

## **CUSTO-BENEFÍCIO DO USO DE UM SUPRESSOR DE POEIRA APLICADO NO CONTROLE DE EMISSÕES FUGITIVAS DE VIAS DE ACESSO DE MINA: UM ESTUDO NA SAMARCO MINERAÇÃO S.A.**

*Péterson Gonçalves de Lima<sup>1</sup>; Ana Paula Gomes Ferreira<sup>2</sup>; José Francisco do Prado Filho<sup>3</sup>*

**RESUMO** - Com a intenção de investigar a viabilidade do uso de um supressor de poeira no controle de emissões de poeira fugitiva de vias de acesso em uma mina de minério de ferro, foi desenvolvido um estudo por meio de levantamento de campo na área da mina da Samarco Mineração S.A unidade de Germano em Minas Gerais. Como resultado, demonstrou-se que os valores obtidos para o controle de poeira nos acessos da mina da Samarco, utilizando-se o supressor de poeira, apresentam ganhos financeiros (redução de R\$ 167.622,00) e ambientais (não emissão de 16.621,9 Kg CO<sub>2</sub>.ano-1 dentre outros). Secundariamente criou-se um roteiro de análise para o mapeamento de processos em mineração voltados para a mina, destacando-se os principais pontos e atividades que merecem atenção do ponto de vista de emissões.

**Palavras-chave:** Poluição atmosférica na Mineração; controle de material particulado atmosférico; métodos e custos do controle de poeira.

## **COST-EFFECTIVENESS ANALYSIS OF USING DUST SUPPRESSANT ON MINING HAUL ROADS: A CASE STUDY ON SAMARCO MINING OPERATIONS**

**Abstract** - Aiming to investigate the feasibility of using dust suppressant for mining dust control, a study was conducted, through field survey, on Samarco Mining Operations, Germano's site, located in the state of Minas Gerais. Financial and environmental gains, (cost reduction of R\$ 167.622,00 and non-emission of 16.621,9 Kg CO<sub>2</sub>.year-1 respectively, and others) were demonstrated by the study. Secondly, the study implemented an analysis script to map mining processes, focused on Samarco's mine, highlighting the main points and activities which deserve attention related to atmospheric emissions, and the major technological alternatives to control those emissions.

**Keywords:** Air pollution in mining; control of atmospheric particulate material; methods and costs of dust control.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia do Núcleo de Geotecnia da UFOP. Rua Professor Francisco Pignatário, 384, Bauxita – Ouro Preto, MG. CEP 35400-000 Fone: (031) 3551-1903. E-mail: [peterssom@yahoo.com.br](mailto:peterssom@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Ambiental. Analista ambiental da Samarco Mineração S.A. E-mail: [ana\\_engenharia@yahoo.com.br](mailto:ana_engenharia@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Professor. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Departamento de Engenharia Ambiental. E-mail: [jfprado@depro.em.ufop.br](mailto:jfprado@depro.em.ufop.br)

## 1. INTRODUÇÃO

As emissões atmosféricas associadas às atividades de mineração estão presentes ao longo de todas as fases de um empreendimento mineiro. Dependendo de seu porte, uma mineração pode movimentar, ao longo de sua vida útil, uma quantidade de minério da ordem de milhões de toneladas e isso acaba por gerar uma quantidade acentuada de material em suspensão na atmosfera, principalmente de particulados. Salienta-se que essas emissões têm efeitos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana, portanto, seu controle e gestão são de suma importância (IBRAM, 2012).

Segundo Almeida (1999), no âmbito interno à mina, os problemas em geral fazem parte do campo de estudo da segurança e higiene do trabalho e no âmbito externo, das avaliações de impacto ambiental e a tendência mais recente tem sido o uso do termo Engenharia Ambiental para englobar esses amplos campos de pesquisa. Ainda segundo Almeida (1999), dentro da Engenharia Ambiental aplicada à mineração, a poluição atmosférica por material particulado é um tema de grande relevância.

Coelho (2011) cita um estudo realizado em uma grande mineradora localizada próxima da cidade de Congonhas (MG), em que um inventário de emissões de poluentes atmosféricos foi conduzido. Esse inventário promoveu o levantamento de fontes emissoras de poluentes atmosféricos provenientes das atividades de extração e beneficiamento das minas de ferro e também as emissões atmosféricas provenientes destas fontes. A Tabela I apresenta essas emissões, referentes tanto à material particulado (MP) quanto ao material particulado cuja fração é menor que 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{MP}_{10}$ ) mostrando o percentual da emissão em relação ao total (valor entre parênteses).

