

**Copyright 2003, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP**

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Pipeline Conference & Exposition 2003*, realizado no período de 22 a 24 de Outubro de 2003, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pela Comissão Técnica do Evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. *Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos.* O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Pipeline Conference & Exposition 2003*.

---

## **Abstract**

---

This paper describes pipeline Gasbol which are remotely monitored, operated and controlled from a central control station in Rio de Janeiro, Brazil. This is a result of TBG's experience in design, construction and operation of compressor stations and city gates that are built for unattended operation. Only a small maintenance crew is necessary for routine tasks. In this connection, a complete set of resources has been implemented in order to ensure the required reliability level. This includes monitoring instruments, redundant systems and protections, together with automatic control system for each of the relevant components.

Equipment status signals, process variables as well as alarm & trip signals are exchanged via a SCADA system with the Control and Supervision Center, CSC, in Rio de Janeiro. In addition, the CSC is capable of performing all relevant control actions such as start / stop compressor units and station auxiliaries, also remotely setting the station pressure and flow control points.

The paper describes also the architecture and configuration of the supervisory and control functions which are performed by means of a SCADA system, along with the pipeline telecommunications system.

## **Resumo**

---

O papel descreve o gasoduto Gasbol o qual é monitorado, operado e controlado a partir de uma estação central de controle localizada no Rio de Janeiro, Brasil. Esse é o resultado da experiência da TBG no projeto, construção e operação de estações de compressão e estações de entrega que foram construídas para operação desassistida. Apenas uma pequena equipe de manutenção é necessária para a realização de tarefas rotineiras. Nesta integração, uma série de recursos foram implementados para garantir o nível de confiabilidade desejado. Isto inclui, monitoração de instrumentos, sistemas redundantes e proteções, junto com um sistema de controle automático para cada sistema importante.

Sinais com o status dos equipamentos, variáveis de processo bem como alarmes e trips são trocados através de um sistema SCADA com a Central de Controle e Supervisão, CSC, no Rio de Janeiro. Além disso, a CSC é capaz de realizar ações importantes de controle, como partir e

---

<sup>1</sup>Engenheiro Eletrônico - Coordenador de Automação - TBG

parar unidades de compressão e unidades auxiliares, e realizar o ajuste dos pontos de controle de pressão e vazão.

O papel também descreve a arquitetura e a configuração das funções de controle e supervisão que são executadas por meio de um sistema SCADA, junto com o sistema de telecomunicações do oleoduto.

## Introdução

---

A TBG centraliza o controle de todas as operações do gasoduto Gasbol no Rio de Janeiro, onde foi instalada a Central de Supervisão e Controle (CSC). Através da CSC, é possível obter via satélite todas as informações sobre as condições operacionais para uma perfeita operação do gasoduto. O sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), permite aos engenheiros controladores de gás a interação com as Estações de operação, medição e entrega instaladas ao longo do gasoduto. Além das operações normais o SCADA é dotado de softwares de funções avançadas que permitem o cálculo do volume de gás e a detecção de vazamentos, armazenamento de dados históricos, sistema dedicado para o gravação e consulta de todas as ocorrências e intervenções realizadas nas instalações do gasoduto.

---

## 1. GASBOL

O GASBOL é um gasoduto com 32 polegadas de diâmetro com capacidade para transportar até 30,0 MMCMD<sup>1</sup>, que se estende dos campos produtores de Rio Grande, Bolívia, até Canoas, no Brasil. O GASBOL distribui gás para cinco estados no Brasil, com uma extensão total de 3150 km e uma pressão operacional que varia de 100 kg/cm<sup>2</sup>g (trecho norte) a 75 kg/cm<sup>2</sup>g (trecho sul). O GASBOL é operado pela Transportadora a Brasileira Gasoduto Bolívia - Brasil S.A., TBG, uma companhia cujos acionistas são a Petrobrás, El Paso, ENRON, Shell, Total Fina, British Gás e a YPF. O GASBOL possui 12 Estações de Compressão, 35 Estações de Entrega, 2 estações de medição e transferência e 2 estações de redução de pressão.

O GASBOL atravessa fazendas, florestas, pântanos e selvas, mas é totalmente monitorado e controlado pela TBG a partir da sua sede no Rio de Janeiro. A TBG possui três divisões operacionais estrategicamente localizadas, uma em Campo Grande, MS, uma em Campinas, SP e a última em Florianópolis, SC. Nós podemos observar na figura 1 o gasoduto GASBOL e as três divisões operacionais mencionadas.



