

GARANTIA DA CONFIABILIDADE DOS REVESTIMENTOS DE MOINHOS E BANDAGENS DE HPGR'S, COM A APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE MONITORAMENTO CONDICIONAL POR ULTRASSOM*

*Ricardo Oliveira Coutinho¹
Mario Cesar Castro Arruda²
Kellson Takenaka Menezes³
Marlon Marques Lino⁴*

Resumo

Este artigo apresenta a metodologia de gestão de ativos aplicados a materiais de desgaste através do monitoramento condicional em equipamentos críticos como moinhos de bolas e prensas de rolos a fim de garantir a disponibilidade física acordada e manter-se sustentável. Através do Monitoramento Condicional podemos definir com eficiência o momento ideal para intervenção nos equipamentos. No ensaio por ultrassom as ondas sonoras com frequência acima de 20 kHz geradas a partir de um aparelho eletrônico são enviadas através do material ensaiado. Na interrupção total ou parcial dessas ondas devido a pontos de descontinuidade interna da peça uma parte é refletida e outra é refratada. A análise das parcelas refletidas fornece informações entre a superfície final do revestimento do corpo do equipamento revestido. Com a aplicação dessa técnica preditiva, estamos colhendo resultados significativos em relação a previsibilidade de manutenção, buscando a maior eficiência do revestimento garantindo o custo orçado e a confiabilidade do equipamento, para atingir a meta de produção anual de 26,5 milhões de tonelada.

Palavras-chave: Prensa de rolos; Moinhos Horizontais; Ultrassom; Revestimento

GUARANTEE OF RELIABILITY OF MILL COATINGS AND RINGS OF HPGR'S WITH THE APPLICATION OF CONDITIONAL MONITORING TECHNOLOGY BY ULTRASSOM

Abstract

This article presents the asset management methodology applied to wear materials through conditional monitoring in critical equipment such as ball mills and roller presses in order to guarantee the agreed physical availability and to remain sustainable. Through Conditional Monitoring we can efficiently define the ideal moment for intervention in the equipment. In the ultrasonic test sound waves with frequencies above 20 kHz generated from an electronic device are sent through the test material. In the total or partial interruption of these waves due to internal discontinuity points of the part one part is reflected and another is refracted. The analysis of the reflected plots provides information between the final surface of the coating of the body of the coated equipment. With the application of this predictive technique, we are collecting significant results in relation to the predictability of maintenance, seeking greater efficiency of the coating guaranteeing the budgeted cost and the reliability of the equipment, to reach the annual production goal of 26.5 million tons.

Keywords: Roller press; Horizontal Mills; Ultrasound; Coating

¹ *Administração de Empresas, Bacharel, Técnico de Manutenção, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.*

² *Engenheiro Metalurgista, Engenheiro de Confiabilidade Manutenção Sênior, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.*

³ *Engenharia Mecânica, titulação, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.*

⁴ *Administração de Empresas, Bacharel, Técnico de Manutenção, Confiabilidade/Engenharia de Manutenção e Oficinas, Anglo American, Conceição do Mato Dentro, MG Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A *Iron Ore Brazil (IOB)* é a Unidade de Negócios da empresa Anglo American cujo projeto em minério de ferro é o Sistema Minas-Rio localizado em Conceição do Mato Dentro MG.

Sua operação teve início no segundo semestre de 2014, com uma capacidade projetada para produzir 24,5 milhões toneladas ano base seca de pellet feed, e para tal, ela conta com um mina de itabirito lavrada em processo convencional de detonação e transporte por caminhão fora de estrada, o beneficiamento é composta pelas etapas de britagem primária e secundária, prensas de rolos, circuito de moagem com moinhos de bolas, dois estágios de deslamagem em ciclones Gmax, flotação reversa em células tanque, classificação em ciclones secundários Gmax, remoagem em moinhos verticais e espessamento. O produto final será escoado pelo Mineroduto cuja extensão é de 529 km até o porto, localizado no município de São João da Barra, estado do Rio de Janeiro. Em São João da Barra o pellet feed será filtrado, empilhado e carregado em navios para exportação.

