

# MONITORAÇÃO DE PERFIL DE CARGA BASEADA EM RADARES INSTALADOS NA CARÇAÇA DO ALTO-FORNO Nº1 DA ARCELORMITTAL TUBARÃO<sup>1</sup>

*Flávio da Silva Vitorino Gomes<sup>2</sup>*

*Humberto Santanna Langa<sup>3</sup>*

*Luiz Augusto Wasem<sup>4</sup>*

*Bruno Valladão Fraga<sup>5</sup>*

*Gabriel Nazareth Guedes Alcoforado<sup>6</sup>*

## Resumo

No ano de 2012, após 28 anos de operação numa única campanha, o Alto-Forno nº1 da ArcelorMittal Tubarão foi parado para uma grande manutenção. Durante este evento, decidimos pela instalação de equipamento para medição de perfil de carga no topo visando melhoria no controle da distribuição das matérias-primas no interior do alto-forno. Após pesquisa entre os principais fornecedores de equipamentos siderúrgicos, optamos pelo desenvolvimento interno de um sistema de medição de perfil de carga diferente dos encontrados comercialmente devido histórico de baixa disponibilidade e elevado histórico de eventos de manutenção destes equipamentos. A solução desenvolvida foi a utilização de radares fixos instalados na carcaça do alto-forno para a medição do perfil. Estes radares juntos informam, a cada carga, o perfil real da distribuição das matérias-primas no interior do alto-forno diametralmente. Com isto, é possível realizar correções no carregamento do alto-forno e possibilitam a visualização de anomalias (engaiolamentos e arriamentos). Este trabalho apresenta a metodologia utilizada no processo e as etapas percorridas durante o desenvolvimento do projeto que gerou inovação tecnológica que poderá ser utilizada em outros altos-fornos.

**Palavras-chave:** Perfil; Carga; Alto-forno; Radar.

## BURDEN PROFILE MONITORING BASED IN RADARS INSTALLED ON BLAST FURNACE SHELL OF ARCELORMITTAL TUBARÃO BLAST FURNACE #1

### Abstract

In the year 2012, after 28 years of operation in a single campaign, the ArcelorMittal Tubarão Blast Furnace # 1 was stopped for a great maintenance. During this event, we decided for the installation of equipment for burden profile monitoring at the top for improvement in controlling the distribution of raw materials inside the furnace. After survey among leading suppliers of steel equipment, we chose the internal development of a measurement system burden profile different from those found commercially due to the historic of low availability and high historical events of maintenance of this equipment. The solution was developed using fixed radars installed in blast furnace shell for the measurement of the burden profile. These radars together inform every charge, the actual profile of the distribution of raw materials inside the furnace diametrically. After this, you can make corrections in the blast furnace raw material distribution and allow the visualization of operational abnormalities (hangs and slips). This paper presents the methodology used in the development process of technological innovation generated that can be used in other blast furnaces.

**Key words:** Profile; Burden; Blast furnace; Radar.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Eletricista, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES, Brasil.*

<sup>3</sup> *Analista de Projetos Mecânicos, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalúrgico, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES, Brasil.*

<sup>5</sup> *Engenheiro da Computação, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES, Brasil.*

<sup>6</sup> *Engenheiro Eletricista, ArcelorMittal Tubarão, Serra, ES, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho são apresentadas as etapas de desenvolvimento de um sistema para monitoração de perfil de carga do alto-forno com base em radares fixos na carcaça desenvolvido no Alto-Forno nº1 da ArcelorMittal Tubarão, durante grande manutenção em 2012, após 28 anos de operação numa única campanha. Este trabalho gerou inovação tecnológica que poderá ser utilizada em outros altos-fornos, inclusive com solicitação de patente de invenção demandada pela empresa junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI.

Durante este evento, decidimos pela instalação de equipamento para medição de perfil de carga no topo visando melhoria no controle da distribuição das matérias-primas no interior do alto-forno. Após pesquisa entre os principais fornecedores de equipamentos siderúrgicos, optamos pelo desenvolvimento interno de um sistema de medição de perfil de carga diferente dos encontrados comercialmente devido histórico de baixa disponibilidade e elevado histórico de eventos de manutenção destes equipamentos. Estes radares juntos informam, a cada carga, o perfil real da distribuição das matérias-primas no interior do alto-forno diametralmente. Com isto, é possível realizar correções no carregamento do alto-forno e possibilitam a visualização de anomalias na descida de carga do equipamento.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o carregamento do alto-forno, os materiais tendem a segregar radialmente de acordo com sua natureza, tamanho e densidade. Uma distribuição radial não-uniforme do carregamento das matérias primas resulta em uma distribuição não-uniforme de tamanhos de partículas e porosidade tendo como consequência alterações da permeabilidade da camada e alterações nas respectivas velocidades de descida de carga.<sup>(1)</sup> Como consequência, esta descida se torna irregular podendo acontecer “engaiolamentos” (sem descida de carga) ou “arriamentos” (descida de carga abrupta e sem controle). Em geral, operadores de alto-fornos estão familiarizados com estes fenômenos em menor ou maior grau, mas esses efeitos devem ser evitados.<sup>(2)</sup>

