



Copyright 2005, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, 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 será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

UMA FERRAMENTA ALTERNATIVA DE SUPERVISÃO PARA A ELEVÇÃO ARTIFICIAL DE PETRÓLEO

Rodrigo Barbosa de Souza¹, Adelardo A. D. de Medeiros¹, Edson H. Bolonhini²

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia de Computação e Automação, Campus Universitário, 59072-970, e-mail: rbdouza@dca.ufrn.br, adelardo@dca.ufrn.br

² Petróleo Brasileiro S/A, Unidade de Negócios RN/CE, Suporte Técnico – Gerência de Elevação, 59064-100, e-mail: bolonhini@petrobras.com.br

Resumo – Os sistemas de supervisão dos poços de petróleo em produção através de algum método de elevação artificial apresentam algumas características que dificultam a monitoração desse processo. O acesso às informações do processo é dependente dos elementos de *hardware* da automação. Cada fabricante de controladores, por exemplo, pode utilizar um padrão distinto de acesso aos dados. Além disso, a diversidade de métodos de elevação tem feito com que as empresas que automatizam os poços se tornem cada vez mais especializadas em um único método. Assim, as soluções em *software* de supervisão tendem a ser muito específicas e geralmente dadas pelos próprios fornecedores do *hardware*. Este artigo descreve uma ferramenta de supervisão que visa minimizar este problema. Destarte, implementou-se um *software* de supervisão capaz de adquirir remotamente informações de poços automatizados com equipamentos de fabricantes distintos e com diferentes métodos de elevação artificial.

Palavras-Chave: sistemas supervisórios; *hardware* da automação; *software* de supervisão.

Abstract – Supervisory systems of oil wells using artificial lift techniques present some hard characteristics for process supervision. The access to process information depends on the automation hardware elements. Each controller manufacturer, for example, can use a distinct data access method. Moreover, the diversity of artificial lift techniques makes the automation companies become more and more specialized in a single method. Thus, the supervision software is generally very specific and furnished by hardware suppliers. This paper describes a supervision tool that minimizes this problem. In this way, the supervision software is able to remotely acquire information of wells using distinct manufacturers equipment and different artificial lift techniques.

Keywords: supervisory systems, automation hardware, supervision software.

1. Introdução

Os sistemas de supervisão de processos industriais são também conhecidos como sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) conforme observado por Melendez et al. (2001). Um sistema do tipo SCADA deve ser capaz de processar as informações do processo e torná-las disponíveis para o operador do processo ou qualquer outro usuário do *software* supervísório de acordo com Pereira e Pardi (2003). Podem também realizar atividades de controle em nível de supervisão e, automaticamente, com o auxílio de algum mecanismo específico aplicado a um sistema computacional, tomar decisões e executar ações sobre o processo como foi observado por Ozdemir e Karacor (2002).

Os sistemas supervísórios têm se mostrado de fundamental importância na estrutura de gestão das empresas, fato pelo qual deixaram de ser vistos como meras ferramentas operacionais, ou de engenharia, e passaram a ser vistos como uma relevante fonte de informação. Um sistema de supervisão em um ambiente industrial automatizado é essencialmente composto por quatro elementos, segundo Daneels e Salter (1999):

- Processo Físico: é o elemento principal do sistema e representa o objeto da supervisão.
- *Hardware* de Controle: é utilizado na interface física e no controle do processo.
- *Software* de Supervisão: é responsável pela aquisição, tratamento e distribuição dos dados do processo.
- Rede de Comunicação: é responsável pelo tráfego das informações.

O processo físico tratado neste trabalho é a produção de petróleo em um poço através de qualquer método de elevação artificial, tais como *gas-lift* contínuo, BCP (Bombeio por Cavidades Progressivas), BM (Bombeio Mecânico) e outros observados por Thomas (2001). A especialização cada vez maior das empresas de automação em cada um desses métodos de elevação vem proporcionando uma presença acentuada de múltiplos fornecedores no campo de produção. Existe, no mercado de automação industrial, uma tendência de centralizar as soluções em *hardware* de controle e *software* de supervisão. Este fato vem fazendo com que sejam utilizados diversos *softwares* de supervisão monitorando processos físicos que se diferenciam somente pelo método de elevação utilizado e, portanto, têm naturezas semelhantes.

