade de reflorestamento. A relação

estéril / minério: 0,39 t / t ROM (média) e os rejeitos do beneficiamento perfazem 0,15 t / t produto (média). Esses rejeitos, constituídos por pedriscos e pedregulhos, são vendidos para o mercado de construção civil. A participação deste material no total produzido é de 29%, uma vez que 38% da produção destinam-se à indústria vidreira e 33% para fundição.

➤ **Feldspato**

No mundo, a lavra de feldspato é mecanizada e geralmente feita a céu aberto. Na fase inicial é feito o decapeamento, normalmente com uma relação 1:1 de estéril/minério.

Deslamagem, através de hidrociclones, elimina a fração menor que 38 μ .

O processo de flotação e separação magnética remove minerais acessórios como mica, granada, óxidos de ferro, quartzo e rutilo caso presente.

Para obter concentrados de albita com maior alvura, para a indústria cerâmica e de vidro, emprega-se a separação magnética para remover os minerais que contém ferro, tais como biotita, granada e turmalina.

➤ **Brita para construção civil**

O rejeito do processamento é constituído de material inerte, lama do processo de lavagem e classificação da brita contendo material argiloso.

Bota-foras são revegetados para estabilizá-los e são constantemente monitorados, o mesmo ocorrendo com a barragem de finos da lavagem.

➤ **Areia para construção civil**

O material retido na peneira (+4,8mm), composto predominantemente por cascalho e matéria orgânica, é encaminhado para pilhas de estocagem de cascalho e rejeito. Após a deslamagem, as partículas finas presentes na polpa (- 0,075 mm) são direcionadas para a bacia de rejeitos.

➤ **Rochas ornamentais e de revestimento**

Boa parte dos rejeitos da lavra de rochas maciças, como os mármore e granitos em geral, é formada por blocos fora de medida para serragem em teares convencionais; esses blocos poderiam ser pelo menos parcialmente aproveitados se o parque industrial brasileiro de beneficiamento incorporasse um maior número de talha-blocos, que permitem a serragem desses blocos informes ou de pequenas dimensões, em condições economicamente viáveis.

Para rochas de processamento especial, que são aquelas extraídas em blocos e serradas em teares ou talha-blocos, para posterior calibragem e acabamento de face, a perda no beneficiamento é de no mínimo 35-40%. Para as rochas de processamento simples, essa perda no beneficiamento pode atingir até 70% da matéria-prima, o que também destaca a necessidade de aproveitamento dos rejeitos do setor de rochas.

O aproveitamento desses rejeitos pode ser canalizado para a produção de chapas aglomeradas ou prensadas, bem como para matérias-primas de uso industrial.

➤ **Gipsita**

Para o aproveitamento do capeamento argiloso superficial que recobre a camada mineral no pólo gesseiro do Araripe, as rotas tecnológicas perseguidas são direcionadas pelas características mineralógicas, químicas e físicas das argilas do capeamento.

Elas são constituídas por argilominerais dos grupos das esmectitas, das micas e das caulinitas, com uma fase detrítica mais grosseira onde são identificados o quartzo, o feldspato, a

calcita e a gipsita. Pesquisa realizada pelo Instituto Tecnológico de Pernambuco, para aplicação como agente tixotrópico em fluidos de petróleo não apresentaram viscosidades dentro dos padrões exigidos, mas suas propriedades adsorptivas, após ativação ácida, permitem a sua utilização como agente descorante de óleos. (Baraúna, O)

Experimentos foram também realizados visando à aplicação deste capeamento e de um folhelho negro derivado de algas fósseis, subjacente à jazida de gipsita, como condicionadores de solos arenosos produtores de frutas irrigadas. As análises mineralógicas da argila indicam melhoria da produtividade da fruticultura com perspectivas de uso do produto a serem confirmadas com estudo de viabilidade econômica.

➤ **Calcário**

A remoção do capeamento superficial, ou seja, dos estéreis da mineração, gera resíduos provenientes da exploração.

