

# SISTEMA DE CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS DE ACIARIA DA COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO<sup>1</sup>

*Alexandre Rosado Barbosa<sup>2</sup>  
César Hitoshi Yoshikawa<sup>3</sup>  
Cleber Torres<sup>4</sup>  
Valter Barbosa de Oliveira Junior<sup>5</sup>*

## **Resumo**

O objetivo deste trabalho é apresentar as etapas, as estratégias de otimização e as interfaces introduzidas para a implantação do Sistema de Controle de Distribuição de Gás de Aciaria (LDG) da Companhia Siderúrgica de Tubarão, visando a maximização da recuperação deste gás para a geração de energia elétrica. A implantação deste projeto exigiu a criação de um grupo de especialistas de diversas áreas, para discussão e estudo detalhado do processo, e o desenvolvimento de simulações do processo para especificação, dimensionamento de equipamentos e avaliação dos resultados esperados.

**Palavras-chave:** Controle, Gasômetro; Distribuição de gás.

---

<sup>1</sup>IX SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, 05 a 07 de Outubro de 2005, Estação Embratel Convention Center – Curitiba – Paraná – Brasil.

<sup>2</sup>Engenheiro Mecânico, Especialista Energia e Utilidades, Companhia Siderúrgica de Tubarão;

<sup>3</sup>Engenheiro Eletrônico, Especialista de Automação, Companhia Siderúrgica de Tubarão;

<sup>4</sup>Engenheiro Mecânico, Especialista de Desenvolvimento Mecânico, Companhia Siderúrgica de Tubarão;

<sup>5</sup>Engenheiro Eletricista, Especialista de Automação, ETPI Informática e Automação Ltda.

## 1 INTRODUÇÃO

Visando manter o equilíbrio energético da usina após a expansão da produção de placas, de 4.5 Mt/ano para 5.0 Mt/ano, a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) implantou em 2004 os sistemas de recuperação e de distribuição de gás de Aciaria, gás doravante chamado de LDG, que, até então, era freqüentemente queimado nas chaminés de sua Aciaria. Atualmente, o gás LDG recuperado é destinado exclusivamente à geração de energia elétrica nas Centrais Termelétricas (CTE's) da CST, porém, já existem estudos para a utilização deste gás em outras áreas da Usina.

Para possibilitar a recuperação do LDG, um novo gasômetro, com volume útil de 72.000 m<sup>3</sup> foi construído para possibilitar o armazenamento deste gás e, assim, torná-lo disponível para consumo. O sistema de recuperação de gás, incluindo o gasômetro de LDG, foi fornecido, em regime *turn-key*, pela empresa *Kawasaki Heavy Industries Ltd*, do Japão.

O sistema de distribuição de LDG, surgiu através da necessidade, identificada pela CST durante a implantação do sistema de recuperação de LDG, da existência de um sistema automático de gerenciamento do consumo de LDG, com capacidade de fornecer uma previsão da disponibilidade de gás LDG e que pudesse auxiliar os operadores do Sistema de Distribuição de Combustíveis (do Centro de Utilidades da CST) a administrar o aproveitamento e a utilização do gás LDG de forma otimizada, considerando a integração das partes envolvidas no processo: produtor, distribuidor e consumidor do gás. Este sistema foi desenvolvido pela CST, com o suporte técnico das empresas: JFE (*JFE Engineering Corporation*), do Japão, para consultoria durante a fase de engenharia básica), ETPI Informática e Automação Ltda (de Vitória – ES, engenharia básica e supervisão do projeto) e Unitech Engenharia de Automação Ltda (de Belo Horizonte – MG, consolidação da engenharia básica, engenharia detalhada e implantação).

