



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

RÔMULO DO NASCIMENTO MOURA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO SCADA: estudo de caso na
Wellcon treinamento e consultoria Ltda – sonda de
completação terrestre SPT-54**

RÔMULO DO NASCIMENTO MOURA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO SCADA: estudo de caso na
Wellcon treinamento e consultoria Ltda – sonda de
completação terrestre SPT-54**

**Monografia apresentada à Banca
examinadora da Faculdade de
Administração e Negócio de Sergipe -
FANESE, como requisito parcial e
elemento obrigatório para obtenção do
grau de bacharel em Engenharia de
Produção.**

**Orientador: Esp. Josevaldo dos
Santos Feitoza.**

**Coordenador: Msc. Alcides A. Araújo
Filho**

FICHA CATALOGRÁFICA

MOURA, Rômulo do Nascimento

Sistema de automação scada: estudo de caso na Wellcon treinamento e Consultoria Ltda – sonda de completção terrestre SPT -54/Rômulo do Nascimento Moura. Aracaju, 2013. 64 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe/ Departamento de Engenharia de Produção, 2013.

Orientador: Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza

1. Automação 2. Scada 3. Sonda de Petróleo I. TÍTULO.

CDU 658.5: 658.52.011.56 (813.7)

RÔMULO DO NASCIMENTO MOURA

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO SCADA: estudo de caso na
Wellcon treinamento e consultoria Ltda – sonda de
completação terrestre SPT-54**

Monografia apresentada à Banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócio de Sergipe - FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção no período de 2013.1.

Prof. Esp. Josevaldo dos Santos Feitoza.
Orientador

Prof. Esp. Marcos Antônio de S. Aguiar
1º Examinador

Prof. Msc. Bento Francisco dos Santos Junior
2º Examinador

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2013.

**Dedico este trabalho aos meus pais,
irmãos, irmãs e a minha amada
esposa!**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãs e irmãos, pelo incentivo e suporte permanente nos meus estudos.

A minha esposa, Daniela, pelo apoio e compreensão, e a todos os amigos e colegas que me apoiaram e auxiliaram na realização deste projeto.

À empresa Wellcon Treinamento e Consultoria Ltda., pela oportunidade concedida para a realização do estágio.

A todos os colaboradores e diretores da Wellcon, pela contribuição nas atividades desenvolvidas, em especial ao Engenheiro Ivaldo Mesquita Ferreira, pelo suporte e auxílio durante a realização do estágio.

A todos os professores que, ao longo dos anos, transmitiram conhecimentos e em muitos momentos foram pacientes diante das dificuldades e ansiedades por mim apresentadas.

Em especial aos professores Josevaldo Feitoza e Eduardo Ubirajara por contribuírem, significativamente, para este trabalho, me acompanhando com competência disponibilidade e generosidade.

O assunto mais importante do mundo pode ser simplificado ate ao ponto em que todos possam apreciá-lo e compreendê-lo. Isso é – ou deveria ser – a mais elevada forma de arte.

Charles Chaplin

RESUMO

Esta monografia apresenta como título, **SISTEMA DE AUTOMAÇÃO SCADA**, onde é apresentada a descrição das atividades desenvolvidas no estágio curricular. Foi realizado através da empresa Wellcon pelo aluno Rômulo do Nascimento Moura durante o período de 02 de fevereiro e 30 de junho de 2013. A atuação no estágio foi na área de automação aplicada em sondas de petróleo, mais especificamente na sonda de completção SPT- 54. Por ter sido observada a necessidade de um sistema de monitoramento das suas variáveis operacionais, através dos serviços prestados por essa empresa surgiu a seguinte questão problematizadora: O que fazer para promover a melhoria das variáveis operacionais na unidade SPT - 54, na busca por maior qualidade nos serviços prestados pela mesma. Esta pesquisa teve como objetivo o estudo e Implementação do sistema de monitoramento SCADA na etapa de completção de poços petrolíferos e como específicos, descrever o processo operacional de uma sonda de completção como também Identificar as principais variáveis de controle e mostrar, junto aos gestores, a importância da adoção do sistema de automação SCADA para o monitoramento do processo de completção, realizando aquisição dos dados operacionais para que o processo de instalação do sistema seja concretizado. Com base neste assunto a fundamentação e metodologia utilizada nesta pesquisa de campo foram, quanto aos objetivos exploratório-descritivos, e quanto ao objeto foi de campo e documental.

Palavra(s)-chave: Automação. SCADA. Sondagens de Petróleo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sensor de temperatura PT-100.....	18
Figura 2 - Exemplo de aplicação de pressão	20
Figura 3 - Manômetro, transmissor e controlador de pressão.....	20
Figura 4 - Sensores de vazão	22
Figura 5 - Instrumento e sensores de nível.....	23
Figura 6 - Diagrama de blocos de um sistema de automação	26
Figura 7 - Hierarquia da automação industrial	29
Figura 8 - Sistema SCADA.....	31
Figura 9 - Hierarquia na automação de processos	34
Figura 10 - Classificação das redes industriais.....	35
Figura 11 - Rede wireless	37
Figura 12 - Sonda Terrestre.....	45
Figura 13 - Diagrama do sistema de automação	48
Figura 14 - Diagrama do modulo de aquisição	50
Figura 15 - Tela de configuração do módulo aquisitor	51
Figura 16 - layout SPT 54.....	52
Figura 17 - Tela do sondador	53
Figura 18 - tela do geolograph	54
Figura 19 - Tela de analise gráfica	54
Figura 20 - Tela de configuração do sistema supervisório	55
Figura 21 - Layout novo sistema de aquisição e transmissão exemys	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ligas metálicas para termopares.....	19
Quadro 2 - Unidades de pressão e fatores de conversão	21
Quadro 3 - Classificação dos instrumentos por função	23
Quadro 4 - Variáveis e indicadores.....	44
Quadro 5 - Variáveis x Importância	46
Quadro 6 - Distribuição dos sensores por módulo aquisitor	52
Quadro 7 - Custos do modelo atual.....	58
Quadro 8 - Custo do modelo proposto.....	58

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Situação Problema	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Breve Histórico do Controle de Processos.....	16
2.2 Instrumentação.....	17
2.2.1 Instrumentos de medição	18
2.2.1.1 instrumento de temperatura.....	18
2.2.1.2 Instrumento de pressão.....	20
2.2.1.3 Instrumento de vazão.....	21
2.2.1.4 Instrumento de nível	22
2.3 Classificação dos Instrumentos	23
2.3.1 Classificação por função	23
2.3.2 Classificação por sinal de transmissão ou suprimento.....	24
2.3.3 Classificação por tipo de sinal.....	25
2.4 Automação.....	25
2.4.1 Automação fixa.....	27
2.4.2 Automação programável	27
2.4.3 Automação flexível.....	28
2.5 Controle de Processos Industriais	28
2.6 Sistema Supervisório SCADA	30
2.6.1 Componentes de um sistema SCADA.....	31
2.6.2 Softwares para o sistema SCADA	32
2.7 Redes de Comunicação	33
2.7.1 Classificação das redes industriais.....	35
2.7.2 Transmissão de dados sem fio	36
2.7.3 Protocolos de comunicação para sistemas supervisórios	37

3 METODOLOGIA	39
3.1 Abordagem Metodológica	39
3.2 Caracterização da Pesquisa	40
3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins	40
3.2.2 Quanto ao objeto ou meios	40
3.2.3 Quanto à abordagem dos dados.....	41
3.3 Instrumentos da Pesquisa.....	42
3.4 Unidade e Universo e Amostra da Pesquisa.....	43
3.5 Definição de Variáveis	43
3.6 Plano de Registro e Análise de Dados	44
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	45
4.1 Descrição do Processo Operacional	45
4.1.1 Em que consiste o processo de completação em poços de petróleo	45
4.1.2 Principais etapas	46
4.2 Identificação das Variáveis de Controle.....	46
4.2.1 Variáveis controladas	46
4.2.2 Acompanhamento dos dados	47
4.3 Adoção do Sistema de Automação SCADA.....	47
4.3.1 Aquisição de dados.....	48
4.3.2 Módulos de aquisição	49
4.3.3 Rede de comunicação.....	51
4.3.4 Software Wellcon SCADA.....	53
4.4 Melhorias com a adoção do sistema SCADA	55
4.5 Acatamento das Sugestões.....	56
4.5.1 Sugestões encaminhadas	56
4.5.2 Acatamento das sugestões	57
5 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário do comércio mundial, imposto pela globalização, tem-se observado a uma constante busca pela qualidade e produtividade. Isto leva à procura por recursos tecnológicos com o objetivo de melhorar qualitativamente e quantitativamente a produção. É nesta situação que a automação passa a existir como uma das principais soluções.

Hoje se tornou parte da rotina industrial, máquinas automáticas que não só substituem a força muscular do homem como possuem a capacidade de decidir e corrigir seus erros.

Os sistemas de supervisão e controle revelam-se de grande importância nos sistemas de produção, fato pelo qual deixaram de ser aplicado como meras ferramentas operacionais e passaram a ser visto como uma importante ferramenta para o controle e segurança de todo um processo produtivo.

Diante de um ambiente competitivo, com a existência de rápidas mudanças tecnológicas, diminuição do ciclo de vida dos produtos e uma maior exigência dos consumidores, verifica-se uma clara necessidade das empresas desenvolverem produtos inovadores com custos viáveis.

De acordo com a história o processo de automação industrial, começa na década de 1920 com Henry Ford e sua linha de montagem de automóveis. Posteriormente, nos anos de 1960 assistimos ao desenvolvimento da microeletrônica, o que possibilitou o desenvolvimento dos CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), que substituíram os painéis de controle com relés.

Na década de 1990, encontramos os novos sistemas de supervisão e controle, desenvolvidos especialmente com o objetivo de obter maior produtividade, qualidade e competitividade para esta nova realidade.

Neste contexto, as empresas vêm aumentando sua atenção para as atividades de Desenvolvimento de Produto (DP), reconhecida como importante fonte de vantagem competitiva, tanto para a criação de novos produtos quanto para a melhoria de produtos já existentes. Segundo Pinheiro (2012, p. 1), com as sucessivas evoluções acumuladas ao longo do tempo, os sistemas de supervisão atuais passaram a oferecer três funções básicas:

- Função de supervisão – nesta função estão incluídas todas as operações de monitoramento do processo, sejam elas sinóticas, gráficos de tendências de variáveis analógicas e digitais, relatórios, dentre outras;
- Função de operação - oferece a vantagem de substituir as funções das mesas de controle manuais, otimizando os procedimentos de controle e modos de operação dos equipamentos do processo.
- Função de controle - apresenta duas possibilidades: um sistema que possibilita a ação de controle sem a dependência de níveis intermediários do processo, conhecido como DDC (Digital Direct Control) e o sistema supervisório, onde o controle é realizado dinamicamente, de acordo com o comportamento global do processo.