➤ **Cimento**

Diversos segmentos da indústria brasileira, como a siderúrgica, petroquímica, automobilística, de alumínio, tintas, embalagens, papel e pneumáticos, geram cerca de 2,7 milhões de toneladas de resíduos por ano, dos quais são processadas apenas um milhão de toneladas. A Indústria de cimento no Brasil possui uma capacidade crescente de queima de resíduos, que podem ser eliminados até 2,5 milhões de toneladas por ano. Os principais resíduos eliminados são: pneumáticos, borrachas, plástico, tintas e solventes, papel e papelão, borras ácidas, refratária, resíduos de madeira, lodos de esgotos, borras oleosas e graxas, entulhos da construção civil e terra contaminada. Somente em 2007 foram eliminados pela indústria de cimento aproximadamente 160 mil toneladas de pneus velhos, correspondente a cerca de 32 milhões de unidades (SNIC, 2008).

Os resíduos de outras indústrias têm sido queimados nos fornos das fábricas de cimento, surgindo uma oportunidade de negócios para o setor, como alternativa de uma nova receita. Além disso, os resíduos podem ser utilizados com fonte de energia. Um caso de prática de prevenção ou recuperação de passivo ambiental ocorre com a queima de pneus velhos nos fornos das fábricas.

➤ **Cerâmica de Revestimento**

A indústria de revestimento gera quantidades mínimas de resíduo, com a perda após a queima sendo inferior a 1% e, frequentemente, limitando-se a menos de 0,5%. Os cacos gerados constituem resíduos inertes, sendo destinados a aterros ou empregados como lastros nos acessos e pátios das próprias cerâmicas. Em iniciativas mais recentes, tem-se tentado a sua reciclagem, por meio de moagem e incorporação na massa, não constituindo ainda em uma prática adotada pelos ceramistas.

Diferentemente de outras indústrias cerâmicas (p.ex.,cerâmica vermelha e o segmento cimenteiro), por envolver um processo que exige controles muito estreitos em termos de tolerância de composição e estabilidade físico-química das massas e de suas peças, não há potencial significativo de aproveitamento de resíduos gerados em outras cadeias produtivas na indústria de revestimentos.

➤ **Cal**

O Laboratório de Tecnologia Ambiental da UFPR estudou os resíduos obtidos na produção da cal.

A relação da quantidade de resíduos gerados, e a estimativa de resíduos da produção de cal com menor teor de calcário são, aproximadamente, 10 t/mês, e com maior teor de calcário – 20 t/mês (Mymrin, Correa, 2007). Esta medição foi feita na APL de Paraná que produz cerca de um milhão de t/a.

O resíduo de cal apresentou um teor de 23,55 % de CO₂, caracterizando a cal como sendo de baixa reatividade.

O cal residual empregado é constituído de óxido de cálcio não hidratado (CaO), hidróxido de cálcio Ca(OH)₂, restos de carbonato de cálcio e magnésio não queimados (CaCO₃ e MgCO₃), óxido de magnésio não hidratado (MgO) e traços de óxidos Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, etc.

A composição mineralógica do resíduo da produção de cal é: Cal – CaO, Periclásio - MgO, Portlandita - Ca(OH)₂, Calcita - Ca(CO)₃, Quartzo - SiO₂, Dolomita - (Ca,Mg)CO₃.

A maior importância para a utilização dos resultados obtidos neste projeto pode ser para o meio ambiente, tendo em vista o elevado volume de geração destes resíduos anteriormente citados e a real possibilidade de reduzir significativamente os depósitos de resíduos de cal atualmente existentes.

➤ Louças Sanitárias e de Mesa

Nos processos das indústrias de louças sanitárias são gerados três tipos de resíduos sólidos: lodos minerais, gesso e cacos.

Os lodos minerais correspondem aos resíduos derivados no processo de beneficiamento.

➤ Crisotila

Os resíduos minerais na operação de extração e beneficiamento de amianto em Cana Brava têm as seguintes características: Rocha estéril removida das cavas e rejeitos de beneficiamento da usina.

Um plano de recuperação foi elaborado considerando todos os trechos do sítio alterado e aqueles ainda passíveis de sofrerem impactos pela ação das atividades de escavação, deposição de estéril e rejeitos, beneficiamento e instalações auxiliares. Foi desenvolvida uma proposta urbano-paisagística para as áreas das cavas, bancas de bota-fora e áreas do entorno afetadas, para equilibrar o meio ambiente e integrá-las ao cotidiano de Minaçu. Após o encerramento das atividades da mina, a área será monitorada até a estabilização total do processo de recuperação. As imperfeições serão corrigidas antes da entrega futura da região à comunidade. Relação estéril minério 1,9 /1.

