

# DIAGNÓSTICO DA LUBRIFICAÇÃO DO GASÔMETRO POR MEIO DA MONITORAÇÃO DA INCLINAÇÃO DO PISTÃO, UTILIZANDO FERRAMENTA PIMS <sup>1</sup>

*José Amador Ribeiro Ubaldo Filho <sup>2</sup>  
José Geraldo da Silva Moreira <sup>3</sup>*

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo prover às equipes de manutenção e operação uma ferramenta que permita a monitoração contínua da inclinação do pistão durante a sua movimentação. Para a manutenção deseja-se aumentar a vida útil do gasômetro através de ações corretivas nos sistemas de lubrificação do gasômetro e balanceamento do pistão. Para a operação tornou-se possível monitorar a velocidade de movimentação do pistão evitando-se inclinações excessivas que impusessem risco operacional. São utilizados sensores laser para a monitoração contínua da posição de 4 pontos do pistão. Por meio destes pontos é possível determinar um plano geométrico médio e calcular a posição de qualquer outro ponto do pistão. Estes dados são adquiridos em tempo real pelo sistema de automação e armazenados no banco de dados do Sistema de Gerenciamento das Informações da Planta - PIMS. Utilizando a ferramenta MS-Excel alimentada com dados disponibilizados pelo PIMS, foram criadas planilhas dinâmicas para cálculo e análise da inclinação do pistão. São disponibilizadas informações históricas e instantâneas como gráficos de inclinação, valores de atrito por nível, maior desnível por período, etc. Com a monitoração contínua do pistão orientada pelos cálculos de inclinação foi possível tomar ações corretivas que resultaram nos seguintes ganhos: melhoria na lubrificação do gasômetro através da identificação das regiões com agarramento; balanceamento do pistão através da identificação de desnivelamento do pistão; redução do desgaste na vedação do gasômetro devido à melhora na lubrificação e no balanceamento; redução do risco operacional por redução da inclinação média do pistão durante a sua operação, limitada a 300 mm e aumento da vida útil do gasômetro.

**Palavras-chave:** Gasômetro; Pistão; Monitoração; PIMS.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica a ser apresentada no IX Seminário de Automação de Processos da ABM, 5 a 7 de Outubro de 2005, Curitiba – PR - Brasil.*

<sup>2</sup> *Analista de Sistemas Industriais – Gerdau Açominas*

<sup>3</sup> *Engenheiro de Manutenção - Gerdau Açominas*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Visão Geral do Sistema de Distribuição de Gases Combustíveis

A área de gases combustíveis da Gerdau Açominas, responsável pelo armazenamento e distribuição dos gases combustíveis gerados no processo siderúrgico, é composta basicamente pelos seguintes equipamentos: gasômetro de Alto-Forno (GAF), 2 boosters para o gasômetro de GAF, gasômetro de Coqueria (GCO), 2 boosters para o gasômetro de GCO, gasômetro de Aciaria (GAC), 3 boosters para o gasômetro de GAC, 2 torres de combustão e equipamentos auxiliares. Os gases gerados nas plantas de Alto-Forno, Coqueria e Aciaria, são armazenados respectivamente nos gasômetros de GAF, GCO e GAC e posteriormente distribuídos para as diversas áreas operacionais da usina, onde são utilizados como combustível. As Torres de Combustão são utilizadas para a queima dos gases nas situações em que a geração é maior do que o consumo de gás, sendo impossível o armazenamento deste excesso nos gasômetros.

Os gasômetros de GAF e GCO da Gerdau Açominas são do tipo Klonne e foram construídos na metade da década de 70, entrando em operação em Julho de 1986 com o início da operação integrada da usina.

## 1.2 Descrição do Funcionamento de um Gasômetro Klonne

Um gasômetro do tipo Klonne é composto de um tanque cilíndrico e um pistão que se movimenta em seu interior. A variação do nível do pistão ocorre em função do volume de gás que entra e sai do gasômetro, conforme podemos observar na Figura 1.