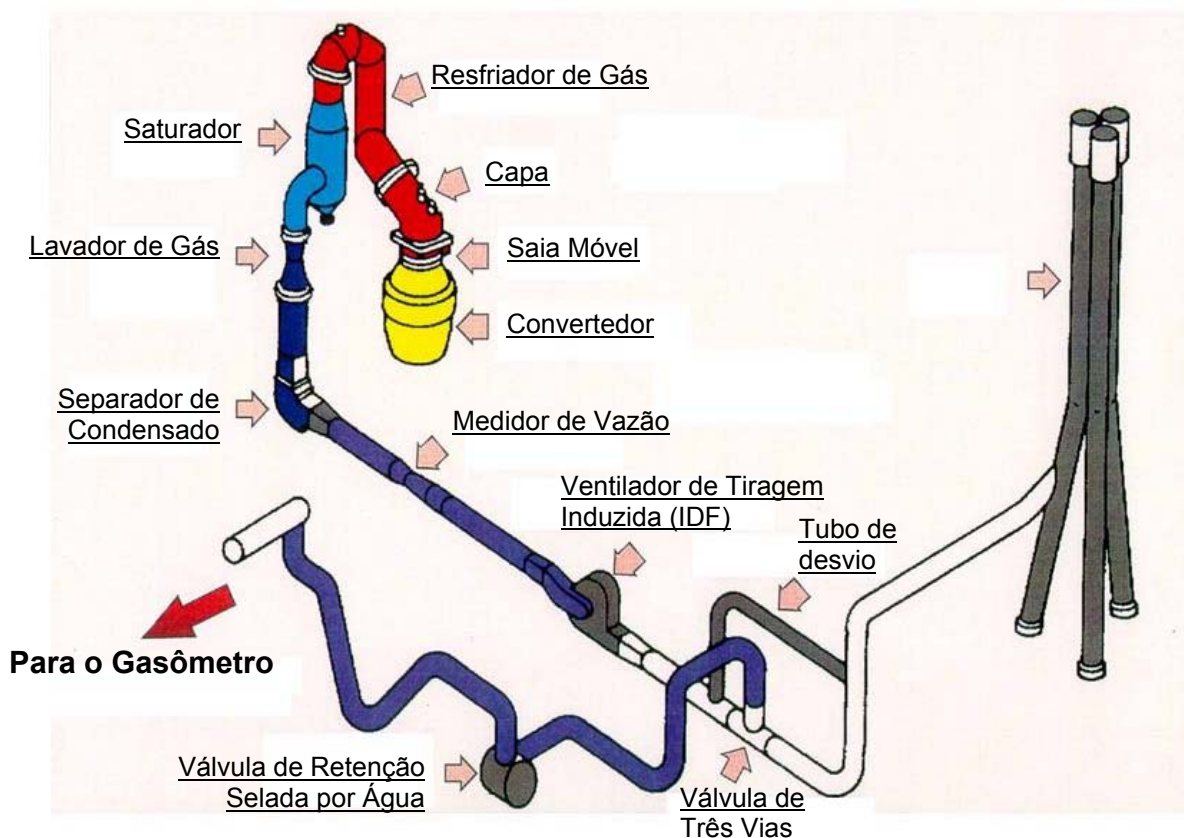
O objetivo deste trabalho é apresentar as etapas, as estratégias de otimização e as interfaces introduzidas para a implantação do sistema de distribuição de LDG (chamado de Sistema de Controle Distribuição de LDG, ou SCD-LDG) da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

## 2 VISÃO GERAL DO PROCESSO

### 2.1 Sistema de Recuperação de LDG

O gás de Aciaria – LDG – é produzido durante o processo de produção de aço, onde é soprado oxigênio no ferro gusa visando a redução da quantidade de carbono. Como resultado ocorre à oxidação do carbono gerando o gás combustível que possui poder calorífico inferior próximo a 2.000 Kcal/Nm<sup>3</sup> e com a seguinte composição química característica: 71,6% de monóxido de carbono (CO), 12,6% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 14,6% de nitrogênio (N<sub>2</sub>) e 1,2% de outros componentes.

O LDG é produzido nos convertedores da Aciaria. Ele é succionado de cada convertedor por um ventilador de tiragem induzida (IDF) e passa por um sistema de lavagem, resfriamento, separação de pó e condensado (veja a Figura 1). A qualidade deste gás é controlada através de analisadores, que indicam continuamente a composição química do gás. Enquanto a quantidade de oxigênio for maior do que 1% e a quantidade de monóxido de carbono (CO) inferior a 40% todo o gás é enviado para a torre de queima. Quando as condições anteriores são invertidas, o gás está na qualidade requerida para consumo é desviado pela válvula 3 vias para o gasômetro. Caso haja algum problema no sistema de recuperação o gás é desviado para a torre de queima através da válvula 3 vias.



**Figura 1.** Diagrama esquemático do Sistema de Recuperação de LDG.

Atualmente, existem dois convertedores na Aciaria. O LDG é produzido a cada corrida da Aciaria, durante o intervalo de tempo em que ocorre os sopros de oxigênio, ou seja, trata-se de um processo de bateladas, a produção do gás não é contínua. Os sopros de oxigênio ocorrem em períodos alternados em cada convertedor.