6.4. Fluxo de Massa Agronegócio

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Bruta de Minérios do Agronegócio em 2005					
	ROM (t)	E/M	Estéril (t)	Rom + Estéril em (t)	Contido (t)	Teor Médio
Calcário Corretivo de Solo	16,879,721	1.00	16,879,721	33,759,442	-	-
Enxofre	1,504,765	-	-	1,504,765	71,144	4.73 % S
Fosfato	34,533,549	1.50	51,800,324	86,333,873	3,326,263	9.63 % P2O5
Potássio	2,311,685	0.10	231,169	2,542,854	404,871	17.51 %K2O
Vermiculita e Perlita	170,616	0.40	68,246	238,862	110,432	64.73 % Vermic
Total	55,400,336		68,979,459	124,379,795		

Vemos pelo quadro acima exposto que o fosfato com 86,3 milhões de tons representa 69% do volume de massas movimentados pelos do setor anualmente, sendo seguido pelo calcário agrícola com 27%.

Anuário Mineral Brasileiro Minerais do Agrobusiness	Produção Nacional Beneficiada			Rejeitos e Recuperação			
	Quantidade (t) Concentrado	Contido (t)	Teor médio	Rejeitos (t)	Estéril + Rejeitos (t)	Teor no Rejeito	Recuperação média
Calcário Corretivo de Solo	14,977,591	-	-	1,902,129	18,781,850	-	-
Enxofre	194,339	61,765	31.78 % S	1,310,426	1,310,426	0.72%	86.8%
Fosfato	5,450,058	1,946,226	35.71 % P2O5	29,083,491	80,883,815	4.75%	58.5%
Potássio	640,852	404,871	63.18 %K2O	1,670,833	1,902,002		
Vermiculita e Perlita	28,313	24,191	85.44 % vermicu	142,303	210,549	60.60%	21.9%
Total	21,291,153			34,109,182	103,088,642		

A produção nacional de 21,3 milhões de tons tem no calcário com 14,9 milhões 70% da massa total, sendo que o estéril mais rejeitos com 103.1 representam 83% da massa total movimentada.

Anuário Mineral Brasileiro Minerais do Agrobusiness	EXPORTAÇÕES		EXPORTAÇÕES		IMPORTAÇÕES		IMPORTAÇÕES	
	Primário (t)	Compostos Químicos e Outros (t)	Total (t)	% Primário	Primário (t)	Compostos Químicos e Outros (t)	Total (t)	% primário
Calcário Corretivo de Solo								
Enxofre	11,072	3,909	14,981	73.91%	1,647,705	495,017	2,142,722	76.90%
Fosfato	5,478	743,560	749,038	0.73%	1,215,116	3,577,613	4,792,729	25.35%
Potássio	3,367	16,660	20,027	16.81%	5,069,619	63,419	5,133,038	98.76%
Vermiculita e Perlita	1,771	2,478	4,249	41.68%	18,348	7,827	26,175	70.10%
Total	21,688	766,607	788,295	2.83%	7,950,788	4,143,876	12,094,664	65.74%

Das exportações temos que 97% são constituídas de produtos compostos químicos e manufaturados e apenas 3% de produtos primários. Nas importações do total de 12,1 milhões de tons 65,7% são constituídas de produtos primários, e 34,3% de manufaturados e compostos químicos.

Anuário Mineral Brasileiro Minerais do Agrobusiness	FLUXO TOTAL DE MASSA (ROM+Estéril + Importação) Em Toneladas	Esse quadro geral nos dá a dimensão da movimentação de massas do Agronegócio no que se refere à extração do minério, estéril e demais rejeitos, totalizando a expressiva quantia de 136 milhões de tons. Nesse quadro, o fosfato com 91 milhões representa 67% do total movimentado e o calcário agrícola com 33,7 milhões cobre 25% do total.
Calcário Corretivo de Solo	33,759,442	
Enxofre	3,647,487	
Fosfato	91,126,602	
Potássio	7,675,892	
Vermiculita e Perlita	265,037	
Total	136,474,459	

➤ Potássio

Trata-se de uma cadeia com grande geração de resíduos sólidos e também de deposição em diferentes fases da sua industrialização. Segundo a Vale (2008), a operação na mina de Taquari-Vassouras implica na disposição de estéréis e minérios marginais e ainda na remoção de 3 milhões de toneladas de ROM por ano. O principal rejeito do processo de beneficiamento é o cloreto de sódio (NaCl), que é dissolvido e jogado ao mar por um salmourado. Há tecnologias em teste, de reinjeção dos resíduos nos furos que, se forem bem sucedidas, podem certamente diminuir em muito as atuais emissões.