Um sistema de automação tem por objetivos básicos o desempenho, a modularidade e a expansibilidade da planta. Para que estes sejam alcançados, deve-se estruturar a planta industrial e organizar seus elementos constituintes (dispositivos de aquisição de dados ou remotos, CLP's, instrumentos e sistemas de supervisão, entre outros). Para tanto, é necessário elaborar uma arquitetura capaz de suportar as duas hierarquias de rede mais utilizadas: informação e controle. A primeira é o nível mais alto dentro da arquitetura, sendo representada pela rede de informação. Já as redes de controle interligam os sistemas industriais aos sistemas representados pelos controladores e pelas unidades de aquisição de dados.

Um sistema supervisório permite que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente, apresentadas ao usuário. Estes sistemas também são conhecidos como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

O objetivo principal dos sistemas SCADA é propiciar uma interface de alto nível do operador com o processo informando-o em tempo real de todos os eventos de importância da planta. Sua utilização permite uma série de vantagens se comparados com os painéis convencionais.

Com essas características, um sistema de supervisão bem estruturado gera uma maior clareza sobre o estado do processo, resultando em um melhor controle de qualidade, diminuição de custos e de tempo de resposta.

1.1 Situação Problema

Levantamentos estatísticos mostram que no Brasil, no período de 1979 a 1995 ocorreram 27 erupções descontroladas (blowouts) em poços de petróleo perfurados em terra e mar desse total, 14 casos (52%) estavam em operações de manobra. Ferreira (2006, p. 1).

Durante a intervenção em poços de petróleo, situações imprevistas podem ocorrer gerando perdas diversas: de tempo, de equipamento ou de vidas. O influxo de fluidos da formação, seja de óleo, água ou gás é uma delas.

É de suma importância que as informações do processo de produção de petróleo sejam as mais fidedignas possíveis, visto que as decisões tomadas serão baseadas no histórico e nas informações prestadas.

Fundada em 1998 a Wellcon é uma empresa especializada em treinamento e Consultoria em controle de poços com sistema de gerenciamento integrado nas ISOS 9001; 14001 e OHSAS 18001 que desenvolveu seu próprio simulador para atender as prerrogativas das atividades de perfuração.

Foi a primeira empresa na América Latina a ser certificada pelas entidades internacionais IADC e IWCF; atualmente acreditada pelo IADC para controle de poço nas atividades de Perfuração, Workover e Wellservice (Flexitubo, Snubbing e Wire Line) nos níveis Introdutório, Fundamental e Supervisão, tanto para BOP de superfície quanto para BOP Submarino.

A Wellcon está comprometida em capacitar profissionais para as atividades de perfuração e produção em todos os níveis e executar serviços com alto padrão de excelência, visando o desenvolvimento tecnológico e, propiciar ao profissional da indústria de extração e Produção de óleo e gás, a confiança necessária para enfrentar as situações operacionais críticas, com segurança e tranquilidade, preservando a integridade física das pessoas e do meio ambiente.

A Wellcon é uma empresa que presta serviços de Treinamento, Consultoria e Desenvolvimento Tecnológico na área de Petróleo e Gás. Em

parcerias com algumas empresas, capacita profissionais em outros segmentos como o da Tecnologia da Informação.

Devido a esses e outros problemas que acontecem na produção de petróleo, aparece a seguinte questão problematizadora: **O que fazer para promover a melhoria das variáveis operacionais na Wellcon treinamento e consultoria Ltda. – SPT 54?**

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Implementar o sistema de automação SCADA, para a melhoria do controle das variáveis operacionais na empresa Wellcon Treinamento e Consultoria Ltda., unidade SPT – 54.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever o processo operacional de uma sonda de completção.
- Identificar as principais variáveis de controle do processo.
- Mostrar, junto aos gestores, a importância da adoção do sistema de automação SCADA para o monitoramento do processo de completção.

1.3 Justificativa

A comparação do desempenho com o que foi planejado não busca apenas localizar os erros ou desvios, mas também permitir a predição de outros resultados futuros. Um bom sistema de controle, além de proporcionar rápidas comparações, permite localizar possíveis dificuldades ou mostrar tendências significativas para o futuro. Não é possível modificar o passado, mas a sua compreensão pode propiciar auxílio para, a partir do presente, criar condições para que as operações futuras obtenham melhores resultados.

Um sistema controlado mantém as variáveis do processo em condições mais adequadas aos equipamentos e as estruturas do que quando manualmente

controlada por um operador. Ao contrário de um mecanismo automático, o controle manual está sujeito a erros devido à distração ou ao cansaço do operador. O controle, sob o ponto de vista tecnológico, tem um papel importantíssimo no desenvolvimento de ações planejadas, modelando processos desde os mais simples até os mais complexos.

O presente trabalho justifica-se pela necessidade de melhorar o monitoramento e controle das variáveis operacionais na unidade SPT- 54, através da implementação do sistema de automação SCADA visando o histórico operacional das suas atividades.

Este tipo de sistema tem se mostrado essencial para a gestão de empresa, uma vez que as informações coletadas são de fundamental importância para a agilidade e competitividade do mercado atual.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Encontram-se neste capítulo informações, conceitos, classificações, adquiridas por intermédio da pesquisa bibliográfica, com o principal propósito de embasar o desenvolvimento do tema proposto e de subsidiar o pesquisador para que os objetivos sejam alcançados. Assim sendo, tais informações estão expostas de modo a apresentar sugestões que se mostre necessária.

2.1 Breve Histórico do Controle de Processos

Atualmente a fabricação de diversos produtos e serviços, como, por exemplo, a produção dos derivados do petróleo, produtos alimentícios, a indústria de papel e celulose exigem certo controle nos seus processos de fabricação.

Segundo Bega (2011, p. 01), “[...] em todos estes processos é absolutamente necessário controlar e manter constantes as principais variáveis, tais como: pressão, vazão, temperatura, nível, pH, condutividade, velocidade, umidade, etc.”, objetivando a melhoria em qualidade, o aumento em quantidade do produto e a segurança.

No princípio da era industrial, o operário atingia os objetivos citados através de controle manual destas variáveis, utilizando somente instrumentos simples (manômetro, termômetro, válvulas manuais etc.), e isto era suficiente, por serem simples os processos. Com o passar do tempo, estes foram-se complicando, exigindo um aumento da automação nos processos industriais, através dos instrumentos de medição e controle. Enquanto isso, os operadores iam se liberando de sua atuação física direta no processo e, ao mesmo tempo, ocorria a centralização das variáveis em uma única sala.

De acordo com Favoretto apud Boaretto (2008, p. 19):

Em virtude da acirrada competitividade mundial, as empresas têm buscado implementar mudanças significativas em seus procedimentos administrativos e estratégicos que vão desde a diminuição de custos, diminuição dos prazos de entrega, melhores produtos à agilidade na tomada de decisões.

Os resultados da manufatura precisam ser controlados quanto às quantidades e tempos de produção e quando esses resultados são coletados de forma manual, não retratam a realidade do chão de fábrica (Boaretto,2008).

Sendo assim, os processos que eram executados manualmente estão sendo automatizados através de sistemas computacionais de menor custo e maior desempenho. Buscando-se a informação integrada, ou seja, os dados de chão-de-fábrica colaborando com os sistemas corporativos.

Segundo Boaretto (2008, p. 21), “[...] todos os dispositivos devem falar a mesma língua, em todos os níveis, para a informação ser dinâmica e colaborativa, e os resultados serem imediatamente visíveis à alta gerência.”

É possível, desta forma, através das redes de comunicação, visualizar dados dinâmicos do processo produtivo em qualquer lugar do mundo, contribuindo para que o nível estratégico tenha informações confiáveis dos produtos que estão sendo fabricados.

Existem, por exemplo, muitas informações sobre o que está acontecendo na indústria que podem ser mais úteis se não estiverem disponíveis somente para o operador na sala de controle, mas também para o pessoal da qualidade, de engenharia, para o gerente de produção e para outras pessoas da empresa (Boaretto, 2005)

Isso é possível através da aplicação das técnicas de instrumentação, automação e das redes de transmissão de dados que veremos detalhadamente a seguir.

2.2 Instrumentação

A instrumentação trata de dispositivos e técnicas de controle de processos, com o objetivo de aprimorar o desempenho dos processos industriais, ou o acréscimo da segurança de equipamentos e pessoas.

Para Ribeiro (2009, p. 74),

Em Instrumentação, o termo medir é vago e ambíguo. Normalmente, quando se fala medir, se quer dizer indicar o valor de uma variável. Porém, o mesmo termo medir se refere a sentir. Mais ainda, medir pode incluir transmitir, registrar, totalizar, alarmar ou controlar.

De acordo com Bega (2011, p. 01), “[...] os processos industriais são variados, englobam diversos tipos de produtos e exigem controle preciso dos produtos gerados.” Usualmente, os maiores usuários de instrumentação são as indústrias que atuam nas áreas de petróleo, química, petroquímica, alimento, cerâmica siderúrgica, celulose e papel têxtil, geração de energia elétrica etc.

Segundo Alves (2010 p. 3-4), vários são os tipos de indústrias existentes nos diversos ramos da atividade industrial. Em geral, pode-se distinguir de duas naturezas:

- Indústrias de processos contínuos – cujo processo produtivo envolve de maneira mais significativa variáveis contínuas de tempo, onde a produção e medida em toneladas e em metros cúbicos.
- Indústria de processamento discreto ou manufatura – referem-se às unidades industriais cujo processo produtivo envolve de maneiras mais significativas variáveis discretas no tempo.

2.2.1 Instrumentos de medição

As diversas funções necessárias ao correto funcionamento de uma malha de controle são desempenhadas por dispositivos chamados de instrumentos para controle de processos.

Tendo como foco deste trabalho a indústria de processos contínuos, Alves (2010, p. 04) relata que, nos processos contínuos, as variáveis mais usuais são temperatura, pressão, vazão, e nível, embora existam diversas outras.

2.2.1.1 instrumento de temperatura

Os medidores de temperatura mais usados na indústria são os termômetros baseados em bimetal e os sensores do tipo termopar como na Figura 1

Figura 1- Sensor de temperatura PT-100



Fonte: Alutal (2013, p. 1)

Ainda segundo (Alves, 2010) as termoresistências são sensores de temperatura muito usados nos processos industriais e em laboratórios, por suas condições de alta estabilidade, repetitividade, resistência à contaminação, pequeno

drift em relação ao tempo, menor influência de ruídos e altíssima precisão de leitura.