O sistema de recuperação de LDG foi projetado tendo como referência os dados mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados de projeto do sistema de recuperação de LDG.

Tamanho da corrida	315 t/corrida
Tempo de sopro	16 minutos
Tempo <i>tap-to-tap</i>	40 minutos
Vazão de sopro de oxigênio	66.000 Nm <sup>3</sup> /h
Vazão de LDG gerado	192.000 Nm <sup>3</sup> /h (máximo)
Fator de combustão	0,1
Corridas por dia na Aciaria	44 (máximo 54) fase atual 68 (máximo 80) fase 7,5 Mt/ano
LDG recuperado	90 Nm <sup>3</sup> /t de aço líquido
Poder calorífico inferior do LDG	2.000 kcal/Nm <sup>3</sup>
Temperatura máxima do LDG na entrada do gasômetro	70° C
Umidade do gás	100% (saturado)
Pressão de trabalho do gasômetro	200 mmH <sub>2</sub> O
Vazão média na saída do gasômetro	63.500 Nm <sup>3</sup> /h

## 2.2 Sistema de Distribuição de LDG

O LDG recuperado é enviado ao gasômetro, que armazena o gás e fornece uma pressão constante às tubulações de entrada e saída do mesmo. A pressão de projeto do gasômetro é de 200 mmH<sub>2</sub>O. Na saída do gasômetro, existem dois *boosters* (sopradores) para elevar a pressão do LDG de 200 para 1100 mmH<sub>2</sub>O e permitir, desta maneira, a distribuição do gás para os consumidores.

Atualmente, os consumidores do LDG são as quatro centrais termelétricas (CTE's) da Casa de Força da CST. As CTE's da CST são constituídas por sistemas formados por conjuntos: Caldeira – Turbina – Gerador (ver Figura 2).

Inicialmente, era previsto que todo o LDG produzido deveria ser consumido exclusivamente na central termelétrica nº 4 (CTE-4), pois esta é a única CTE que foi projetada e fornecida com queimadores para LDG. Em condições excepcionais, como por exemplo, paradas da CTE-4 para manutenção ou paradas de emergência, o LDG poderia ser misturado ao BFG, provocando um aumento do poder calorífico inferior deste gás (de aproximadamente 810 kcal/Nm<sup>3</sup> para até o máximo de 1100 Nm<sup>3</sup>/h). Entretanto o perfil de produção do LDG em bateladas não combina com o perfil de consumo de combustíveis das caldeiras, que normalmente ocorre à vazão constante. Para conseguir recuperar todo o LDG produzido, seria necessária a realização periódica de manobras para a inserção ou remoção de combustíveis na caldeira, em períodos curtos de tempo, conforme a produção do LDG e os níveis mínimo e máximo de armazenamento permitido pelo gasômetro. A realização periódica destas manobras representaria para a CST um alto fator de risco de desarme das CTE's, ou seja, perda de geração de energia elétrica da usina, com a possibilidade de parada de áreas de produção. Isto poderia ocorrer porque as quatro CTE's são interligadas através de um sistema elétrico único e a perda de geração de uma CTE implicaria no aumento de geração das outras CTE's ou o consumo (compra) de energia elétrica do sistema interligado brasileiro. Diante desta situação foi criado um grupo de estudo para encontrar uma solução técnica de engenharia que permitisse otimizar o consumo de LDG com a menor interferência possível sobre a geração de energia elétrica.