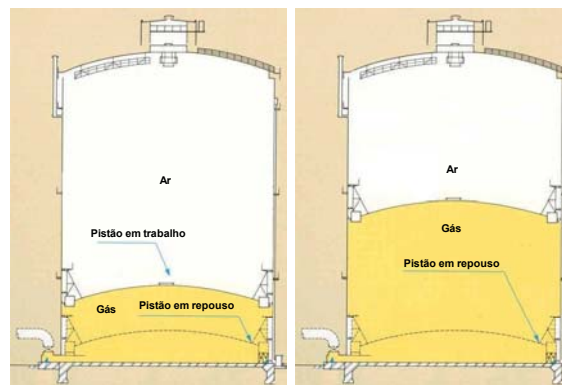
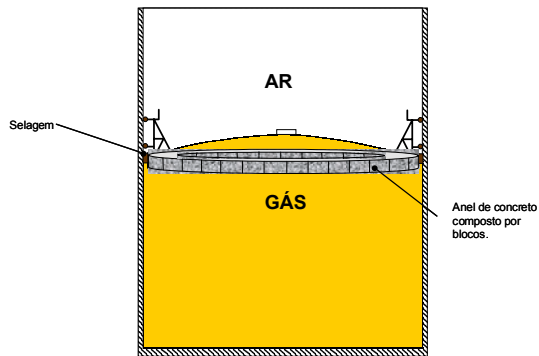


Figura 1. Diagrama esquemático de um gasômetro do tipo Klonne.

A principal função do gasômetro é manter constante a pressão na linha de distribuição de gás, absorvendo as variações decorrentes das alterações no consumo e produção de gás. Como a área do pistão é constante, a determinação da pressão da linha é obtida pelo ajuste do peso do pistão.

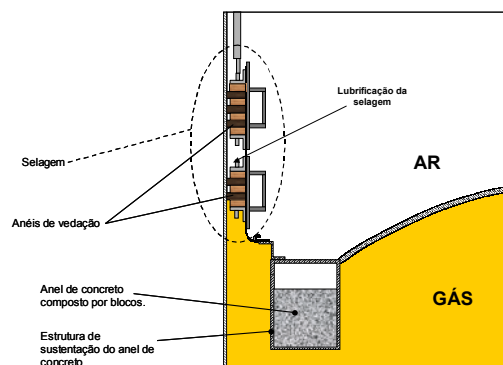
O peso correto é obtido com a colocação de blocos de concreto em uma estrutura de sustentação metálica montada ao longo do perímetro do pistão.

As Figuras 2 e 3 mostram a colocação do anel de concreto e a estrutura de sustentação, respectivamente.



**Figura 2.** Anel de concreto para ajuste de peso do pistão.

Para impedir o vazamento de gás e o contato do mesmo com o ar acima do pistão, o que criaria uma mistura explosiva, existe um sistema de vedação composto por vários anéis de borracha como pode ser observado na Figura 3.



**Figura 3.** Sistema de vedação e estrutura do anel de concreto.

### 1.3 Histórico

Este projeto surgiu para atender uma solicitação da célula Distribuição de Gases Combustíveis da Gerdau Açominas de implementação de uma ferramenta de monitoração contínuo da inclinação do pistão do gasômetro de gás de coqueria.

Esta solicitação ocorreu após o acidente ocorrido em 03 de setembro de 2003 na usina da Nippon Steel Corporation em Nagoya, Japão. O gasômetro de gás de coqueria tipo Klonne, fabricado pela Mitsubishi Heavy Industries, era o mais antigo em operação no Japão, tendo operado por 39 anos.

