

# AVALIAÇÃO DO USO DE SUPRESSOR QUÍMICO DE PARTICULADOS NAS OPERAÇÕES DE MANUSEIO DE PELotas DE MINÉRIO DE FERRO DA SAMARCO MINERAÇÃO S/A <sup>1</sup>

Vinicius Oliveira Fonseca<sup>2</sup>  
Maurício Marcos Otaviano<sup>3</sup>  
Paulo Cezar Siqueira Silva<sup>4</sup>  
Mauro Pinto dos Reis<sup>5</sup>

## Resumo

Em processos industriais mínero-metalúrgicos, a mitigação ou controle de emissões de particulados, depende do adequado conhecimento das características das fontes geradoras. Na Samarco, as fontes pontuais são controladas de forma adequada, através de equipamentos que permitem a coleta e abatimento das partículas, como é o caso dos precipitadores eletrostáticos, um investimento de 52 milhões de dólares, para o atendimento dos padrões legais de emissões geradas nos fornos de queima das pelotas cruas. Existem, também, coletores de poeira, nos pontos de transferência de pelotas após a queima e no processo de peneiramento, que permitem a captação e abatimento de partículas. No caso dos pontos de ocorrência das emissões difusas, como por exemplo, aquelas geradas nas operações de empilhamento, recuperação e embarque nos navios, existe uma grande dificuldade no processo de captura e posterior abatimento das partículas. Através de um amplo trabalho de busca de melhores práticas em operações de referência, foi identificado pela Samarco, que a utilização de supressores químicos tem se mostrado uma técnica bastante efetiva na redução de emissões originadas de fontes difusas. Assim, um forte trabalho de investigação e desenvolvimento deste tipo de supressores para aplicação no circuito de estocagem e transporte de pelotas queimadas, tem sido realizado pela Samarco nos últimos 4 anos. É intenção neste trabalho, mostrar os resultados dos testes industriais com o supressor de poeira conhecido comercialmente como *Dustbind*, fabricado pela Nalco, nos quais obteve-se redução das emissões em até 80%.

**Palavras-chave:** Minério de ferro; Supressor; Particulados.

## AN EVALUATION OF THE USE OF A CHEMICAL PARTICULATE SUPPRESSOR IN IRON ORE PELLET HANDLING PROCESS AT SAMARCO MINERAÇÃO S/A

### Abstract

In mining and metallurgical industrial processes, mitigation or control of particulate emissions depends on appropriate knowledge of the characteristics of the generating sources. At Samarco, machines enabling particle collection and abatement appropriately control specific sources. This is the case of electrostatic precipitators, which represent a 52 million-dollar investment made in order to meet the legal standards for emissions generated in the furnaces where green pellets are fired. Additionally, there are gas scrubbers adjacent to fired pellet transfer points and screen systems, enabling particle capture and abatement. In the case of points where there occur diffuse emissions – like those generated during stacking, unstacking and ship loading operations, for example – there are serious difficulties in the process of capturing and subsequently abating particles. Through an extensive effort to seek better practices in referential operations, Samarco discovered that the use of chemical suppressants has proven to be a rather effective technique in reducing emissions from diffuse sources. Thus, in the last 3 years, Samarco has made a strong endeavor to research and develop chemical suppressants for application in areas of stockpiling and transportation of fired pellets. The intent of this paper is to show the results of industrial tests conducted with the DUSTBIND chemical suppressant, manufactured by Nalco. In these tests, emission reductions up to 80% were obtained.

**Key words:** Iron ore; Suppressant; Particulates.

<sup>1</sup> Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

<sup>2</sup> Engº. Metalurgista, M.Sc. em Engenharia de Materiais pela REDEMAT, Engenheiro de Processo Sênior da Gerência de Eng. de Processo e Automação da Samarco Mineração S/A, Unidade de Ponta Ubu, ES.

<sup>3</sup> Engº. Metalurgista, M.Sc. em Engenharia de Materiais pela REDEMAT, Consultor de Marketing da Gerência Geral de Marketing da Samarco Mineração S/A, Unidade de Ponta Ubu, ES.

<sup>4</sup> Engº Mecânico, Analista de Meio Ambiente e Hig. Ocupacional Sênior, da Gerência de Segurança e Meio Ambiente Industrial da Samarco Mineração S/A, Unidade de Ponta Ubu, ES.