Para o potássio, segundo a Vale (2008), a operação na mina de Taquari-Vassouras implica na remoção de 3 milhões de toneladas de ROM por ano. O principal rejeito do processo de beneficiamento é o cloreto de sódio (NaCl), que é dissolvido e jogado ao mar por um salmourado.

➤ **Fosfato**

Na etapa de mineração, destacam-se os impactos gerados pela alta relação entre estéreis e minérios na maior parte das minas brasileiras. Quanto à etapa de beneficiamento da rocha fosfática, segundo estudo recente de Dias e Lajolo (2009), sabe-se que, em média, 1,6 milhões de m³/ano de produção de concentrados, geram 9 milhões de m³ de rejeitos, minérios marginais e estéreis de sensível deposição, que, estocados em pilhas, ocupam, em volume, grande parte das áreas das minas.

➤ **Fertilizantes N-P-K**

Trata-se de uma cadeia com grande geração de resíduos sólidos em diferentes fases da sua industrialização.

Nas etapas subsequentes da cadeia de NPK, o fosfogesso destaca-se dentre os resíduos sólidos gerados. Sendo um rejeito resultante do processo de obtenção do ácido fosfórico, estima-se que, para cada tonelada de P₂O₅, sejam produzidas de 4 a 5 toneladas de fosfogesso.

No Brasil, há um estoque de cerca de 150 milhões de toneladas de fosfogesso, e uma produção anual de cerca de 5 milhões de toneladas ano.

➤ **Calcário Agrícola**

A remoção do capeamento superficial, ou seja, dos estéreis da mineração, gera resíduos provenientes da exploração mineral. Por ser um produto com valor relativamente baixo, a lavra de calcário não ocorre com elevados índices de remoção ou produção de estéril.

➤ **Vermiculita**

Os rejeitos da etapa de concentração, lavagem do minério antes do beneficiamento, são recolhidos em tanques de decantação e reutilizados na recuperação de áreas lavrada. O método de mineração é a lavra por tiras, e à medida que ocorre o avanço da lavra o material vai sendo depositado, reabilitando a área lavrada.

6.5. Fluxo de Massa Industrial (geral)

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Bruta das Minas 2005			
	ROM (t)	E/M	Estéril	Rom + Esteril
Minerais para indústria em geral				
Dolomito e Magnesita	6.568.447	0,67	4.400.859	10.969.306,49
Sal	7.078.602	-	-	7.078.602,00
Caulim	6.621.824	0,20	1.324.365	7.946.188,80
Talco e outras cargas Minerais	2.536.398	0,40	1.014.559	3.550.957,20
Grafita	1.318.737	0,10	131.874	1.450.610,70
Diatomita	7.549	0,40	3.020	10.568,60
Cianita e outros minerais refratários	12.000	0,40	4.800	16.800,00
Total	24.143.557	0,28	6.879.477	31.023.034

No quadro acima observamos que as grandes massas provenientes das minas de minerais para indústria em geral são provenientes das produções de Magnesita, Sal, Caulim, Talco e cargas minerais. As principais aplicações concentram-se na indústria química de produtos inorgânicos, papel e celulose e refratários. A relação estéril/ minério é apenas estimada a partir de poucos dados disponíveis ou informada pelas empresas na confecção dos Relatórios técnicos, e esta estimativa é bastante conservadora.