Nos últimos 5 anos de operação estamos realizando o processo de Ramp-up na busca da produção projetada, o que tem surgido vários desafios em todas as áreas, pois o projeto traz equipamentos pouco conhecidos na mineração tradicional como, prensa de rolos, moinhos vertmill e filtro Ceramec, diante desse cenário nos deparamos com a necessidade de desenvolver novos métodos e tecnologias para manutenção desses equipamentos, o que nos levou a aplicar tecnologias preditivas para maior assertividade no planejamento e execução da manutenção.

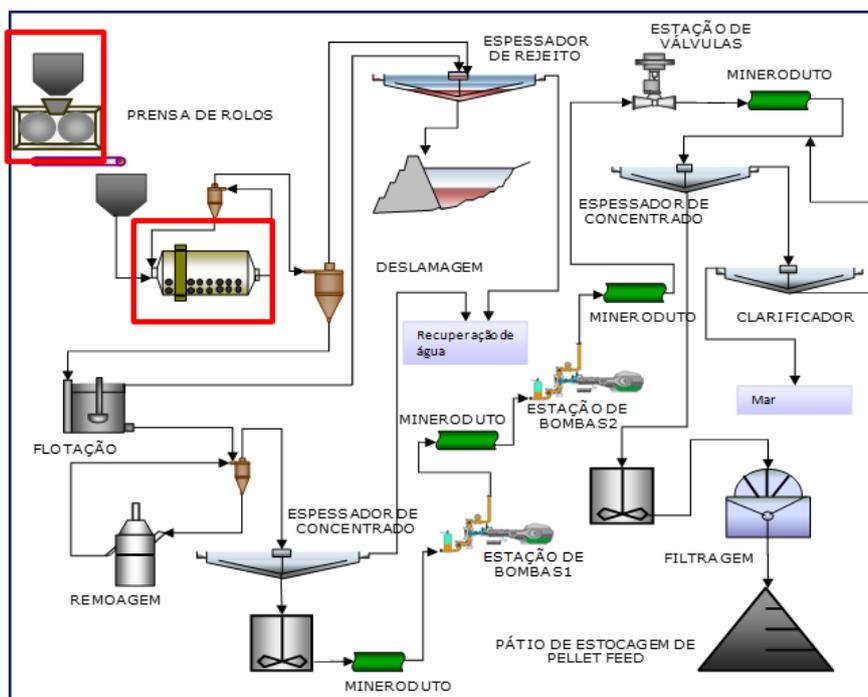


Figura 1 – Fluxo de produção do beneficiamento e transporte para o RJ.

2 METODOLOGIA

Ultrassom Industrial é um ensaio não destrutivo fortemente utilizado na indústria devido a sua alta confiabilidade, praticidade e baixo custo, em geral para detecção de descontinuidades internas em equipamentos, peças e juntas soldadas. Atualmente os aparelhos de Ultrassom Digital possuem muitos recursos que facilitam a interpretação das descontinuidades, que são apresentadas em forma de ecos na tela do aparelho.

Os principais objetivos do ensaio não destrutivo por Ultrassom são:

- ✓ Detecção e caracterização de descontinuidades internas e superficiais em diversos materiais e juntas soldadas.
- ✓ Medição de Espessura de paredes.
- ✓ Controle de corrosão e desgastes

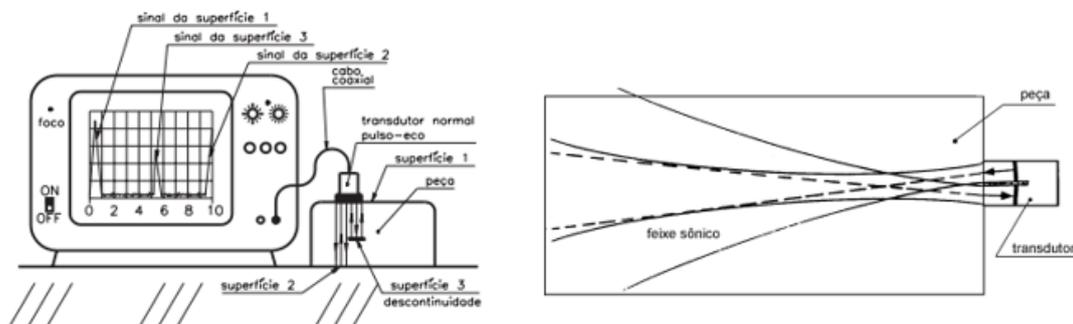


Figura 2 – Esquema da resposta obtida no ensaio de ultrassom com transdutor duplo cristal.