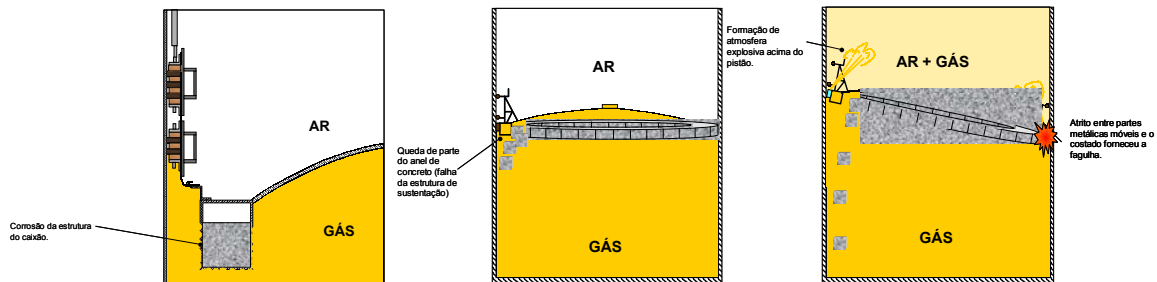
A Figura 4 abaixo mostra cenas deste gasômetro durante e após a explosão.



**Figura 4.** Fotos da explosão no gasômetro da Usina da NIPPON STEEL em NAGOYA, JAPÃO.

A possível causa da explosão seria uma inclinação elevada do pistão, proveniente do desprendimento de alguns blocos do anel de concreto após a corrosão da estrutura de sustentação dos mesmos por agentes componentes do gás de coqueria. Com a inclinação do pistão ocorreu vazamento de gás e atrito entre as partes metálicas móveis do pistão e o costado do gasômetro, com a conseqüente geração de faíscas. Estas faíscas em contato com o gás de coqueria que vazava do gasômetro, mais a presença de ar acima do pistão, ocasionaram a explosão.

A Figura 5 abaixo ilustra as etapas que antecederam o acidente.



**Figura 5.** Seqüência de eventos antecedentes à explosão.

A implantação de um sistema de monitoração contínua da inclinação do pistão permitiria detectar valores de inclinação superior aos limites estabelecidos pelo fabricante. Este sistema permitiria também identificar não só a incorreta distribuição dos pesos, como falhas no sistema de lubrificação e selagem. Esta análise se faz necessária uma vez que alterações na selagem também podem ocasionar vazamentos e riscos de explosão no interior do gasômetro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Medição

Para a monitoração do nível do pistão foram instalados 4 medidores de nível a laser no teto do gasômetro, defasados entre si em 90 graus. Para atender os critérios de segurança exigidos às instalações em área classificada foi desenvolvido um invólucro para o medidor junto a um fabricante. A inclinação do pistão é calculada no sistema de automação e nas planilhas elaboradas.

A Figura 6 mostra fotos da montagem de um medidor de nível no teto do gasômetro.



**Figura 6.** Fotos das montagens dos sensores no teto do gasômetro.

## 2.2 Arquitetura

Para implementação do sistema proposto foi utilizada a arquitetura já existente do sistema de automação do processo de distribuição e controle de gases combustíveis da Gerência de Engenharia Operacional e Utilidades da Gerdau Açominas.

A Figura 7 apresenta a arquitetura utilizada, estando o caminho do sinal da sua origem até o usuário final realçado em vermelho.

Os sinais dos 4 medidores de nível a laser são enviados a uma FCS (Estação de Controle de Campo) instalada na sala de operação local dos gasômetros de Alto-Forno e Coqueria. Nesta FCS é realizado o tratamento matemático básico dos sinais e criadas funções de monitoração e alarme da inclinação instantânea do pistão. Estas informações são disponibilizadas nas estações de operação (HIS), localizadas nas salas de controle local dos gasômetros e na sala de controle central localizada na central termoeletrica.

Por ser mais oneroso o tratamento completo dos dados na FCS, estes dados são enviados pelo servidor OPC ao servidor PIMS e disponibilizados para toda a rede corporativa. Uma vez disponíveis na rede corporativa, os clientes PIMS fazem acesso a estes dados por meio de planilhas do MS-Excel ou de telas configuráveis.

As ferramentas elaboradas utilizam o sistema PIMS para aquisição dos dados e realizam cálculos mais complexos para extração de diversas informações adicionais relacionadas às condições operacionais do gasômetro.