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Nacional Beneficiada				Rejeitos e Recuperação			
	Quantidade (t) Concentrado	Contido	Teor Médio		Rejeitos (t)	Estéril + Rejeitos(t)	Teor no Rejeito	Recuperação Média
Minerais para Indústria em Geral								
Dolomito e Magnesita	1.766.560				4.801.887	9.202.746		
Caulim	2.318.515				4.303.309	5.627.674		
Talco e outras cargas Minerais	1.293.493				1.242.905	2.257.464		
Grafita	77.494	51.901	66,97	% graf	1.241.243	1.373.117	3,48%	54,6%
Diatomita	7.670							
Cianita e outros minerais refratários	3.178							
Quartzo(Cristal) e outros Piexoeletricos	346.982							
Cobalto	44.785	1.225	2,74	% Co				
Total	5.858.677	1.225			11.589.344	18.461.001		

A massa de estéril e rejeitos na mineração de minerais para indústria em geral está na ordem das 30 milhões de toneladas anuais, sendo que Caulim, Dolomito, Magnesita e talco respondem pela totalidade desta quantidade.

Anuário Mineral Brasileiro	EXPORTAÇÕES				IMPORTAÇÕES			
	Primário (t)	Compostos Químicos e Outros (t)	Total (t)	% Primário	Primário (t)	Compostos Químicos e Outros (t)	Total	% Primário
Minerais para Indústria em Geral								
Dolomito e Magnesita	135.105	6.123	141.228	95,66%	14.902	21.232	36.134	41,24%
Sal	804.147	288.315	1.092.462	73,61%	370.916	2.158.075	2.528.991	14,67%
Caulim	2.071.563	2.546	2.074.109	99,88%	7.056	15.645	22.701	31,08%
Talco e outras cargas Minerais	6.981	-	6.981	100,00%	4.625	-	4.625	100,00%
Grafita	15.685	9.713	25.398	61,76%	1.965	34.138	36.103	5,44%
Salitre do Chile (nitrato de sódio)	3	302	305	0,98%	6.805	165.402	172.207	3,95%
Boro		466	466	0,00%	103.957	29.767	133.724	77,74%
Minerais Industriais (outros)	4.053	20.800	24.853	16,31%	12.933	25.766	38.699	33,42%
Água Mineral		265	265	0,00%	36.988	798	37.786	97,89%
Diatomita	86	5.288	5.374	1,60%	7.030	17.229	24.259	28,98%
Cianita e outros minerais refratários	59	861	920	6,41%	3.242	2.336	5.578	58,12%
Molibdenio		8	8	0,00%	4.963	1.551	6.514	76,19%
Iodo		165	165	0,00%		1.851	1.851	0,00%
Quartzo(Cristal) e outros Piexoeletricos	17.858	3	17.861	99,98%	1.361	205	1.566	86,91%
Cobalto	904	26	930	97,20%	263	801	1.064	24,72%
Bromo			-			494	494	0,00%
Bismuto			-			165	165	0,00%
Rochas Calcarias			-		130	-	130	100,00%
Total	3.056.444	334.881	3.391.325	90%	577.136	2.475.455	3.052.591	19%

As exportações mais significativas deste setor se referem a caulim que é exportado totalmente na condição primária, apenas com o beneficiamento (concentração) realizado nas plantas próximas as áreas de mineração. As principais importações do setor se referem a sal, que é importado após algum tratamento. Não temos informação qual tipo de processo é submetido o sal que é importado, mas as estatísticas disponíveis mencionam desta forma.

Indústria em geral - Grandes distâncias e pelo turvamento que causam nas águas, são facilmente detectados pelos vizinhos e pelas autoridades.

Nas usinas de beneficiamento de minérios oriundos de depósitos sedimentares, especialmente em relação às três grandes da região norte, os resíduos são depositados em bacias especialmente preparadas para tal fim.

Já nas minas com processo de lavra hidráulico, como a da Horii em Mogi das Cruzes – SP, é feita uma separação granulométrica desde as bacias de decantação junto à mina e na usina de beneficiamento, produzindo concomitantemente ao caulim, areias para consumo da construção civil. O material estéril, sem uso comercial, é estocado em locais apropriados e poderão retornar à área da cava após o esgotamento das frentes de lavra.

➤ Magnesita

Os rejeitos do processamento de magnesita, visto que parâmetros como teor médio da jazida e tecnologia de processamento estão envolvidos, atingem uma faixa ampla variando entre 0,18 a 1,12.

➤ Grafita

Os finos retirados no processo de deslamagem vão para a bacia de rejeito.