Sendo assim, a distribuição da carga (matérias-primas) no topo do alto-forno pode ser usada para controlar o fluxo de gases redutores através das diversas camadas de matérias-primas, tornando esta atividade de suma importância para controle do processo produtivo no alto-forno. Existem softwares especialistas que calculam as distribuições ideais de carga de acordo com a demanda em relação ao controle do alto-forno, porém, uma das grandes dificuldades neste controle consiste em se saber se o material foi carregado no lugar indicado pelo *software*.

Em virtude da necessidade da visualização do perfil da carga (distribuição da carga no interior do alto-forno) realizou-se uma pesquisa de mercado com o intuito de se identificar as opções de equipamento disponíveis para este fim. O equipamento mais utilizado encontrado na pesquisa foi o perfilômetro de inserção, equipamento que é inserido no interior do alto-forno e mede o perfil da carga através de um único radar. Esta solução possui limitações de disponibilidade operacional (atraso no carregamento do alto-forno, elevado índice de manutenção e impossibilidade de uso quando alto-forno está muito instável), custo elevado e *software* especialista dedicado que ocasiona dependência técnica do fabricante. Foi identificado também um fabricante de equipamentos siderúrgicos que possuía solução de medição de perfil de carga utilizando radares fixos na carcaça do alto-forno, contudo o

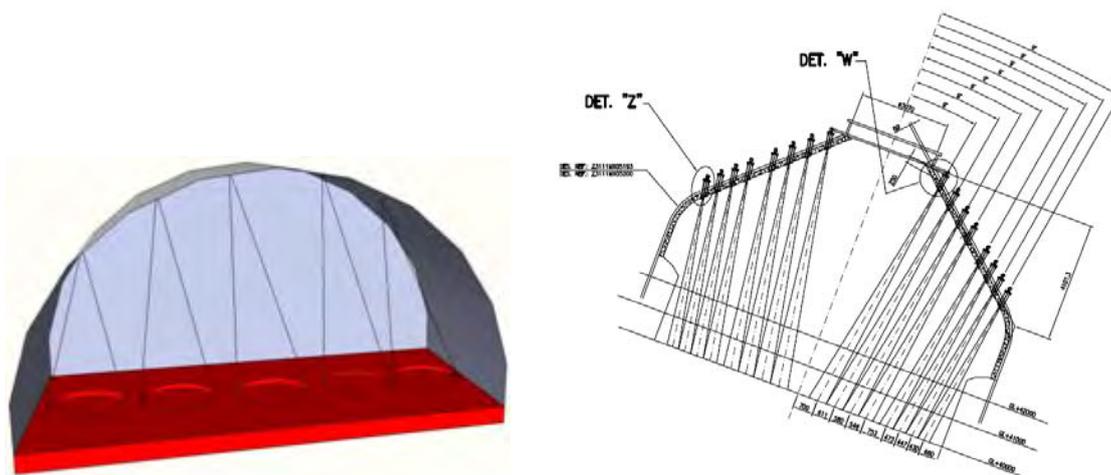
equipamento possui baixa resolução (pouca quantidade de radares) e *software* especialista dedicado. Foram solicitadas mudanças neste projeto visando elevação de resolução e utilização de plataforma simplificada e aberta para interface, mas o custo apresentado se elevou consideravelmente.

Realizando uma pesquisa entre as empresas do próprio grupo foram identificadas duas empresas que instalaram radares fixos para esta aplicação (Alemanha e Ucrânia). Na Alemanha, existiam cinco radares instalados medindo um raio do alto-forno, mas a performance apresentada não era satisfatória em função de interferências no ponto central de medição. Durante visita à Ucrânia foi identificado um sistema que operava satisfatoriamente e que foi desenvolvido com radares não comerciais instalados em configuração de malha. Contudo, estas configurações apresentavam algumas discrepâncias em relação à nossa aplicação. Diante deste cenário, optou-se pelo desenvolvimento interno de um sistema de radares fixos para medição de perfil da carga no topo do alto-forno instalados na carcaça.

