



# APLICAÇÃO DE ROLAMENTO BIPARTIDO PARA ACIONAMENTO DA GRELHA MÓVEL DO FORNO 4Q1\*

Saulo Rossini Meira<sup>1</sup>

Wanner Viera<sup>2</sup>

## Resumo

A complexidade e o elevado tempo de manutenção para a troca do rolamento da grelha móvel do forno da usina de pelotização IV, localizada no Complexo de Tubarão em Vitória - Espírito Santo, viabilizou estudar, desenvolver e implementar, via PDCA, uma solução tecnológica que reduziu riscos de acidentes, tempo de manutenção, desgaste físico e mental, como também eliminou a utilização de equipamentos móveis e o risco de quebra de componentes periféricos. Conclui-se que com a modificação implementada, foram viabilizados procedimentos de manutenção mais seguros, redução de custos e aumento da disponibilidade do equipamento para o processo produtivo.

**Palavras-chave:** Rolamento; Manutenção; Forno de pelotização.

## SPLIT BEARING APPLICATION ON TRAVELLING GRATE MACHINE DRIVE 4Q1

### Abstract

The complexity and the high maintenance time for exchange bearing of the travelling grate at Pelletizing plant, located in the Tubarão Complex in Vitória - Espírito Santo, has provided a study, a development and implement a technological solution which reduces the risk of accidents, the maintenance time, the physical and mental fatigue through the PDCA methodology application and also eliminated the use of mobile equipment and the risk of breakage of peripheral components. It is concluded that the improvement enables maintenance with safe procedures, reduction of costs and the availability of equipment for the production process is raised.

**Keywords:** Bearing; Maintenance; Travelling grate machine.

<sup>1</sup> *Bacharel em Engenharia de Produção Plena, Engenheiro Sênior, Manutenção das Usinas de Pelotização I a IV, empresa Vale, Vitória, ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Tecnologia Mecânica, Especialização em Meio Ambiente e Manutenção, Analista Operacional Master, Engenharia de Manutenção da Pelotização, empresa Vale, Vitória, ES, Brasil.*

\* *Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



## 1 INTRODUÇÃO

O processo de pelotização permite aglomerar particulados de minério de ferro em pelotas, com diâmetro adequado para utilização como matéria prima na produção de aço nas siderúrgicas. As pelotas cruas são queimadas no forno de grelha móvel garantindo-lhes qualidade física e metalúrgica.

Na etapa da queima de pelotas o funcionamento do forno é ininterrupto e quanto maior a disponibilidade desse ativo, menores são os custos específicos.

O forno é composto por um sistema de acionamento que movimenta cento e noventa e cinco carros de grelha sobre trilhos, que transportam toda produção bruta de pelotas. Tal acionamento é composto por motor elétrico, sistema de freio, transmissão, redutor, mancais e rolamento. O objeto de estudo desse trabalho é o rolamento do lado acoplado da roda levantadora do forno de grelha da usina IV.

De acordo com Joseph Edward Shiley [1] o mancal de rolamento é fabricado para suportar cargas radial, axial e angular, além de alojar o rolamento. O rolamento é composto de quatro partes: anel interno e externo, elemento girante e gaiola.

Segundo a SKF [2] existem vários tipos de rolamentos, principalmente diferenciados pela geometria dos elementos girantes, por exemplo: o rolamento de esfera, que tem a característica de suportar cargas leves e radiais, e o rolamento autocompensador de rolos, que suporta grandes cargas e compensa pequenos desalinhamentos angulares.

Além desses, existem os rolamentos especiais, como o bipartido, que pode ser aplicado em locais de difícil acesso e de complexidade em desmontagem de componentes periféricos do sistema.

Segundo a COOPER [3] a utilização de rolamento bipartido oferece simplicidade na substituição, redução do tempo de manutenção e possibilita aumentar a produtividade da planta.

Para Schaeffler [4] esses rolamentos oferecem grandes vantagens comparadas com os rolamentos convencionais; entretanto, para que tenha êxito e seja sustentável a substituição, é recomendável um estudo de viabilidade para a aplicação.

