

PROJETO DE UMA PLANTA PARA AVALIAÇÃO DE MEDIÇÕES DE INSTRUMENTOS DE VAZÃO E BS&W

Danielle S. Silva¹, Filipe O. Quintaes², Andrés O. Salazar³, André L. Maitelli⁴, Priscilla T. A. F. Jesus⁵, Gustavo D. Torres⁶, Lucas M. Castro⁷, Eudes G. A. Júnior⁸

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 - Campus
Universitário Lagoa Nova CEP 59072-970 Natal - RN – Brasil, ¹ danielle@dca.ufrn.br,
² filipe@dca.ufrn.br, ³ andres@dca.ufrn.br, ⁴ maitelli@dca.ufrn.br, ⁵ priscilla@dca.ufrn.br, ⁶
gusdantas@gmail.com, ⁷ lucasmc@lcc.ufrn.br, ⁸ eudesautomacao@yahoo.com.br

Resumo – Este artigo apresenta a metodologia de funcionamento do LAMP – Laboratório de Avaliação de Medições em Petróleo. O objetivo deste laboratório é avaliar automaticamente as medições de vazão e BS&W (Basic Sediments and Water) através de várias condições de simulação de operação de campo. A automação é feita com avançada tecnologia de barramento de campo, a principal característica do laboratório é a integração de três destas tecnologias: *Foundation Fieldbus*, *Modbus RTU* e ponto-a-ponto. Com o protocolo OPC, o controle e supervisão da informação são avaliados num computador supervisor. O laboratório está localizado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e fornece a melhor qualidade no que diz respeito a medições feitas com petróleo em seu estado e nas vizinhanças.

Palavras-Chave: Medições; Barramento de campo; Supervisor

Abstract – This paper shows a methodology of laboratory functioning – Laboratory of measurement evaluation in oil (LAMP). The objective of the laboratory is to evaluate automatically the measurers of Flow and BS&W (Basic Sediments and Water) through the simulation of several conditions of field operation. The automation is made with advanced fieldbuses, the main feature of laboratory is the integration of three fieldbus technologies: *Foundation Fieldbus*, *Modbus RTU* and peer-to-peer (security signals). With the OPC protocol, the control and supervision information are available in a computer supervisory. The laboratory is located at the Federal University of Rio Grande do Norte (UFRN) and provides a better quality in the measurement made in oil industries in our state and neighborhood.

Keywords: Measurement, Fieldbuses, Supervisory

1. Introdução

Durante o processo de produção de um poço de petróleo é comum a produção simultânea de água e óleo, seja pelas propriedades do reservatório de petróleo, ou como consequência da injeção de água utilizada no processo de recuperação secundária desse reservatório. A quantidade de água produzida, conjuntamente com o petróleo pode variar desde zero até valores próximos a 100%. As medições da vazão e do BS&W são de fundamental importância para a engenharia de produção de petróleo. Essas medições podem ser feitas através de monitoração contínua, a partir de amostras coletadas na cabeça do poço ou em vasos separadores, ou a partir de amostras coletadas em tanques, dependendo das características do campo produtor de petróleo, dos custos envolvidos e das facilidades de produção desse campo.

O BS&W, do inglês “*Basic Sediments and Water*” é o quociente entre a vazão de água mais os sedimentos e a vazão total de líquidos, como abordado por Maitelli e Lima (1999).

$$BS \& W = \frac{\text{Vazão de (Água + Sedimentos)}}{\text{Vazão de Água + Vazão de Óleo + Sedimentos}} \quad (1)$$

O método de monitoração contínua, para determinação do BS&W, é feito com medidores instalados em linha, que utilizam diversos princípios físicos de operação, dentre os quais podemos destacar: microondas, indução eletromagnética e aceleração de Coriolis.

2. Laboratório de Avaliação de Medições em Petróleo

O objetivo do Laboratório é permitir a simulação de diferentes condições de operação dos medidores em campo, ou seja, simular misturas de água e óleo em proporções e vazões variadas.