O *hardware* responsável pelo controle do processo é composto basicamente por sensores, atuadores e controladores. Um controlador tem a importante função de manter o sistema em funcionamento e estável. Além disso, deve também fornecer, como um aparelho digital que utiliza memória programável, uma interface física para acessar os dados do processo. Geralmente, os controladores utilizados na elevação artificial de petróleo são dedicados, pois utilizam técnicas de controle bem definidas e normalmente bastante difundidas. Sendo assim, as posições de memória do controlador destinadas a executar a técnica de controle e adquirir dados do poço são previamente definidas e não podem ser alteradas. Todavia, muitas vezes é necessário testar novas técnicas de controle que podem ser desenvolvidas, inclusive, pela própria empresa responsável pela exploração e produção do petróleo. Neste caso, é necessário ter acesso irrestrito às posições de memória do controlador para introduzir e, se necessário, alterar as variáveis do processo e do controle. Normalmente, os *softwares* para supervisão de poços de petróleo não prevêm a possibilidade de acessar os dados do processo em posições de memória que podem ser alteradas, o que impossibilita a supervisão de um poço testando uma técnica de controle em desenvolvimento.

O *software* de supervisão, muitas vezes chamado simplesmente de supervísório, deve acessar os dispositivos de campo a fim de obter acesso aos dados do processo. Esses dados devem ser tratados, transformando-se assim em informações úteis. A distribuição das informações pode ser feita através de uma exibição gráfica do estado de operação de um poço para o usuário do *software*, por exemplo. Outra atividade importante exercida pelo *software* supervisor é o fornecimento de dados para os *softwares* de informações gerenciais das indústrias como, por exemplo, as informações de produção de um poço em atividade. Alguns *softwares* de supervisão são sistemas locais. Sendo assim, mesmo que o PC (*Personal Computer*) em que é executado o *software* esteja conectado a uma rede local de computadores (*LAN – Local Area Network*), como descrito por Tanenbaum (1997), os dados do processo não serão compartilhados. Neste caso, qualquer monitoração do processo à distância exige algum tipo de acesso por terminal remoto ao PC (*Personal Computer*) limitando o acesso a um único usuário por vez.

A rede de comunicação é responsável pelo tráfego de informações e é utilizada pelo *software* de supervisão durante aquisição dos dados do processo. Geralmente, constitui-se de duas sub-redes denominadas *rede de campo* e *rede local de supervisão*. A fim de conseguir uma comunicação determinística, as redes de campo, em sua maioria, utilizam uma arquitetura mestre/escravo. Neste tipo de rede, os controladores que desempenham a função das estações escravas jamais iniciam a comunicação, respondendo somente às solicitações feitas pelo controlador mestre. Algumas das implementações mais comuns de redes que utilizam esta arquitetura são as redes *modbus* e *profibus*, disponíveis respectivamente em MODBUS (2003) e PROFIBUS (2002). A rede local de supervisão, geralmente uma *LAN*, provê o meio de comunicação necessário ao compartilhamento das informações do processo. Os *softwares* de supervisão de acesso remoto utilizam uma rede local de supervisão com arquitetura do tipo *cliente/servidor* para compartilhar essas informações, como observado por Bucci et al. (2003) e Zhi et al. (2000).

A Figura 1 ilustra a disposição dos principais elementos de um sistema de supervisão em um ambiente industrial automatizado. Neste caso, temos um *software* supervísório local e, portanto, as informações dos processos

não são compartilhadas, mas sim acessadas por cada usuário da rede local de supervisão de forma exclusiva através de ferramentas de acesso remoto.

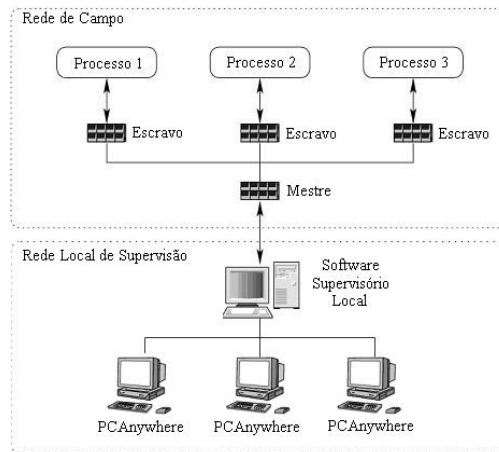


Figura 1. Elementos de um sistema de supervisão XXX

2. Sistema de Supervisão para Poços de Petróleo

Antes de conhecer a ferramenta de supervisão projetada para melhorar a eficiência da monitoração dos poços de petróleo, é necessário observar algumas características desejáveis em um sistema de supervisão e consideradas neste trabalho. O objetivo da supervisão em questão é acompanhar o processo físico de elevação de petróleo através de métodos de elevação distintos. Portanto, é necessário que o *software* de supervisão desenvolvido possa ser facilmente adaptado à inclusão de qualquer destes métodos, ou outros que venham a surgir, no sistema supervisor. Para isso, a ferramenta de supervisão implementada considerou a utilização de técnicas de programação que garantem, dentre outras coisas, a reusabilidade do código do programa.