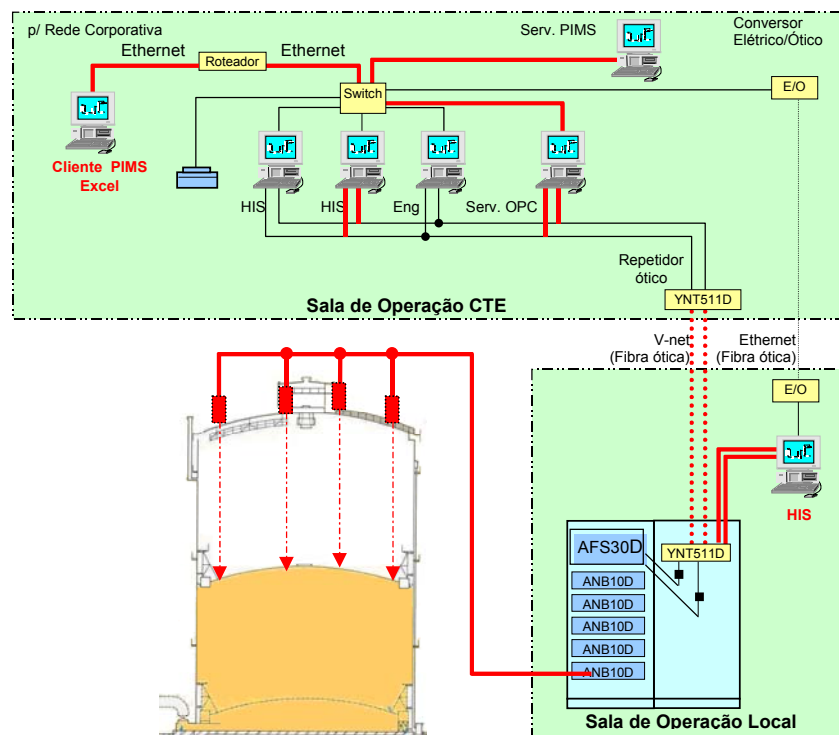


Figura 7. Arquitetura do Sistema de Gases Combustíveis

## 2.3 Tratamento Matemático

A questão a ser resolvida era basicamente a seguinte:

Como identificar o maior desnivelamento do pistão, uma vez que não se tem garantia que este desnivelamento ocorrerá nas posições onde foram instalados os medidores de nível a laser?

A solução encontrada seria determinar algebricamente os demais pontos e calcular o desnível resultante em cada par de colunas simétricas.

Os medidores de nível fornecem valores reais para 4 pontos do pistão, medidos em relação ao teto do gasômetro. Para definirmos um plano geométrico são necessários apenas 3 pontos; desta forma, os 4 pontos foram agrupados 3 a 3 para cálculo de 4 planos. A partir destes planos é calculado o plano médio, passando a ser referência da posição do pistão. Caso haja algum laser em manutenção ou seja detectada inconsistência nos dados medidos, o seu valor é desprezado e o plano obtido pelos demais pontos assume a referência de posição do pistão. A intersecção deste plano com o cilindro do gasômetro permite obter a altura dos demais pontos do pistão, referenciados pelas colunas do cilindro do gasômetro.

A Figura 8 nos mostra um gráfico polar com os planos individuais e o plano médio calculados, quanto mais distante do centro do gráfico está o ponto, mais elevada é a sua posição em relação aos demais pontos do pistão. Os pontos são calculados por coluna do gasômetro.

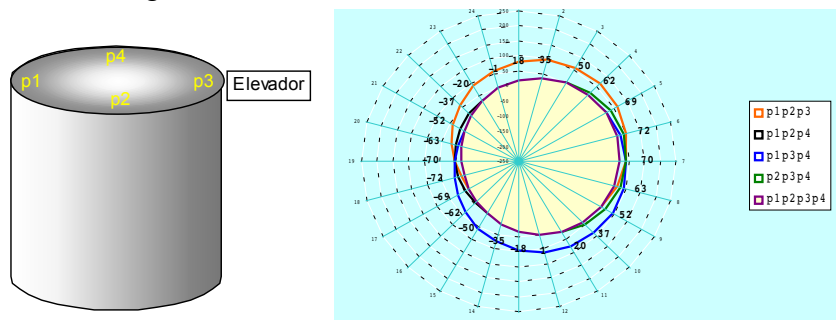


Figura 8. Gráfico polar com os desníveis nas várias colunas do gasômetro.