O equipamento de ultrassom utilizado pela equipe de manutenção preditiva do minas rio é o [krautkramerUSM36](#), o ensaio de ultrassom é um método de ensaio não destrutivo baseado em ondas de ultrassom para detecção interna de defeitos em materiais ou para a medição de espessura de paredes e detecção de corrosão.



Equipamento:

- ✓ [USM 36 krautkramer](#)
- ✓ Energia: 72db
- ✓ Acoplante: Graxa
- ✓ Cabeçote: SEB1 / MSEB4



Figura 3 – Calibração do aparelho krautkramer no bloco de carbeto de tungstênio.

2.1 Moinho de Bolas

Os moinhos de bolas dimensionados para o Minas Rio, são fornecidos pela Metso, nas dimensões 26"×42", instalados no primeiro estágio de moagem para liberação de material 80% < 0,15mm para flotação. Os mesmos utilizam revestimentos compostos por 02 espelhos e um cilindro com um total de 288 placas dividido em 06 anéis. Cada anel possui um total de 48 placas.

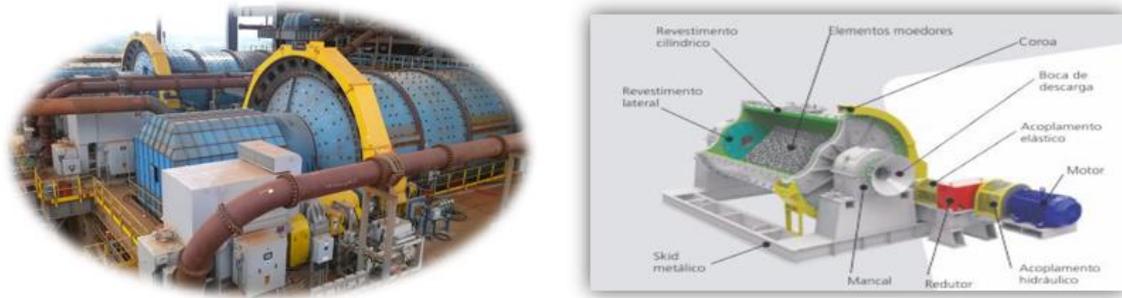


Figura 4 – Moinho de bolas

Os revestimentos projetados e desenvolvidos para o projeto Minas Rio possuem um perfil dupla onda assimétrico e liga alto Cromo (ASTM-A532 Classe II), atualmente fornecido pelas empresas MAGOTTEAUX e METSO, buscamos com os atuais projetos uma vida útil superior a 30 milhões de toneladas processadas.