<sup>5</sup> (5) Químico, Gerente da Área Química de Processamento Mineral e Mineração da Nalco Brasil Ltda, São Paulo, SP.

## 1 INTRODUÇÃO

Em processos industriais minero-metalúrgicos, a mitigação ou controle de emissões de particulados, depende do adequado conhecimento das características das fontes geradoras.

Na Samarco Mineração S.A., as fontes pontuais são controladas de forma adequada, através de equipamentos que permitem a coleta das partículas e seu abatimento, como é o caso dos precipitadores eletrostáticos, um investimento de 52 milhões de dólares, para o atendimento dos padrões legais de emissões geradas nos fornos de queima das pelotas cruas. Existem, também coletores de poeira, nos pontos de transferência entre correias transportadoras de pelotas após a queima e no processo de peneiramento, que permitem a captação de partículas e seu abatimento.

No caso dos pontos de ocorrência das emissões difusas, como por exemplo, aquelas geradas nas operações de empilhamento, recuperação e embarque nos navios, existe uma grande dificuldade no processo de captura e posterior abatimento destas partículas. Estudos já realizados<sup>(1)</sup> mostram que estas fontes são responsáveis por cerca de 40% do total de partículas emitidas no processo de pelotização.

A quantidade de emissões de particulados em operações de estocagem, recuperação em pilhas e embarque de pelotas de minério de ferro, segue uma relação direta com o volume de material manuseado e as condições atmosféricas (direção e velocidade do vento, por exemplo), além de depender de três parâmetros de processo:<sup>(2)</sup>

- Idade das pilhas de estocagem (tempo de estocagem),<sup>(3-4)</sup>
- Resistência física do material manuseado e percentual de finos presentes (fração menor que 0,5mm) e<sup>(4)</sup>
- Adição de água.<sup>(4-6)</sup>

A adição de água para reduzir a emissão de particulados é uma prática comum, mas, há trabalhos já publicados que evidenciam a ocorrência de danos à qualidade das pelotas queimadas com essa prática.<sup>(4-6)</sup> A adição de água no fluxo de pelotas descarregadas no pátio de estocagem a altas temperaturas e o acúmulo de umidade no interior das pilhas formadas, pode acelerar o processo de envelhecimento,<sup>(3,4)</sup> aumentando a geração de particulados menores que 0,5mm. Além disso, esta prática merece uma especial análise com foco no atual cenário nacional e estadual de gerenciamento de recursos hídricos, tornando fundamental minimizar o consumo de água em operações industriais, mantendo a gestão responsável deste recurso natural.

Uma técnica que tem obtido aceitação em todo o mundo para o controle de emissões difusas, é a aplicação de supressores químicos. A aplicação destes supressores para controlar as emissões em vias não pavimentadas e cobertura de pilhas, já é bastante difundida em operações mineradoras, metalúrgicas e até mesmo nos centros urbanos.<sup>(1)</sup> Uma abordagem recente na forma de aplicação destes supressores químicos que tem mostrado uma tendência positiva de resultados está ligada à aplicação ao longo do processo de manuseio, minimizando a possibilidade de arraste dos particulados pelas massas de ar. Essa tecnologia ainda não está totalmente dominada devido a grande variedade de características das fontes de emissões difusas e, é um desafio para engenheiros e empresas que se comprometem com esse ramo de pesquisas. Nessa forma de aplicação, a Samarco tem desenvolvido trabalhos e testes, investindo capital em pesquisas, cujos resultados serão abordados no presente trabalho. O supressor submetido aos testes de avaliação é um Copolímero Acetato de Vinil, cujo nome comercial é *Dustbind*, fabricado pela Nalco.

## 2 METODOLOGIA

Diversos ensaios e testes em escala de laboratório foram realizados antes da etapa de testes industriais. No presente trabalho serão apresentados apenas os resultados dos testes industriais, realizados que foram desenvolvidos através da seguinte metodologia: Foram consideradas diferentes dosagens do supressor divididas entre as torres de transferência situadas logo após a descarga dos fornos, aqui chamadas de torre zero e os sistemas de peneiramento das pelotas queimadas. Como variáveis de resposta para os testes, foram adotadas a concentração de sólidos no efluente dos equipamentos coletores de poeira em gramas por litro e a concentração de material particulado na atmosfera em miligramas por metro cúbico durante a operação de empilhamento, medida através do equipamento MIE – personal DataRAM.