Figura 1 – Mapa do GASBOL

---

As instalações da TBG foram projetadas para operação totalmente desassistida. Equipes de manutenção executam inspeções rotineiras e consertos durante o horário diurno. Além disso, estão disponíveis recursos para chamadas a qualquer hora, no caso dos controladores da CSC (Central de Supervisão e Controle) descobrirem qualquer anormalidade em quaisquer das estações.

Para atender aos requisitos de uma operação remota de todas as instalações do gasoduto, os seguintes requisitos foram utilizados no projeto do sistema:

- 1–Transmissão de dados a distancia;
- 2–Ação de Comando a distancia;
- 3–Instalações redundantes;
- 4–Falha-segura;
- 5–Componentes confiáveis.

**TRANSMISSÃO DE DADOS A DISTANCIA** é o monitoramento de todos os parâmetros operacionais e eventos dos equipamentos e dos sistemas. Normalmente isso inclui:

Indicação dos dados operacionais de todos os sistemas e equipamentos, como valores de pressão, temperatura e vazão;

Indicação do status dos equipamentos e dos diversos componentes, como motores, válvulas; Monitoração dos equipamentos e dos sistemas indicando qualquer anormalidade. Como um critério geral, toda vez que houver um trip ou um alarme, a variável associada deverá ficar visível para os controladores da CSC.

Detecção de gás ou fogo com sinalização remota;  
Sensores de detecção de intrusos e câmeras de TV;

Todos os dados acima devem estar disponíveis em tempo real para os controladores da CSC no Rio de Janeiro.

**AÇÃO DE COMANDO A DISTANCIA** é a habilidade de executar remotamente todos os comandos a partir da CSC, incluindo partida, parada e ajuste dos set points de controle de turbo compressores, e dos sistemas auxiliares.

**INSTALAÇÕES REDUNDANTES** se referem a duplicidade de todos os sistemas auxiliares necessários à operação dos turbo compressores, que são os equipamentos mais caros em uma estação de compressão e que não possuem redundância. Os turbo compressores não podem ficar impossibilitados de operar como consequência de uma falha em um dos sistemas auxiliares. A mesma filosofia foi aplicada às estações de entrega.

**FALHA-SEGURA** é uma característica que deve ser considerada durante toda a fase do projeto do sistema. Ela necessita de uma análise cuidadosa de todas as condições operacionais que podem causar danos ao gasoduto. Isto é feito para assegurar uma condição segura de parada no caso de uma falha humana ou de um componente. A lógica do sistema deve ser capaz de inibir um comando sempre que necessário, para a proteção do meio ambiente, dos equipamentos e das pessoas.

**COMPONENTES CONFIÁVEIS** se referem a necessidade de se especificar e testar cuidadosamente os componentes de uma malha de controle ou de monitoração. Não é raro observar sistemas sofisticados que não operarem dentro das características esperadas por que

algum componente foi instalado de maneira errada. O velho ditado “Uma corrente é tão forte quanto o seu elo mais fraco” é completamente aplicável a esse caso.

(1) MMCMD = Milhões de metros cúbicos por dia.

## 2. ESTAÇÕES DE ENTREGA

As estações de entrega são estações de medição e redução de pressão onde ocorre à entrega do gás para as companhias distribuidoras. As estações de entrega têm por finalidade condicionar o gás natural para medição, venda e/ou transferência de acordo com as temperaturas e pressões estabelecidas nos contratos de compra e venda.

Toda operação das estações de entrega é desassistida. O controle operacional das estações é pneumático, sem energia elétrica, usando o próprio gás natural. Apenas o computador medidor de vazão, o CLP e o transmissor receptor utilizam energia elétrica. A energia elétrica fornecida para estes equipamentos é provida por painéis solares e baterias.

O CLP, é o responsável pela aquisição de dados dos diversos sensores e transmissores de campo (vazão, temperatura, pressão e o estado dos equipamentos), pelos intertravamentos de segurança, pela atuação na abertura e no fechamento de válvulas e pelo procedimento de comunicação com a CSC no Rio de Janeiro.

A comunicação é efetuada via satélite utilizando o consórcio de satélites INMARSAT que é formado por 4 satélites geoestacionários e algumas estações terrestres, permitindo a comunicação de localidades remotas com a rede de telefonia convencional.

