

# CONTROLE DA ALIMENTAÇÃO DA MOAGEM DE PELLET-FEED DE CARAJÁS / CVRD ATRAVÉS DA MEDIÇÃO "ON LINE" DA UMIDADE <sup>(1)</sup>

*Henrique Gustavo da Silva* <sup>(2)</sup>  
*Antonio Lucas de Medeiros Silva* <sup>(3)</sup>  
*Neuber Salgado Ferreira* <sup>(4)</sup>  
*Romar Franklin Magalhães* <sup>(5)</sup>

## Resumo

A busca pela qualidade e produtividade é uma constante em todos ramos da atividade industrial. Muitas técnicas, métodos e instrumentos foram desenvolvidos com este intuito. Entre estes instrumentos estão os medidores de umidade por infravermelho, que vêm sendo atualmente empregados em vários campos da ciência e da indústria, no controle de qualidade, controle operacional, segurança, entre outras aplicações. Este trabalho apresenta uma aplicação dessa tecnologia voltada para a indústria de processamento mineral, atuando como uma ferramenta para melhor controle e performance de alimentação em moinhos de bolas; em Carajás. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que utilizando esta tecnologia é possível, de uma maneira satisfatória, realizar a alimentação dos moinhos de bolas de Carajás, próximo da taxa real e com a umidade residual na alimentação. O sistema citado já se encontra operando e colocações sobre as condições operacionais para sua utilização são apresentadas, bem como visão futura para aplicação do mesmo.

**Palavras-chave:** Medidor; Umidade; Carajás.

<sup>1</sup> *Contribuição Técnica ao 60º Congresso Anual da ABM*  
<sup>2</sup> *Técnico de Controle de Processos; CVRD; Serra dos Carajás PA.*  
<sup>3</sup> *Técnico de Controle de Processos; CVRD; Serra dos Carajás PA.*  
<sup>4</sup> *Técnico de Controle de Processos; CVRD; Serra dos Carajás PA.*  
<sup>5</sup> *Técnico de Controle de Processos; CVRD; Serra dos Carajás PA.*

## 1 INTRODUÇÃO

Com aumento da competitividade industrial e uma maior exigência, por parte dos mercados consumidores, de produtos com qualidade adequada às novas realidades e a custos compatíveis, a busca pelo controle de qualidade dos produtos tornou – se fator determinante no sucesso, ou fracasso de muitas indústrias.

A indústria mineral segue a mesma tendência. Essa indústria esta indo a um curso irreversível de automação, tanto a nível operacional (nível elevado de instrumentação, redes de chão de fabrica, sistemas supervisórios, etc.) como ao nível de processo (introdução de tecnologias ligadas ao campo da inteligência artificial, como Redes Neurais, Lógicas Fuzzy, entre outras), visando a otimização dos processos. O nível de automação operacional atual possibilita uma maior segurança pessoal e patrimonial nas operações de exploração e tratamento mineral, ao passo que, a automação ligada ao processamento mineral trabalha na busca da otimização da relação custo/qualidade, maximizando lucros operacionais com garantia de qualidade.

Dentro deste contexto, este trabalho foi realizado, visando obter um maior controle na alimentação da moagem de bolas de Carajás e conseqüentemente uma melhor eficiência na alimentação no processo de moagem, com a minimização das perdas por causa da umidade residual na pilha de alimentação da moagem.

O presente trabalho propõe uma metodologia de determinar on line a umidade do material na alimentação da moagem e corrigir a taxa de alimentação fazendo uma correção da taxa: (surgindo a taxa base seca).

A pilha de alimentação da Moagem de Carajás tem a seguinte característica de projeto:

Tipo de pilha: cônica;

Densidade aparente do minério empilhado: 2,7 t/m<sup>3</sup>;

Peso específico do sólido: 5,0 t/m<sup>3</sup>;

Tamanho/dimensões da pilha:

- volume útil = 2.500 m<sup>3</sup> ou 67.500 t;

- recuperação = 23 %;

- volume total = 108.000 m<sup>3</sup> ou 270.000 t;

- ângulo de repouso = 38°;

- ângulo de retomada = 60°;

- dimensões da pilha: diâmetro = 102 m;

- altura = 40 m.