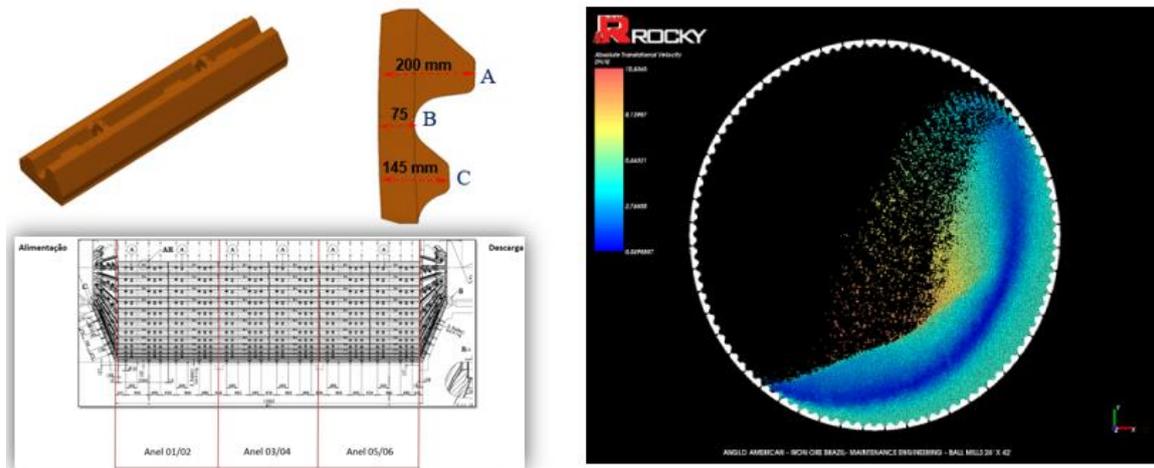


Figura 5 – Revestimentos e comportamento de moagem.

A aplicação do ultrassom nos moinhos de bolas consiste em identificar o nível de desgaste nos revestimentos, trincas e discontinuidades, buscando a partir das informações coletadas definir um plano de acompanhamento dos defeitos encontrados e a projeção de vida útil em relação ao desgaste.

Para realização do ultrassom é necessário que a operação faça limpeza através da circulação de água, drenagem e nivelamento da carga. O inspetor faz a coleta em 9 pontos por placa, com um total de 324 pontos ao longo do moinho, nesses pontos o inspetor avalia desgaste e discontinuidades nas placas.

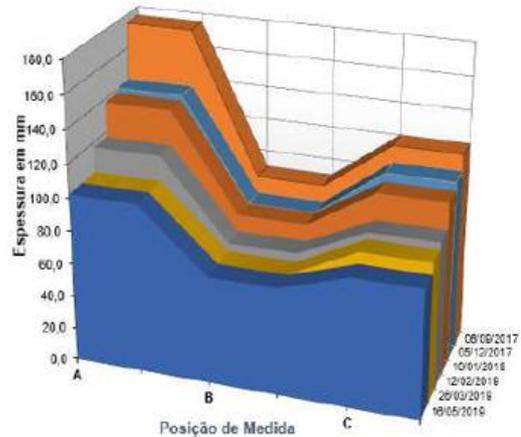


Figura 6 – Acompanhamento mensal de desgaste.

Após a coleta das informações temos:

- Identificação, classificação e tratamento de todas as discontinuidades encontradas conforme figura 7.



Surgimento das trincas no início de vida útil, avaliação de sua orientação, forma e natureza.



Planejar sua troca antecipando o colapso da placa.



Evitar paradas não programadas para a troca das placas, e que não ocasionem falhas maiores, por exemplo furo na carcaça do moinho.

Figura 7 – Avaliação das trincas nos revestimentos.

- Definir a projeção para substituição do revestimento, correlacionando percentual de desgaste entre coletas, o que define uma curva de velocidade traçada conforme figura 8.

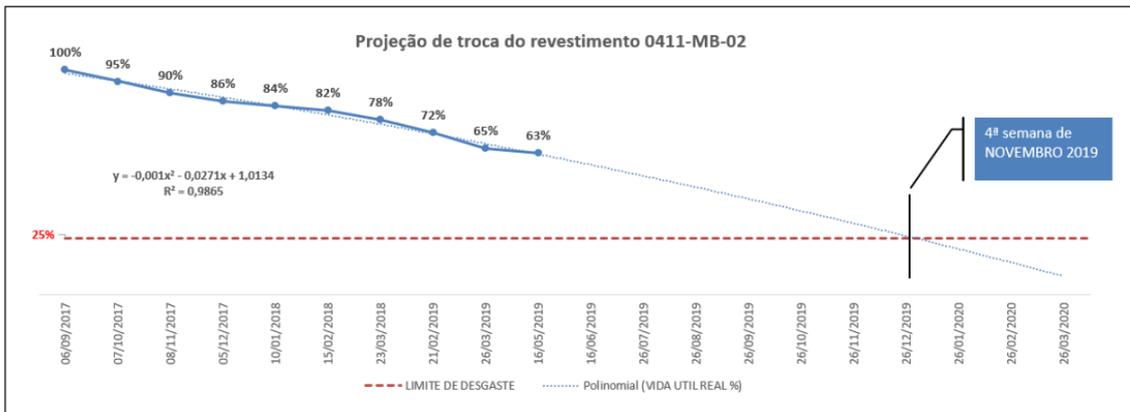


Figura 8 – Gráfico de projeção para troca.