Para realizar estas simulações o laboratório possui 5 tanques que são eles: óleo, água, misturador, auditor (fundamental para a avaliação dos medidores de vazão e BS&W), além de um tanque tratador para separação água/óleo, que possibilita a reutilização da água e do óleo em seguidos testes, sem necessidade de descartes a cada teste.

Os materiais de fabricação dos tanques e tubulações são em aço carbono, esse tipo de material é o mais utilizado representando cerca de 90% na fabricação de tubulações industriais. Os tanques de água e óleo possuem volumes de 12,57 m³, os tanques misturador e auditor possuem volumes de 7,85 m³ e 7,35 m³ respectivamente e o tanque tratador volume de 10,37 m³. A figura 1 mostra a bacia de contenção. O processo permitirá testes de misturas com óleos de viscosidade máxima de 1000 cSt e vazão do fluido de 0.6m³/h a 12m³/h.



Figura 1. Esquema simplificado do processo

O processo consiste inicialmente em tomar proporções desejadas dos tanques de água e óleo e misturá-los no tanque misturador por um período previamente calculado. Em seguida o líquido misturado é transferido através da tubulação por uma linha que mede aproximadamente 15m, onde estão localizados os instrumentos a serem testados, como, por exemplo, medidores de vazão e BS&W, a mistura é levada ao tanque auditor onde é possível medir com alta precisão os reais valores da vazão e do BS&W. No final do processo o líquido é transferido ao tanque tratador onde, por decantação, os líquidos são separados e bombeados para os tanques de origem. A Figura 2 mostra os tanques e suas ligações através de tubulações.

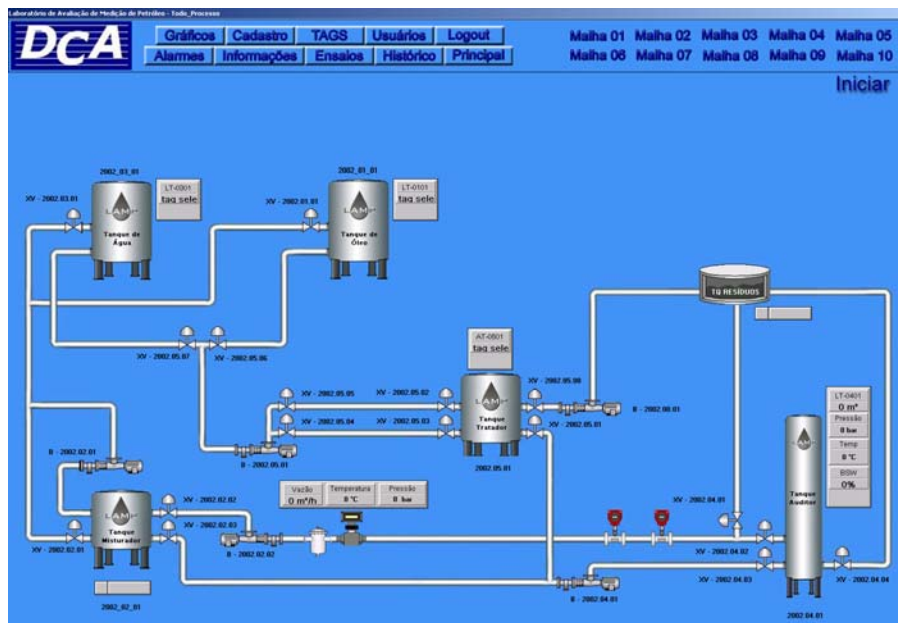


Figura 2. Esquema simplificado do processo

O processo de avaliação dos medidores é totalmente automatizado, recebendo basicamente como entradas os valores de vazão e BS&W de teste, e gerando como saída a vazão e o BS&W “reais” e medidos pelos instrumentos avaliados. Assim, podemos comparar estatisticamente os resultados indicados pelos medidores avaliados com os resultados finais do teste.