Principais Características:

- Diversas calibrações e faixas de trabalho
- Custo relativamente baixo
- Resposta rápida
- Utilizável em todos os tipos de atmosferas
- Boa vida útil
- Ótima resistência mecânica

De acordo com Alves (2010, p. 28-29), “os termopares se baseiam na propriedade onde dois metais dissimilares unidos em uma junção, chamada de junta quente geram uma força eletromotriz, de alguns milivoltes na outra extremidade submetida a uma temperatura diferente da própria junção”. Para cada aplicação específica existe um tipo de termopar apropriado. Como no quadro 1 a seguir:

Quadro1- Ligas metálicas para termopares

Termopar	Ligas metálicas (+/-)	Temperatura (°C)
E	Cromel/Constantan	-100 a 900
J	Ferro/constantan	-40 a 750
K	cromel/Alumel	-200 a 1200
R	Platina-Ródio 13%platina	0 a 1600
S	Platina-Ródio 10%platina	0 a 1600
B	Pt-Ródio 30%/Pt-Ródio 6%	600 a 1700
T	Cobre/Constantan	

Fonte: Alves (2010, p.29)

Cromel é uma liga de Níquel e Cromo, Constantan é uma liga de Cobre e Níquel, enquanto Alumel é uma liga de níquel e alumínio.

Como observado no quadro anterior o termopar tipo E é o que apresenta maior geração de mV/°C, sendo útil na detecção de pequenas variações de temperatura. Já o termopar tipo K é o mais usado nas indústrias devido a sua grande faixa de trabalho.

Ainda segundo Alves (2010, p. 30-31), “como os termopares são fios metálicos, sem rigidez mecânica, normalmente são instalados dentro de uma proteção mecânica chamado de poço termométrico, construído de aço inoxidável”.

Como as termoresistências precisam de uma proteção física contra corrosão apresenta erro na faixa de 0,1 a 0,25%.

2.2.1.2 Instrumento de pressão

A medição da variável pressão pode ser realizada baseada em vários princípios, cuja escolha está sempre associada às condições da aplicação. Medição de pressão é o mais importante padrão de medida, pois as medidas de vazão, nível, etc. podem ser feitas utilizando-se esse princípio.

Pressão é definida como uma força atuando em uma unidade de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

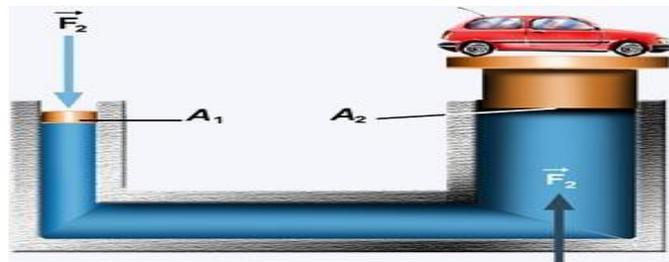
onde: P = Pressão

F = Força

A = Área

Segundo Bega (2011, p. 21), “Pressão pode ser definida como a ação de uma força contra uma força contrária”. Ela tem natureza de um empuxo distribuído uniformemente sobre uma superfície plana no interior de um recipiente fechado. Como podemos observar na figura 2.

Figura 2 - Exemplo de aplicação de pressão



Fonte: ciência a mão (2013 p. 01)

O instrumento mais simples para medir pressão é o manômetro, que pode ter vários elementos sensíveis e que pode ser utilizado também por transmissores e controladores. Como nas figuras 3.

Figura 3 - Manômetro, transmissor e controlador de pressão.



Fonte: Salvi Casagrande (2013, p. 01).

De acordo com Bega (2011, p. 23), "Como existem muitas unidades de Pressão é necessário saber a correspondência entre elas, pois nem sempre na indústria tem instrumentos padrões com todas as unidades e para isto é necessário saber fazer a conversão". De acordo com o quadro 2 abaixo.

Quadro2- Unidades de pressão e fatores de conversão

	Pa	bar	at	atm	Torr	psi
1 Pa	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	$= 10^{-5} \text{ bar}$	$\approx 10,2 \cdot 10^{-6} \text{ at}$	$\approx 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$	$\approx 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Torr}$	$\approx 145 \cdot 10^{-6} \text{ psi}$
1 bar	$= 100\,000 \text{ Pa}$	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	$\approx 1,02 \text{ at}$	$\approx 0,987 \text{ atm}$	$\approx 750 \text{ Torr}$	$\approx 14,504 \text{ psi}$
1 at	$= 98\,066,5 \text{ Pa}$	$= 0,980665 \text{ bar}$	$\equiv 1 \text{ kgf/cm}^2$	$\approx 0,968 \text{ atm}$	$\approx 736 \text{ Torr}$	$\approx 14,223 \text{ psi}$
1 atm	$= 101\,325 \text{ Pa}$	$= 1,01325 \text{ bar}$	$\approx 1,033 \text{ at}$	$\equiv 1 \text{ atm}$	$= 760 \text{ Torr}$	$\approx 14,696 \text{ psi}$
1 Torr	$\approx 133,322 \text{ Pa}$	$\approx 1,333 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$	$\approx 1,360 \cdot 10^{-3} \text{ at}$	$\approx 1,316 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$	$\equiv 1 \text{ mmHg}$	$\approx 19,337 \cdot 10^{-3} \text{ psi}$
1 psi	$\approx 6894,757 \text{ Pa}$	$\approx 68,948 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$	$\approx 70,307 \cdot 10^{-3} \text{ at}$	$\approx 68,046 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$	$\approx 51,7149 \text{ Torr}$	$\equiv 1 \text{ lbf/in}^2$

Fonte: Bega (2011, p.23)

2.2.1.3 Instrumento de vazão

A vazão é a terceira grandeza mais medida nos processos industriais. As aplicações são muitas, indo desde aplicações simples como a medição de vazão de água em estações de tratamento e residências, até medição de gases industriais e combustíveis, passando por medições mais complexas, Cassiolato (2008, p. 01).

Como esta descrita em Bega (2011, p.49):

A vazão é definida como a quantidade de fluidos que passa pela seção reta de um duto, por unidade de tempo. O fluido pode ser líquido gás ou vapor. A maioria dos instrumentos de vazão é prevista para a medição de fluidos homogêneos, numa única fase, porém existe instrumentos para medir vazão de fluidos em fases múltiplas, sob forma de suspensões coloidais, de pastas ou de geleias. Geralmente, a medição é feita aproveitando o efeito de uma interação entre o fluido e o medidor. Assim as propriedades dos fluidos precisam ser conhecidas em detalhes.

A quantidade de fluido pode ser medida em volume (vazão volumétrica) ou em massa (vazão mássica) para isso procura-se utilizar unidades que esclareçam os atributos de vazão.

- A vazão mássica é medida em **Kg/h** ou em outra unidade que seja massa dividida por tempo. Onde: m = massa, t = tempo, Qm = vazão mássica.

$$Q = \frac{V}{t}$$

- A vazão volumétrica é medida em **m³/h** ou em outra unidade que seja volume dividido por tempo. Onde: V = volume, t = tempo, Q = vazão volumétrica.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Do acordo com as figuras 4 temos alguns exemplos de medidores de vazão

Figura 4 - Sensores de vazão



Fonte: Valete (2005, p.01)

2.2.1.4 Instrumento de nível

A maneira mais simples de definição de nível é dizer que é a altura do conteúdo de um reservatório ou tanque de armazenamento, através do qual torna-se possível basicamente avaliar o volume estocado de produto, determinando e controlando a quantidade de material em processo físico e químico, levando ainda em conta a segurança, onde o nível do produto não pode ultrapassar determinados limites, Cassiolato (2010, p. 01).

Além disso, existe a condição de monitoração e controle visando controle operacional e de custo e proteção ambiental.

Bega (2011, p. 143) classifica os instrumentos de medição de nível da seguinte maneira:

- Instrumentos de medição direta – comparando diretamente a distância entre o nível do produto a ser medido e um referencial pré-definido. Ex: visor de nível, régua de comando, boias ou flutuadores. Ex-figura 05.
- Instrumentos de medição inferencial – a posição da superfície do produto cujo nível se quer medir é determinada a através da medida de outra grandeza física a ela relacionada. Ex: Ultrassom, capacitância e empuxo, como abaixo.

Figura 5 - Instrumento e sensores de nível



Fonte: Amazonaws (2013, P. 01).

2.3 Classificação dos Instrumentos

Existem vários métodos de classificação de instrumentos de medição. Dentre os quais podemos classificar os instrumentos de medição por:

- Função
- Sinal transmitido ou suprimento
- Tipo de sinal

2.3.1 Classificação por função

Como descrito em Bega (2011, p. 5-6) essa classificação se da de acordo com o quadro 3 abaixo.

Quadro3 - Classificação dos instrumentos por função

INSTRUMENTAÇÃO	DEFINIÇÃO
Instrumentos cegos detector	Não tem indicação visível do valor da variável medida. Os instrumentos de alarme, tais como pressostato e termostato que só possuem uma escala exterior com índice de seleção para ajuste do ponto de atuação.
Transmissor	Instrumento que tem a função de converter sinais do detector em outra forma capaz de ser enviada à distância

	para um instrumento receptor, normalmente localizado no painel.
Indicador	Instrumento que indica o valor da quantidade medida enviado pelo detector, transmissor, etc.
Registrador	Instrumento que registra graficamente valores instantâneos medidos ao longo do tempo, valores estes enviados pelo detector, transmissor, Controlador etc.
Conversor	Instrumento cuja função é a de receber uma informação na forma de um sinal, alterar esta forma e a emitir como um sinal de saída proporcional ao de entrada.
Unidade Aritmética	Instrumento que realiza operações nos sinais de valores de entrada de acordo com uma determinada expressão e fornece uma saída resultante da operação.
Integrador	Instrumento que indica o valor obtido pela integração de quantidades medidas sobre o tempo.
Controlador	Instrumento que compara o valor medido com o desejado e, baseado na diferença entre eles, emite sinal de correção para a variável manipulada a fim de que essa diferença seja igual à zero.
Elemento Final de Controle	Dispositivo cuja função é modificar o valor de uma variável que leve o processo ao valor desejado.

Fonte: Bega (2011, p. 6)

2.3.2 Classificação por sinal de transmissão ou suprimento

Os transmissores são instrumentos que medem uma variável do processo e a transmitem, à distância, a um instrumento receptor, indicador, registrador, controlador ou a uma combinação destes, Conceição (2005, p. 5).

Existem vários tipos de sinais de transmissão: pneumáticos, elétricos, hidráulicos e eletrônicos.

Os equipamentos podem ser agrupados conforme o tipo de sinal transmitido ou o seu suprimento. Como descritos a seguir.

- Tipo pneumático - é utilizado um gás comprimido, cuja pressão é alterada conforme o valor que se deseja representar.

- Tipo Hidráulico - o tipo hidráulico utiliza-se da variação de pressão exercida em óleos hidráulicos para transmissão de sinal.
- Tipo elétrico - esse tipo de transmissão é feito utilizando sinais elétricos de corrente ou tensão. Os transmissores eletrônicos geram vários tipos de sinais em painéis, sendo os mais utilizados: 4 a 20 mA, 10 a 50 mA e 1 a 5 V.