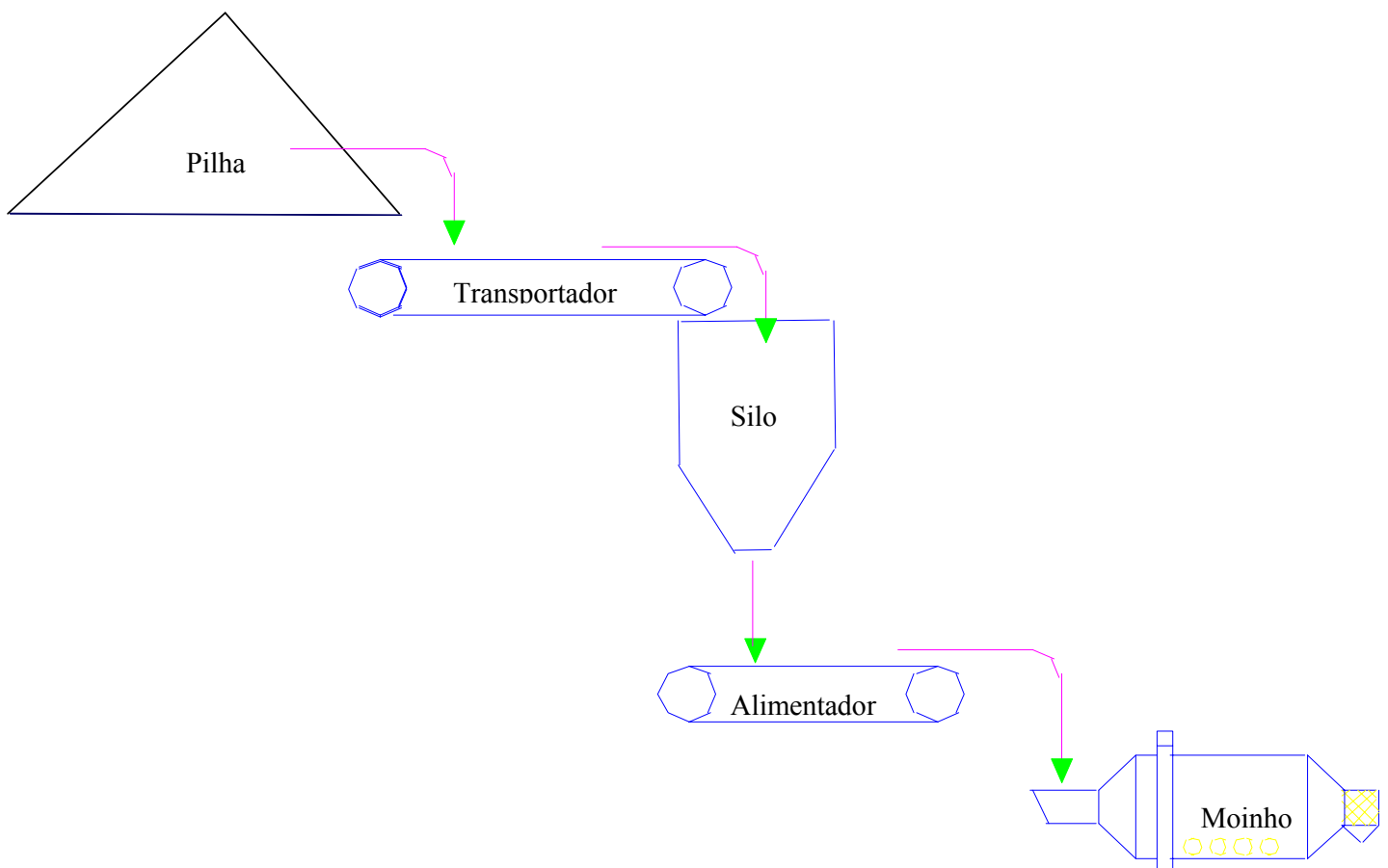
-umidade do minério na retomada

-Máxima: 13%;

- Média: 10 - 11%.

## 2 GENERALIDADES

A Figura 1 pode exemplificar a configuração do sistema de alimentação da moagem de Carajás.



**Figura 1.** Fluxo de alimentação da moagem de Carajás.

A Figura 2 ilustra a pilha de alimentação da moagem de Carajás.