## 2.4 Controle dos Dados

Foram criadas planilhas para acompanhamento da operação do gasômetro onde são disponibilizados relatórios históricos e instantâneos contendo as seguintes informações on line, por turno e diárias:

- Desnível: data, hora, valor, colunas, nível e pressão interna do gasômetro.
- Qualidade: Medições acima do limite de segurança, medições válidas realizadas, medições descartadas, percentual de medições válidas acima do limite de segurança.

RESUMO				Indicadores Diários					
Medições - Maior desnivelamento				Medições Fora do Limite	Medições Válidas	Percentual Medições Válidas Acima do Limite	Medições Descartadas	Integral Inclinação Diária	
Data / Hora	Maior Desnível	Nível Gasômetro	Pressão Interna Gasômetro						
	Valor	Colunas							
03/03/2004 08:46	350,4812201	6 - 18	46781,89844	590,6376953	9	1293	0,70%	0	195005,82
04/03/2004 01:00	342,4496138	5 - 17	33914,08594	598,1881104	6	1397	0,43%	1	181337,67
05/03/2004 10:00	374,7620074	10 - 22	9483,344727	620,4686279	10	1293	0,77%	15	212386,27

RESUMO				Indicadores Diários					
Medições - Maior desnivelamento				Medições Fora do Limite	Medições Válidas	Percentual Medições Válidas Acima do Limite	Medições Descartadas	Integral Inclinação Diária	
Data / Hora	Maior Desnível	Nível Gasômetro	Pressão Interna Gasômetro						
	Valor	Colunas							
A 03/03/2004 03:00	314,5385472	8 - 20	25968,16602	601,7312012	4	471	0,85%	0	76381,01
B 03/03/2004 08:46	350,4812201	6 - 18	46781,89844	590,6376953	1	355	0,28%	0	51559,34
C 03/03/2004 21:19	313,2004951	9 - 21	26202,05273	605,0517578	4	467	0,86%	0	67065,47
A 04/03/2004 01:00	342,4496138	5 - 17	33914,08594	598,1881104	3	474	0,63%	0	62085,34
B 04/03/2004 08:44	317,9823228	7 - 19	34652,51953	595,4089966	3	469	0,64%	1	63350,02
C 04/03/2004 19:28	298,3330294	8 - 20	27624,66992	593,9273682	0	454	0,00%	0	55902,31
A 05/03/2004 06:41	312,6912215	7 - 19	32311,50586	592,0085449	2	477	0,42%	0	76837,47
B 05/03/2004 10:00	374,7620074	10 - 22	9483,344727	620,4686279	7	390	1,79%	15	74317,50
C 05/03/2004 21:07	302,8201125	3 - 15	23552,24219	566,411438	1	425	0,24%	0	61101,53

Figura 9. Relatório de 3 dias com informações pertinentes ao controle da inclinação do pistão.

Além destes relatórios estão disponíveis gráficos de tendência, gráficos radares e gráficos de barra para análise histórica e on-line de alguns parâmetros como inclinação, pressão, nível e atrito. Estes gráficos estão representados pelas Figuras 8, 10 e 11.