Segundo a SKF [2], no estudo de viabilidade, são considerados espaço disponível, carga, precisão, velocidade, rigidez, montagem e desmontagem.

### 1.1 Espaço Disponível

É imprescindível a avaliação do espaço físico para a aplicação do rolamento, já que em muitos dos casos o diâmetro do eixo é determinado no projeto da máquina, de acordo com o Catálogo geral SKF, página 15 [2] “a escolha do rolamento pode variar com a limitação de altura”.

### 1.2 Carga

É subdividida em magnitude e direção.

#### 1.2.1 Magnitude

Fator que determina o tamanho do rolamento e o tipo de elemento girante.

#### 1.2.2 Direção

É resultante de forças que atuam no sistema e que podem ser radial, axial ou combinada. A carga combinada é a associação da radial com a axial. Para esse tipo

\* Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



são utilizados rolamentos com duas carreiras de elementos girantes autocompensadores.

### 1.3 Precisão

Para arranjos em que necessitam de alta velocidade de giro e maior grau de precisão do que o normal, os rolamentos devem apresentar estabilidade (p. ex., furadeira).

### 1.4 Velocidade

A velocidade que o rolamento pode atingir é limitada pela temperatura. Os rolamentos com baixo coeficiente de atrito são adequados para altas velocidades. Para reduzir o atrito é recomendável o uso de lubrificante de alta performance.

### 1.5 Rigidez

A variação de rigidez é mínima para todos os tipos de rolamentos; entretanto, é um fator importante em casos especiais, que exigem alta rotação.

### 1.6 Montagem e desmontagem

Para cada tipo de rolamento existe um procedimento de montagem e desmontagem específica. É fundamental que a montagem de rolamento seja realizada em condição rigorosa de limpeza e por profissional qualificado para assegurar a confiabilidade da máquina. Recomenda-se utilizar o manual e seguir os procedimentos do fornecedor para preservar a vida útil do componente.

A vida útil de um rolamento pode variar de acordo com o ambiente de instalação, nível de contaminação, temperatura, lubrificação e montagem.

Para o caso da Pelotização VALE, a escolha do rolamento bipartido foi uma quebra de paradigma e inovação tecnológica; pois, a grelha móvel da usina IV foi o primeiro equipamento a operar com esse componente.

A modificação implantada teve como objetivo simplificar a troca do componente, reduzir o tempo de manutenção e a exposição ao risco da atividade, e eliminar a utilização de equipamentos móveis na desmontagem de equipamentos periféricos.

Verificou-se com a implantação do projeto, que todos os objetivos propostos foram alcançados, ao propiciar menor fadiga da equipe e exposição aos riscos gerados na troca do rolamento.

Entende-se que o trabalho proposto atingiu os resultados esperados em:

- a) Segurança: por melhorar as condições ergonômicas, reduzir cargas suspensas, eliminar andaimes para trabalho em altura;
- b) manutenção: por aumentar a disponibilidade, reduzir o tempo de Homem/hora, flexibilizar a realização da tarefa em paradas quentes e à frio, e por motivar os profissionais em aprender a nova tecnologia aplicada;
- c) custo: por eliminar a utilização de equipamentos móveis e perdas de materiais com a desmontagem de equipamento periféricos.

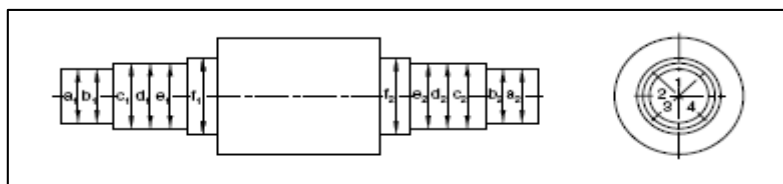
\* Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se inicialmente um plano de ação e um cronograma que contem: estudo de viabilidade, compra do componente, capacitação, revisão dos desenhos, implantação, verificação de desempenho e padronização.

Para o estudo de viabilidade, primeiramente foram levantados dados de projeto do equipamento, contendo as seguintes informações: desenho detalhado, carga, velocidade e produtividade horária; paralelamente, realizou-se uma medição em campo do dimensional do eixo, na região de aplicação, com auxílio de um micrômetro, efetuado por um profissional qualificado.