Com base em todas essas informações levantadas é definido o momento ideal para intervenção e substituição do revestimento. No final de vida útil do revestimento, é realizado o escaneamento para avaliar a abrangência do desgaste e acompanhamento termográfico externo do corpo do moinho.

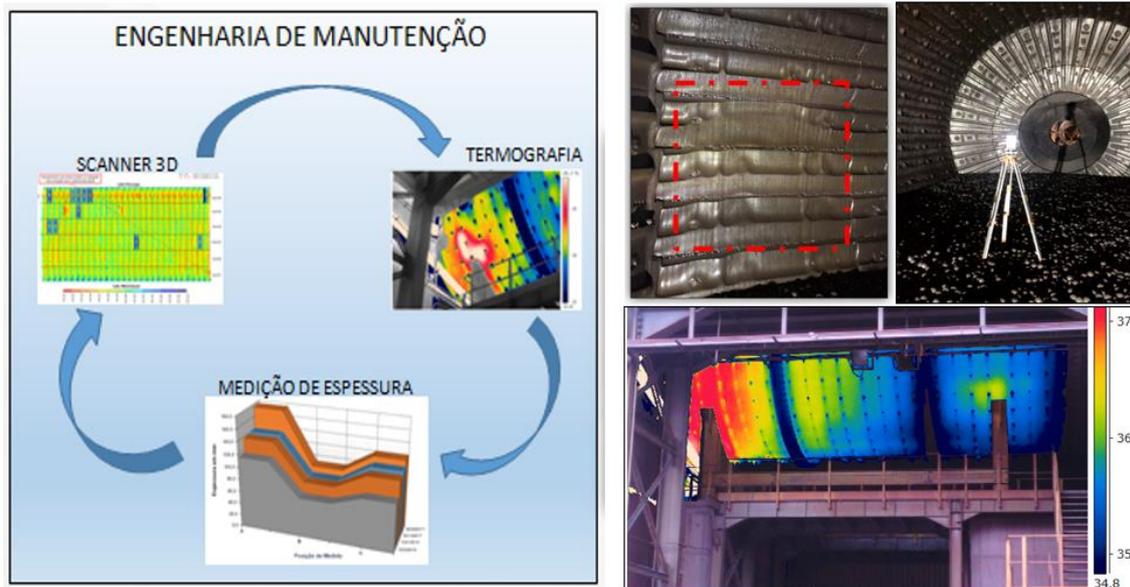


Figura 9 – Ciclo preditivo dos revestimentos dos moinhos primários.

Com a implantação desse modelo de monitoramento, temos realizado trocas com maior assertividade, garantindo a disponibilidade física do equipamento, planejamento adequado e a eficiência do revestimento, o que contribuiu para uma redução no tempo de troca em 20% e um ganho de vida útil do revestimento alto como na ordem de 10%.

2.2 Prensa de rolos

As prensas de rolos (HPGR, High Pressure Grinding Rolls) são equipamentos de cominuição que consistem em um par de rolos girando em sentidos opostos, montados em um quadro rígido. Um rolo gira sobre eixo fixo no quadro, enquanto o outro eixo se desloca sobre guias, sendo posicionado por cilindros hidráulicos.