**Figura 2.** Vista geral da pilha de alimentação da Moagem.

Com o início de funcionamento da planta de moagem e vários eventos de estocagem na pilha verificamos que a umidade da mesma variava nos seguintes patamares:

- Umidade do minério na retomada
- Máxima: 25%;
- Média: 12% - 18%.

A alimentação dos dois moinhos era executada anteriormente com o valor de alimentação base natural.

A Tabela 1, abaixo, pode exemplificar o material que era deixado de alimentar no moinho com base nas umidades.

**Tabela 1.** Material que era deixado de alimentar no moinho.

<b>Ton. Base Nat.</b>	<b>% Umidade.</b>	<b>Minério Seco</b>
350	5	332,5
350	10	315
350	15	297,5
350	20	280
350	25	262,5

Para corrigir esta defasagem na alimentação foi instalado, em cada um dos alimentadores dos moinhos um medidor de umidade por infra-vermelho.

### **3 MEDIDOR DE UMIDADE**

O medidor de umidade instalado utiliza o princípio “Método de reflectância de infravermelho” ele mede a umidade na superfície do material. Este método é baseado na espectrometria, onde uma amostra é irradiada com luz em dois comprimentos de ondas diferentes na região do infravermelho. Um comprimento de onda é absorvido pela água, enquanto o outro é usado como referência e é muito

pouco absorvido. A medição é feita através da absorção de energia no comprimento de onda próximo ao infravermelho sem contato com o produto. O instrumento emprega uma tecnologia onde um feixe de luz é opticamente partido e direcionado para focalizar o produto a ser medido. Filtros ópticos de infravermelho são utilizados para criar comprimentos de onda de medição e referência, os quais são, respectivamente, absorvidos e não absorvidos pela umidade. A energia refletida da amostra incide em um detetor óptico, fornecendo um sinal elétrico proporcional à umidade contida. Caminhos ópticos complementares compensam possíveis variações causadas por outros componentes do produto. O sinal do detetor é amplificado, transmitido e processado, fornecendo uma verdadeira razão entre referência e medição dos níveis de energia refletidos. O sinal é então enviado em umidade percentual, para uma leitura simples em um indicador digital.

## **BENEFÍCIOS**

- Aumenta a eficiência do processo e qualidade do produto
- Reduz perdas e reprocessamentos
- Economiza energia

## **PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO DO INSTRUMENTO**

O analisador utiliza o fenômeno de muitas substâncias absorverem energia próxima do infravermelho (NIR) em comprimentos de onda específicos e não absorverem energia NIR de outros comprimentos de onda. Ao medir-se o volume de água (ou de outro componente de interesse) misturado com substâncias (base), pelo menos dois comprimentos de ondas de energia NIR são escolhidos. Um é o comprimento de onda de referência que não é absorvido fortemente nem pela base e nem pela água. O outro comprimento de onda, é o comprimento de medida, que é fortemente absorvido pela água, mas não é fortemente absorvido pela base.

O instrumento utiliza filtros de interferência óptica NIR de precisão montados num disco giratório. Essa disposição permite que pulsos de referência e de medição de energia NIR passem alternadamente através do disco. O feixe de luz NIR selecionado opticamente é então focado sobre a amostra.

Primeiramente, o feixe de referência é projetado sobre a amostra e a energia refletida é medida. A seguir, o feixe de medição é projetado sobre a amostra e a sua energia refletida é medida. O feixe de referência indica a quantidade de energia refletida esperada. O feixe de medição é parcialmente absorvido pelo componente de interesse (por exemplo, água) e desse modo não reflete tanta energia quanto o de referência. As energias dos comprimentos de onda de medição e de referência projetadas sobre o produto são denominadas feixes externos (ou de produto).

Os dois sinais correspondentes aos feixes de produto (referência e medição) provenientes do detetor são combinados para formar uma razão (referência dividida pela medição). A diferença entre essa razão e a razão obtida em uma amostra, contendo um nível distinto de umidade, é proporcional à diferença de umidade contida nas duas amostras. O analisador é então calibrado para fornecer uma leitura digital direta da concentração de água.