**Figura 1.** Croqui para auxílio da coleta do dimensional do eixo.



**Figura 2.** Micrômetro, instrumento de precisão.

Os dados obtidos na primeira fase foram enviados para análise na engenharia de aplicação, para a especificação do rolamento.

A compra do material foi efetuada conforme especificação da Engenharia de Aplicação, após validação da Engenharia de Manutenção.

Conforme o manual do fabricante do rolamento adquirido, capacitou-se a equipe de manutenção no procedimento de troca.

Realizou-se a revisão do projeto original no sistema informatizado da empresa e a gestão de estoque do componente.

Na etapa de implantação do projeto, realizou-se a manutenção programada para a substituição do rolamento autocompensador de rolos pelo bipartido autocompensador de rolos.

O procedimento de troca foi realizado conforme manual do fabricante e foram avaliados os resultados propostos.

Verificou-se que a aplicação desse projeto atende outras unidades dentro VALE, que possuem forno de grelha. Está em andamento a padronização da usina III, prevista para 2015.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os indicadores definidos para a avaliação dos resultados foram: segurança, disponibilidade e custo.

\* *Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



### 3.1 Segurança – Ergonomia, Trabalho em Altura e Movimentação de Carga

Para efetuar a troca do rolamento atual é necessário seguir o procedimento de manutenção e o cumprimento de segurança, conforme RAC – Requisito de Atividade Crítica.

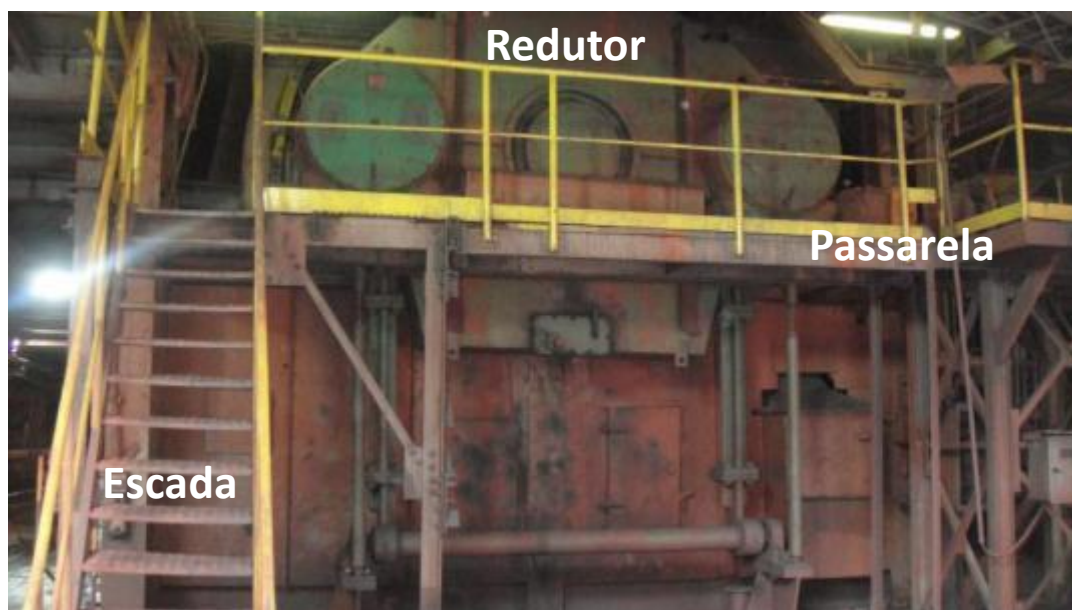
O procedimento determina a remoção de equipamentos periféricos (Figura 3), tais como a escada, a passarela de acesso ao acionamento e o redutor; a montagem de andaime para trabalho em altura; e isolamento de área, para movimentação de carga suspensa.

Com a aplicação do rolamento bipartido o procedimento de execução foi alterado reduzindo a complexidade da tarefa e os riscos. Segue abaixo o comparativo de segurança (Tabela 1).