O método proposto por Lima (2000) utilizado pelo LAMP é novo. O BS&W da mistura contida no tanque auditor é determinado a partir da medição da pressão hidrostática num ponto próximo ao fundo do tanque, da medição do volume total da mistura no tanque (através de um medidor de nível de alta precisão, combinado a uma correção de volume pela temperatura do líquido) e das densidades da água e da emulsão água-óleo, determinadas em laboratório. Percebemos que no processo de medição do BS&W estão envolvidas as medições de outras grandezas, tais como: densidade, nível, pressão e temperatura, de cujas precisões depende a exatidão dos métodos propostos de acordo com a equação (2).

$$BS \& W = \frac{P/h - d_e}{d_{al} - d_e} \quad (2)$$

P é a pressão hidrostática no fundo do tanque auditor.
h é o nível do fluido no tanque auditor
d_e é a densidade da emulsão água-óleo.
d_{al} é a densidade da água livre.

O processo pode simular diversas condições de operação dos medidores usados no campo. Para aumentar a exatidão desses processos, o laboratório utiliza-se de um sistema automático com tecnologia industrial avançada, constituído por quatro tecnologias de barramento de campo utilizadas na indústria (*Foundation Fieldbus*, *Modbus RTU*, *Ethernet* e ponto-a-ponto) abordadas por Natale (2000).

O controle é parcialmente distribuído, ou seja, o controle está nos instrumentos, conforme tecnologia *Foundation Fieldbus* controlando vazão, mistura e análise do BS&W; e a outra parte, é centralizado, chamado de sistema de segurança, responsável pela indicação de nível alto/baixo, abertura e fechamento de válvulas e acionamento de bombas.

A grande maioria dos dispositivos de campo e o controlador que estão sendo utilizados neste processo utilizam tecnologia *Foundation Fieldbus*. As bombas, cuja função é realizar a sucção de fluidos, são acionadas por inversores de frequência, estes por sua vez se comunicam com o co-processador, localizado no controlador, utilizando o protocolo de comunicação *Modbus RTU*. Através do protocolo OPC, informações de controle e supervisão são disponibilizadas em um microcomputador. Este protocolo possibilita que dados sejam lidos e escritos no controlador via PC. Já o uso da comunicação ponto-a-ponto é utilizado para informar quando as chaves de nível, localizadas nos tanques, forem acionadas.

A Figura 3 mostra os tipos de redes implantadas e suas ligações com os instrumentos.