Tabela I - Emissão de MP e  $\text{MP}_{10}$  proveniente de diferentes fontes de emissão na mineração.

Fonte de emissão	Emissão de MP (Kg.h-1)	Emissão de $\text{MP}_{10}$ (Kg.h-1)
Vias de acesso	101,4 (63,12%)	60,84 (55,27%)
Áreas passíveis de erosão	52,23 (32,51%)	45,01 (40,89%)
Transferência	2,84 (1,77%)	1,71 (1,55%)
Detonação e Escavação	1,01 (0,63%)	0,61 (0,55%)
Britagem	3,17 (1,97%)	1,9 (1,74%)

Fonte: Adaptado de Coelho (2011)

Observa-se nessa tabela a grande contribuição representada pelas vias de acesso, fator que reforça a necessidade de se realizar um trabalho efetivo de controle de poeira nessa fonte de emissão. Ainda assim aspectos como o controle de poeira nas vias de acesso de minas, seja do ponto de vista financeiro (valor desse controle) ou mesmo ambiental (otimização de recursos) ainda são pouco debatidos e valorizados e a atual percepção acerca das estradas de minas, é que ainda não houve evolução tecnológica a ponto de se afirmar que se pratica uma engenharia satisfatória para a importância que o assunto tem no processo produtivo (Costa Filho, 2011).

O presente trabalho apresentou, por meio de um levantamento de campo, um estudo de contabilização de custos econômicos, consumo de recursos ambientais e emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) decorrentes do uso de um produto supressor de poeira, em comparação ao uso rotineiro que se faz da água para controlar a poeira nas vias de acesso de mina, demonstrando que, a princípio, foi possível reduzir os gastos com recursos econômicos e promover ganhos ambientais.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Definição do Foco do Estudo**

Foi elaborado um estudo passível de comparar duas formas de se executar a atividade de aspersão dos acessos de mina: (1) a forma como a atividade é conduzida atualmente (uso de água) e (2) o possível uso de um produto supressor de poeira. Buscou-se definir de forma quantitativa, através de indicadores, a viabilidade econômica e ganhos ambientais com a proposta do uso do supressor de poeira.

### **2.2. O Empreendimento Samarco**

O estudo foi desenvolvido em 2012 na Samarco Mineração S.A, unidade de Germano, mais especificamente no Complexo das Minas de Alegria (Norte e Sul). A unidade de Germano está localizada no Estado de Minas Gerais, nos municípios de Mariana e Ouro Preto, cujos limites territoriais estão quase em sua totalidade dentro do Quadrilátero Ferrífero.

A Samarco é uma empresa brasileira de mineração fundada em 1977 que possui capital privado sendo controlada em partes iguais por dois acionistas: Vale S.A. e BHP Billiton. O principal produto da empresa são as pelotas de minério de ferro, obtidas após a transformação de minerais de ferro de baixo teor (46 %) em um produto nobre de alto valor agregado (67,5 %), comercializado essencialmente para a indústria siderúrgica mundial (Samarco, 2011). A Samarco opera ainda no sistema de lavra a céu aberto e possui reservas de 2,1 bilhões de toneladas de minério de ferro nas duas minas em operação. A produção de minério e a remoção de material estéril são realizadas utilizando frota de equipamentos móveis de grande porte, aliada ao uso de sistema de correias transportadoras, logística de produção que resulta em baixos custos na atividade (Samarco, 2011).

### **2.3. Aspectos Gerenciais Referentes ao Material Particulado no Âmbito da Samarco**

Nessa etapa procurou-se levantar os aspectos gerenciais (ambiental, ocupacional e de segurança) referentes ao material particulado na área da Samarco, unidade de Germano.

Esse levantamento foi realizado da seguinte forma:

- Levantamentos de campo em que foram realizadas visitas à mina para o acompanhamento da realização de atividades de aspersão dos acessos de mina e observação de pontos de melhoria no processo;
- Reuniões técnicas com profissionais envolvidos nas atividades desenvolvidas no âmbito da mina e também no que se refere ao controle do material particulado. Os profissionais como: chefe de departamento da mina, engenheiros de minas, analista de higiene ocupacional, técnico de sistema gerencial, encarregados, motoristas de caminhão pipa e outros foram consultados nessa etapa.

Desse levantamento surgiu a necessidade de um controle ambiental mais efetivo na atividade de aspersão de vias de acesso da área de mina (foco deste trabalho). Em outros pontos do processo, já ocorrem controles mais consolidados ou esses podem ser minimizados: nos taludes e pilhas de estéril, o processo de revegetação já promove uma menor dispersão das partículas de poeira. Outro exemplo seria o caso das pilhas de minério. Nessas ocorre o rápido consumo da matéria-prima.