2.3.3 Classificação por tipo de sinal

- Discretos – assume somente 2 valores possíveis: zero/um, aceso/apagado, ligado/desligado, etc.
- Digitais - assumem ou indicam valores em um conjunto finito enumerável de possibilidades.
- Analógicos - assumem ou indicam valores em um conjunto finito não enumerável de possibilidades (faixa contínua de valores em um intervalo finito).
- Via Rádio - neste tipo, o sinal ou um pacote de sinais medidos são enviados à sua estação receptora via ondas de rádio em uma faixa de frequência específica.
- Via Modem - a transmissão dos sinais é feita através de utilização de linhas telefônicas pela modulação do sinal em frequência, fase ou amplitude.

2.4 Automação

Entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho compassivo e que vise à solução rápida e econômica para alcance dos complexos objetivos das indústrias e do setor de serviços permitindo tanto o controle lógico quanto o controle dinâmico, com a enorme vantagem de permitir ajustes mediante simples reprogramações, na própria instalação, Moreira (2011, p. 250).

Ainda segundo Moreira (2011, p. 251) a automação é uma tecnologia que diz respeito à aplicação de sistemas mecânicos, eletrônicos e computadorizados para operar e controlar a produção. Esta tecnologia inclui:

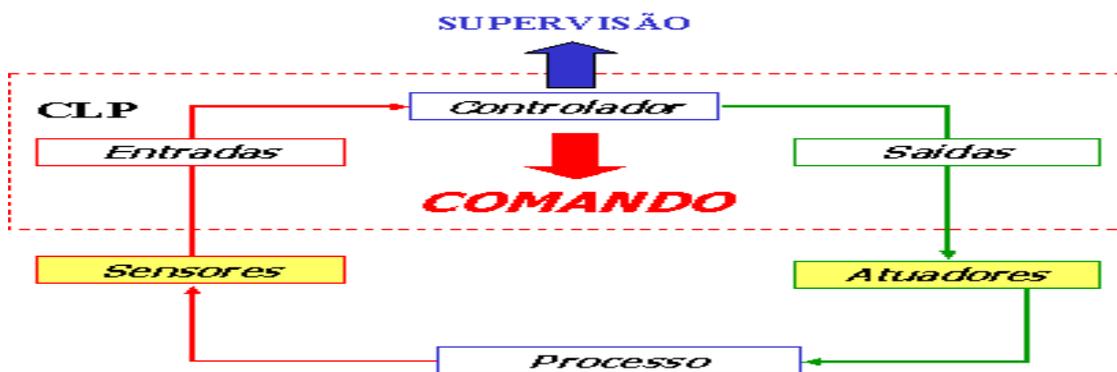
- Maquinas ferramentas automáticas para processar peças
- Maquinas automática para montagem
- Robôs industriais

- Sistemas automáticos de manuseio e estocagem de materiais
- Controle e feedback do processo por computador
- Sistemas computadorizados para planejamento, coleta de dados e tomada de decisões para apoiar atividades de produção.

Segundo Mamed apud Boaretto (2008, p.03), “[...] até o fim do século passado, a produção de bens utilizava exclusivamente a força muscular. Com o advento da Revolução Industrial, a força muscular cedeu lugar às máquinas”. A esse processo foi denominado ‘produção mecanizada’ porque, nessa situação, o homem era ainda parte ativa, não como executor da tarefa produtiva, mas como controlador do processo.

Segundo Boaretto (2005, p. 23) “O controle, sob o ponto de vista tecnológico, tem um papel importantíssimo no desenvolvimento de ações planejadas, modelando processos desde os mais simples até os mais complexos”. Na figura 06, verifica-se, através de um diagrama de blocos, um sistema de automação inteligente em que os blocos são realimentados, o controlador (CLP) verifica os estados do processo através dos sensores, toma a decisão que foi programada e interfere no processo através dos atuadores, além de receber e enviar informações para o sistema de supervisão e operação do processo.

Figura 6 - Diagrama de blocos de um sistema de automação



Fonte: Boaretto (2008, p. 03)

Segundo Costa Pinto (2005, p.13) “[...] a evolução tecnológica tem vindo a permitir a implementação de novos sistemas de automação que acompanham as novas concepções das linhas de produção”. Podemos distinguir genericamente os seguintes tipos de automação:

- Automação fixa
- Automação programada

- Automação flexível

Vamos seguidamente caracterizar de uma forma resumida cada um destes tipos de automação.

2.4.1 Automação fixa

Este tipo de automação é caracterizado pela rigidez da configuração do equipamento. Uma vez projetada uma determinada configuração de controle, não é possível alterá-la posteriormente sem realizar um novo projeto.

Como visto em Moreira (2011, p.251) tem como feição dominante o alto investimento inicial em equipamentos, geralmente feito sob encomenda para atender especificações de volume e produtos típicos de cada empresa.

Aspectos típicos da automação fixa são:

- Investimentos iniciais elevados em equipamentos específicos
- Elevadas taxas de produção
- Impossibilidade em geral de prever alterações nos produtos

Este tipo de automação justifica-se do ponto de vista econômico quando se pretende realizar uma elevada produção, Moreira (2011).

2.4.2 Automação programável

Como observado em Moreira (2011, p. 251) “neste caso, o equipamento é projetado com a capacidade de se ajustar a alterações da sequência de produção quando se pretende alterar o produto final”. A sequência de operações é controlada por um programa. Assim, para cada novo produto terá que ser realizado um novo programa.

Os aspectos típicos da automação programável são:

- Elevado investimento em equipamento genérico
- Taxas de produção inferiores à automação fixa
- Flexibilidade para alterações na configuração da produção
- Bastante apropriada para produção por lotes

No final da produção de um lote, o sistema é reprogramado. Os elementos físicos envolvidos como, por exemplo, ferramentas de corte e parâmetros de trabalho das máquinas ferramentas, devem ser reajustadas, Moreira (2011).

2.4.3 Automação flexível

É uma extensão da automação programável. A definição exata desta forma de automação está ainda em evolução, pois os níveis de decisão que envolve, podem neste momento incluir toda a organização geral da produção.

Moreira (2011, p.252) explica:

Um sistema flexível de produção é capaz de produzir uma determinada variedade de produtos sem perda significativa de tempo de produção para ajustamentos entre tipos diferentes. Assim, o sistema pode produzir várias combinações de produtos sem necessidade de organizá-los em lotes separados.

Os aspectos típicos da automação flexível são:

- Elevados investimentos no sistema global
- Produção contínua de misturas variáveis de produtos
- Taxas de produção média
- Flexibilidade de ajustamento às variações no tipo dos produtos

Ainda segundo Moreira (2011) Os aspectos essenciais que distinguem a automação flexível da programável são:

- Capacidade de ajustamento dos programas a diferentes produtos sem perda de tempo de produção.
- Capacidade de ajustamento dos elementos físicos da produção sem perda de tempo de produção.
- Desenvolvimento de computadores cada vez mais rápidos e em comunicação com todos os sistemas envolvidos na produção, através de redes industriais.
- Desenvolvimento de programas “*inteligentes*” (“*Expert Systems*”).

2.5 Controle de Processos Industriais

Atualmente, os sistemas de automação industrial utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos industriais, efetuando coleta de dados em ambientes complexos, eventualmente dispersos geograficamente, e a respectiva apresentação de modo amigável para o operador, com recursos gráficos elaborados (interfaces homem-máquina) e conteúdo multimídia.

Hoje, a microinformática assumiu o papel da produção automatizada. A partir daí, o homem, utilizando técnicas de inteligência artificial, materializadas pelos sistemas computadorizados, instrui um processador de informações que passa a desenvolver tarefas complexas e tomar decisões rápidas para controle do processo.

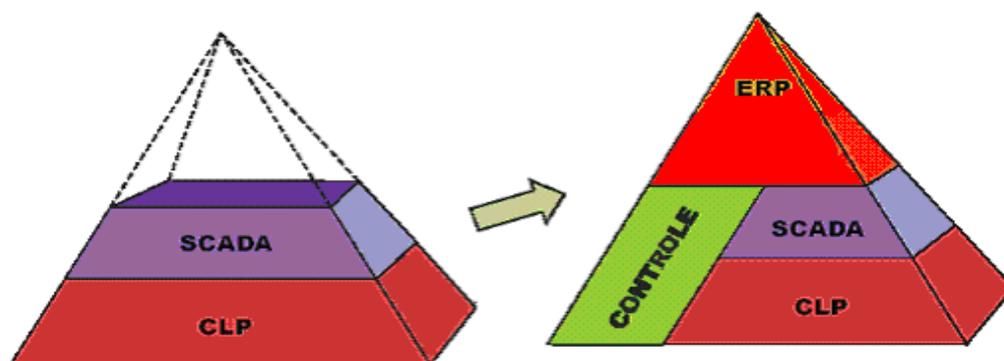
Para o chão-de-fábrica, a automação, por exemplo, através de sistema SCADA, permite a coleta de dados em tempo real dos processos de produção, possuindo, também, interfaces para a transferência dos dados para os sistemas administrativos da empresa Martins apud Boaretto (2008, p. 02).

Nessa configuração, o PC é a plataforma preferida de supervisão e operação de processos. Os softwares de supervisão e controle apareceram em diversos tamanhos, em diversos sistemas operacionais, com diversos repertórios de funcionalidades e os fabricantes de CLP, também, passaram a produzir sistemas SCADA Seixas apud Boaretto (2008, p. 02).

Assim, o sistema SCADA tem como objetivo principal o monitoramento do chão de fábrica, através de uma comunicação em tempo real, ou seja, a função principal do SCADA é mostrar o que está ocorrendo no chão de fábrica naquele exato momento.

Martins apud Boaretto (2008, p.02), aponta que, na hierarquia da automação industrial, os sistemas SCADA, ilustrado na figura 7, oferecem funções importantes no monitoramento de problemas, como parada de máquinas por problemas mecânicos ou falta de matéria prima, usualmente chamada de motivos de parada da produção. Ou seja, a produção pode apresentar gargalos influenciados por um processo comumente lento ou por máquinas que sempre estão com algum problema.

Figura 7- Hierarquia da automação industrial



Fonte: Boaretto (2008, p. 02)

Verifica-se, também, na figura, que o controle sobe um nível na pirâmide de automação, de forma que ele deixa de ser exclusividade do CLP para interagir com o sistema SCADA, facilitando a interação com o usuário e aumentando a flexibilidade do projeto. A receita que começa a ser planejada e definida no ERP é refinada e personalizada para os equipamentos de uma determinada linha

A seguir veremos o que compreende o sistema SCADA.

2.6 Sistema Supervisório SCADA

Segundo Boaretto (2008, p.08) “os sistemas SCADA (Supervisory Control and Acquisition Data System) são aplicativos que permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações do processo produtivo”, as informações podem ser visualizadas por intermédio de quadros sinóticos animados com indicações instantâneas das variáveis de processo (vazão, temperatura, pressão, volume, etc.).