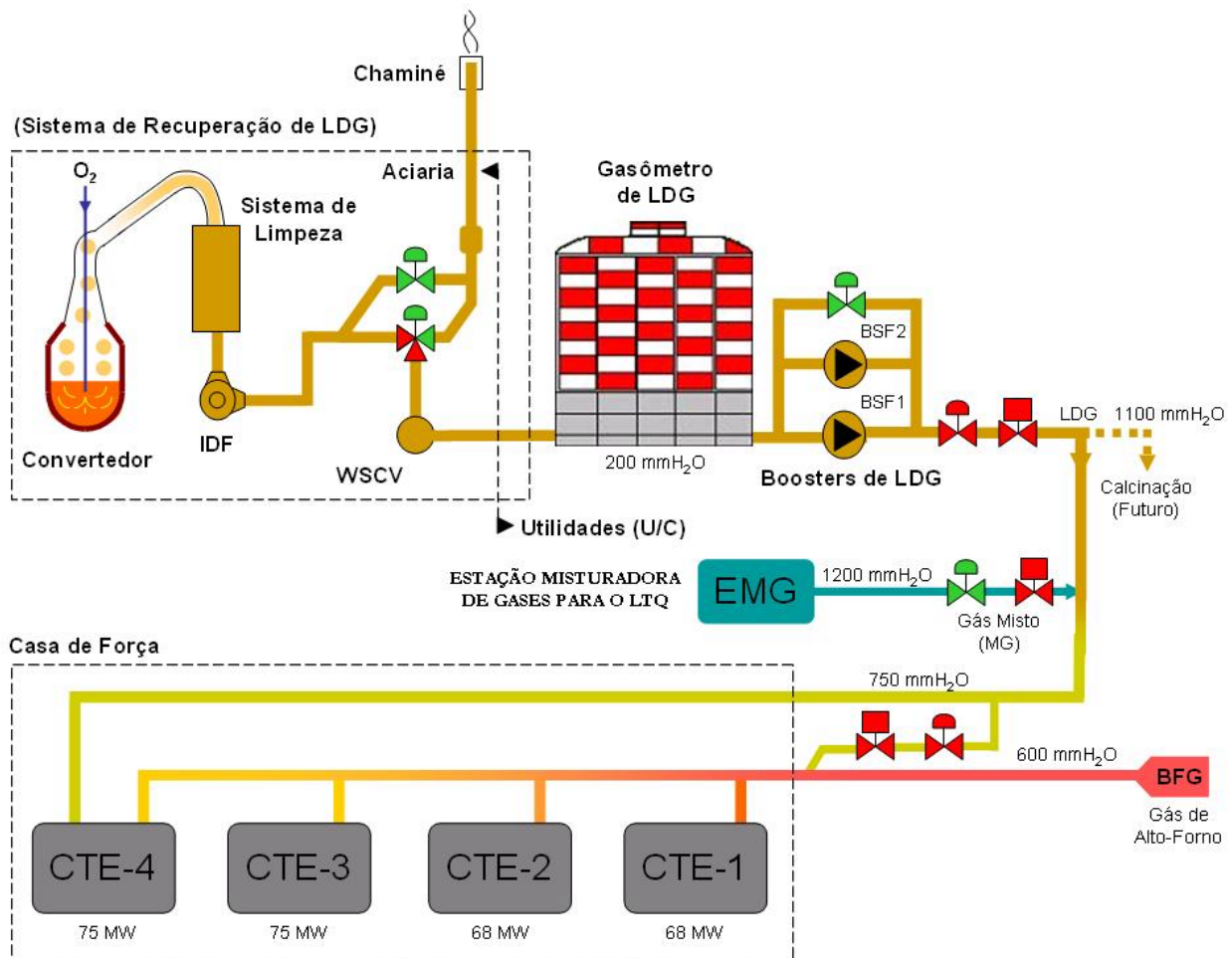


Figura 2. Sistema de Distribuição de LDG.

### 3 SISTEMA DE CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DE LDG

#### 3.1 Introdução

Diante da necessidade de otimizar o consumo do LDG, foi criado na CST um grupo de estudo, constituído por especialistas das diversas áreas envolvidas no projeto do sistema de recuperação de LDG. O resultado deste estudo foi a criação do projeto chamado de “Sistema de Controle de Distribuição de LDG”, doravante chamado de SCD-LDG, com a finalidade de disponibilizar recursos que viabilizem o aproveitamento total de LDG recuperado. Devido às diferenças entre os perfis de produção de LDG pela Aciaria, em bateladas, e de consumo de LDG, à vazão constante pela CTE-4, apenas com o gasômetro de LDG e o consumo exclusivo da CTE-4 seria impossível aproveitar todo o LDG recuperado pela Aciaria, devido à limitação da capacidade de armazenamento de LDG pelo gasômetro.