## **2.4. Variáveis Necessárias ao Estudo**

Nessa etapa foram obtidas todas as informações necessárias para construir o estudo de avaliação do uso do produto supressor no controle da poeira dos acessos de mina. Nessa fase definiu-se as variáveis para a plena condução do trabalho. Variáveis como: extensão e largura dos acessos da mina, quantidade de caminhões pipa (efetivo de máquinas) utilizados para realizar a aspersão de vias de acesso da mina, custo e quantidade de hora-máquina utilizada na atividade de aspersão de vias de acesso de mina e outras foram levantadas.

Para uma comparação entre o uso de água e o uso de produtos que simulam o efeito da água no controle da poeira (supressores de poeira), teoricamente com uma eficiência superior, uma pesquisa bem elaborada foi também previamente conduzida.

Inicialmente buscou-se identificar que produtos existentes no mercado poderiam ser utilizados para o controle da poeira na mineração. Nesse levantamento foram encontrados diferentes produtos tais como: solventes orgânicos, polímeros ou combinação de polímeros, resinas e outros.

Das empresas pesquisadas, quatro foram selecionadas para uma possível parceria. Dessas, conseguiu-se três propostas técnicas para uma aplicação de produto supressor na área da Samarco e outra apresentou informações de seu produto por meio de uma reunião na própria Samarco.

Finalmente foi selecionada para o estudo, aquela com o maior detalhamento do produto e a que foi mais receptiva em fornecer dados, tanto técnicos quanto econômicos (variáveis necessárias ao estudo).

## **2.5. Elaboração de Fórmulas**

Neste trabalho foram usadas fórmulas e procedimentos de cálculo, para se obter informações para atestar ou não, de forma objetiva e mensurável, a viabilidade do uso do produto supressor de poeira. Algumas variáveis não puderam ter seus valores diretamente obtidos, sendo assim, buscou-se levantar variáveis secundárias para se determinar o valor da grandeza procurado.

## **2.6. Elaboração do Estudo**

No estudo foram propostos diferentes cenários (situações). Inicialmente, constatou-se que na prática diária da mina existia pouca informação de como a atividade de aspersão de acessos de mina era operacionalmente conduzida, mas também com relação a custos financeiros.

A Samarco possui um custo geral que engloba a aspersão de vias, a limpeza de correias e a limpeza da área industrial, ou seja, é um custo composto. Para o estudo, era necessário que se analisasse principalmente o recorte representado pela atividade de aspersão de vias de acesso.

Dessa forma buscou-se avaliar de forma mais precisa como essa atividade era conduzida no âmbito da Samarco visando a apresentação de alternativas para esse tipo de demanda. Foram estudadas três situações:

- Situação I: Experiência de pessoas na atividade de aspersão de acessos de mina - Nessa situação estimou-se o custo para se realizar a aspersão dos acessos de mina, baseado na experiência de pessoas nessa atividade na área da Samarco.
- Situação II: Levantamento de campo - Nessa situação, estimou-se o custo para realizar a aspersão dos acessos de mina, por estimativa baseada no levantamento de campo utilizando-se um questionário preenchido pelos motoristas dos caminhões pipa no decorrer da atividade de aspersão dos acessos de mina;

- Situação III: Levantamento de campo refinado - Nessa situação estimou-se o custo para se realizar a aspersão dos acessos de mina baseado no levantamento de campo e descontados os dias sem aspersão ao longo do ano.

Por ser a Situação III aquela com maior riqueza de detalhes, no que se refere às variáveis e procedimentos de cálculos, na condução da atividade de aspersão dos acessos de mina, esta foi considerada a situação ideal. Para verificar o comportamento da atividade realizada apenas com água e utilizando-se o produto supressor de poeira e para realizar os levantamentos de indicadores econômicos e ambientais da condução da atividade.

Essa foi, portanto, a situação utilizada neste estudo para se atestar ou não a viabilidade dos produtos supressores de poeira, frente ao uso rotineiro que se faz da água na atividade de aspersão dos acessos da mina. Ao todo foram avaliados 4 indicadores:

- Horas-máquinas/trabalhadas - Procurou-se verificar através do uso do produto supressor de poeira se esse seria capaz de influenciar na redução das horas-máquinas utilizadas na condução dessa atividade (caso o produto supressor necessite de menos reaplicações quando comparado à água, ocorre a redução de horas-máquinas/trabalhadas).