Segundo Boyer apud Boaretto (2008, p.08):

Um sistema SCADA permite a um operador, em uma localização central, controlar um processo distribuído em lugares distantes, como, óleo ou gás natural, sistemas de saneamento, ou complexos hidroelétricos, fazer *set-point* ou controlar processos distantes, abrir ou fechar válvulas ou chaves, monitorar alarmes, e armazenar informações de processo.

De acordo com esse mesmo autor, quando as dimensões do processo tornam-se muito grandes, os benefícios, em termos de redução de custos de visitas rotineiras, podem ser verificados, porque torna desnecessária a presença do operador ou a visita em operação normal.

Hoje, os sistemas SCADA podem ter uma arquitetura aberta, ligada em rede, de forma a permitir que o fluxo de dados do processo ultrapasse o limite das paredes da empresa e percorra o mundo através dos meios de comunicação existentes, Boaretto (2008).

Sob esta perspectiva a figura 8 mostra todos os componentes básicos de um sistema SCADA, desde a estação de monitoração central, onde está o software de supervisão, passando pela rede de comunicação, CLP, sensores e atuadores até as máquinas e equipamentos (processo).

Figura 8 - Sistema SCADA



Fonte: Boaretto (2008, p. 10).

2.6.1 Componentes de um sistema SCADA

Os elementos do sistema SCADA composto por uma ou mais Estações Terminais Mestres (Master Terminal Units – MTUs), Unidades Terminais Remotas (Remote Terminal Units – RTUs), sensores e atuadores, além de toda a tecnologia de comunicação envolvida para interconexão destes componentes, Adami Junior (2006, p. 29).

A RTU é responsável por transmitir todos os dados para a MTU e realizar as ações de controle recebidas da MTU. Normalmente, a MTU fica localizada na central de operação que é responsável pela comunicação com as estações remotas e de seu controle. A MTU é composta por um ou mais computadores dedicados à operação de manipulação de alarmes, armazenamento de dados, que podem ser transformados em relatórios utilizados para a avaliação de tendência de funcionamento e analisar o comportamento de um sistema supervisionado, Adami Junior (2006, p. 29).

Atualmente, para realizar a comunicação entre as unidades que compõem o sistema a ser supervisionada são utilizadas as mais diversas tecnologias como RS-232, RS-442, RS-485, linhas telefônicas (discadas ou dedicadas), rádio frequência, microondas, satélite e redes padrão *Ethernet*, Adami Junior (2006, p. 30).

Internamente, os sistemas SCADA geralmente dividem suas principais tarefas em blocos ou módulos, que vão permitir maior ou menor flexibilidade e robustez, de acordo com a solução desejada.

Em linhas gerais, podemos dividir essas tarefas em:

- Núcleo de processamento

- Comunicação com PLCs/RTUs
- Gerenciamento de alarmes
- Históricos e banco de dados
- Lógicas de programação interna (Scripts) ou controle
- Interface gráfica
- Relatórios
- Comunicação com outras estações SCADA
- Comunicação com sistemas externos / corporativos

A regra geral para o funcionamento de um sistema SCADA parte dos processos de comunicação com os equipamentos de campo, cujas informações são enviadas para o núcleo principal do software. O núcleo é responsável por distribuir e coordenar o fluxo dessas informações para os demais módulos, até chegarem na forma esperada para o operador do sistema, na interface gráfica ou console de operação com o processo, geralmente acompanhadas de gráficos, animações, relatórios, etc, de modo a exibir a evolução do estado dos dispositivos e do processo controlado, permitindo informar anomalias, sugerir medidas a serem tomadas ou reagir automaticamente, Adami Junior (2006).

As tecnologias computacionais utilizadas para o desenvolvimento dos sistemas SCADA têm evoluído bastante nos últimos anos, de forma a permitir que, cada vez mais, aumente sua confiabilidade, flexibilidade e conectividade, além de incluir novas ferramentas que permitem diminuir cada vez mais o tempo gasto na configuração e adaptação do sistema às necessidades de cada instalação.

2.6.2 Softwares para o sistema SCADA

O sistema *SCADA* é dividido em dois grupos Bailey apud Adami Junior (2006, p. 32):

- Proprietário, que pode levar à dependência de alguns poucos fabricantes, uma vez que geralmente as empresas desenvolvem software proprietário para se comunicar com o seu hardware.
- Aberto, que vem ganhando popularidade por permitir maior interoperabilidade para o sistema, permitindo supervisionar equipamentos de diferentes fabricantes no mesmo sistema.

Tipicamente, um sistema SCADA é caracterizado por efetuar cinco funções:

1. Entrada e saída, responsável pela interface entre os sistemas de monitoramento e controle e os equipamentos sobre supervisão;
2. Alarme responsável por verificar quais valores são pontos de alarme e comparar estes pontos com os valores lidos dos equipamentos para disparar as sinalizações adequadas;
3. Tendência, responsável por armazenar os dados coletados em função do tempo para serem acompanhados;
4. Relatório, responsável por produzir os relatórios a partir dos dados dos equipamentos. Estes relatórios podem ser periódicos, acionados de acordo com a ocorrência de um evento ou ativados por um operador;
5. Exibição, que é responsável por gerenciar todos os dados que serão monitorados por um usuário e todas as ações de controle desencadeadas por ele.

Em virtude dessas cinco funções existe a necessidade de armazenar um conjunto de informações e agrupá-las em um banco de dados. Com isto, se mantém uma referência de todos os dados e informações que serão atualizadas, visualizadas e armazenadas pelo sistema SCADA, Adami Junior (2006, p. 33).

2.7 Redes de Comunicação

Redes de comunicação são estruturas físicas (equipamentos) e lógicas (programas, protocolos) que permitem que dois ou mais computadores possam compartilhar suas informações entre si.

Atualmente, não é possível pensar no funcionamento das empresas e negócios, sem a utilização das redes de computadores. As redes podem ser classificadas em relação a várias características, tipo de conexão (com ou sem fio), velocidade de conexão, tipo de computadores que interligam alcance para utilização, entre outros.

De acordo com Tanenbaum (2011, p. 75):

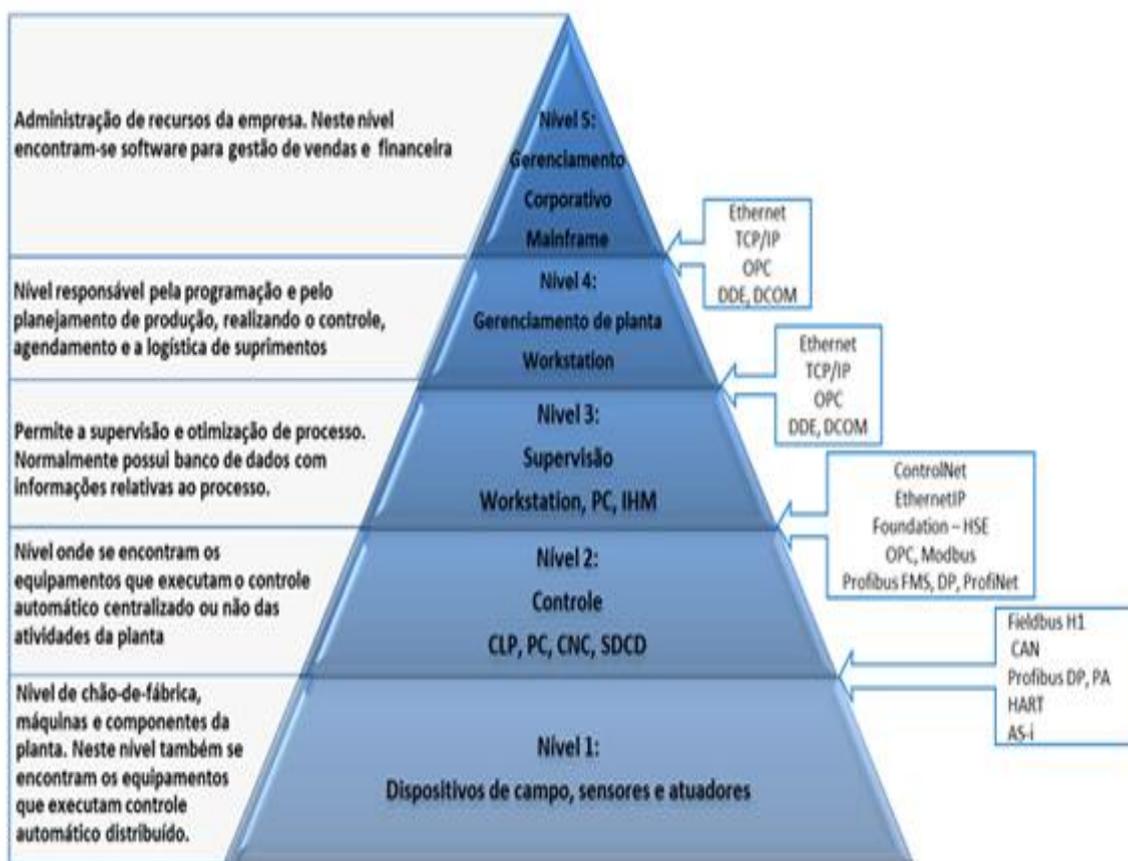
As redes podem ser divididas em LANs, MANs, WANs e inter-redes, cada qual com suas próprias características, tecnologias, velocidades e nichos de mercado. As LANs abrangem um edifício e operam em altas velocidades. As MANs abrangem uma cidade, por exemplo, o sistema de televisão a cabo, que é utilizado hoje por muitas pessoas para acessar a Internet. As WANs abrangem um país ou um continente. LANs e MANs são redes não comutadas (ou seja, não tem roteadores); as WANs são comutadas. As redes sem fios estão se tornando extremamente populares, em especial as LANs sem fios. As redes podem ser interconectadas para formar inter-redes.

De acordo com Cassiolato (2011, p.01) “[...] as redes industriais surgiram da necessidade de interligar computadores e controladores que se proliferavam operando independentemente”. Essa interligação em rede permitiu o compartilhamento de recursos e bases de dados, que passaram a ser único, o que conferiu mais segurança aos usuários da informação.

A tecnologia da informação tem sido determinante no desenvolvimento da tecnologia da automação alterando hierarquias e estruturas nos mais diversos ambientes industriais assim como setores, desde as indústrias de processo e manufatura até prédios e sistemas logísticos Cassiolato (2011, p. 01).

A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (*field level*), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos. De acordo com as características da aplicação e do custo máximo a ser atingido, uma combinação gradual de diferentes sistemas de comunicação oferece as condições ideais de redes abertas em processos industriais. Figura 09 abaixo Cassiolato (2011, p. 01).

Figura 9 - Hierarquia na automação de processos



Fonte: Cassiolato (2011, p. 01).