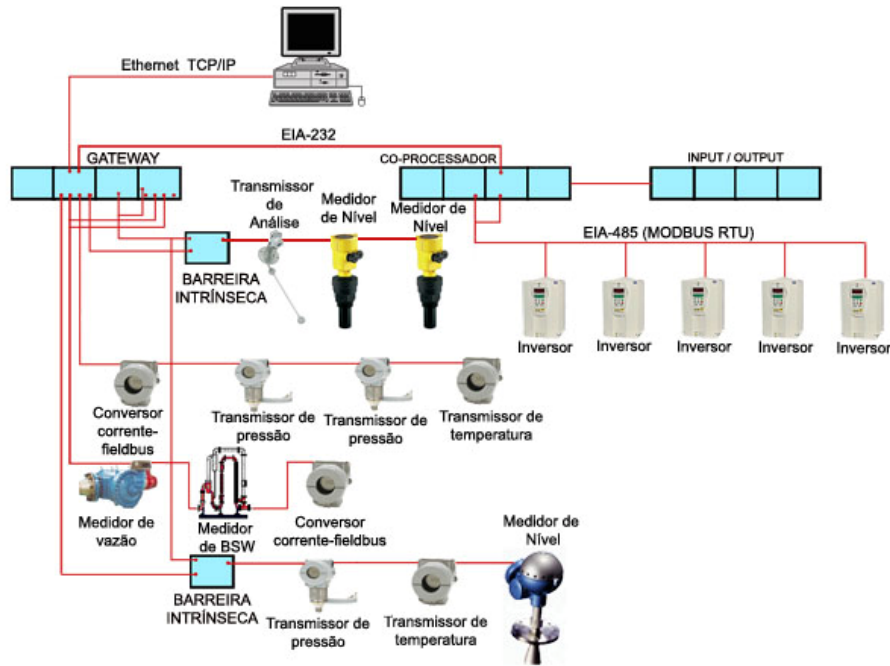


Figura 3. Ligação entre a rede e os instrumentos

3. Barramentos de Comunicação

Os Barramentos de Campo, também chamados de Fieldbus, são utilizados em automação e controle de processos industriais. Os dados coletados neste nível são fornecidos a rede de controle, possibilitando assim o controle em tempo real, bem como planejamento de ações de segurança. Pode-se distinguir entre Fieldbus proprietário e aberto.

Fieldbus proprietário é aquele cuja tecnologia é propriedade de uma companhia específica, onde não se pode fazer alterações a não ser com autorização desta companhia. Já com Fieldbus aberto, o acesso à especificação é completo e disponível a um preço acessível, bem definido e disponível a qualquer um que a deseje. Em outras palavras: pode-se usá-la ou desenvolver produtos que a usam com baixo custo.

O sistema Fieldbus permite interconectividade entre produtos de diferentes fabricantes, interoperabilidade entre estes dispositivos e permite que os mesmos possam ser trocados por dispositivos de outros fabricantes. A IEC (International Electrotechnical Commission) aceita os seguintes padrões: *Fieldbus Foundation*, *ControlNet*, *Profibus*, *P-NET*, *HSE*, *SwiftNet*, *WorldFIP* e *Interbus*.

A utilização da tecnologia Fieldbus permite a redução do sistema de controle em termos de hardware, pois muitos dispositivos podem ser conectados com um condutor, conforme a Figura 4, o que resulta em cabos menores, barras de segurança menores e gabinetes ordenados.

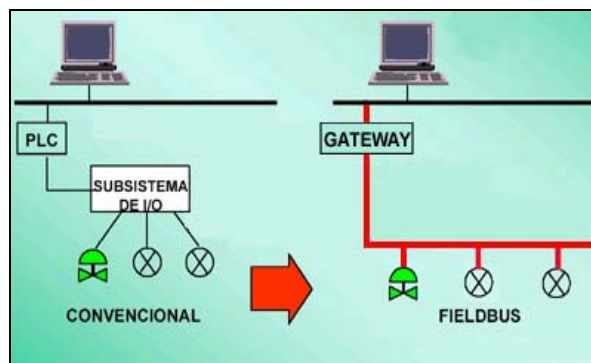


Figura 4. Redes Convencionais X Fieldbus

Muitos dispositivos utilizados em aplicações industriais utilizam os padrões EIA RS-232, RS-422 ou RS-485 entre os computadores.

O padrão de comunicação bidirecional mais utilizado em aplicações industriais é o RS-485, este possui transmissão balanceada e suporta conexões multi-ponto (*multidrop*), o que permite a criação de redes com até 32 nós e

transmissão à distância de até 1200m. Este padrão requer apenas 2 fios para a transmissão e recepção dos dados e possui alta imunidade a ruído.

3.1. Foundation Fieldbus

O *Foundation Fieldbus* é um sistema de comunicação totalmente digital, em série e bidirecional que conecta equipamentos “fieldbus” tais como sensores, atuadores e controladores. Ao contrário dos protocolos de rede proprietários, o *Foundation Fieldbus* não pertence a nenhuma empresa ou é regulado por um único organismo ou nação.

A tecnologia é controlada pela *Fieldbus Foundation* uma organização não lucrativa que consiste em mais de 100 dos principais fornecedores e usuários de controle e instrumentação do mundo.

Com as facilidades da comunicação digital, a quantidade de informações disponíveis é muito maior do que a dos sistemas de automação tradicionais aonde a quantidade de informações disponíveis não vai além das variáveis de controle. Múltiplas variáveis de cada dispositivo podem ser trazidas ao sistema de controle da planta para arquivo, análise de tendência, estudos de otimização de processo e geração de relatórios.