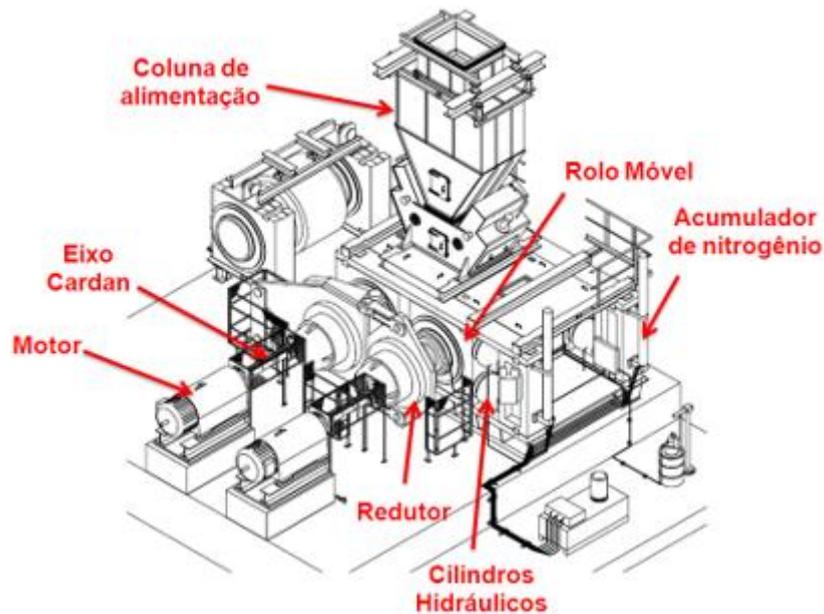


Figura 10 – Prensa de Rolos

A alimentação é introduzida na abertura entre rolos, onde a redução de tamanho ocorre pelo efeito da cominuição interparticular.

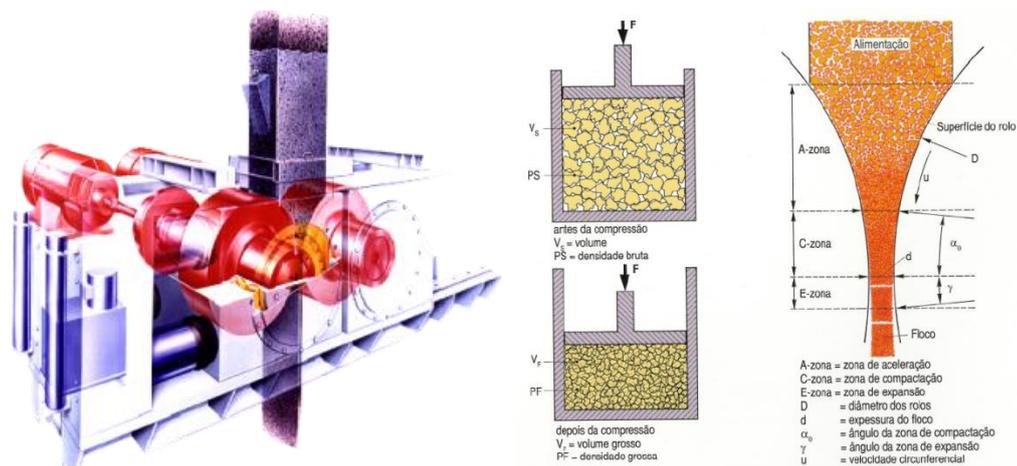


Figura 11 – Arranjo dos componentes da prensa de rolos e as zonas de cominuição.

Em geral, a motivação para a utilização de prensas de rolos está relacionada à sua maior eficiência energética, se comparada com a eficiência dos britadores e dos moinhos convencionais, pois, nas prensas de rolos ocorre lenta aplicação de carga sobre as partículas, causando colapso estrutural dos grãos, de modo que a energia perdida em calor e ruído é minimizada.

Para o Projeto Minas-Rio foram adquiridas 03 prensas de rolos da Thyssenkrupp, modelo POLYCOM 24/17 de 2,40m de diâmetro e 1,65m de largura, e capacidade de 2.200 t/h por equipamento. A potência instalada por equipamento será de 4.800 kW, sendo 02 motores de 2.400 kW cada. O circuito de prensagem foi projetado para redução de itabirito abaixo de 25 mm (após estágios de britagem primária e secundária), de forma a gerar um produto prensado com $P_{80} = 1,0$ mm (abertura na qual 80% do material é passante), que irá alimentar a etapa moagem com aplicação de moinhos de bolas, gerando um produto com $P_{80} = 0,117$ mm para posterior deslamagem e concentração por flotação.