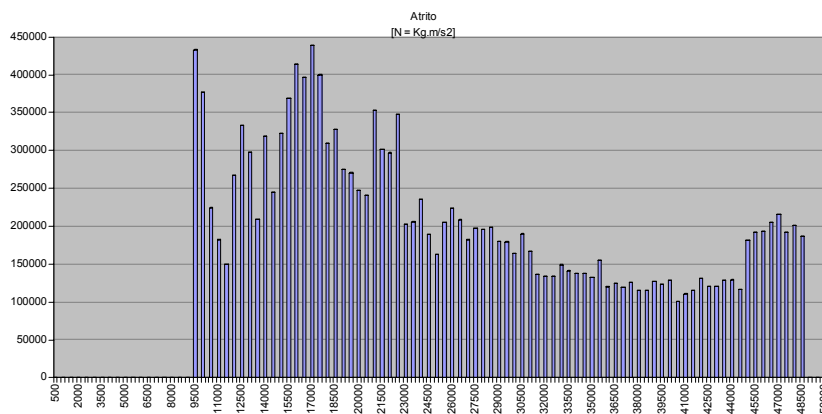


Figura 10. Gráfico de barras para análise setorial do atrito.

O atrito é calculado para um período de movimentação determinado e obtido através das forças relacionadas à pressão interna, área, peso e aceleração do pistão. O valor de atrito apresentado é um valor médio calculado por faixas de nível do gasômetro; definido para faixas de 500 Nm<sup>3</sup>.

#### 2.4.1 Ajuste dos sistemas de lubrificação e balanceamento

A análise do gráfico de inclinação do pistão em conjunto com a informação de nível do gasômetro permite a identificação de cenários onde são evidenciadas falhas setoriais na lubrificação das paredes do gasômetro. Estas condições são caracterizadas por inversões bruscas e momentâneas na polaridade da inclinação do pistão.

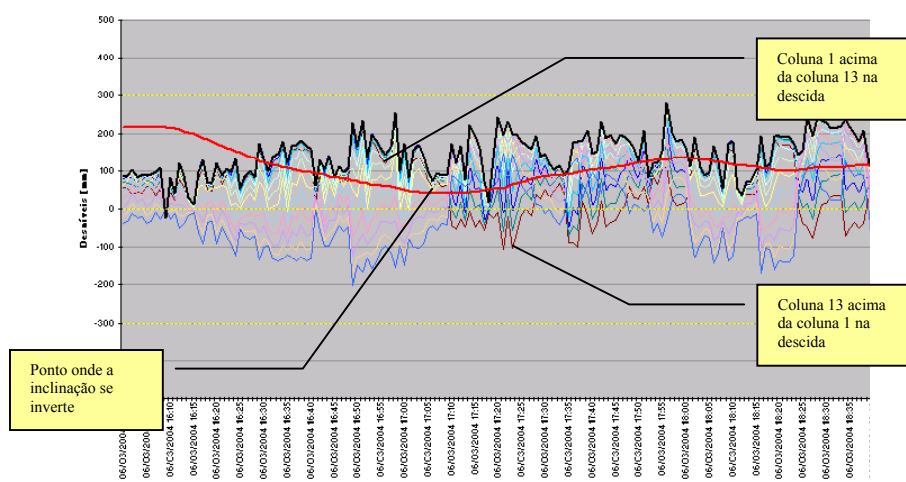


Figura 11. Curva típica de deficiência de lubrificação do pistão

De forma semelhante, o desbalanceamento do pistão pode ser identificado e estimado através da análise do mesmo gráfico. Na identificação de um cenário onde

não há alteração do nível do gasômetro é possível detectar a inclinação do pistão, possivelmente causada pela má distribuição dos pesos ao longo do seu perímetro.