3.2. Modbus RTU

O protocolo *Modbus* é uma estrutura de comunicação desenvolvida pela empresa Modicon em 1979, com o objetivo de estabelecer uma comunicação mestre-escravo/cliente-servidor entre dispositivos inteligentes. Hoje é um padrão de fato, verdadeiramente aberto, sendo um dos protocolos de rede mais largamente usado no ambiente industrial.

Na comunicação entre os dispositivos somente um dispositivo (mestre) pode iniciar as transações (chamadas de procedimento), já os demais (escravos) respondem fornecendo os dados requisitados pelo mestre, ou analisando sua solicitação. Um escravo é todo dispositivo periférico (transdutor de I/O, válvula, inversor, etc.) que processa as informações e responde ao mestre. Os mestres podem dirigir-se a escravos individuais, ou podem iniciar uma mensagem de transmissão a todos os escravos.

Os dispositivos que suportam este protocolo normalmente possuem funções de monitoramento, configuração e o módulo de controle I/O.

O modo de transmissão define o índice dos bits que formam a mensagem, transmitidos ao longo da rede, além de como os dados devem ser empacotados e decodificados. Existem dois modos de transmissão padrões, o ASCII e o RTU. Eles normalmente são selecionados em conjunto com outros parâmetros de comunicação (tais como taxa de transmissão, paridade, *stop bits*, etc.) como parte da configuração do dispositivo.

No modo RTU (*Remote Terminal Unit*) cada *byte* da mensagem contém dois caracteres hexadecimais (cada caractere representado por quatro *bits*) e a mensagem é transmitida de maneira contínua.

3.3. Ponto-a-Ponto

A comunicação ponto-a-ponto é uma tecnologia utilizada na alimentação, controle e supervisão dos dispositivos de campo. É largamente utilizada em aplicações que necessitam de alarmes para efetuar o controle dos níveis dos reservatórios, dentre outras aplicações. O mecanismo que controla esses alarmes é bastante simples, consistindo num sinal de tensão constante que possui nível baixo (0 V) e nível alto (24 V).

4. Equipamentos de Comunicação

Os equipamentos utilizados numa rede fieldbus necessitam de cuidados à parte. Aspectos como área classificada, nível de interferência, protocolos de comunicação suportados, entre outros, devem ser considerados para um bom desempenho da rede.

4.1. Fieldbus Universal Bridge

Com funções semelhantes às de um CLP, possui um componente de hardware capaz de desempenhar funções como gerência, monitoramento e controle de uma planta industrial. Por poder executar a maioria das funções exigidas pelo sistema de controle, o número de componentes adicionais é reduzido de forma considerável.

O *Fieldbus Universal Bridge* é um elemento chave na arquitetura distribuída dos Sistemas de Controle de Campo. Este combina poderosas características de comunicação com acesso direto de E/S e controle avançado para aplicações contínuas e discretas. Com seu conceito modular, ele pode ser colocado dentro de painéis na sala de controle ou em caixas seladas no campo. Ele prevê ainda serviços de comunicação para controle, supervisão usando *OPC*, configuração e manutenção usando *OLE*. Toda a configuração e manutenção podem ser feitas através deste, com alta eficiência e interoperabilidade.

4.2. Conversores

Os conversores têm a função de interfacear transmissores analógicos com uma rede *Foundation Fieldbus* e vice-versa. O primeiro, recebe sinais de corrente tipicamente de 4-20 mA ou 0-20 mA e torna-os disponíveis para um sistema *Foundation Fieldbus*, já o segundo faz o contrário. A tecnologia digital utilizada permite um fácil interfaceamento entre o campo e a sala de controle, além de fornecer vários tipos de funções de transferência e várias características interessantes que reduzem consideravelmente os custos de instalação, operação e manutenção.

4.3. OLE for Process Control (OPC)

O padrão OPC estabelece as regras para que sejam desenvolvidos sistemas com interfaces padrões para comunicação dos dispositivos de campo (controladores, sensores, etc) com sistemas de monitoração, supervisão e gerenciamento (SCADA, MES, ERP, etc).