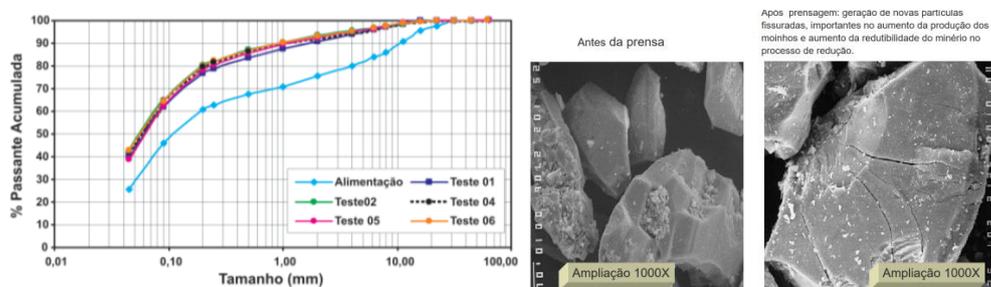


Figura 12- Distribuição granulométrica e aspecto do produto da prensa de rolos.

Os revestimentos aplicados na superfície dos rolos, são pinos de carbeto de tungstênio, conhecido também como prisioneiros ou *studs*. No centro dos rolos concentra a região de maior desgaste, em função do fluxo de material estar concentrado no centro havendo alívio da pressão nas bordas dos rolos.

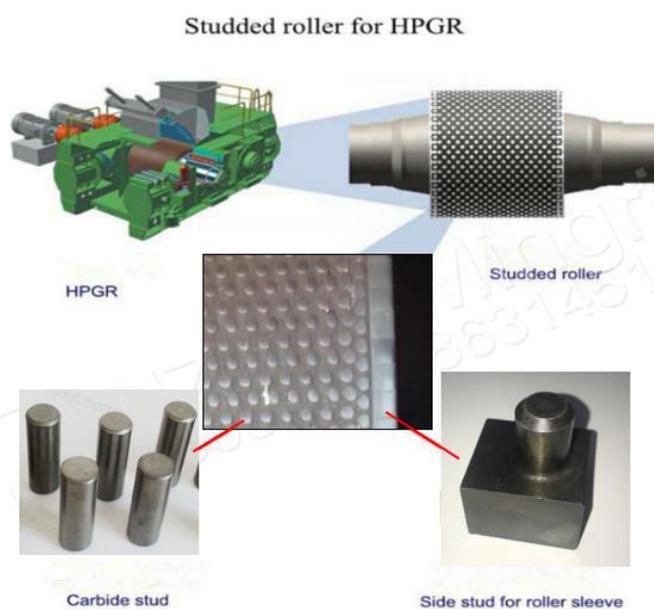


Figura 13 – Pinos de carbeto de tungstênio.

O desgaste do revestimento acontece de maneira diferente em duas regiões, conforme figura 14. Na região I, antes do ângulo que delimita o início da cominuição interparticular ou simplesmente ângulo crítico, há incidência do movimento tangencial entre a superfície dos rolos e as partículas do material. Já na região II, após o ângulo crítico, não há incidência de movimento tangencial. Como consequência das diferentes regiões de desgaste, a superfície dos rolos na região I desgasta pelo cisalhamento do material com a superfície do rolo. Na região II, acontece a fadiga do revestimento causada pela compressão do material contra a superfície dos rolos. Pode-se dizer que quanto mais competente e abrasivo for o minério a ser cominuído, maior o desgaste.



Figura 14 – Desgaste do revestimento nas diferentes regiões do rolo.

Alguns fatores como pressão excessiva, elevação da umidade e alimentação deficiente podem fazer com que haja um escorregamento do minério a ser prensado tendendo este a fluir e ser extrudado entre os pinos causando desgaste prematuro e acentuado na bandagem do rolo.