As estações de entrega são divididas fisicamente em cinco subsistemas, que são:

Derivação da linha tronco;

Sistema de aquecimento de gás;

Sistema de redução e controle de pressão;

Sistema de medição de vazão e sistema de gás para utilidades.

A derivação da linha tronco possui uma válvula de bloqueio manual e é constituída de apenas um tramo.

O sistema de aquecimento possui dois tramos que operam simultaneamente. Cada tramo tem a capacidade de operar na vazão máxima de projeto da estação de entrega e de fornecer em torno de 50% do calor requerido a esta vazão, nas condições de projeto, evitando assim, que o cliente tenha seu consumo limitado por falha operacional de um dos tramos.

Os sistemas de redução e controle de pressão e de gás para utilidades possuem dois tramos, sendo um em operação e outro de reserva para permitir continuidade das operações.

As estações de entrega da TBG são divididas em 6 tipos, dependendo da sua vazão máxima de operação. No sistema de medição de vazão, é contabilizado o volume de gás fornecido através de medidores de vazão do tipo turbina. A vazão de gás é função do número de rotações da turbina.

As estações de entrega do tipo 1 ao 5, possuem dois tramos de medição sendo um *stand-by* do outro. Cada tramo pode operar com a vazão máxima de projeto e possuem a mesma configuração e os mesmos equipamentos. O alinhamento dos tramos de forma a definir o tramo

que vai ficar em operação e o que vai ficar em *stand-by* é feito localmente através das válvulas esfera manuais da entrada e da saída dos tramos. As estações de entrega do tipo 6 possuem 3 tramos de medição.

O trecho da fronteira do Brasil com a Bolívia até a Replan possui 13 estações de entrega, instalados no trecho norte do GASBOL.

### **3. ESTAÇÕES DE COMPRESSÃO**

As estações de compressão são estações que comprimem o gás para elevar sua pressão já que o transporte do gás é feito pelo diferencial de pressão.

As estações de compressão possuem um sistema de controle local redundante denominado ELOS, Estação Local de Operação e Supervisão. A função principal da ELOS é servir de interface entre o sistema de controle da CSC e a estação de compressão, sua função secundária é permitir a operação local da estação no caso de uma falha no sistema de comunicação ou na queda da CSC.

A ELOS é composta por dois computadores utilizando o sistema operacional W2000. O controle e a supervisão da estação é realizado pelo sistema supervisório Intouch versão 7.1.

A comunicação entre a CSC e as ELOS é feita via satélite utilizando o satélite BRASILSAT, através de terminais tipo VSAT (*Very Small Aperture Terminal*). O tempo entre a ocorrência de um evento e a indicação desta ocorrência na CSC é de aproximadamente 10 segundos. No caso de falha de algum equipamento de comunicação com o satélite ou nas paradas programadas para manutenção da rede, a comunicação com essas estações é mantida através da comunicação via rede corporativa.

As estações de compressão possuem de 2 a 4 conjuntos (dependendo da estação) de turbo-compressores, compostos por uma turbina a gás (fabricante Solar) e um compressor centrífugo (fabricante Mitsubishi).

As estações de compressão são compostas dos seguintes sistemas:

Sistema principal de gás natural;

Sistema de gás combustível;

Sistema de ar comprimido;

Sistema de geração de energia elétrica

Construções auxiliares, como sala de controle, sala de painéis, CCM etc...

Todo ciclo de partida é automático e pode ser iniciado a partir da CSC, incluindo a verificação do sistema de purga, pressurização do compressor, assim como a distribuição de cargas entre os compressores (*loadshare*). Paradas remotas também podem ser feitas a partir da CSC, seja ela uma parada normal, uma parada rápida ou uma parada de emergência. Os set points de controle, também podem ser ajustados remotamente a partir da CSC.

O sistema de gás combustível para as turbinas é 100% redundante e operado remotamente.

Existe uma lógica para checar as válvulas do sistema e se um mau funcionamento ou um vazamento forem detectados os controladores da CSC recebem um sinal de alarme e tem a possibilidade de remotamente alinhar o tramo reserva.

Compressores de ar são utilizados para alimentar o circuito de ar de instrumentos, para proteger os selos dos compressores, para limpeza dos filtros de ar e para os serviços de manutenção da estação. Todos os parâmetros dos compressores de ar e da operação de secagem são monitorados pelos controladores da CSC.