Uma vez definida a solução a ser utilizada, premissas básicas intrínsecas ao processo e características construtivas do Alto-Forno foram consideradas para a definição das principais etapas do projeto conforme abaixo:

- especificação dos radares;
- avaliação mecânica da carcaça;
- projeto de instalação;
- comissionamento e testes; e
- *start-up*.

A primeira etapa envolve a especificação dos radares, considerando entre os radares comerciais, aqueles que possuem os menores ângulos de abertura de feixe de microondas. Essa consideração deve-se a distância entre o equipamento e a superfície a ser medida, pois, quanto maior a distância, maior é a área de abrangência. Essa propriedade ocasiona limitações na quantidade de radares, pois a configuração ideal deve ser tal que não haja sobreposição das zonas de medição, ocasionando uma redução de resolução do gráfico de perfil. A Figura 1 representa uma ilustração das zonas de medição e as respectivas distancias entre si.



**Figura 1.** Análise de interferência entre as zonas de medição dos Radares.

O passo seguinte foi a análise da fragilização da carcaça causada pelos radares e a elaboração do projeto de distribuição dos radares na carcaça do alto-forno permitindo a informação precisa sobre o perfil da carga que podem ser visualizados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

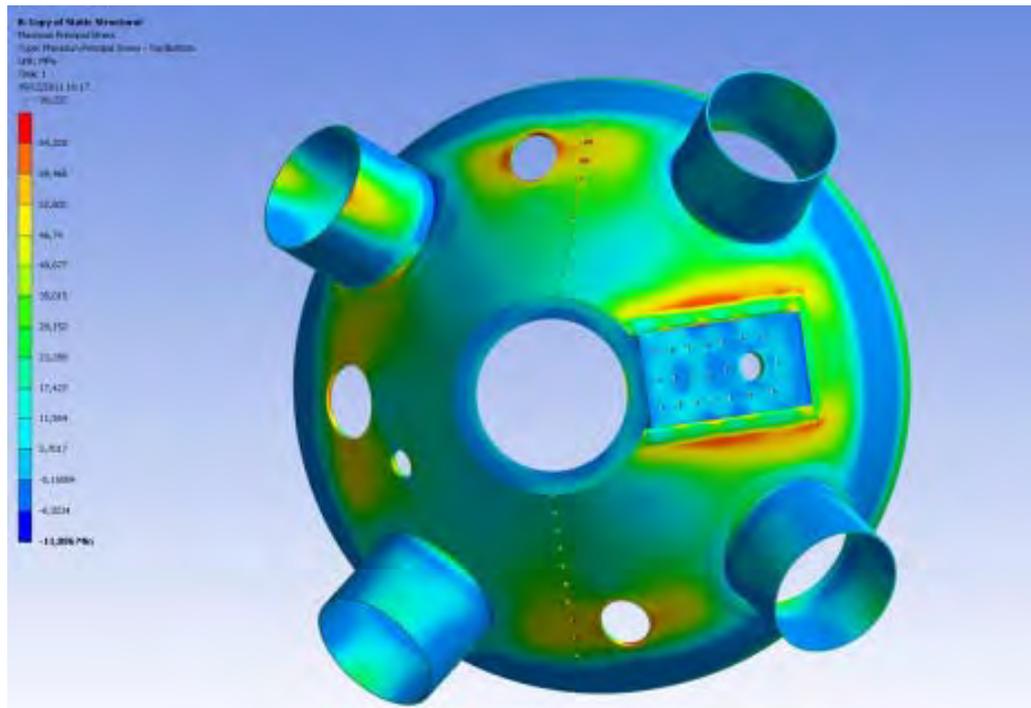


Figura 2. Análise de possível fragilização da carcaça do alto-forno nº1.

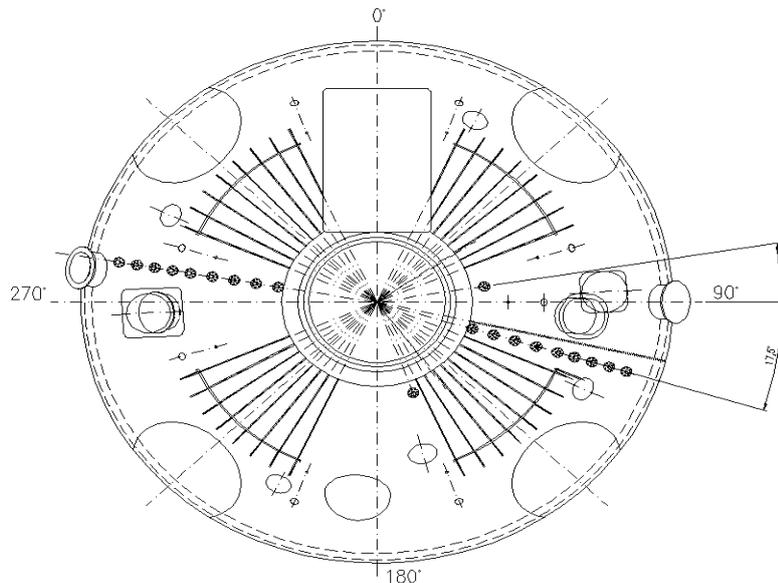


Figura 3. Distribuição radial dos radares na carcaça do Alto-Forno nº1.