Como podemos notar, o esquema demonstrado através da pirâmide da automação industrial tenta organizar os diferentes níveis de controle existentes através da divisão em cinco níveis hierárquicos. Os níveis mais baixos estão diretamente relacionados com os equipamentos utilizados em campo, enquanto os níveis superiores tratam do gerenciamento dos processos, da planta e da empresa.

2.7.1 Classificação das redes industriais

De acordo com Cassiolato (2011, p. 01) na figura 10, podemos ter as seguintes classificações das redes industriais.

Figura 10 – Classificação das redes industriais

Classificação Geral das Redes Industriais	
Topologia Física	<ul style="list-style-type: none"> • Barramento • Anel • Estrela • Árvore • Mista
Modelos de Redes	<ul style="list-style-type: none"> • Origem-destino • Produtor-consumidor
Método de Troca de Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Pooling • Cíclica • Mudança de estado
Tipo de Conexão	<ul style="list-style-type: none"> • Ponto a ponto • Múltiplos pontos
Modo de Transmissão	<ul style="list-style-type: none"> • Serial • Paralela
Sincronização de bits	<ul style="list-style-type: none"> • Síncrona • Assíncrona
Modo de Operação	<ul style="list-style-type: none"> • Simplex • Half Duplex • Full Duplex
Tipo de Comutação	<ul style="list-style-type: none"> • Comutação de circuitos • Comutação de pacotes

Fonte: Cassiolato (2011, p.01)

Ainda segundo Cassiolato (2011, p. 01) um ponto importante é diferenciar entre a rede de informação, a rede de controle e rede de campo.

- A rede de informação representa o nível mais elevado dentro de uma arquitetura. Em grandes corporações é natural a escolha de um backbone de grande capacidade para interligação dos sistemas.
- A função da rede de controle é interligar os sistemas industriais de nível 2 ou sistemas SCADA aos sistemas de nível 1, representados por CLPs e remotas de aquisição de dados. Atualmente o padrão mais recomendado é a Ethernet 100 Base-T.
- A função da rede de campo é garantir a conectividade entre os diversos dispositivos atuantes diretamente no “chão de fábrica”, isto é o nível 1, sejam eles dispositivos de aquisição de dados, atuadores ou CLPs.

As redes de campo são sistemas de comunicação industrial que usam uma ampla variedade de meios físicos, como cabos de cobre, fibras ópticas ou sem fio, para acoplar os dispositivos de campo a um sistema de controle ou um sistema de gerenciamento.

2.7.2 Transmissão de dados sem fio

De acordo com Kurose (2010, p. 395) “[...] A transmissão de dados sem fio vem do inglês (wireless network) e trata-se de uma rede onde pelo menos dois terminais (computador portátil, PDA, entre outros) podem se comunicar sem ligação telegráfica”.

Esta ligação é feita através de ondas radioelétricas, ao invés dos cabamentos habituais. Ex-figura 11 abaixo.

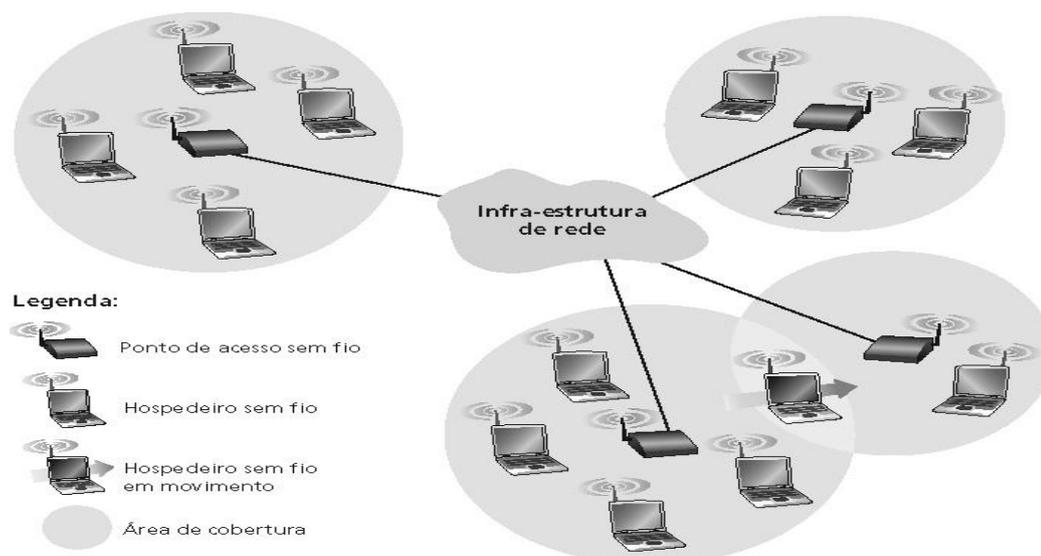
Graças às redes sem fio, um utilizador tem a possibilidade de estar conectado mesmo deslocando-se num perímetro geográfico mais ou menos vasto, é a razão pela qual se fala de “mobilidade”.

Segundo Kurose (2010, p. 395) Uma rede sem fio possui os seguintes elementos:

- Um hospedeiro sem fio que pode ser um laptop, um palmtop ou um computador de mesa;
- Infra-estrutura de rede que é a rede maior com a qual um hospedeiro sem fio pode querer se comunicar;
- Enlaces sem fio que é a forma como um hospedeiro se conecta a outro hospedeiro sem fio ou a uma estação base;
- Estação base que é a parte fundamental da estrutura de uma rede sem fio.

Ainda segundo Kurose (2010, p. 395) a estação base, “é responsável pelo envio e recebimento de dados para um hospedeiro sem fio que está associado a ela e pela coordenação de transmissão de vários hospedeiros sem fio com os quais está associada”.

Figura 11 - Rede wireless



Fonte: Kurose (2010, p. 395)

A comunicação sem fio inicia-se com uma mensagem, convertida em sinal eletrônico por um equipamento chamado transmissor. Este utiliza um oscilador para gerar ondas de rádio. O transmissor modula a onda de rádio para que esta carregue o sinal eletrônico e envia o sinal de rádio modificado através do espaço, onde é captado por um receptor, (2010, p. 396).

2.7.3 Protocolos de comunicação para sistemas supervisórios

Segundo Guarese (2011, p.11) “Em automação industrial, especialmente na área de manufatura, o protocolo de comunicação de dados Modbus RTU tem grande base instalada e é adotado em novos projetos por sua simplicidade, especificação aberta e grande oferta de produtos por múltiplos fabricantes. A atual tendência de adoção de soluções para comunicação sem fio está originando uma nova corrida para a definição de padrões para comunicação, cabendo destacar: Wireless, ZigBee, entre tantos outros”.

Independente dos padrões que venham a predominar, um denominador comum já se destaca: IEEE 802.11, um protocolo robusto que define as camadas físicas e de enlace e é adotado como base pelos protocolos citados e por muitos outros, Guarese (2011).

Protocolo Modbus é uma estrutura de mensagens desenvolvida pela Modicon em 1979. É usado para estabelecer a comunicação entre os dispositivos inteligentes. É um padrão de facto, verdadeiramente aberto e o protocolo de rede mais usado no ambiente de produção industrial. Ele foi implementado por centenas de fornecedores em milhares de dispositivos diferentes. Esse protocolo se baseia em uma arquitetura mestre e escravo e possibilita que um mestre controle até 247 escravos em uma rede, Modbus (2013).

Modbus é utilizado em várias master-slave, para monitorar dispositivos e programas, para comunicação entre dispositivos inteligentes, sensores e instrumentos, para monitorar dispositivos de campo com PCs e IHMs. Modbus é também um protocolo ideal para aplicações onde RTU comunicação sem fio é necessária. Por esta razão, é usado em aplicações de gás e de petróleo. Mas Modbus não é apenas um protocolo industrial. Aplicações de construção, infraestrutura de transporte e energia também fazem uso de seus benefícios, Modbus (2013).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentada uma descrição minuciosa do objeto de estudo e das técnicas utilizadas nas atividades de pesquisa. Buscando o caminho mais racional para alcançar os objetivos propostos no projeto.

De acordo com Marconi; Lakatos (2009, p. 221), a metodologia refere-se aos procedimentos da pesquisa utilizada para a realização deste trabalho, descrevendo o método de abordagem do estudo, a caracterização da pesquisa, as variáveis e indicadores, o instrumento de coleta de dados, a unidade, universo, amostra, especificando o tipo de trabalho, a caracterização da pesquisa, os instrumentos utilizados para coleta de dados, o universo as variáveis e o plano de interpretação dos dados.

3.1 Abordagem Metodológica

O método científico utilizado foi o do *estudo de caso* por se tratar de um estudo realizado em um local particular do estágio, conforme Ubirajara (2011, p.10).

Este trabalho busca informações metodológicas que caracterizem um estudo de caso, e que possível classificá-las em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explanatórias.

A pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e aprimorando as ideias, na descritiva tem como objetivo a descrição das atividades de uma determinada população ou fenômeno com o intuito de estudar suas características e levantar opiniões e atitudes, em seguida a pesquisa explanatória que visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

O estudo de caso realizado na sonda de produção terrestre SPT-54, identificará fatores, situações e problemas existentes na mesma, conforme anúncio nos objetivos específicos (1.2.2). O resultado de estudo depende do conhecimento amplo do pesquisador através dos dados coletados, o método que está sendo aplicado, como está sendo analisadas as informações coletadas.

3.2 Caracterização da Pesquisa

Segundo Ruiz (2008, p. 48):

Pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. É o método de abordagem de um problema em estudo que caracteriza o aspecto científico de uma pesquisa.

Pesquisar cientificamente é utilizar métodos que oriente o pesquisador a planejar, coordenar e analisar as informações acolhidas dos entrevistados para que o resultado final da pesquisa seja relevante, nada se perca ou se deixe de coletar e analisar. E uma pesquisa pode ser caracterizada: a) quanto aos *objetivos ou fins*; b) quanto aos *meios ou objeto* (modelo conceitual); c) quanto à *abordagem* (tratamento) dos dados coletados.

3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins

De acordo com Lakatos (2009, p. 158): “Toda pesquisa deve ter um objetivo determinado para saber o que se vai procurar e o que se pretende alcançar”.

Todo tipo de pesquisa avalia todas as informações coletadas dos entrevistados com o objetivo de alcançar os resultados. Antes de iniciar uma pesquisa é necessário saber o que será pesquisado, qual a finalidade da pesquisa. Assim, ajudará a colher apenas as informações precisas, que esteja de acordo com o objetivo.

Já de acordo com Santos (2010, p. 25), a pesquisa depende do grau de conhecimento em relação estudo de caso ou do problema específico, onde as pesquisas podem ser conhecidas como exploratórias descritivas ou analíticas.