Todas as estações de compressão possuem geradores de energia para serem auto-suficientes. Nas estações que possuem energia elétrica fornecida por uma concessionária local, os geradores funcionam com backup para a eventualidade de uma falha no fornecimento de energia. Todos os parâmetros dos geradores são monitorados pelos controladores da CSC. Comandos para alinhar um gerador como backup ou como a principal fonte de energia, também estão disponíveis.

#### 4. SISTEMA DE CONTROLE E SUPERVISÃO

O sistema de controle e supervisão é composto pela Central de Supervisão e controle (CSC) localizada na sede da TBG na Praia do Flamengo, 25º andar no Rio de Janeiro e pelas Estações locais de Operação localizadas nas estações de compressão da TBG.

#### CENTRAL DE SUPERVISÃO E CONTROLE (CSC)

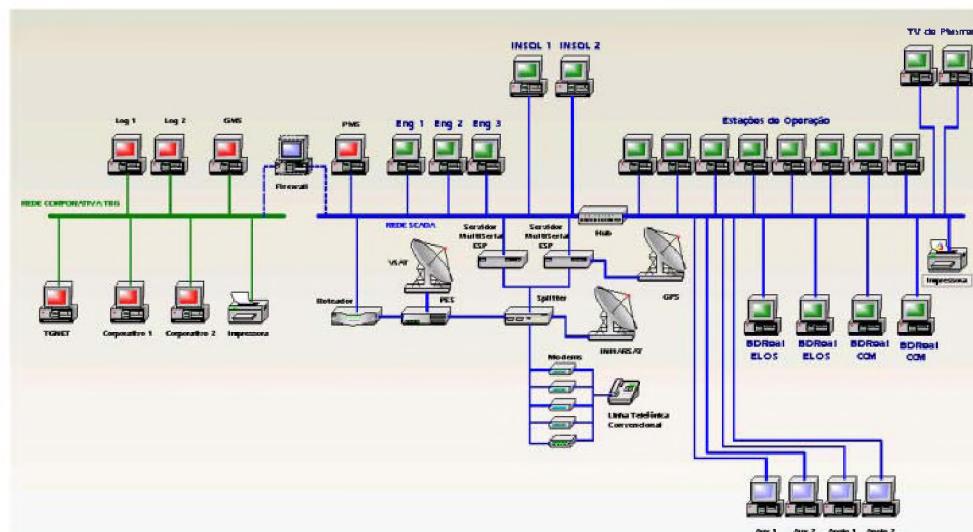


Figura 2 – Central de Supervisão e Controle (CSC)

**Servidor de dados em tempo real (4)**– Dividido em dois sistemas redundantes, um para atender às estações de compressão e o outro para atender as estações de entrega.

Os servidores dedicados às estações de compressão utilizam a comunicação via VSAT e o protocolo SuiteLink para coletar continuamente os dados via ELOS (Estação Local de Operação e Supervisão). A base de dados é de aproximadamente 37.000 tags.

Os servidores dedicados às estações de entrega utilizam a comunicação via INMARSAT e o protocolo de comunicação CCM para coletar periodicamente os dados. A base de dados é de aproximadamente 20.000 tags.

**Servidor de dados históricos (2)**– Dois servidores redundantes que recebem os dados diretamente dos servidores em tempo real e armazenam as informações em um banco de dados SQL. Aproximadamente 15.000 tags estão configurados para serem armazenados.

**Interface homem máquina (8)** – Usadas pelos controladores para supervisionar e controlar o gasoduto. Dessas estações é possível acessar dados dos servidores de dados em tempo real e dos servidores de dados históricos e da estação de funções avançadas.

**Estações de engenharia (3)** – Usadas para desenvolvimento, testes e para manutenção do sistema.

**Estação de funções avançadas (1)** – Responsável pela simulação do gasoduto. Existem ainda três módulos, localização do pig, cálculo de inventário (empacotamento) e detecção de vazamento.

**Servidor do LOG (2)** – Banco de dados que armazena todas as ocorrências relacionadas ao gasoduto. Manutenção, entrada na estação, visitas para manutenção programada etc...

**Sistema de comunicação VSAT** - Sistema é o responsável pela comunicação com as estações de compressão. Operação continua

**Sistema de comunicação INMARSAT** – Sistema responsável pela comunicação com as estações de entrega. Operação periódica.

**GPS** – Utilizado para manter o sincronismo entre os sistemas utilizados na CSC e nas estações de compressão e de entrega.