Antes da montagem final no processo, foram realizados alguns testes de performance e ajustes de parâmetros dos radares utilizando as plataformas de simulação para validação do projeto e ajustes necessários, mostradas na Figura 4. Durante estes testes foram simulados diferentes alturas e formas de distribuição da carga no alto-forno visando identificação e eliminação de possíveis interferências que pudessem causar problemas após a montagem definitiva. Além disso, foi possível confirmar os resultados satisfatórios das medições dos radares mesmo estando posicionados com ângulos superiores aos sugeridos pelo fabricante.

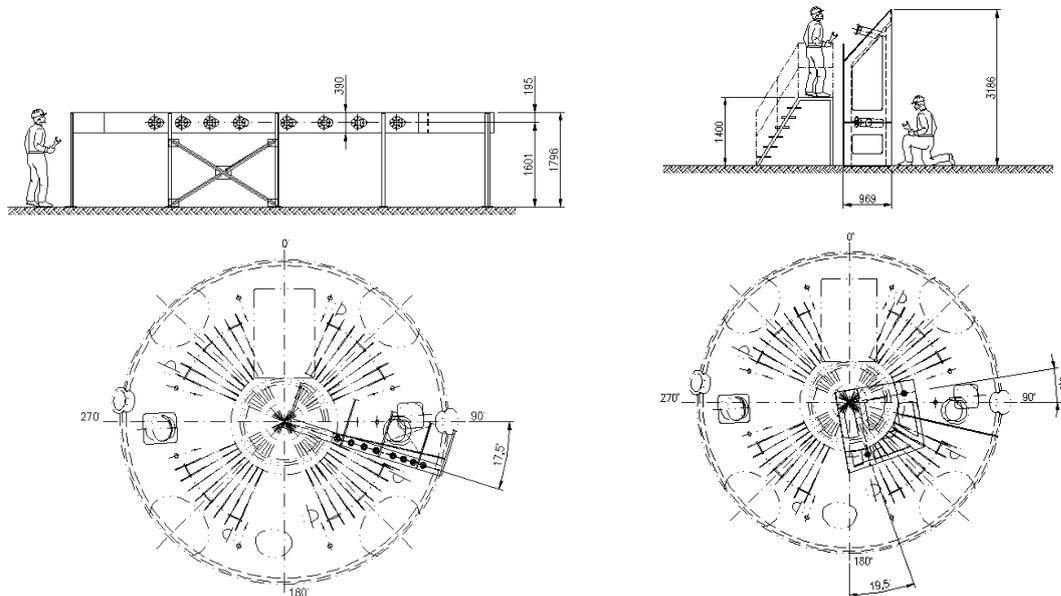


Figura 4. Plataformas de simulação de distribuição de carga no interior do alto-forno.

### 3 RESULTADOS

Os radares foram interligados ao sistema de controle do alto-forno ponto-a-ponto onde foi montada a tela de monitoração apresentada na Figura 4. Estes dados foram transferidos para o software especialista desenvolvido internamente onde são gerados os diferentes perfis de carga por material e a cada carregamento do alto-forno. Este perfil pode ser visualizado nas Figuras 5 e 6.