Uma característica única do analisador é a utilização de feixes adicionais de luz para estabilizar o instrumento e eliminar desvios. Esses dois feixes adicionais possuem os

mesmos comprimentos de onda dos feixes de referência e de medição, porém são totalmente internos, não sendo projetados sobre a amostra. Os feixes internos (*prime*), como são chamados, provêm da mesma fonte, passam pelos mesmos filtros e atingem o mesmo detetor que os feixes de produto. As intensidades dos sinais dos quatro feixes (referência e medição externos, referência e medição internos) são combinados numa razão calculada.

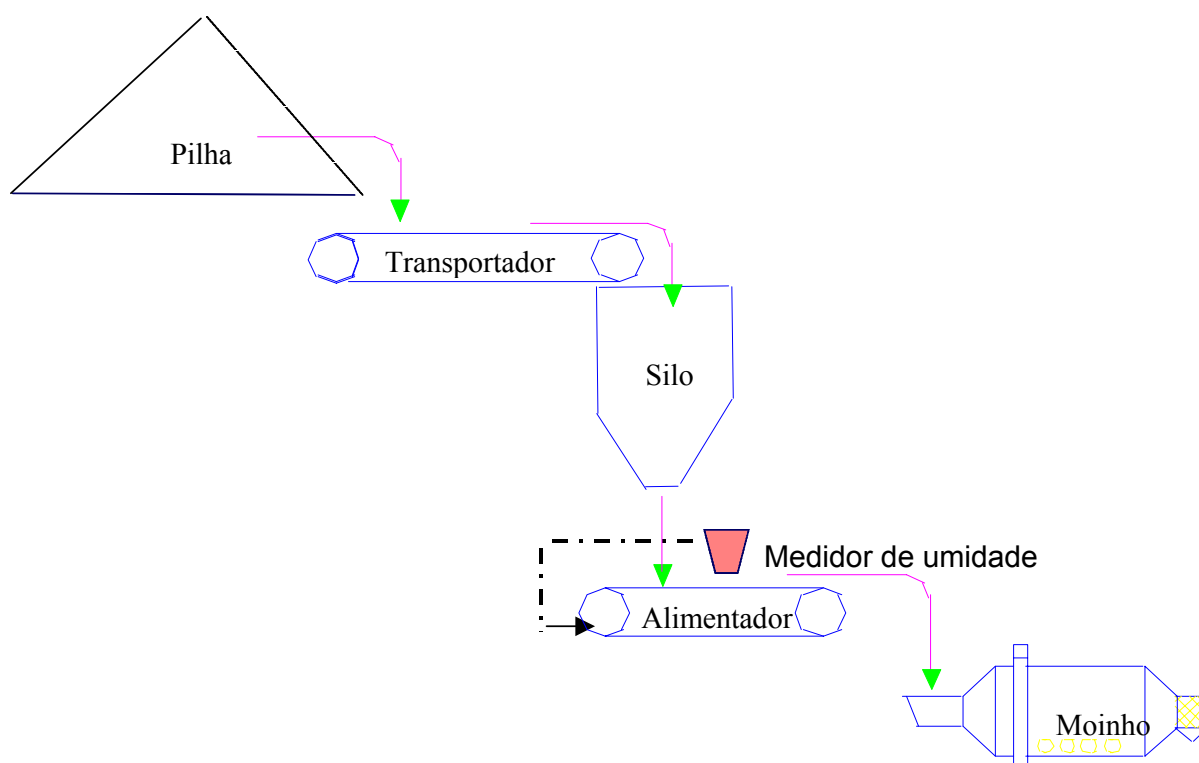
### 3 PROCESSO ATUAL

O medidor de umidade foi instalado acima de cada correia do alimentador da moagem e seu sinal de saída foi incrementado no controlador lógico programável da planta .

Esta indicação de umidade foi incrementada no programa da alimentação da moagem criando-se **(TAXA BASE SECA)**.

O controlador lógico programável recebe o pedido taxa base seca pelo operador e corrige a pesagem da balança base natural com base na informação da umidade.

A Figura 3 pode exemplificar a nova configuração do sistema de alimentação da moagem de Carajás.



**Figura 3.** Fluxo de alimentação da moagem de Carajás com o medidor de umidade inserido no processo.

A Tabela 2 abaixo mostra o material que é hoje alimentado no moinho, com base na correção das umidades.