A metodologia de avaliação do efluente dos coletor de poeiras baseia-se no princípio de que, se o supressor estiver agindo com eficiência, a emissão de particulados será minimizada em função de sua não liberação para a atmosfera. Como consequência, espera-se que o efluente do coletor de poeira, no ponto de dosagem ou no primeiro ponto de transferência após a dosagem, tenha menor concentração de sólidos. Para aplicar esta metodologia, foram fechados durante a dosagem do supressor, todos os *sprays* de dosagem de água utilizados para minimizar as emissões de particulados em operações de rotina. Durante a coleta de amostras sem o uso do supressor, as condições de operação de rotina dos *sprays* de água foram mantidas.

Alguns testes preliminares mostraram que a eficiência do supressor diminui quando sua dosagem é realizada em pontos onde o fluxo de pelotas é elevado (acima de 500 toneladas de pelotas por hora). Isto ocorre porque o cobrimento da superfície das pelotas com o supressor é apenas parcial. Sendo assim, optou-se por realizar os testes adotando pontos de dosagem onde houvesse o mais baixo fluxo possível de pelotas (cerca de 400 toneladas de pelotas por hora) porém, neste caso, a temperatura das pelotas foi mais elevada do que nos pontos de dosagem de maior fluxo (200 a 250°C e 100 a 150°C respectivamente), o que também foi considerado nos testes.

Nas avaliações dos resultados da eficiência da utilização do supressor nas operações de empilhamento no pátio de estocagem, foi utilizado um medidor portátil (MIE – personal DataRAM), que fornece resultados em unidade de miligramas de particulado por metro cúbico de ar. Este equipamento foi instalado em um ponto considerado crítico para a emissão de poeira, situado no chute de transferência entre a correia principal e a correia da lança da empilhadeira número 1 da Samarco.

## 3 RESULTADOS DOS TESTES

Nesta parte do trabalho são apresentados os resultados encontrados para a dosagem mínima em que se obteve redução significativa na concentração de sólidos dos coletores de poeira e menor quantidade de água adicionada às pelotas queimadas. Esse valor de dosagem encontrado equivale a 80 gramas de supressor por tonelada de pelotas queimadas. Os resultados são apresentados separadamente para as duas condições descritas na metodologia adotada para a realização dos testes, sendo: 3.1) Avaliação da concentração em gramas por litro de sólidos contidos em amostras do efluente dos coletores de pó comparando os resultados nas condições de uso e não uso de supressor Dustbind; e 3.2) Avaliação dos dados obtidos na medição da concentração de partículas de poeira na atmosfera medida em miligramas de particulado por metro cúbico de ar durante a operação de empilhamento de pelotas no pátio através da empilhadeira número 1.

### 3.1 Avaliação da Concentração em Gramas por Litro de Sólidos Contidos em Amostras do Efluente dos Coletores de Pó Comparando os Resultados nas Condições de Uso e Não Uso de Supressor Dustbind

Para a análise estatística dos dados destes testes, foi utilizada a ferramenta de teste de hipótese, através da comparação de médias entre os dados de concentração de sólidos (g / litro) das amostras de efluente dos coletores de poeira.

Para cada coletor de poeira foram coletados dois conjuntos de amostras, especificados como:

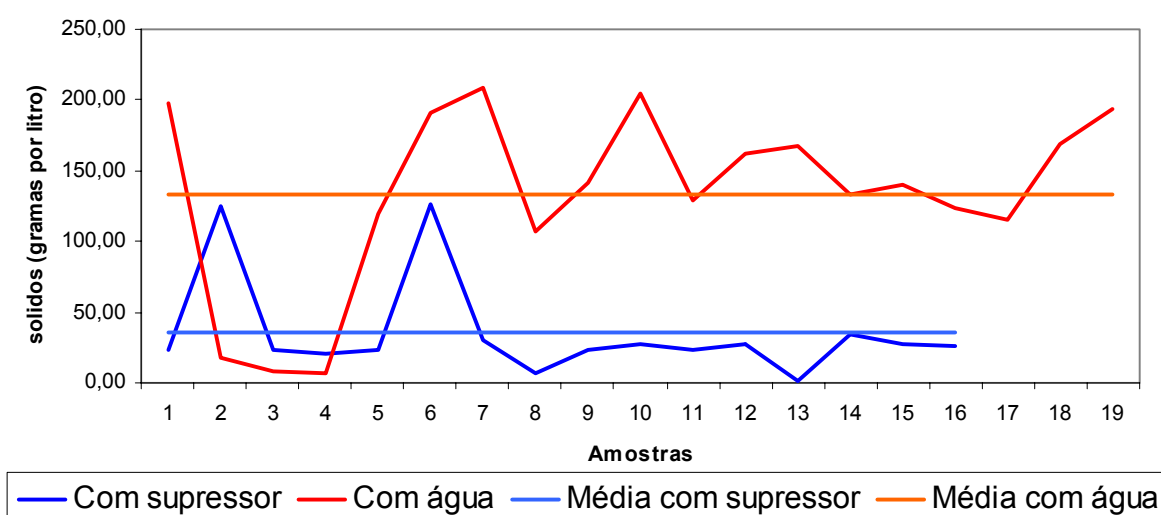
- Amostras com uso do supressor;
- Amostras com o uso de água e sem supressor.

O tamanho das amostras foi definido com base na avaliação estatística de poder do teste, aplicado nos dados obtidos em testes preliminares. Esta avaliação mostrou que para um nível de 95% de confiabilidade, um conjunto de amostras de tamanho mínimo de 8 dados se faz necessário. A Tabela 1 ilustra os dados obtidos na referida avaliação.

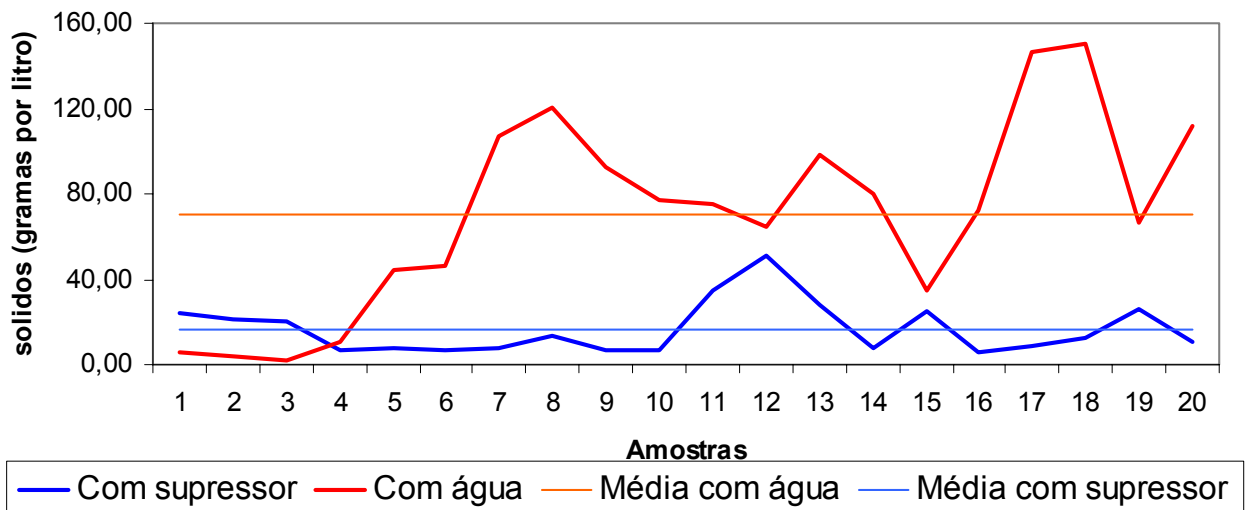
**Tabela 1.** Poder do teste – Análise de variância

Sigma = 18.2 Erro Alfa = 0.05 Numero de níveis = 2				
Soma dos quadrados médios	Tamanho da amostra	Poder do teste	Poder real	Diferença máxima
648	8	0,95	0,9566	36

As Figuras 1 e 2 representam os resultados de concentração de sólidos nas amostras de efluente dos coletores de poeira 85CT05 e 55CT05, respectivamente.