Este estudo se enquadra no tipo de pesquisa exploratório descritivo ao procurar descrever, as atividades ou fenômenos no local do estágio, tentando familiarizar-se mais o problema proposto, bem como apontar os pontos de melhorias para a avaliação do monitoramento de poços.

3.2.2 Quanto ao objeto ou meios

De acordo com Ubirajara (2011, p 117), uma pesquisa, quanto aos meios,

pode ser: documental, bibliográfica, de campo, de observação participante, pesquisa-ação, dialética, experimental (e suas variantes) ou laboratorial, entre outras categorias, conforme o assunto de interesse ou a instrumentalização viabilizada.

A pesquisa *documental* segundo Ubirajara (2011, p.42), assemelha-se à pesquisa bibliográfica, porém utiliza-se das fontes que não receberam tratamento analítico. São documentos utilizados para completar o estudo de caso, auxiliando o entendimento do pesquisador.

Para Ubirajara (2011, p. 42), pesquisa *bibliográfica* é aquela desenvolvida exclusivamente a partir das fontes já elaboradas – livros, artigos científicos, publicações periódicas. Tem a vantagem de cobrir uma gama ampla de fenômenos que o pesquisador não poderia contemplar diretamente.

Já a pesquisa de *campo* para Ubirajara (2011, p. 42,43), os conceitos são concebidos a partir de observações: diretas – registrando-se o que se vê (aqui entra a observação do participante) - e indiretas, por meio de questionários, opinários ou opinionários, formulários, etc.

De acordo com o modelo conceitual (objeto ou meios), foi utilizada, no estágio, a pesquisa de *campo*, no local onde os dados coletados e analisados estão ligados com o problema que foi encontrado, na sonda SPT-54, local do monitoramento dos processos executados pela Wellcon Treinamento e Consultoria Ltda, empresa onde foi realizado o estudo de caso.

3.2.3 Quanto à abordagem dos dados

Para Lakatos; Marconi (2009 p. 269) apud Ubirajara (2011, p. 43) referem-se à abordagem dos dados, como sendo, também, métodos de procedimento ou específico das Ciências Sociais – o que é discutível, assim como o é sobre a colocação, ou não, de variáveis para este tipo de abordagem.

É chamado de pesquisa quantitativa, quando é apresentado na pesquisa dados mensuráveis, perfis estatísticos, com ou sem cruzamentos de variáveis. E pesquisa qualitativa, quando apresentada uma análise de compreensão, de interpretação, do problema ou do fenômeno informa Ubirajara (2011, p. 43).

O tipo de abordagem escolhida foi a qualitativa, que objetivou captar informações através da coleta de dados resultante através das entrevistas realizada, a fim de conhecer as percepções dos gestores, quanto aos objetivos requeridos.

Malhotra (2006, p. 155) explica que a pesquisa qualitativa tem como finalidade alcançar uma abrangência qualitativa das razões, das motivações do contexto do problema. Sem preocupação estatística, nesse procedimento, aplica-se o caso em que se quer apenas descobrir o problema.

3.3 Instrumentos da Pesquisa

Existem vários meios ou instrumentos de coleta de dados que pode ser apresentado como: entrevistas, questionários, observação pessoal, formulários, entre outros, segundo Ubirajara (2011, p. 118).

Para Marconi; Lakatos (2009, p. 197), entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional. Ou seja, são dados obtidos diretamente das pessoas e que não são encontrados em documentos.

A entrevista é um método utilizado para captar informações através de perguntas feitas pelo entrevistador para o entrevistado que pode ser individual ou grupal. Pode ser realizada também por telefone. O entrevistador faz perguntas aos entrevistados e as respostas dadas pelo participante são anotadas para análise.

Já *formulário*, Marconi; Lakatos (2009, p. 214) informa que, é um dos instrumentos essenciais para a investigação social cujo sistema de coleta de dados consiste em obter informações diretamente do entrevistado. De acordo com Lakatos; Marconi (2004, p. 201) apud Ubirajara (2011, p. 118), *questionário* é um importante instrumento de coleta de dados, formado por uma série de perguntas ordenadas que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador.

Existem diversas vantagens em se aplicar um questionário, entre essas se destacam: economia de tempo e de pessoal consegue atingir um elevado número de pessoas ao mesmo tempo, as respostas são obtidas com agilidade, menor chance de respostas distorcidas entre outras de acordo com Ubirajara (2011, p.118-119).

Há também algumas desvantagens que pode ser citadas como: o retorno dos questionários respondidos é menor em relação à quantidade de questionários que foram distribuídos para pesquisa, muitas perguntas sem respostas, falsa interpretação das perguntas, respostas incoerentes, e entre outros, segundo Lakatos; Marconi (2004, p. 202) apud Ubirajara (2011, p.119).

Utilizou-se, neste trabalho, um questionário semiestruturado junto aos clientes internos e uma entrevista livre com o fiscal, e o encarregado. E como a autor deste trabalho é colaborador da empresa pesquisada, procedeu-se com uma observação participante, a fim de comparar os dados coletados.

3.4 Unidade e Universo e Amostra da Pesquisa

Uma unidade de pesquisa corresponde ao local preciso onde a investigação foi realizada. Portanto para este estudo, a unidade de pesquisa foi a sonda de perfuração terrestre SPT-54, onde foi implementado o sistema de monitoramento das variáveis pela Wellcon Treinamento e Consultoria, esta sonda esta localizada no campo Carmópolis-SE, onde realiza atividades de completção.

De acordo com vergara (2009, p. 50), apud Ubirajara (2011, p.119), “[...] universo ou população é um conjunto de elementos (empresas, produtos, pessoas, por exemplo) que possuem as características que serão objeto de estudo”.

Para a realização da pesquisa foi utilizada uma amostra aleatória, cujo universo é de 60 clientes internos entre Engenheiros; Sondadores; Supervisores; Químicos e Homens de Área.

3.5 Definição de Variáveis

Entende-se por variável um valor ou uma propriedade (característica, por exemplo), que pode ser medida através de diferentes mecanismos operacionais que permitem verificar a relação/conexão entre estas características ou fatores, segundo Gil (2007, p.107).

Baseado nos objetivos específicos, as variáveis e os indicadores destinados aos clientes internos estão apontadas no Quadro 04 a seguir, os respectivos indicadores são pertinentes à empresa pesquisada.

Vale salientar que os indicadores selecionados no quadro 04 abaixo referem-se às observações feitas, durante a pesquisa, pelo autor deste trabalho, com o apoio da fundamentação teórica.

Quadro 4- Variáveis e indicadores

VARIAVEIS	INDICADORES
Descrição do processo operacional	*Em que consiste o processo de completação petrolífera *Principais etapas
Identificação das variáveis de controle	*Variáveis controladas *Acompanhamento dos dados
Mostrar, junto aos gestores, a importância da adoção do sistema de automação SCADA.	*Aquisição de dados em tempo real * Relatórios de processo e ferramentas de análise e armazenamento de dados *Alarmes *Otimização no tempo de resposta

Fonte: Dados da pesquisa.

3.6 Plano de Registro e Análise de Dados

Os dados foram tratados de forma qualitativa, ficando caracterizado como análise descritiva e de compreensão dos dados levantados e sua exposição será apoiando-se na fundamentação teórica. O questionário foi elaborado através do Word da Microsoft e suas ferramentas auxiliares na tabulação, de caráter normativo (formatação), exibindo-se, com isso, as informações necessárias para a devida leitura interpretativa e comparativa.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para Marconi; Lakatos (2009, p. 167), a análise é uma “[...] tentativa de evidenciar as relações já existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores”.

De acordo com a coleta de informação dos entrevistados, foi feita uma análise continuada interpretativa das respostas e percepções dos indivíduos.

Nesta seção, com base na análise qualitativa, que pretendem-se apresentar os resultados por meio das entrevistas realizadas com os colaboradores da sonda de produção SPT-54 objetivando solucionar a situação problema, que motivou a realização do estudo de caso, apresentado no início deste relatório.

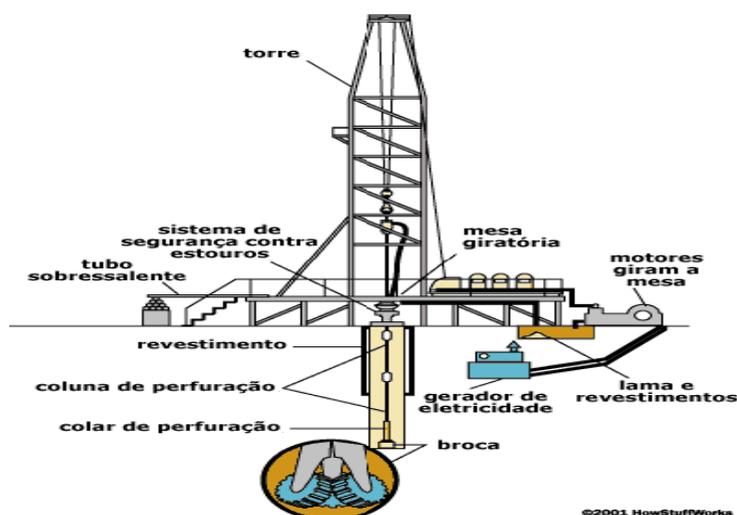
4.1 Descrição do Processo Operacional

4.1.1 Em que consiste o processo de completção em poços de petróleo

Uma vez concluída a perfuração de um poço, é necessário deixá-lo em condições de operar, de forma segura e econômica, durante toda a sua vida produtiva. Ao conjunto de operações destinadas a equipar o poço para produzir óleo, gás ou mesmo injetar fluidos nos reservatórios denomina-se “COMPLETAÇÃO”.

A completção de um poço de petróleo é realizada através de uma sonda de completção, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Sonda Terrestre



Fonte: Ciência. hsw.uol. (2013, p. 01)

Esta etapa consiste em equipar o poço de componentes que permitem o mesmo, entrar em produção. A completação de um poço envolve um conjunto de etapas e operações subsequentes à perfuração.

4.1.2 Principais etapas

Uma completação típica de um poço obedece às seguintes fases em sequência cronológica:

1. Instalação de Equipamentos de superfície (cabeça de produção, BOP, etc.);
2. Condicionamento do revestimento de produção;
3. Substituição do fluido do poço (lama) por fluido de completação isento de sólidos;
4. Avaliação da qualidade da cimentação;
5. Canhoneio da Zona de interesse;
6. Avaliação da zona produtora;
7. Descida da cauda de produção com coluna de trabalho;
8. Descida da coluna de produção;
9. Instalação da Arvore de Natal;
10. Colocação do poço em produção.

Com pequenas diferenças estas fases são as mesmas para a completação de poços marítimos e terrestres.