## **3.2 Desenvolvimento do Projeto**

### **3.2.1 Levantamento de dados/informações**

Foram identificadas as seguintes restrições sobre o sistema de distribuição de LDG:

- (a) Não existia uma integração entre os sistemas de controle das partes envolvidas no fluxo de LDG:
  - a. Sistema de Recuperação de LDG: Já descrito anteriormente;
  - b. Sistema de Distribuição de Utilidades (Centro de Utilidades ou U/C): Centro de Controle, constituído de várias estações de operação, de onde operadores supervisionam a produção, o armazenamento e a distribuição de utilidades por toda a usina;
  - c. Estação Misturadora de Gases (EMG): Responsável pela produção de gás misto (MG) para o laminador de tiras a quente (LTQ), com poder calorífico inferior de  $2700 \text{ kcal/Nm}^3$ , obtido da mistura de gás de alto-forno (BFG), gás de coqueria (COG) e gás natural (NG). Durante intervalos de baixa produção do LTQ, o MG é misturado ao LDG para compensar o excesso de produção de MG nestes intervalos.
  - d. Central Termelétrica N° 4 (CTE-4): Já descrita anteriormente.
- (b) A princípio, cada área (Sistema de Recuperação de LDG, EMG e CTE-4) seria operada independentemente e todo o controle de distribuição do LDG estaria nas mãos do operador do Centro de Utilidades.
- (c) A CST não tinha experiência em recuperação de LDG.

No projeto do Sistema de Recuperação de LDG, existiam as seguintes restrições:

- (a) O escopo do projeto não previa a integração entre as áreas: Utilidades e Casa de Força;
- (b) Não fornecia ferramentas de auxílio ao operador para cálculo da vazão ideal de consumo de LDG;
- (c) O controle automático do nível do gasômetro não considerava os regimes de fluxo do sistema de distribuição e regime de consumo de LDG;
- (d) As principais garantias para o processo de envio de LDG à Casa de Força eram: Armazenamento do LDG no gasômetro e Controle da Pressão de envio do LDG.

### **3.2.2 Estudo do processo**

Como a CST não tinha experiência na recuperação do LDG, foram buscadas referências de utilização do LDG em usinas siderúrgicas brasileiras. Foram visitadas as usinas: CSN, Usiminas e Açominas.

Nos modelos de uso do LDG analisados foi constatado que:

- (a) O LDG é utilizado muitas vezes misturado com outro combustível, como o BFG;
- (b) Faz-se o uso de um gás misto equivalente para substituição do LDG (p.ex. BFG + GLP ou BFG + NG), para absorver as variações do suprimento.

Além das referências no Brasil, obtiveram-se também informações sobre a utilização do LDG nas Usinas Japonesas (via artigo técnico NSC – Seitetsukenkyu No.293,1978) e Chiba (consultoria JFE).

A partir das referências encontradas, a CST desenvolveu simulações do processo, para vários tipos de perfis de consumo e produção de LDG, tomando-se como base de dados os registros históricos de sopro de oxigênio nos convertedores da Aciaria, incluindo também restrições dos equipamentos e condições de operação diferenciadas, tais como:

- (a) Simulação do fornecimento de LDG somente para a CTE-4;
- (b) Simulação da Injeção de todo o LDG no BFG;
- (c) Simulação do fornecimento constante de LDG e o volume excedente injetado no BFG para CTE's;
- (d) Simulação das condições relativas aos itens anteriores, considerando a mistura de MG ao LDG.

As simulações foram desenvolvidas em planilhas do programa Microsoft Excel.

A partir das informações coletadas, chegaram-se as seguintes conclusões a respeito do sistema de controle de distribuição a ser implantado na CST:

- (a) É preciso garantir o suprimento de LDG à CTE-4 numa vazão constante de modo a reduzir o número de manobras operacionais sobre as três CTE's;
- (b) Considerando um ritmo de recuperação regular de LDG pela Aciaria, é possível garantir uma vazão mínima constante de LDG para a CTE-4. O excedente de LDG gerado deverá ser misturado ao BFG que alimenta as CTE's 1, 2, 3 e 4;
- (c) O MG pode ser misturado ao LDG nos casos de redução de vazão de MG para o LTQ, evitando-se, assim, a queima de MG na torre de queima.
- (d) A simulação de recuperação de LDG previu os seguintes dados para o projeto:
  - a. Vazão constante de LDG garantida para a CTE-4: 25.000 Nm<sup>3</sup>/h;
  - b. Vazão média de LDG a ser misturado ao BFG: 15000 Nm<sup>3</sup>/h;
  - c. Geração de Energia Elétrica prevista na CTE-4: 64 MW (45MW devido à BFG e COG, e 19 MW devido à LDG);
  - d. Geração de E.E. devido ao LDG misturado ao BFG: 11 MW.
- (e) Devido ao regime de geração de LDG, por bateladas, com grandes variações de vazão de LDG gerado, em intervalos, relativamente, curtos de tempo, é necessário desenvolver um sistema de controle automático para o controle da distribuição do LDG.