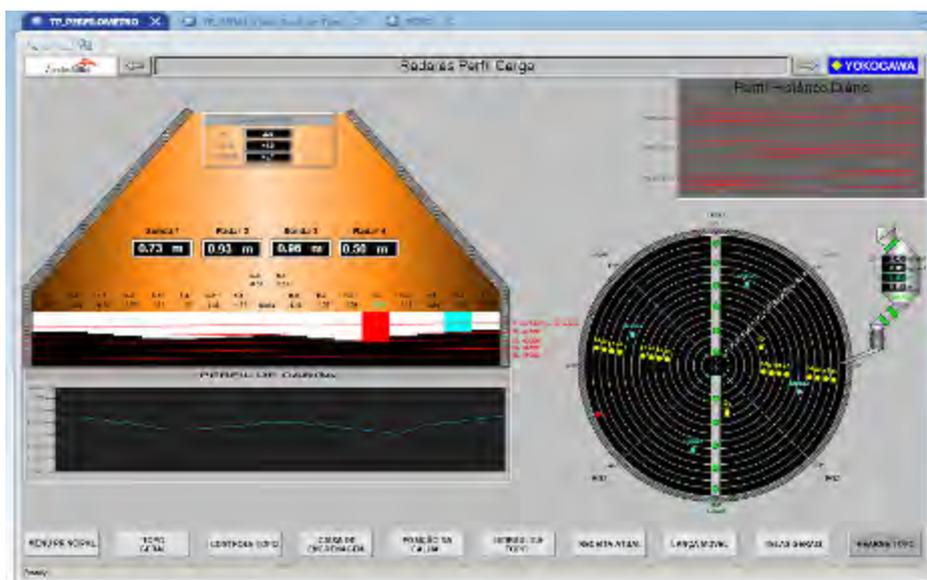


Figura 5. Tela de monitoração de perfil de carga no sistema de controle do Alto-Forno nº1.

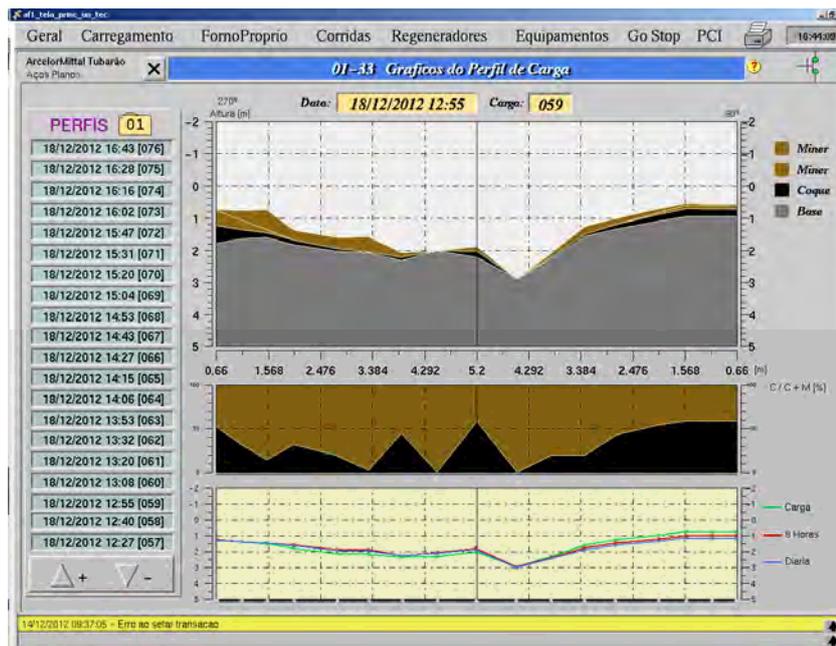


Figura 6. Tela de monitoração de perfil de carga no software especialista do Alto-Forno nº1.

## 4 DISCUSSÃO

Durante a realização deste projeto foram encontrados diversos problemas tais como:

- quantidade de radares versus fragilização da carcaça; e
- furação da carcaça com ângulo correto e configuração de equipamentos para eliminar interferências mecânicas no interior do alto-forno.

Esses problemas foram contornados devido ao envolvimento da equipe e ao bom planejamento das atividades.

## 5 CONCLUSÃO

A monitoração do perfil de distribuição da carga com precisão e, em tempo real, gera informações relevantes para tomada de decisão relacionada à estabilidade operacional do alto-forno e ou ajustes visando otimização de processo. Num comparativo entre a ferramenta de monitoração de perfil de carga com base em radares fixos instalados na carcaça e as tecnologias identificadas no mercado pode-se concluir que a mesma possui as características de alta performance, elevada disponibilidade, baixo custo (redução de 75% do custo em relação à solução clássica).

Os resultados obtidos com este projeto, além do aspecto operacional e de desenvolvimento tecnológico, demonstram que uma eficaz gestão de inovação pode trazer ganhos sistêmicos para as empresas, podendo apresentar significativos ganhos técnicos e financeiros.

## REFERÊNCIAS

- 1 BISWAS, A. K. Principles of blast furnace ironmaking theory and practice. Cootha Press. Brisbane, Australia. p. 169-170, 1981.
- 2 GEERDES, M.; TOXOPEUS, H.; VLIET, C. V. D. Modern Blast Furnace Ironmaking an introduction. IOS Press BV. Amsterdã, Netherlands. p. 68-70, 2009.