- Custos financeiros - Foi investigado se o uso do supressor de poeira impactaria de forma direta na redução de gastos econômicos na condução da atividade. Deve considerar-se o preço decorrente da compra do supressor de poeira e outros custos associados (na aplicação, por exemplo) e comparar se o mesmo ficou inferior ao valor gasto com a aspersão realizada por meio de água.

- Emissão de CO<sub>2</sub> - Analisou-se a quilometragem dispendida na atividade de aspersão ao longo do ano (em Km), e aplicou-se um fator de emissão para caminhões (em Kg CO<sub>2</sub>.Km<sup>-1</sup>) para verificar as possíveis reduções na emissão de CO<sub>2</sub> decorrente do uso de um supressor de poeira (caso ocorra a redução de horas-máquinas/trabalhadas, ocorre conseqüentemente a redução da emissão de CO<sub>2</sub>).

- Consumo de água - Procurou-se verificar se há redução no uso de água com a atividade sendo realizada por meio do produto supressor de poeira (caso o produto supressor de poeira necessite de menos reaplicações quando comparado a uma aspersão utilizando apenas água ou mesmo se esse produto não necessitar de grandes quantidades de água (grandes diluições), será possível obter uma redução no consumo de água para essa atividade).

### **3. RESULTADOS**

Os principais resultados serão apresentados nesta seção. Os procedimentos de cálculo, variáveis utilizadas no estudo e outras informações sobre o estudo de caso podem ser obtidos em Lima (2013) ou diretamente com os autores.

#### **3.1. Fluxograma de Aspectos Gerenciais e Pontos de Melhoria do Processo Produtivo**

Após o levantamento de campo foi possível elaborar um fluxograma, conforme mostrado na Figura 1, para a condução do levantamento dos aspectos gerenciais em mineradoras indicando possíveis pontos de melhoria do processo.

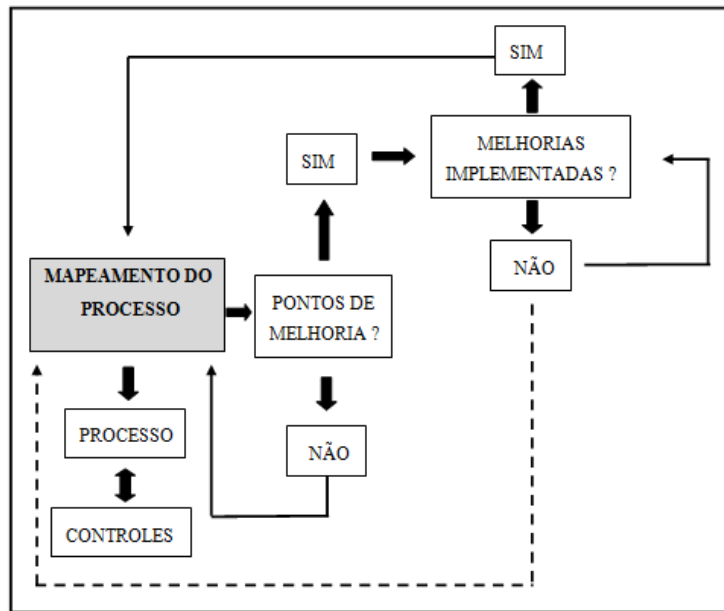


Figura 1 - Fluxograma de aspectos gerenciais e pontos de melhoria do processo produtivo.

### 3.2. Viabilidade do Uso do Supressor de Poeira

Analisando a viabilidade do uso de um supressor de poeira, sob a ótica dos quatro indicadores anteriormente citados, obteve-se os seguintes resultados conforme apresentados na Tabela II. Admitiu-se que a ação do produto supressor de poeira seria 3 vezes mais eficiente que a ação da água, com base em informações de teste de campo, fornecidas pela empresa detentora do produto.

Os benefícios do uso do produto supressor de poeira são evidentes ao se observar a Tabela II, indicada por: “Mesma eficiência”. Nessa seção, trabalha-se com o supressor de poeira tendo o mesmo nível de eficiência que a água e mostrando que mesmo nesse cenário ele tem, ainda que na teoria, indicadores mais favoráveis ao seu uso.

Tabela II - Comparação entre o uso puro de água e da mistura água produto na atividade de aspersão.

INDICADORES (Considerar com referência à um ano)				
	Volume de H <sub>2</sub> O (m <sup>3</sup> )	Horas/máquinas (h)	Emissão de CO <sub>2</sub> (Kg CO <sub>2</sub> )	Custo (R\$)
<b>EFICIÊNCIAS DIFERENTES (Ação do supressor de poeira é 03 vezes superior que da água)</b>				
Somente água	85.385	3.164,2	48.340,3	462.801,83
Supressor de poeira	170.947,8	3.097,5	95.155,2	885.539,50
<b>MESMA EFICIÊNCIA (O supressor de poeira tem o mesmo nível de eficiência que a água)</b>				
Somente água	85.385	3.164,2	48.340,3	462.801,83
<b>Supressor de poeira</b>	<b>56.982,6</b>	<b>1.032,5</b>	<b>31.718,4</b>	<b>295.179,83</b>

Fonte: Própria (2012).