A fim de garantir a supervisão de poços de petróleo cujas técnicas de controle ainda estão em desenvolvimento, toda informação sobre a forma de acesso aos dados nos controladores é armazenada em um banco de dados. Essas informações são basicamente o protocolo de comunicação e os endereços de memória correspondentes a cada dado do processo. À técnica de associação dos dados do processo aos endereços de memória no controlador deu-se o nome de mapeamento de memória. Este mapa é dinâmico e deve ser verificado sempre que houver um acesso aos dados do processo. Destarte, a ferramenta de supervisão desenvolvida provê um mecanismo para alterar o mapa de memória sempre que necessário.

Com o objetivo de aproveitar a estrutura existente em diversos campos de produção na indústria do petróleo, a rede de campo implementada no sistema de supervisão utiliza uma arquitetura mestre/escravo. Para evitar a utilização de ferramentas de acesso remoto que elevam bastante o tráfego da rede de comunicação observada na Figura 1, o *software* de supervisão foi desenvolvido como uma ferramenta de acesso remoto. Conseqüentemente, a rede local de supervisão deve utilizar uma arquitetura do tipo cliente/servidor. Desta forma, para acessar o processo físico, os clientes devem enviar uma requisição ao servidor. Este, por sua vez, solicita as informações ao mestre da rede de campo. O mestre então obtém os dados com algum dos escravos e repassa ao servidor que remete a informação ao cliente requisitante. Na Figura 2 é possível observar a estrutura do sistema de supervisão projetado.

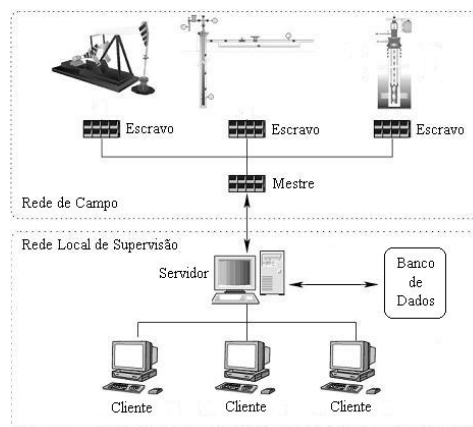


Figura 2. Sistema de supervisão para poços de petróleo

É possível notar que esta solução implica uma conversão de arquitetura mestre/escravo em cliente/servidor. Deste modo, somente o servidor, elemento de interconexão entre as duas sub-redes de comunicação, precisa conhecer os detalhes de implementação e, conseqüentemente, a forma de acesso aos dados do processo. Assim, o acesso a estes dados feito por um usuário em uma estação cliente será realizado de forma transparente e independente em relação ao *hardware* de controle utilizado na rede de campo.

É mister salientar a potencialidade de conexão “simultânea” ao mesmo processo por vários usuários neste tipo de arquitetura. Os sistemas de supervisão que só permitem o acesso de um usuário por vez às informações do processo não utilizam o canal de comunicação com a rede de campo quando o usuário do *software* supervisório local está conectado ao sistema, porém sem solicitar informações. Neste caso, a comunicação com a rede de campo fica completamente comprometida com este usuário. No sistema de supervisão objeto deste trabalho é o servidor quem gerencia o acesso à rede de campo. Assim, o canal de comunicação não fica comprometido com um usuário/cliente e pode ser aproveitado sempre que não esteja sendo utilizado.

O sistema de supervisão para poços de petróleo descrito neste trabalho foi implementado na empresa Petróleo Brasileiro S/A, em sua Unidade de Negócios UN-RN/CE composto pelos seguintes elementos:

- Processo Físico: elevação artificial de petróleo utilizando *gas-lift* contínuo.
- *Hardware* de Controle: controladores fabricados pela empresa HI Tecnologia (2004).
- *Software* de Supervisão: é responsável pela aquisição, tratamento e distribuição dos dados do processo.
- Rede Local de Supervisão: *intranet* Petrobras com um servidor localizado na estação de produção de Riacho da Forquilha, no município de Apodi – RN, e nove clientes distribuídos pelas cidades de Mossoró-RN, Natal – RN, Salvador – BA e Rio de Janeiro – RJ.
- Rede de Campo: rede de comunicação com sete controladores escravos ligados a uma estação mestre localizados na região de Mossoró - RN.