**Tabela 1.** Comparativo de segurança

REQUISITOS	ANTES	DEPOIS
Trabalho em altura	AP	NA
Movimentação de carga	AP	NA
Mão de obra	10	3
Tempo de exposição (horas)	168	16

AP – Aplica, NA – Não se aplica.



**Figura 3.** Acionamento de forno de grelha móvel para usina de pelotização.

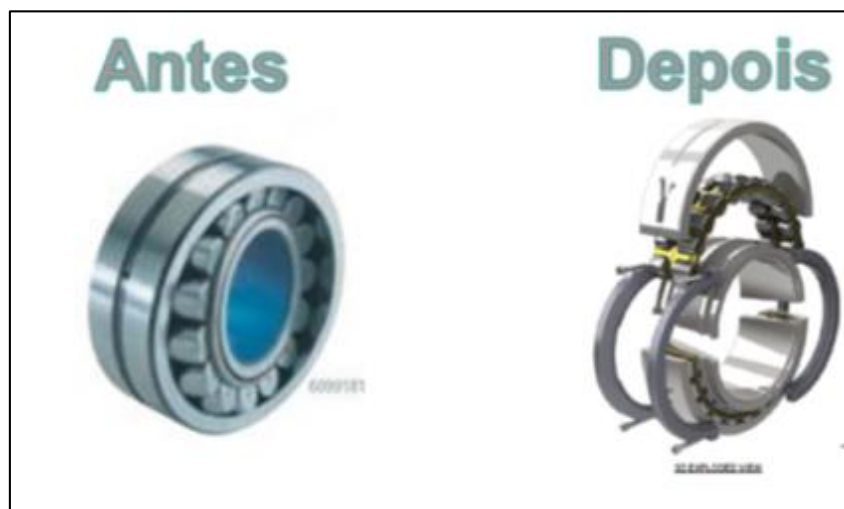
Atrás do acionamento da grelha móvel, no eixo da roda levantadora de carros de grelha, está localizado o alojamento do rolamento (Figura 4).

\* Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



**Figura 4.** Local de aplicação do mancal de rolamento.

A Figura 5 mostra a concepção do rolamento do projeto original e o aplicado na modificação. Antes o rolamento era composto de todas as partes inteiriças; depois, todas as partes são seccionadas simetricamente na construção.



**Figura 5.** Rolamento autocompensadores de rolos.

### 3.2 Manutenção – Redução do Tempo de Execução

A redução do tempo da atividade de troca do rolamento bipartido beneficia a estratégia da manutenção em paradas à quente, por possibilitar a atividade em paradas programadas de menor duração e por aumentar a disponibilidade física da planta. De acordo com Nascif & Dorigo [5], a disponibilidade física é calculada (Equação 1):

$$\text{Disponibilidade} = (\text{Tempo disponível} - \text{Paradas} / \text{Tempo disponível}) \times 100 \quad (1)$$

Levando-se em consideração que o tempo mensal disponível para a Usina IV operar é de 720 horas, e que antes da modificação do rolamento para bipartido exigia 168 horas de parada e que agora exige apenas 16 horas, obteve-se 21,17 pontos percentuais de disponibilidade no mês, de ganho.