## **4. DISCUSSÃO**

### **4.1. Redução de Horas-máquinas / trabalhadas**

Constatou-se que é possível obter uma redução de 2.131,7 horas-máquinas / trabalhadas ao longo do ano com o uso do supressor de poeira, o que equivale a uma redução percentual de 67,36 % nas horas - máquinas / trabalhadas na atividade de aspersão dos acessos de mina ao se utilizar o produto supressor de poeira. Essa redução tem um impacto direto no custo financeiro da atividade.

### **4.2. Redução de Custos Financeiros**

Observou-se que é possível atingir uma redução direta nos custos financeiros de R\$ 167.622,00 ou uma redução percentual de 36,22 % substituindo-se o uso da água pelo uso da mistura água-produto supressor de poeira.

Na redução dos custos financeiros diretos, também é preciso se analisar o gasto com a estocagem do produto supressor de poeira e outros gastos que podem estar associados.

### **4.3. Redução na Emissão de CO<sub>2</sub>**

Constatou-se ser possível reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> em 16.621,9 Kg CO<sub>2</sub> o que representa uma redução percentual na emissão de 34,39 % de CO<sub>2</sub>, utilizando o produto supressor de poeira. Essa redução está associada apenas à aplicação do produto.

É importante mencionar que a emissão de CO<sub>2</sub> decorrente do uso de um supressor de poeira conforme é apresentado neste trabalho, representa apenas uma parte do CO<sub>2</sub> emitido pelo uso desse produto. Para se contabilizar a emissão total de CO<sub>2</sub> seria necessário realizar uma análise de ciclo de vida (ACV) desse supressor de poeira, ou seja, realizar uma análise do “berço ao túmulo” desde a fabricação até sua chegada (transporte) na empresa que o adquiriu para realizar a atividade de aspersão dos acessos.

### **4.4. Redução no Consumo de Água**

É preciso mencionar ainda a redução expressiva no consumo de água de 28.402,4 m<sup>3</sup> ou redução percentual de 33,26 % com o uso do supressor de poeira.

## **5. CONCLUSÃO**

Os indicadores obtidos apontam (ainda que preliminarmente) de forma quantitativa que existe maior viabilidade (tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico) na alternativa tecnológica representada pelo uso do produto supressor de poeira na atividade de aspersão dos acessos da mina, frente ao uso rotineiro que se faz da água.

Há necessidade de se levantar o fator de eficiência obtido na prática (com testes de campo), os custos relativos à estocagem de produto e demais custos financeiros, a condução de uma ACV para o supressor de poeira, para se determinar a redução (ou não) da emissão de CO<sub>2</sub> ao longo do ano e outros refinamentos que se conseguir para o desenvolvimento de trabalhos mais aprofundados cujo foco seja similar ao que foi conduzido para a Samarco.

Dessa forma será possível afirmar a viabilidade tecnológica que o supressor de poeira representa.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Samarco Mineração S.A pelas informações disponibilizadas para realização deste trabalho.



## 7. REFERÊNCIAS

Almeida, I. T. 1999. A Poluição Atmosférica por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade de São Paulo, SP, 194 p.

Coelho, V. S. C. 2011. Dimensionamento de uma Rede de Monitoramento Atmosférico para Material Particulado em uma Mineração a Céu Aberto: Estudo de Caso. (Monografia Graduação em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 92 p.

Costa Filho, W. D. 2011. Proposta de Tecnologias Construtivas de Sistema Viário Aplicado à Mineração de Ferro. Ouro Preto. MG, Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, 165 p.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. 2012. Mineração & Economia Verde – Encontro da Indústria para a Sustentabilidade. Brasília, DF. 73 p. Disponível em: < <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002708.pdf> >. Acesso em: 10 out. 2012.

Lima, P. G. 2013. Custo-benefício do Uso de um Supressor de Poeira Aplicado no Controle de Emissões Fugitivas de Vias de Acesso de Mina: Um Estudo na Samarco Mineração S.A. (Monografia Graduação em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 116 p.

SAMARCO. 2011. Relatório Anual de Sustentabilidade, 108 p. Disponível em: < <http://www.samarco.com.br/uploads/e9drjadqx.pdf> > Acesso em: 16 out. 2012.