A ferramenta de supervisão utilizada para viabilizar a aquisição remota dos dados dos poços de petróleo deste sistema de supervisão foi denominada *ADSPetro* (Aquisição de Dados e Supervisão do Petróleo).

3. Ferramenta de Supervisão: *Software ADSPetro*

O *ADSPetro* foi desenvolvido com o objetivo de levar ao usuário a possibilidade de trocar informações com o processo de elevação artificial de petróleo através de um ambiente visual amigável, além de prover uma ferramenta eficiente para implementar o sistema de supervisão considerado na seção 2. Para que se pudesse definir as funcionalidades e características essenciais para o execução do *ADSPetro*, foi necessário adquirir junto a alguns engenheiros da Petrobras um conhecimento maior sobre o processo físico. Deste modo, foi possível estabelecer as atividades desejáveis para o *software*, inferindo os seus requisitos de funcionamento. As principais características do *software* implementado são:

- Facilidade de acesso remoto aos dados dos poços a partir dos escritórios da Petrobras.
- Aquisição de dados dos poços controlados por diferentes tipos de controladores.
- Visualização da situação de funcionamento dos poços e ativação de alarmes visuais que identificam condições de falha nos poços.
- Ativação/desativação dos poços remotamente.
- Configuração remota da instrumentação dos poços e suas respectivas calibrações.
- Avaliação e alteração remota dos parâmetros de controle do processo.
- Avaliação gráfica do comportamento atual e passado dos poços.
- Hierarquização e restrição de acesso ao sistema de acordo com os usuários.

Visando permitir uma implementação baseada na arquitetura cliente/servidor, o *software ADSPetro* foi dividido em duas aplicações, chamadas de cliente e servidor. Estas aplicações foram desenvolvidas através da linguagem de programação C++. Um conjunto de telas foi elaborado a fim de tornar o *software* de supervisão uma ferramenta computacional amigável para o usuário.

A Figura 3 ilustra uma das telas de interface com o usuário que provê uma visão geral da condição de funcionamento dos poços e das condições que identificam falhas nos poços. As indicações coloridas sinalizam o estado de operação dos poços.

A configuração remota dos instrumentos do poço, a aquisição de dados específicos, tais como a pressão de fluxo no fundo do poço (*Pffp*) e a vazão de gás injetado (*Qgi*), o acionamento do modo de operação (manual/automático) e a ação de ligar/desligar o poço é possível através da interface fornecida pela tela observada na Figura 4.

ADSPETRO V0.59 - Usuário 3040 - [Tabela de Poços]										
Arquivo Configurações Funções										
Campo	Poço	Estação	Método de Elevação	Controlador	Scan	Rádio	Auto	Status	PID	Observações
LPK	3	LPK-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	OK	MAN	ON	Prev	Sem Controle
LPK	4	LPK-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	OK	MAN	ON	Prev	Ptp e Ttp sem sinal
RFQ	10	RFQ-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	NAT	NAT	NAT	NAT	
RFQ	20	RFQ-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Não	NAT	NAT	NAT	NAT	Ptp e Ttp com valores anormais
UPN	2	UPN-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	NAT	NAT	NAT	NAT	
VRG	2	VRG-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	NAT	NAT	NAT	NAT	Ptp e Ttp sem sinal
VRG	3	VRG-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	NAT	NAT	NAT	NAT	Ttp sem sinal
VRG	4	VRG-A	Gás Lift Contínuo	ZAP-500	Sim	NAT	NAT	NAT	NAT	Ttp oscila