Figura 15 – Principais defeitos encontrados nas bandagens das prensas de rolos.

Buscando evitar a ocorrência de defeitos que comprometam a confiabilidade do equipamento, foi introduzido na rotina da manutenção preditiva o acompanhamento de desgaste das bandagens através da técnica por ultrassom, com periodicidade mensal.



Figura 16 – Procedimento de medição dos pinos das bandagens da HPGR.

Conforme a figura 16 a inspeção por ultrassom é realizado em 25 pinos no sentido longitudinal dos rolos fixos e móvel, coletando os valores da esquerda para direita. Inicialmente os pinos tem um comprimento de 40mm podendo chegar a 10mm onde é considerado o final de vida útil do rolo, evitando quedas de pinos que leva a ocorrência de buracos nas bandagens.

Outras informações levantadas secundariamente, como diferença de desgaste entre o centro e a borda, avaliação através da régua do desgaste do corpo em relação ao pino, formação da camada passiva no corpo da bandagem e diferença de diâmetro entre o rolo fixo e o rolo móvel. Todas informações são processadas e adicionadas ao relatório final, direcionando para as equipes de manutenção e planejamento a velocidade de desgaste e projeção de troca das bandagens, e para operação às informações de diferença entre rolos, centro e borda, para ajustes operacionais.

Com a aplicação da técnica de ultrassom no primeiro ciclo de troca de bandagens chegamos a uma velocidade média de desgaste em torno de 2,2mm/milhão tms, o que nos da uma vida útil média de 8.000 horas de operação, superando a expectativa do projeto inicial de 4.000 horas, este comportamento de desgaste esta sendo confirmado nos atuais conjuntos de rolos em operação.

3 CONCLUSÃO

Podemos constatar que a técnica por ultrassom se demonstrou extremamente eficiente no monitoramento de revestimento, o que nos tem trago ganhos significativos em planejamento da manutenção gerenciamento de aquisição e estoque de revestimentos reserva.

Em relação aos moinhos de bolas os ganhos obtidos com a garantia de eficiência do revestimento e previsibilidade de troca, chegam a ordem de R\$1.000.000 por ano, contemplando duas trocas anuais.

Já em relação as prensas de rolos, a consolidação da rotina de medição por ultrassom foi e é vital para a estratégia de troca dos três conjuntos de rolos, pois atualmente operamos com 100% de material prensado. Outro impacto relevante esta na garantia de performance dos revestimentos pois trata-se do maior custo de materiais da manutenção chegando a ordem de R\$21.000.000 por ano.

REFERÊNCIAS

- ✓ Manual Introdução à tecnologia de comercializar as Prensas de Rolos na Mineração, **Weir Minerals/ KHD Humboldt Wedag**, primeira escolha para Tecnologia e Serviços com Prensa de Rolos de Alta Pressão (HPGR)
- ✓ Artigo ABM Anglo American Minas-Rio, **Aplicação de prensas de rolos em minério de ferro**, REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 63(2): 399-404, abr. jun. 2010
- ✓ Alves.v. **Metodologia para Simulação e Escalonamento de Prensas de Rolos** [Tese de Doutorado]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2012.
- ✓ Gomes.F. **A prensa de rolos como alternativa para os circuitos de cominuição nas atividades de mineração e a viabilidade de sua aplicação** [Tese de Mestrado]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2012.
- ✓ **Fuerstenau DW, Abouzeid A** .Role of feed mointure in high-pressure roll mill comminution. Int. J. Miner. Process. 82 (2007) 203–210
- ✓ **BURCHARDT, E.** High Pressure Grinding Tests on Friable Itabirites from Serra do Sapo Mine. Polysius Research Centre. Alemanha: 2007.
- ✓ **ECM S.A** - Projetos Industriais. Avaliação da utilização de prensa de rolos. Belo Horizonte: Projeto Básico do Sistema Minas-Rio, 2006.
- ✓ **GOOSSENS, M.** Teste-piloto de concentração do minério de ferro da serra do Sapo. Belo Horizonte: Relatório Interno Sistema Minas-Rio, 2007.