A tecnologia OLE (*Object Linking and Embedding*) foi desenvolvida pela Microsoft em meados de 1990, para suprir a necessidade de se integrar diferentes aplicações dentro da plataforma Windows, de forma a solucionar os problemas de desempenho e confiabilidade do até então utilizado padrão DDE (*Dynamic Data Exchange*).

4.4. Configuradores do Sistema

O configurador do Sistema é um software especialmente desenvolvido para configurar, supervisionar e operar os produtos da linha *Foundation Fieldbus* via *OPC*, através de um computador pessoal com uma interface *Foundation Fieldbus*. Com uma interface homem-máquina (IHM) amigável, o mesmo possibilita uma interação produtiva e eficiente com o usuário, sem a necessidade de conhecimentos prévios do *software*. Devido a sua grande flexibilidade e facilidade de operação, o mesmo possui a mesma funcionalidade de um terminal portátil. Utilizando um computador, o usuário poderá armazenar dados, ler os dados do disco rígido e visualizar os dados na tela do computador ou em papel impresso. Com relação à manutenção do sistema, o configurador comunica-se com todos os instrumentos de campo e acessa informações sobre o fabricante do instrumento, os materiais de construção, as escalas, etc. Permite também a calibração do transdutor e ajuste do controlador. Os relatórios de diagnóstico *on-line*, de alarme e dos eventos é uma ferramenta poderosa para a confiabilidade da planta. Relatórios completos de manutenção são emitidos de acordo com a configuração do usuário.

5. Sistema Supervisório

Com a evolução dos equipamentos industriais e o crescente uso dos sistemas de automação, as tarefas de monitorar, controlar e gerenciar tornaram-se mais complexas. Diferentes arquiteturas de sistemas computacionais tem sido desenvolvidas e propostas para esses fins, os que mais tem se difundido são os PCS (Process Control Systems), os SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) e os DCS (Distributed Control Systems).

5.1. Supervisory Control and Data Acquisition

Os sistemas de supervisão, ou simplesmente SCADA, permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações do processo produtivo. Tais informações são primeiro coletadas através de equipamentos de aquisição de dados, seguido da manipulação e análise destes dados e a posterior apresentação ao usuário. Estas informações podem ser visualizadas por intermédio de quadros sinóticos, com indicações instantâneas das variáveis do processo (temperatura, pressão, vazão, nível, etc), e armazenadas em bases de dados relacionadas ao processo do cliente. As análises dos dados podem ser feitas dentro do supervisório através de tabelas e gráficos de tendência.

O sistema supervisório do LAMP foi desenvolvido utilizando o software Elipse Scada.

6. Conclusão

O projeto do laboratório foi concluído satisfatoriamente mostrando ser factível a sua execução. Os instrumentos e equipamentos necessários para sua implementação foram projetados e especificados para avaliar as principais características e propriedades dos medidores de vazão e BS&W nas faixas especificadas.

O sistema de comunicação de redes FIELDBUS mostra-se como uma alternativa interessante, oferecendo uma relação custo-benefício satisfatória.

Este é o primeiro laboratório do norte-nordeste que utiliza este método para avaliação desses instrumentos. Como trabalhos futuros serão feitos estudos para permitir que o laboratório realize também a calibração de medidores.

7. Referências

GILLUM, D. R., "Industrial Pressure, Level and Density Measurement" ISA Publication, 1995.

LIMA, C. E. G., "Automação de Testes de Produção e Determinação de BS&W de Poços Produtores de Petróleo" Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da UFRN, Natal – RN, Maio de 2000.

MAITELLI, A. L. & LIMA, C. E. G., "Automação de Testes de Produção e Determinação da Razão Água-Óleo de Poços Produtores de Petróleo" Anais do I Seminário Nacional de Automação e Controle – ST035, Salvador-BA Novembro de 1999, pp 1-8.

NATALE, F., "Automação Industrial" 2ª ed. Editora Érica, São Paulo, 2000.