Figura 3. Gerenciamento dos Poços

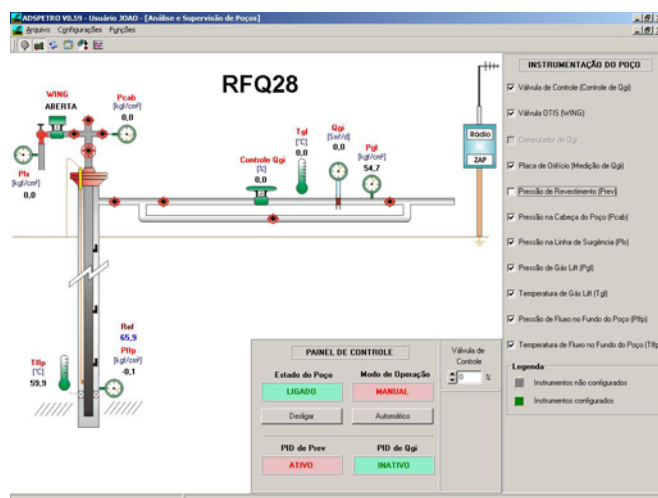


Figura 4. Monitoração do poço RFQ-28

4. Conclusões

A estratégia de armazenar em um banco de dados as informações de acesso aos dados dos poços de petróleo disponíveis no controlador permite que o servidor gerencie dinamicamente a conexão com a rede de campo. Isto garante ao usuário do sistema acesso aos dados do processo independentemente dos detalhes de implementação, que devem ser conhecidos somente pelo servidor. Com isso, reduz-se sensivelmente a necessidade de manter diversos *softwares* de supervisão para monitoração da elevação artificial de petróleo.

A baixa velocidade da rede de campo, decorrente do aproveitamento da estrutura previamente implantada, é fator limitante no tempo de resposta do sistema. Por este motivo, o aumento de usuários utilizando o supervisor tende a tornar o sistema mais lento. Ainda assim, utilizar um *software* de acesso remoto cliente/servidor, tal qual o demonstrado neste trabalho, garante uma grande evolução em relação aos *softwares* de supervisão locais que limitam o acesso a um usuário por vez e ocupando permanentemente o canal de comunicação. Além disso, cada sistema de supervisão tem suas peculiaridades em relação à quantidade de usuários e o tempo máximo aceitável de resposta. Essas são características que devem ser consideradas na implementação do sistema de supervisão. Uma possível solução seria limitar a quantidade de usuários conectados simultaneamente ao sistema, o que garantiria um tempo máximo de resposta.

Outro fator relevante a ser abordado na ferramenta de supervisão apresentada é a sua capacidade de interconectar a rede de supervisão a várias redes de campo ao mesmo tempo através de um único servidor. Neste caso, as conexões de usuários/clientes com poços de petróleo inseridos em diferentes redes de campo não interferem no tempo de resposta do sistema. Isto ocorre porque o tráfego de informações é dividido no ponto mais lento da rede de comunicação, a rede de campo.

A ferramenta de supervisão mostrada neste trabalho foi implementada como um sistema computacional dedicado, ou aplicativo dedicado. Porém, a utilização da arquitetura cliente/servidor e a independência de qualquer sistema operacional permitem que a implementação da ferramenta seja feita através de outras interfaces, como um *Web Browser*.

5. Agradecimentos

O desenvolvimento do trabalho descrito neste artigo se deu através do projeto de automação de poços de petróleo financiado pelo CENPES –Petrobras.

Agradecemos o auxílio inestimável, sem o qual não seria possível a realização do projeto, dado pelos Engenheiros da Petrobras, em especial os Engenheiros Benno Waldemar Assmann, Edson Henrique Bolonhini, Luiz Sergio Sabóia Moura e Rutácio de Oliveira Costa.

6. Referências

- BUCCI, G., LANDI, C. A distributed measurement architecture for industrial applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, fev, 2003.
- DANEELS, A., SALTER, W. What is SCADA? In: *International Conference on Accelerator on Large Experimental Physics Control Systems*, Trieste, Italy, 1999.
- MELENDEZ, J., COLOMER, J., ROSA, J. L. Expert supervision based on cases. In: *8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, 2001.
- MODBUS, Modbus Protocol Reference. <http://www.eecs.umich.edu/~modbus>, 2003.
- OZDEMIR, E., KARACOR, M. Run time position estimation with basic sensors in real-time SCADA applications. In: *7th International Workshop on Advanced Motion Control*, 2002.
- PEREIRA, C. E., PARDI JUNIOR, W. A supervisory tool for real-time industrial automation systems. In: *Sixth IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing*, 2003.
- PROFIBUS, Descrição técnica profibus 2002. <http://www.profibus.org.br>, 2002.
- TANENBAUM, A. S. *Redes de Computadores*. Editora Campus, 1997.
- THOMAS, J. E. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*. Editora Interciência, 2001.
- ZHI, L., QIN, J. S., YU, T. B., HU, Z. J., HAO, Z. The study an realization of SCADA system in manufacturing enterprises. In: *IEEE World Congress on Intelligent Control and Automation*, Hefei, China, jun-jul, 2000.