➤ **Barita**

Na mineração de barita constata-se pouca geração de resíduos resultantes, geralmente, da remoção do capeamento superficial (solo) e, mais subordinadamente, da retirada de camadas estéreis intercaladas ao pacote de minério argiloso.

Há descarte dos minerais argilosos (lamas).

O quartzo apresenta-se como principal mineral de ganga. *Fonte Luz & Baltar, 2008.*

➤ **Bentonita**

Na mineração de Bentonita constata-se pouca geração de resíduos resultantes, geralmente, da remoção do capeamento superficial (solo) e, mais subordinadamente, da retirada de camadas estéreis intercaladas ao pacote de minério argiloso.

Em decorrência do baixo valor do minério, são lavradas jazidas com baixa relação estéril/minério, geralmente com valores inferiores 0,25, isto é, para cada tonelada de bentonita é removida menos de 0,25 tonelada de materiais estéreis.

➤ **Fluorita**

➤ **Talco, Pirofilita e Agalmatolito**

No processo de lavra das minas a céu aberto constata-se uma significativa geração de resíduos resultantes, geralmente, da remoção do capeamento superficial (solo) cujo volume está condicionado às relações de mineração (estéril/minério). Os rejeitos do processo de beneficiamento podem ter diferentes composições, dependendo do contexto geológico em que a jazida está inserida. Por exemplo, na região de Pará de Minas/MG, no processo de beneficiamento do agalmatolito os principais rejeitos encontrados são de dois tipos: os coloridos (turmalina e óxidos de Fe, Mn, Ti) e os abrasivos (quartzo) (LUZ, 2002). Já no beneficiamento do talco em Brumado/BA o principal rejeito é a magnesita. De acordo com as informações declaradas pelas principais empresas produtoras, (Minerais & Minerale, 2008) o destino mais comum desses materiais é a estocagem em pilhas para utilização futura.

Caulim

O impacto da contaminação dos rejeitos de mineração e resíduos de beneficiamento das indústrias de caulim nos sistemas de drenagem, não pode ser subestimado, por conterem produtos argilosos, arenosos e sílticos.

6.6. Fluxo de Massa Eletro-eletrônico

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Bruta da Mina			
Minerais para indústria Eletro Eletronica	ROM (t)	E/M	Estéril	Rom + Esteril
Títânio	36.253.585	0,10	3.625.359	39.878.943,50
Zinco	2.207.857	4,00	8.831.428	11.039.285,00
Chumbo	891.080	5,00	4.455.400	5.346.480,00
Tântalo	2.131.814	-	-	2.131.814,00
Bário	52.094	1,00	52.094	104.188,00
Lítio	60.731	-	-	60.731,00
Mica	15.060	0,40	6.024	21.084,00
Total	41.612.221		16.970.305	58.582.525,50

Anuário Mineral Brasileiro	Produção Nacional Beneficiada			Rejeitos e Recuperação			
	Quantidade (t) Concentrado	Contido	Teor Médio	Rejeitos(t)	Estéril + Rejeitos(t)	Teor no Rejeito	Recuperaçã o Média
Minerais para Indústria Eletro Eletronica							
Títânio	179.297	81.189	45,28 % TiO ₂	36.074.288	39.699.647	3,94%	5,4%
Zinco	387.152	170.659	44,08 % Zn	1.820.705	10.652.133	2,89%	76,4%
Chumbo	23.610	19.604	83,03 % Pb	867.470	5.322.870		
Tântalo	5.449	181	3,32 % Ta ₂ O ₅	2.126.365	2.126.365	-0,01%	828,4%
Bário	47.993	39.545	82,4 % BaSO ₄	4.101	56.195	82,39%	92,1%
Lítio	8.924	469	5,26 % Li ₂ O	51.807	51.807	0,67%	57,5%
Mica	17.144			(2.084)	3.940		