**Figura 1.** Dados de concentração de sólidos nas amostras de efluente do coletor de poeira 85CT05 – Peneiramento 2



**Figura 2.** Dados de concentração de sólidos nas amostras de efluente do coletor de pó 55CT05 – Peneiramento 1.

Observando as Figuras 1 e 2, nota-se que no início dos testes, mais especificamente nos quatro primeiros pontos obtidos, para ambos coletores, em média, a concentração de sólidos apresenta-se baixa e os valores bastante próximos. Isso deve ter ocorrido provavelmente devido ao início de operação dos coletores, os quais foram desligados para limpeza antes do início dos testes. Ainda assim, os dados não foram descartados e sua interferência foi considerada como ruído.

Como os dados não possuem distribuição normal, foi realizada uma avaliação por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov*,<sup>(7)</sup> um método que avalia a chamada hipótese nula de que é possível assumir que duas amostras apresentam a mesma distribuição de dados. Este teste calcula a máxima distância vertical existente entre as funções de distribuição de dados de duas amostras. Se a distância é grande o suficiente, rejeita-se a hipótese nula de que as duas amostras apresentam a mesma função de distribuição de dados. Para chegar a essa conclusão, avalia-se uma das componentes de uma Tabela de ANOVA (análise de variância) que serve como medida de significância e representa a probabilidade de aceitação ou rejeição da hipótese nula. Essa componente é chamada de “P – valor”.

Desta forma, foram comparados os dados de concentração de sólidos obtidos a partir das amostras de efluentes dos coletores de poeira 55CT05 e 85CT05, nas condições 1) com dosagem do supressor de poeira 2) com dosagem de água e sem dosagem de supressor.

O resultado da obtido na análise do coletor 55CT05 mostra que há uma diferença significativa entre as situações 1 e 2, isto é, aquela em que houve o uso do supressor e aquela em que houve o uso de água sem supressor, com tendência de redução da carga de sólidos no efluente dos coletores de pó 55CT05 e 85CT05 quando se utiliza o supressor em relação à utilização de apenas água. Os comentários estatísticos que geraram essa conclusão são apresentados a seguir:

Distância máxima entre as distribuições = 0,7

Valor aproximado obtido para o P - valor = 0,000110903

Neste caso, o teste estatístico de *Kolmogorov-Smirnov* mostra que a distância máxima obtida entre as distribuições é de 0,7. De interesse particular, está o P-valor. De acordo com os conceitos de estatística, como o P - valor é menor que 0,05, considerando um nível de confiança de 95,0%, pode-se afirmar que há uma

significativa diferença entre as duas funções de distribuição, e assim, a hipótese nula é rejeitada confirmando que a distância entre as duas funções de distribuição é suficientemente grande.

A seguir, é descrita a avaliação do testes de *Kolmogorov-Smirnov* para o coletor de poeira 85CT05.

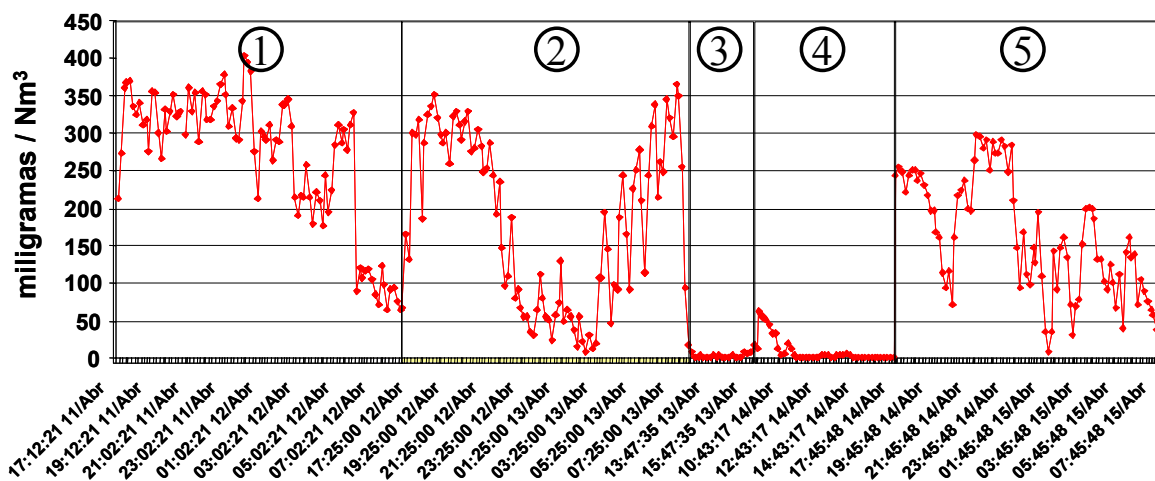
Distância máxima entre as distribuições = 0,675