**Tabela 2.** Material colocado no moinho base natural , sendo a correção feita pela medição de umidade "on line".

Ton. Base Seca	% Umidade.	Minério Base Nat.
350	5	367,5
350	10	385
350	15	402,5
350	20	420
350	25	437,5

A Figura 4 mostra o medidor de umidade instalado no alimentador.



**Figura 4.** Medidor de umidade na área.

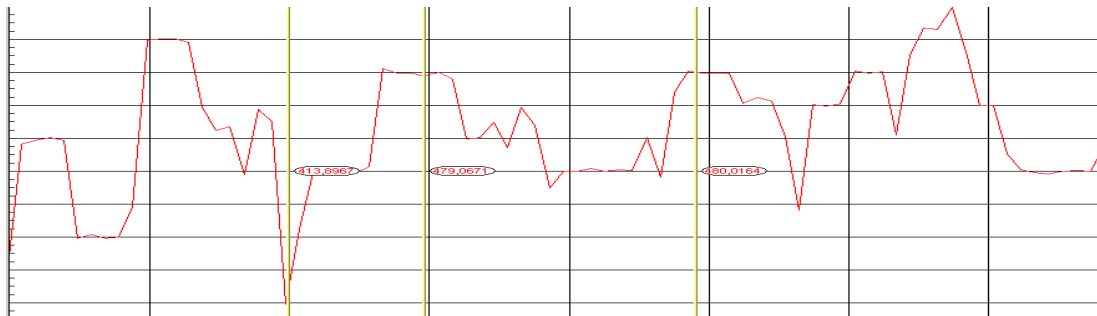
A Figura 5 mostra o painel do medidor de umidade instalado no alimentador.



**Figura 5.** Painel do medidor de umidade.

Os gráficos, abaixo mostram a análise dos resultados antes do medidor e depois do medidor instalado.

Gráfico 1 representa a variação da alimentação sem o medidor de umidade.



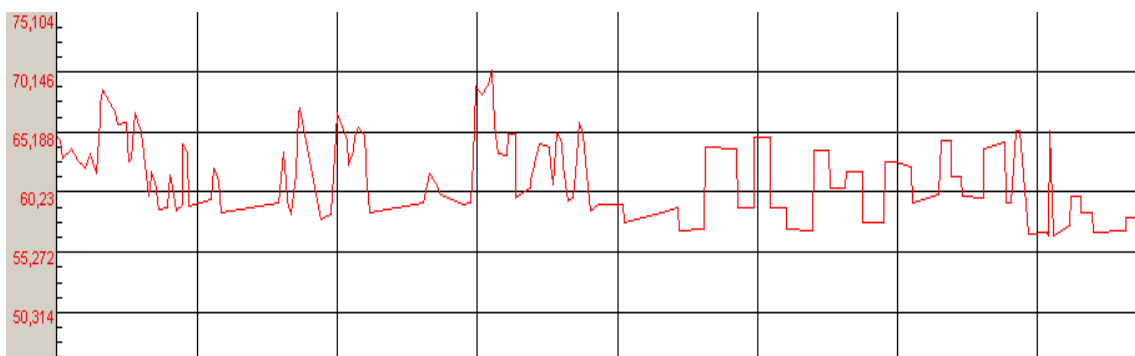
**Gráfico 1.** Variação da alimentação sem o medidor de umidade.

O Gráfico 2 representa a variação da alimentação com o medidor de umidade.



**Gráfico 2.** Variação da alimentação com o medidor de umidade.

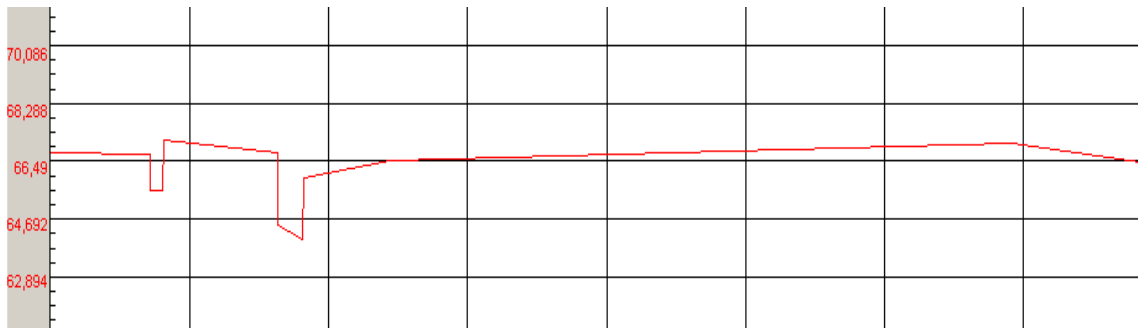
O Gráfico 3 representa a Granulometria do produto do moinho Fração >0,0045 mm do moinho sem o medidor de umidade