Anuário Mineral Brasileiro	EXPORTAÇÕES				IMPORTAÇÕES			
	Primário (t)	Compostos Químicos e Outros (t)	Total	% Primário	Primário	Compostos Químicos e Outros (t)	total	% primário
Minerais para Indústria Eletro Eletrônica								
Titânio	19.801	13320	33.121	59,78%	2.069	104.624	106.693	1,94%
Zinco	-	73516	73.516	0,00%	234.933	47.141	282.074	83,29%
Chumbo	33.121	358	33.479	98,93%		79.598	79.598	0,00%
Bário	64	3748	3.812	1,68%	7.048	3.256	10.304	68,40%
Lítio	-	1	1	0,00%		14	14	0,00%
Mica	163	1636	1.799	9,06%	1.342	945	2.287	58,68%
Estroncio		0			274	4.622	4.896	5,60%
Antimônio	4	101	105	3,81%	834	1.730	2.564	32,53%
Cádmio	73	127	200	36,50%	29	132	161	18,01%
Total	53.226	92.807	146.033	36%	246.529	246.529	488.591	50%

PRODUÇÃO BRUTA DE MINÉRIO 2005		FLUXO TOTAL DE MASSA
(ROM + ESTÉRIL + IMPORTAÇÃO)		
Minerais para indústria eletro eletrônica	Em toneladas	
Titânio	39.985.637	
Zinco	11.321.359	
Chumbo	5.426.078	
Tântalo	2.131.814	
Bário	114.492	
Lítio	60.745	
Mica	23.371	
Estroncio	4.896	
Antimônio	2.564	
Cádmio	161	
Total	59.071.117	

➤ Minério de Zinco

Morro Agudo: A razão média estéril minério na Mina de Morro Agudo é da ordem de 5:1. Todo o estéril extraído atualmente é utilizado para preencher as galerias esgotadas (processo back fill). A pilha de estéril existente no pátio da mina será processada por uma empresa da região para o seu aproveitamento na forma de brita.

Segundo o balanço de massa na usina de Morro Agudo de Agosto de 2008, são geradas anualmente cerca de 950.000 t de rejeito.

O material, resultante do processo de beneficiamento do minério, é constituído por pó calcário agrícola (75%), com baixos teores de cádmio (Cd) e chumbo (Pb), e pó calcário industrial (25%).

Vazante: Na operação de lavra a céu-aberto a relação estéril minério é de 7,5:1. Em 2007 foram removidos 3.000.000 t de estéril que foi disposto em depósito em forma de aterro ascendente, devidamente compactado e aplainado em bancadas de 10 metros de altura e ângulo de face de 35°.

A razão média estéril minério na mina subterrânea de Vazante é da ordem de 2:1. Todo o estéril extraído atualmente é utilizado para preencher as galerias esgotadas (processo backfill).

A pilha de estéril existente no pátio da mina será processada por uma empresa da região para o seu aproveitamento na forma de brita.

O material resultante do processo de beneficiamento do minério é constituído por pó calcário agrícola e pó calcário industrial sendo parte posteriormente comercializada como corretivo agrícola. A mina possui dois depósitos de pó calcário com vida útil prevista até 2012.

➤ **Minério de Chumbo**

O rejeito final da usina que possui uma média de 0,4% de Pb e 5,5% de reagentes empregados na flotação da galena, compostos essencialmente por carbonato de cálcio, cal, isopropil xantato e MIBCOL.

Na redução do óxido de chumbo em alto forno, gera-se o “mate escória” como resíduo.

A razão média estéril minério na Mina de Morro Agudo é da ordem de 5:1. Todo o estéril extraído atualmente é utilizado para preencher as galerias esgotadas (processo back fill). A pilha de estéril existente no pátio da mina será processada por uma empresa da região para o seu aproveitamento na forma de brita.

O material resultante do processo de beneficiamento do minério é constituído por pó calcário agrícola e pó calcário industrial sendo parte posteriormente comercializada como corretivo agrícola. A mina possui dois depósitos de pó calcário com vida útil prevista até 2012.

➤ **Mineração do Estanho**

Os rejeitos das operações de beneficiamento são geralmente depositados em baias de decantação e a água utilizada é reciclada no processo.

Questão adicional em relação ao meio ambiente na mina de Pitinga é contaminação radioativa na planta de redução aluminotérmica, onde é produzida a liga Fe-Nb a partir do resíduo da planta de concentração da cassiterita, que acumula minerais desses elementos, provenientes do minério primário granítico. Como o granito matriz da jazida primária também contém minerais de urânio e tório, além da zirconita, essa parcela radioativa é segregada na escória da produção da liga Fe-Nb. A solução técnica do descarte seguro da escória radioativa, enterrada e armazenada em trincheiras abertas no solo, foi definida pela CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, que fiscaliza o cumprimento da norma de proteção ambiental.