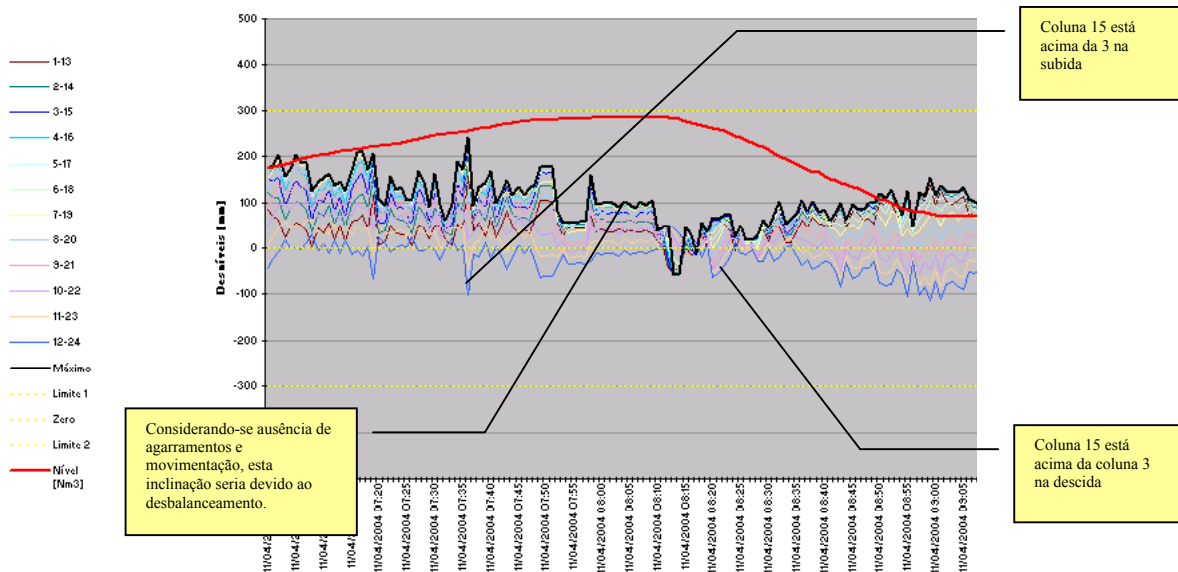


Figura 12. Curva típica de necessidade de balanceamento do pistão

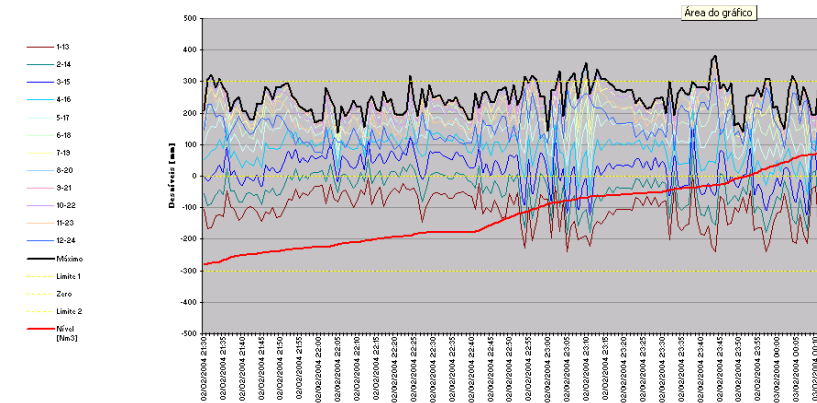
### 3 RESULTADOS

Com a monitoração contínua do pistão orientada pelos cálculos de inclinação foi possível tomar ações corretivas que resultaram nos seguintes ganhos:

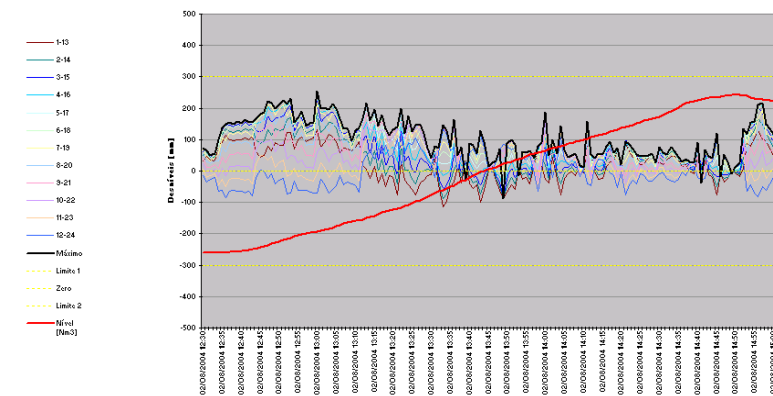
- Melhoria na lubrificação do gasômetro através da identificação das colunas com agarramento.
- Balanceamento do pistão através da identificação de desnivelamento do pistão.
- Redução do desgaste na vedação do gasômetro devido à melhora na lubrificação e no balanceamento.
- Redução do risco operacional por redução da inclinação média do pistão durante a sua operação, limitada a 300 mm.
- Aumento da vida útil do gasômetro.