Valor aproximado obtido para o P - valor = 0,000607078

Aqui, o teste estatístico de *Kolmogorov-Smirnov* mostra que a distância máxima obtida entre as distribuições é de 0,675. Da mesma forma, como o P - valor é menor que 0,05, considerando um nível de confiança de 95,0%, pode-se afirmar que há uma significativa diferença entre as duas funções de distribuição, e assim, a hipótese nula é rejeitada confirmando que a distância entre as duas funções de distribuição é suficientemente grande.

### 3.2 – Avaliação dos Dados Obtidos na Medição da Concentração de Partículas de Poeira na Atmosfera Medida em Miligramas de Particulado por Metro Cúbico de Ar Durante a Operação de Empilhamento de Pelotas no Pátio Através da Empilhadeira Número 1.

Os resultados dos testes descritos neste item são mostrados na Figura 3 a seguir.



1 – Sem Dustbind, com toda a rede de aspersão de água desligada.

2 – Sem Dustbind, aspergindo água pela rede do sistema de dosagem (torre zero e peneiramento) – Consumo de água de 33,5 litros;

3 – Com Dustbind dosado na torre zero e peneiramento – Consumo de água de 19,1 litros por tonelada de pelotas;

4 – Com Dustbind dosado na torre zero, peneiramento e na torre 2 – Consumo de água de 16,7 litros por tonelada de pelotas;

5 - Sem Dustbind, com toda a rede de aspersão de água usual ligada - Consumo de água de 33,5 litros por tonelada de pelotas.

**Figura 3.** Resultados das medições de emissão de poeira durante a operação de empilhamento através do equipamento MIE – personal DataRAM.

Uma vez que os dados não possuem distribuição normal, foram realizados testes de Kolmogorov-Smirnov de comparação entre as distribuições das diferentes condições de testes, as quais mostraram haver significativa diferença, no que se refere à redução da emissão de particulados, entre as situações: 1- não uso de água nem de supressor (SASDB); 2- uso apenas de água (CASDB) e finalmente, 3- uso apenas de supressor (SACDB), apresentados a seguir. Também é possível notar na Figura 3 nos campos 3 e 4 que o uso de supressor propiciou uma menor variabilidade em

termos de desvio padrão dos resultados de emissão de particulados medidos. Os resultados destas análises estatísticas são apresentados a seguir :

3.2.a) Comparação: Sem água e sem supressor vs Com água e sem supressor:

Teste *Kolmogorov-Smirnov*:

Distância máxima entre as distribuições = 0,4417

Valor aproximado obtido para o P - valor = 0,0

3.2.b) Comparação: Com água e sem supressor vs Sem água e com supressor:

Teste *Kolmogorov-Smirnov*:

Distância máxima entre as distribuições = 0,887591

Valor aproximado obtido para o P - valor = 0,0

3.2.c) Sem água e com supressor vs Sem água sem supressor:

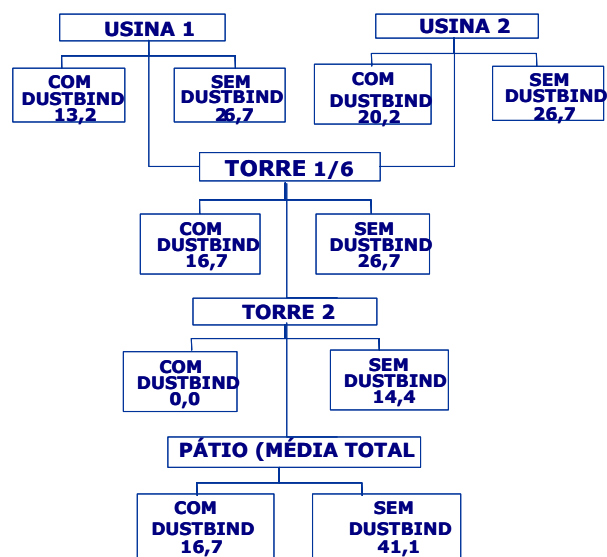
Teste *Kolmogorov-Smirnov*

Distância máxima entre as distribuições = 1,0

Valor aproximado obtido para o P - valor = 0,0

Aqui, em todos os casos descritos nos itens 3.2.a-c, o teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov mostra que a distância máxima obtida entre as distribuições é de 0,4417. Da mesma forma, como o P - valor é menor que 0,05, e neste caso o valor foi zero em todos os casos, considerando um nível de confiança de 95,0%, pode-se afirmar que há uma significativa diferença entre as duas funções de distribuição, e assim, a hipótese nula é rejeitada confirmando que a distância entre as duas funções de distribuição é suficientemente grande.