➤ **Titânio**

A geração de resíduos não constitui o maior problema das indústrias da rota sulfato, pois o resíduo é composto basicamente de sulfato ferroso, facilmente convertido em sulfato férrico, que possui amplo emprego em diversas indústrias, na alimentação animal e para o tratamento de água.

➤ **Mica**

Os resíduos sólidos da concentração da mica constituem-se de areia, minerais pesados, lama (finos).

O beneficiamento da rocha pegmatítica da “Província do Seridó-Borborema”, situada nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, produz um grande volume de rejeitos com elevados teores de moscovita (mica lixo), pode ser beneficiado visando a obtenção de um insumo mineral adequado à produção de pigmentos, produtos com elevado valor agregado.

Joalheria

➤ **Ouro**

Há atualmente inúmeras iniciativas de aproveitamento de rejeitos de mineração, como finos e outros. A lavra de ouro ocorre com elevados índices de remoção ou produção de estéril.

Os minérios de ouro primário no Brasil geralmente são sulfetados (mais de 90%) e no beneficiamento destes minérios toma-se o cuidado para que as barragens de rejeito façam a retenção destes elementos poluidores, de modo que não alcancem as drenagens.

GEMA

➤ **Diamante: Gema e Industrial**

Em termos de operações aluvionares de diamante, o mais comum é utilizar o rejeito, cascalho e areia, depois de esterilizado, para uso em construção civil, capeamento de estradas de rodagem ou em paisagismo.

A reposição nas cavas abertas pela mineração por estes dois subprodutos é rara, mas pode acontecer em locais onde os subprodutos não têm a aplicabilidade mencionada por falta de estradas ou por ser antieconômico o seu transporte.

Em operações de balsas dentro dos cursos de água todo o efluente proveniente do tratamento a bordo dos cascalhos aluvionares é jogado de novo nos cursos de água alterando a biótica dos mesmos e levando sólidos pelo rio abaixo por muitos quilômetros dependendo da velocidade do curso de água.

6.7. Fluxo de Massa de Metais Preciosos

Anuário Mineral Brasileiro		Produção Bruta da Mina					
Minerais para indústria de metais preciosos		ROM (t)	E/M	Estéril (t)	Rom + Esteril (t)	Contido (t)	teores
Ouro		28.369.266	1,00	28.369.266	56.738.532	34	1,21 g/t Au
Prata		17.200.013	1,00	17.200.013	34.400.026	0	0,02 g/t Ag
Outros metais preciosos			1,00	-	-		
Total		45.569.279	1,00	45.569.279	91.138.558	35	

Anuário Mineral Brasileiro		Produção Nacional Beneficiada			Rejeitos e Recuperação			
Minerais para Indústria de Metais Preciosos		Quantidade (t) Concentrado	Contido	Teor Médio	Rejeitos (t)	Estéril + Rejeitos(t)	Teor no Rejeito	Recuperação Média
Ouro		38	38	99,8 %Au	28.369.228	56.738.494		
Prata		7	7	99,98 %Ag	17.200.006	34.400.019		
Outros metais preciosos					-	-		
Total		45	45	-	45.569.234	91.138.513		

Anuário Mineral Brasileiro		EXPORTAÇÕES				IMPORTAÇÕES			
Minerais para Indústria de metais preciosos		Primário (t)	Compostos Químicos e Outros (t)	Total	% Primário	Primário	Compostos Químicos e Outros (t)	total	% primário
Ouro		-	30	30	0,00%	-	2	2	0,00%
Prata		717	297	1.014	70,71%	-	410	410	0,00%
Outros metais preciosos			1.494	1.494	0,00%	94	936	1.030	9,13%
Total		#REF!	11.893	C	#REF!	94	1.348	1.442	0

Anuário Mineral Brasileiro		FLUXO TOTAL DE MASSA
Minerais par Industria de Metais Preciosos		+ ESTERIL + IMPORTAÇÃO
		Em toneladas
Ouro		56.738.534
Prata		34.400.436
Outros metais preciosos		1.030
Total		91.140.000