As Figuras 13 e 14 mostram o comportamento do gasômetro durante uma elevação rápida de nível, antes e após a implantação do sistema.





**Figura 13.** Desníveis dos gasômetros durante elevação de nível (antes ações corretivas).



**Figura 14.** Desníveis dos gasômetros durante elevação de nível (após ações corretivas).

## 4 CONCLUSÃO

O sistema de automação da área de gases combustíveis da Gerdau Açominas trouxe como principal benefício maior segurança para todo o pessoal envolvido neste processo, benefício este imensurável quando se trata de garantir melhores condições de trabalho a pessoas. Também foram contabilizadas as seguintes melhorias com a implantação do sistema: rastreabilidade total do processo em tempo real e historicamente, aumento na recuperação de gás de Aciaria, facilidade de operação e manutenção do sistema e maior repetibilidade operacional através da redução do número de operações em manual.

O sistema PIMS contribui significativamente para a agilidade na análise de ocorrências e problemas e permite a implementação de funções avançadas, estudo e otimização do processo. As ferramentas desenvolvidas e disponibilizadas vieram atender necessidades identificadas pelas equipes de operação e manutenção, suportando o cumprimento de algumas metas operacionais estabelecidas.

A monitoração contínua da inclinação do gasômetro de coqueria e informações adicionais disponibilizadas pelo sistema implementado acarretaram em mudança da forma de operação e manutenção do gasômetro. A operação reduziu as variações bruscas no nível e inclinação do gasômetro, enquanto a manutenção atuou pontualmente no balanceamento do pistão e na lubrificação de regiões específicas do gasômetro. A ação conjunta destas equipes trouxe maior estabilidade e segurança operacional ao processo de distribuição de gases combustíveis da Gerdau Açominas.



**Figura 15.** Foto do Gasômetro de Coqueria da Gerdau Açominas.

# GASHOLDER LUBRICATE DIAGNOSIS BY PISTON'S INCLINATION MONITORING, USING PIMS <sup>1</sup>

*José Amador Ribeiro Ubaldo Filho <sup>2</sup>*

*José Geraldo da Silva Moreira <sup>3</sup>*

## **Abstract**

This paper aims to give an overview of a continuous inclination-monitoring tool of coke-oven gasholder piston for maintenance and operation teams. The maintenance team has a goal of increase coke-oven gasholder lifetime with corrective actions in lubricating and leveling systems. The developed tool allows operators to monitor piston's speed sliding and inclination, reducing operational risk. Laser sensors are used to continuously monitor four points on piston. Using these measurements it is possible to determine the average geometric plane and any therefore other point at piston's surface. These measurements are acquired in real time by the automation system and stored in the Plant Information Management System (PIMS) database. Dynamic electronic sheets were developed using MS-Excel to calculate and analyze piston's inclination; PIMS data is used on it. Historical and instant data are available in these sheets such as piston's inclination, friction per gasholder level, highest inclination per period and other information. The continuous piston monitoring supported by analysis tools allowed corrective actions leading to these advantages: better performances of gasholder lubricating system, identifying areas with lubrication problems; correct piston's leveling, identifying continuously piston's inclination; stress reduction on gasholder sealing, due to corrective actions in lubricating and leveling systems; operational risk reduction by reduces on piston's average inclination during sliding, limited to 300 mm and Gasholder lifetime increase.

**Key-words:** Gasholder; Piston; Monitoring; PIMS.

<sup>1</sup> *Technical Contribution to be presented in the IX Process Automation Seminar of ABM, October/2004, Curitiba – PR – Brazil*

<sup>2</sup> *Industrial Systems Analyst - Gerdau Açominas*

<sup>3</sup> *Maintenance Engineer - Gerdau Açominas*