Um outro fato bastante interessante é que a supressão de particulados através do uso do supressor reduziu significativamente a quantidade de água aplicada neste processo quando se comparou com a situação de supressão utilizando somente água. Isto ocorre porque a quantidade de água está unicamente ligada à diluição do supressor e não à supressão propriamente dita. A Figura 4 mostra os dados das medições do consumo de água durante os testes, comparando o consumo específico de água durante o uso do supressor com o uso apenas de água, onde se pode notar que durante o uso do supressor, o consumo de água foi da ordem de 60% menor.



**Figura 4.** ados de medição do consumo de água em litros de água por tonelada de pelota, comparando a situação de uso do supressor Dustbind com a situação de supressão apenas com água.

## 4 CONCLUSÃO

Baseado na análise dos dados obtidos nos testes industriais, foi possível fazer os seguintes comentários a título de conclusão:

- 1- O supressor avaliado apresentou-se como uma alternativa viável, do ponto de vista técnico, para a supressão de particulados no processo de pelotização com uma dosagem mínima de 80 g / toneladas de pelotas.
- 2- Além de minimizar significativamente a emissão de particulados, nas condições em que foram conduzidos os testes, foi possível realizar cálculos de projeção mostrando que a utilização do supressor possibilitaria reduções, em um cenário de produção de pelotas da ordem de 12.000.000 toneladas de pelotas/ano, de cerca de 300.000 m<sup>3</sup> /ano no consumo de água. Isto representaria economias com o custo de bombeamento de água e, em um cenário futuro, com o custo decorrente de tributações por consumo e descarte desta água.
- 3- A diminuição nas emissões de particulados, pode favorecer, além da melhoria nas condições de tratamento do particulado coletado pelos coletores de poeiras, reduções, mesmo que ainda não quantificáveis, de desgaste por abrasão da rede de dutos de captação de partículas e da rede de coleta do efluentes dos coletores de poeiras;
- 4- Provável melhoria da qualidade do ar nas comunidades e de redução da contribuição da empresa no total de particulados em suspensão nas comunidades vizinhas.

## REFERÊNCIAS

- 1 WATSON, J.G., CHOW, J.C., PACE, T.G., -Fugitive dust emissions, Air Pollution Control Engineering Manual, Air and Waste Management- 2<sup>nd</sup> ed., 2000, p.117.
- 2 Emissions from Aggregate Handling and Storage Piles(adapted from P-42 section 13.2.4) Air Pollution Control Engineering Manual, Air and Waste Management- 2<sup>nd</sup> ed, 2000, p.564.
- 3 LEITE, J.R.B., Dissertação de Mestrado, “Estudo da fase escória de pellets de minério de ferro expostos a ação de agentes atmosféricos”, UFMG, Agosto, 1993, p.60.
- 4 FONSECA, V.O. – “Envelhecimento de Pelotas de Minério de Ferro com Diferentes Basicidades e Teores de MgO”, Dissertação de Mestrado, REDEMAT, Ouro Preto, MG - Agosto, 2003. 229 páginas.
- 5 CARDOSO, H.P., RODRIGUES, D. A., LOPES, F.S., FONSECA, V. O., FINAMORE, C.F.,- “Influência da adição de água sobre as pelotas de minério de ferro após a etapa de resfriamento em fornos de pelotização”. XXXI Seminário de Redução de Minério de Ferro, XV Seminário de Controle Químico em Metalurgia, XI Seminário de Carboquímicos, Santos-SP, 2000, p.717.
- 6 MEYER, K. – Pelletizing of Iron Ores, Düsseldorf, 1980, p.122.
- 7 MANUGISTICS, Inc., Statigraphics Plus, Version 1, Maryland, USA, 1996.