**Gráfico 3.** Granulometria do produto do moinho Fração >0,0045 mm do moinho sem o medidor de umidade.

O Gráfico 4 representa a Granulometria do produto do moinho Fração >0,0045 mm do moinho com o medidor de umidade.





**Gráfico 4.** Granulometria do produto do moinho Fração >0,0045 mm do moinho com o medidor de umidade.

### Analise geral dos dados :

A Tabela 3 mostra o comparativo da vazão do material na alimentação do moinho com e sem o medidor “on line”.

**Tabela 3.** Comparativo da vazão do material na alimentação do moinho com o medidor e sem o medidor “on line”.

Parâmetro analisado	Umidade	Dados do testes	
		Com medidor	Sem medidor
Taxa do alimentador			
350	5%	367,5	332,5
350	10%	384	315
350	15%	402	297,5
350	20%	420	280
350	25%	437	362,5

## 5 CONCLUSÃO

Com a instalação do medidor de umidade “on line” e com o mesmo interagindo com a lógica de alimentação do moinho, foi possível estabilizar a taxa de alimentação.

As variações de taxas nos moinhos influenciam na carga circulante, na qualidade do produto, consumos específicos de copos moedores e energia e desgaste no revestimento.

### Resultado:

Tivemos um resultado surpreendente no consumo específico do moinho que abaixou de 19,59 kWh/ t para 17,06 kWh/ t

Os resultados alcançados com o controle da alimentação da moagem utilizando o medidor de umidade foram:

\_ Estabilidade na alimentação da moagem, sem variações bruscas em função da variação da umidade.

\_ Redução do consumo específico de energia do moinho em 2%

\_ Redução no consumo de energia em 2%

\_ Redução do desgaste do corpo moedor do moinho e seu revestimento.

\_ Estabilidade da granulometria do over-flow do ciclone da classificação.

\_Maior estabilidade em toda cinética de moagem.  
\_Vislumbramos também uma melhor performance na produtividade dos moinhos e contabilizamos um potencial de perda no caso da não utilização do medidor de umidade, em 714000 Ton.  
É importante ressaltar que a configuração atual poderá ser modificada, no futuro, contemplando novas opções que surgirão. Uma destas que está sendo estudada e será implantada é a utilização do medidor de umidade nos filtros prensa. Será incrementado o sinal da umidade da torta nos tempos de secagem dos filtros prensa. Desta forma esperam-se ganhos ainda mais expressivos na redução de consumos específicos, produtividade e qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 HARMON, Paul, KING, David. **Sistemas Especialistas. A inteligência artificial chega ao mercado.** Rio de Janeiro: Campus, 1988..
- 2 Manual de instalações de medidores de umidade Ms instrumentos

# FEED CONTROL OF THE MILL PLANT OF PELLET-FEED IN CARAJÁS/CVRD, THROUGH THE MEASURE OF "ON LINE" MOISTURE

*Henrique Gustavo da Silva  
Antonio Lucas de Medeiros Silva  
Neuber Salgado Ferreira  
Romar Franklin Magalhães*

## **Abstract**

The search for the quality and productivity has been a constant in all branches of the industrial activity. Many techniques, methods and instruments had been developed with this intention. Between these instruments are the measurers of humidity for infra-red ray, that comes being currently employed in varies branches of the science and the industry, in the quality control, operational control, security, among others applications. This paper presents an application of this technology directioned to the industry of mineral processing, acting as a tool for better control and performance of feeding in ball mills in Carajás. The results presented in this paper show that using this technology, is possible, in a satisfactory way to carry the feeding of the ball mills of Carajás, near of the real rate without interference of the moisture in the feeding. The mentioned system already is in operating, and methodical arrangement on the operational conditions for use of the system is presented as future vision for this application.

**Key-words:** Measurers; Moisture; Carajás.