## ESTAÇÃO LOCAL DE OPERAÇÃO

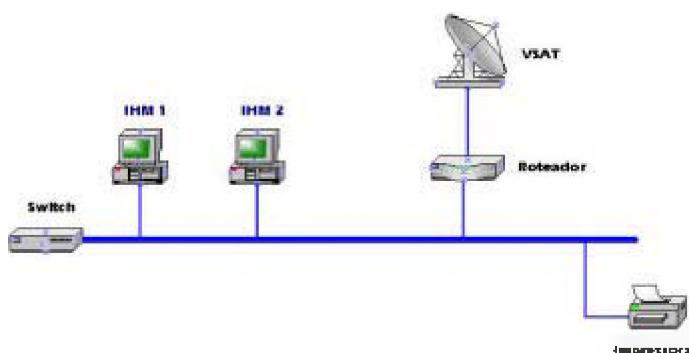


Figura 3 – Estação Local de Supervisão (ELOS)

**Estação de operação e base de dados local (ELOS)** – Sistema redundante que tem a função de coletar os dados dos CLP's e enviar os dados para o servidor de dados em tempo real na CSC. Podem ser utilizadas para operação local da estação.

**CLP para controle de processo e intertravamento** – Existe um CLP para cada turbo compressor e um CLP redundante para o sistema de utilidades.

**Sistema de comunicação VSAT** – Mencionado acima.

**GPS** – Mencionado acima.

## 5. DETALHES DO SISTEMA SCADA

O sistema SCADA utiliza o sistema operacional Windows2000™. O sistema supervisório utilizado é o Factory Suite™ da Wonderware nas versões 7.11 e 7.1. Ele é utilizado para operar e supervisionar 12 estações de compressão, 36 estações de entrega, 2 estações de redução de pressão e duas estações de medição nos pontos de transferência para gasodutos operados por outros.

As estações de compressão, redução e medição possuem monitoração constante. A base de dados é constantemente atualizada por exceção, ou seja, se uma variável de processo (pressão,

---

vazão ou temperatura) muda mais do que um valor predefinido (banda morta), ou se uma variável digital (posição, pressostato, chave de vazão) atua, a estação remota transfere o valor das variáveis afetadas para a CSC. Os valores típicos para banda morta são 0,5% para pressão, 10% para vazão e para temperatura e 5% para velocidade. O tempo de resposta entre uma alteração na estação e a indicação dessa mudança na CSC é de aproximadamente 10 segundos.

As estações de entrega são monitoradas periodicamente (a cada 4 horas) e também por exceção. Quando a banda predeterminada para a variação de uma variável é atingida, a estação inicia uma conexão com a CSC transferindo todos os dados operacionais. De outra maneira, se o controlador executa um comando para a estação, a CSC inicia a conexão para transferir o comando para a estação, aguarda a confirmação de que o comando foi efetuado e encerra a conexão. O tempo de resposta entre uma mudança na estação e a indicação na CSC desta mudança é de aproximadamente 90 segundos.

Os Controladores (2 por turno) monitoram e operam o gasoduto a partir de 8 IHM's. Essas estações estão conectadas ao servidor de banco de dados em tempo real para atualizar as telas operacionais, o gerenciamento de alarmes e o log de eventos. Eles estão conectados também aos servidores de dados históricos para exibir curvas de tendência e com a estação de funções avançadas para mostrar o resultado das simulações do gasoduto.

Na eventualidade de uma falha de um servidor, o seu backup assume a função a quente. Isto é válido para qualquer elemento da rede de computadores (roteadores, interfaces de rede, switches, etc). No caso de uma falha no sistema do VSAT, cada estação de compressão automaticamente chaveia o canal de comunicação para a rede corporativa, que é o canal de comunicação backup. Nas estações de medição, o backup do VSAT é feito pelas linhas de telefones normais. Não existe backup para o sistema INMARSAT.

A Central de Supervisão e Controle possui no total 29 computadores entre servidores, IHM's, estações de engenheira e computadores auxiliares. Utiliza a tecnologia da AVOCENT para concentrar os computadores em armários dedicados e estações de trabalho que podem acessar qualquer computador da rede, permitindo criar um ambiente mais “limpo” e descongestionado. Toda a alimentação elétrica vem de um No-break com autonomia para 12 horas.

A TBG trabalha com dois controladores por turno (cinco grupos) e mais quatro controladores no horário administrativo. Para a manutenção do sistema a TBG possui dois engenheiros de automação e um engenheiro de telecomunicações.