### **3.2.3 Implantação do sistema**

A partir das informações obtidas no estudo do processo, chegou-se a um modelo e uma especificação técnica para o sistema de controle de distribuição de LDG da CST (o SCD-LDG). Este sistema tem os seguintes objetivos:

- (a) Efetuar o cálculo dinâmico da vazão ideal de consumo de LDG tendo como base a vazão média de LDG recuperado, de forma a garantir o fornecimento estável de LDG à Casa de Força (ou novos consumidores) e o melhor aproveitamento do LDG;
- (b) Fazer o controle automático do nível do gasômetro e da vazão de LDG visando o melhor aproveitamento do LDG;
- (c) Promover a integração entre as áreas: Aciaria x Utilidades x Casa de Força (e futuros consumidores).

Devido ao curto prazo para a implantação do SCD-LDG, a modalidades de contratação mais viável foi a contratação em pacote *turn-key*, conforme engenharia básica desenvolvida pelo grupo de especialistas da CST.

Basicamente, o escopo do projeto envolveu os seguintes itens:

- (a) Consolidação da Engenharia Básica;
- (b) Engenharia detalhada;
- (c) Implementação no controlador lógico programável (CLP) de controle do gasômetro de LDG as funções de controle da vazão de LDG para consumidores e controle do nível do gasômetro;
- (d) Promover a integração entre as áreas: Aciaria, Centro de Utilidades e Casa de Força;
- (e) Instalar válvula de controle de pressão e medição de vazão para o LDG que é misturado ao BFG;
- (f) Instalação de um calorímetro para monitoração e limitação do PCI do BFG para a Casa de Força.
- (g) Controles e interfaces entre EMG, Gasômetro e CTE-4.

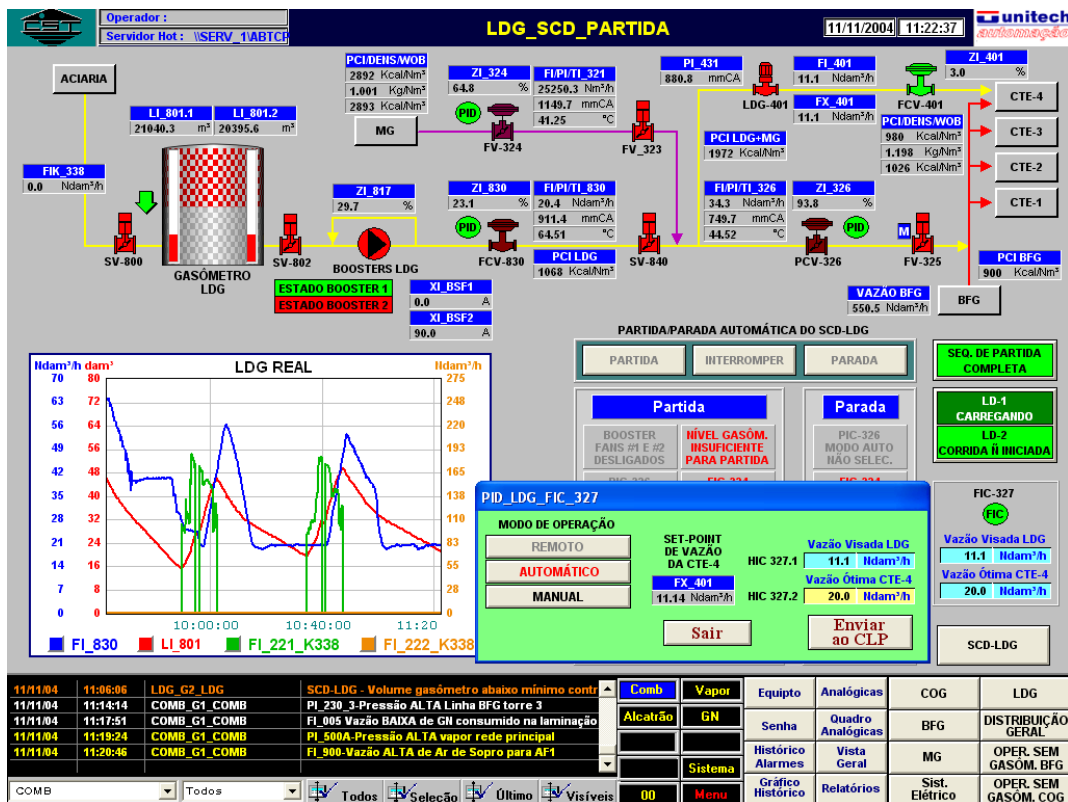


Figura 3. Tela gráfica implementada para o SCD-LDG.