\* *Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*



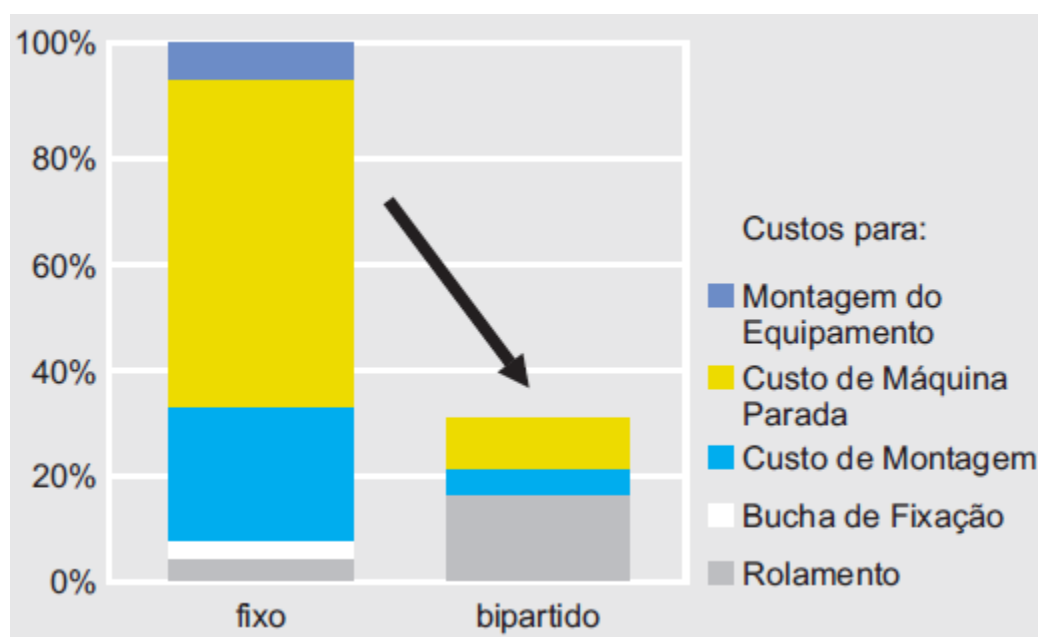
### 3.3 Custo – Materiais e Equipamentos Auxiliares

Na tabela abaixo são apresentados os resultados obtidos dos objetivos propostos, através da análise do antes e depois da implantação do rolamento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Custos em reais R\$

REQUISITOS	ANTES	DEPOIS
Montagem de andaime	4.211,76	0
Equipamentos móveis	9.397,22	0
Homem/hora	44.296,56	4.218,72
Materiais	9.397,22	36.491,59

Schaeffler [4] compara os custos (Figura 6).



**Figura 6.** Comparativo de rolamento fixo versus bipartido.

## 4 CONCLUSÃO

A realização da troca do rolamento inteiriço para o bipartido melhorou aspectos de segurança dos profissionais, por tornar a atividade com menor risco à ergonomia, eliminar o risco de queda em altura, carga suspensa e possibilitar menor fadiga.

Pode-se dizer que o procedimento da manutenção tornou-se simples, de rápida execução e fácil entendimento, possibilitando qualquer profissional qualificado de manutenção mecânica industrial realize a substituição.

Portanto, em equipamento com baixa rotação, localizados em posição que exige grandes desmontagens de equipamentos periféricos, ocasiona perdas de produção e interrupção do processo produtivo, a solução apresentada altamente recomendada.

Levando-se em consideração os aspectos observados com a aplicação do rolamento bipartido, torna-se possível afirmar, que a solução é economicamente viável para a empresa e possibilita tornar a planta mais disponível em manutenções futuras.

\* Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.



## Agradecimentos

Wilson Fadel do Nascimento, gestor da Usina de Pelotização I a IV, Empresa VALE, que concedeu a implantação do projeto.

Empresa Henfel, que participou como uma parceira no desenvolvimento do projeto.

## REFERÊNCIAS

- 1 Joseph ES. Elementos de máquinas. 3<sup>a</sup> edição. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos; 1984.
- 2 SKF. Catálogo geral. São Paulo: Leograf Gráfica e Editora Ltda; 2001; 15-23, 459.
- 3 Cooper Roller Bearings Company. Product catalogue. 2010 [acesso em 05 mai. 2014]; Disponível em:  
<http://www.cooperbearings.com/downloads/Portuguese/Portuguese%20PRODUCT%20CATALOGUE.pdf>.
- 4 Schaeffler Brasil Ltda. Informe técnico. 2009 [acesso em 05 mai. 2014];1. Disponível em: [http://www.brastrela.com.br/anexos/rolamento\\_bi-partido\\_autocompensador\\_de\\_%20bolos.pdf](http://www.brastrela.com.br/anexos/rolamento_bi-partido_autocompensador_de_%20bolos.pdf).
- 5 Nascif J, Dorigo LC. Manutenção Orientada para Resultados. Rio de Janeiro: Qualitymark; 2010.

---

\* *Contribuição técnica ao 44<sup>o</sup> Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, 15 a 18 de setembro de 2014, Belo Horizonte, MG, Brasil.*