A Figura 3 mostra uma das telas gráficas implementadas em estações de operação no Centro de Utilidades da CST. Nas estações de operação da CTE-4 foi implementada uma tela similar a esta para monitoração da disponibilidade do LDG.



## 4 RESULTADOS

No dia 09 de agosto de 2004 às 13h00 foi iniciada a recuperação de gás de Aciaria na CST. A partir do dia 1º de setembro de 2004 foram iniciados os testes do sistema de controle de distribuição de LDG, terminando-se no dia 03 de setembro de 2004. Durante o mês de setembro foram realizadas a operação assistida e o treinamento do sistema.

A Tabela 2, a seguir, mostra os resultados obtidos.

**Tabela 2.** Resultados do Projeto.

	Item	Previsto em Simulação	Real
Aciaria	Volume de aço por corrida (t)	315	315
	LDG recuperado / tonelada de aço (Nm <sup>3</sup> /t)	80.00	94,06
Parâmetros	Vazão de LDG para a CTE-4 (Nm <sup>3</sup> /h)	25.000	36.058
	Número de CTE's em operação	4	4
LDG	Vazão média de LDG consumido (Nm <sup>3</sup> /h)	40.052	55.815
	Volume máximo do gasômetro (m <sup>3</sup> )	66.109	64.957
	Volume mínimo do gasômetro (m <sup>3</sup> )	14.169	18.422
	Volume médio do gasômetro (m <sup>3</sup> )	43.025	49.245
	Vazão média de MG mist. ao LDG (Nm <sup>3</sup> /h)	0	1.459
	Vazão média de LDG mist. ao BFG (Nm <sup>3</sup> /h)	15.052	19.757

## 5 CONCLUSÃO

O resultado desse projeto foi a criação de um sistema de controle de distribuição e mistura em linha de gases (gás misto, gás de alto forno e gás de aciaria), que garantiu a otimização do uso do gás LDG. Se este sistema não fosse desenvolvido, aproximadamente 35,0% do gás (LDG) recuperado não poderiam ser aproveitados pela CST. O SCD-LDG possibilitou gerenciamento automático do consumo de LDG, promovendo a integração entre as áreas envolvidas na geração distribuição e consumo de LDG.

# STEELMAKING GAS DISTRIBUTION CONTROL SYSTEM IN TUBARAO STEEL PLANT (COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO)<sup>1</sup>

*Alexandre Rosado Barbosa<sup>2</sup>  
César Hitochi Yoshikawa<sup>3</sup>  
Cleber Torres<sup>4</sup>  
Valter Barbosa de Oliveira Junior<sup>5</sup>*

## **Abstract**

The purpose of this paper is to present the optimization strategies, control system interfaces and the implementation steps, in order to maximize the use of recovered Steelmaking Plant Gas (LD Gas). For this objective it was necessary to create a group of specialists from different areas to discuss and study several aspects ranging from detailed process study and its control strategies to develop simulation involving production, distribution and consumers behaviors. The result was the development of necessary engineering that allowed us to specify the equipment and control scheme as well as the further implementation which resulted very successful.

**Key-words:** Control; Gas holder; Gas distribution.

---

<sup>1</sup> IX PROCESS AUTOMATION SEMINAR, October 05<sup>th</sup> to 07<sup>th</sup>, 2005, Estação Embratel Convention Center – Curitiba – Paraná – Brasil.

<sup>2</sup> Mechanical Engineer, Utilities Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão;

<sup>3</sup> Electronic Engineer, Automation Specialist, Companhia Siderúrgica de Tubarão;

<sup>4</sup> Mechanical Engineer, Mechanical Development Engineer, Companhia Siderúrgica de Tubarão;

<sup>5</sup> Electric Engineer, Automation Specialist, ETPI Informática e Automação Ltda.