4.2 Identificação das Variáveis de Controle

4.2.1 Variáveis controladas

Através da pesquisa com os colaboradores e observação direta das atividades desempenhadas na SPT- 54 verificou-se as possíveis variáveis a serem monitoradas de acordo com o quadro abaixo:

Quadro 5 - Variáveis x Importância

Variável Operacional	Importância
Nível no tanque	Avaliação de indícios de kick
Pressão de bombeio	Avaliação de indícios de kick Cálculo da perda de carga
Vazão de entrada	Avaliação de indícios de kick

Torque da coluna	Controle do torque aplicado na coluna de perfuração
Peso suspenso	Segurança do sistema de sustentação de cargas Controle do peso aplicado na broca
Torque da chave flutuante	Controle do aperto de conexão dos tubos de perfuração
Taxa de penetração	Avaliação sobre mudanças das formações perfuradas.

Fonte: Próprio autor

Todas essas variáveis são monitoradas, porém não há um histórico das medições para futura avaliação.

4.2.2 Acompanhamento dos dados

O acompanhamento feito normalmente é através de um boletim diário de ocorrências (BDO), que é um formulário descritivo das atividades e ocorrências desempenhadas diariamente.

Dessa forma dados preciosos do processo, acabam sendo omitidos dificultando análises futuras.

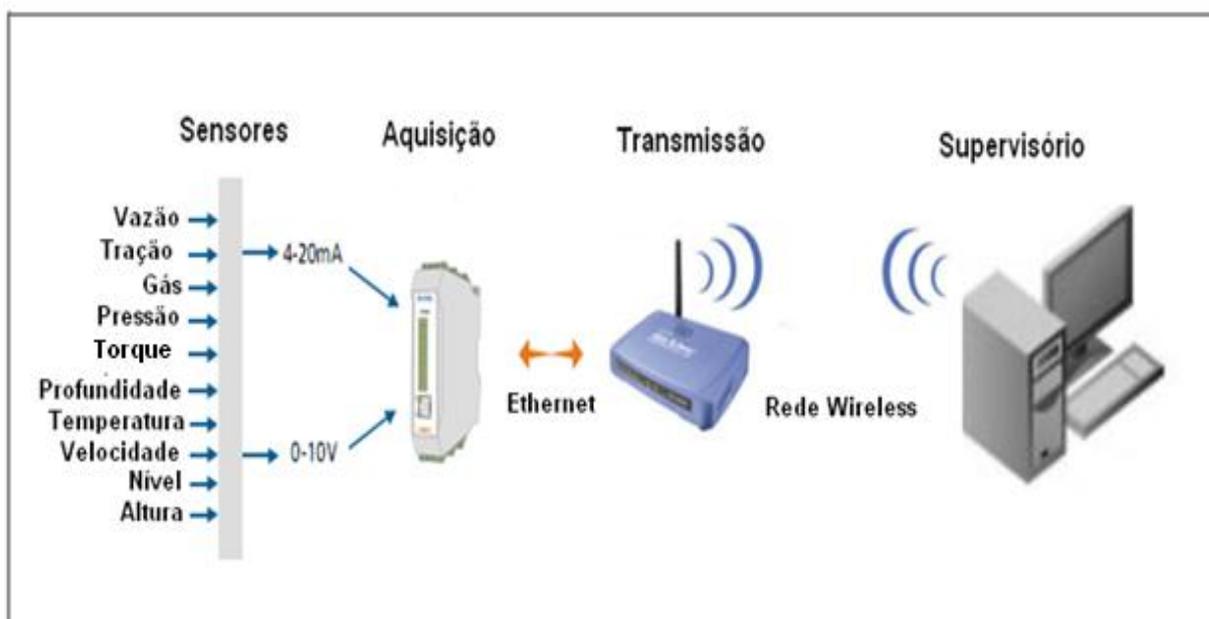
A necessidade de automatizar este processo se deve a grande quantidade de dados gerados em seu funcionamento, exigindo que qualquer alteração indesejada seja percebida e corrigida o mais rápido possível para evitar perdas de produção e pelo alto custo das intervenções para ajustes ou manutenção.

4.3 Adoção do Sistema de Automação SCADA.

Diante das informações observadas nos itens anteriores observou-se a necessidade da automação do sistema de monitoramento das atividades operacionais. Sendo assim, foi instalado um software supervisor e um conjunto de instrumentos aquisitores e transmissores, com o objetivo de coletar todos os dados do processo produtivo, sem que houvesse perdas de informações. Supervisionados e monitorados, fornecendo informações que são utilizadas tanto no controle dos processos quanto na gerência dos dados.

Na figura 13 observa-se o diagrama completo do sistema de automação desenvolvido pela Wellcon, onde pode-se visualizar as partes de sensoriamento, aquisição, transmissão e sistema supervisor.

Figura 13 - Diagrama do sistema de automação



Fonte: Próprio autor

4.3.1 Aquisição de dados

Durante o período do estágio foram realizadas especificações de diversos tipos de sensores utilizados em sondas de completção de poços, tais como transdutor de pressão, sensor indutivo e sensor de nível.

Os transdutores de pressão são utilizados na medição das seguintes variáveis do processo:

- Pressão de bombeio;
- Pressão na linha de choke e de kill;
- Pressão no tubo bengala, na medição do torque da coluna,
- Torque da chave hidráulica e do peso da coluna.

Para correta especificação do transdutor deve-se conhecer inicialmente a faixa de variação da pressão no processo, para em seguida determinar a faixa de medição do transdutor.

Na Wellcon estão disponíveis transdutores de pressão com faixas de medição de 0-250 BAR (0-3600 PSI), 0-400 BAR (0-5800 PSI) e 0-600 BAR (0-8700

PSI), todos com sinal de saída em corrente 4-20 mA e alimentação de 10 a 30 Vdc. Estes transdutores foram analisados com o intuito de se relacionar a melhor faixa de medição.

É importante que o sensor possua um grau de proteção com índice de 67, pois na sonda o ambiente é bastante hostil. Além disso, é essencial que a saída seja na forma de corrente, pois se garante que o sinal captado pelo sensor é o recebido pelo módulo de aquisição. Para as funções descritas acima o sensor de 0-250 BAR (0-3600 PSI) foi considerado eficiente para o monitoramento das variáveis.

Foram analisados sensores indutivos objetivando a medição das velocidades das bombas de lama, da mesa rotativa de perfuração e para a medição do deslocamento do cabo na operação de pistoneio. Estes sensores geram pulsos como sinal de saída quando na presença de um objeto metálico. Então um material metálico foi inserido no pistão da bomba, na mesa rotativa e na roldana do cabo do pistoneio sendo assim possível de captar a frequência com que a bomba de lama opera e o deslocamento e sentido executado pelo cabo na operação de pistoneio.

O sinal dos sensores é enviado a um conversor de pulsos que tem na saída uma tensão analógica proporcional à frequência ou deslocamento e, em seguida, este sinal é captado pelo módulo de aquisição. Foram especificados sensores indutivos com distância sensória de 2 mm e de 15 mm, do tipo PNP, invólucro metálico (blindado), saída normal aberto e fechado, alimentação de 10 a 30 Vdc e frequências de chaveamento máxima de 300 Hz e de 2000 Hz.

No monitoramento do nível dos tanques foi especificado o uso do sensor do tipo radar devido à maior faixa de medição, imunidade a extremos ambientes, baixa manutenção e fácil calibração. O sensor radar foi especificado com distância de medição de 10 metros, frequência de 5,8 GHz, sinal de saída em corrente de 4 a 20 mA, invólucro com proteção para áreas classificadas e antena cônica.

Sendo necessário medir do valor mínimo ao valor máximo do nível com a máxima sensibilidade possível, sem sofrer interferência do ambiente e sem contato mecânico, por causa das propriedades químicas do fluido de perfuração.

4.3.2 Módulos de aquisição

O módulo de aquisição é uma interface para o processamento inicial dos sinais provenientes dos sensores das variáveis do processo. Este módulo tem

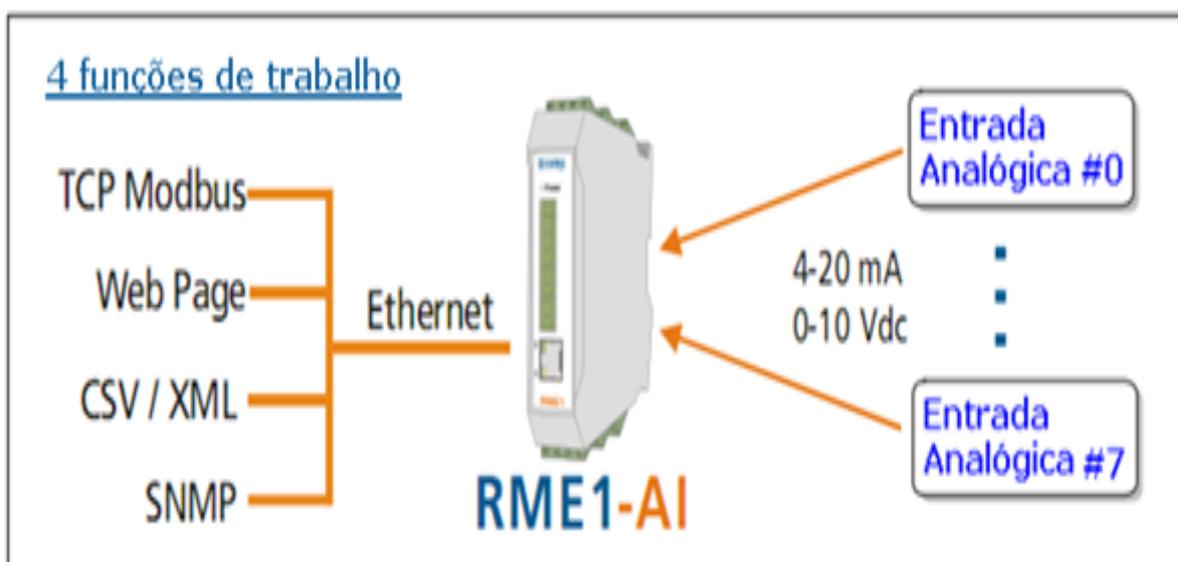
entrada de sinais analógicos que são transmitidos em tempo real via conexão tcp/ip e podem ser captados e manipulados através de softwares no qual se permite a transmissão de dados entre computadores dentro de uma rede local (LAN). Na figura 14 observa-se o diagrama do módulo de aquisição.

A principal característica do módulo RME1-AI é o conversor analógico-digital (ADC) de 12 bits, ou seja, possui uma variação de 4096 passos entre as tensões de referência (0–10 V). O módulo de aquisição tem uma sensibilidade de 2,44 mV e é o responsável por converter a resposta analógica dos sensores para o formato digital, de forma que esta possa ser processada e armazenada em computadores.

O módulo é alimentado por uma fonte chaveada de 12Vdc, tendo um consumo de aproximadamente 200 mA. Cada uma das oito entradas analógicas do módulo pode ser selecionada para sinais de corrente ou tensão, sendo que para sinais de corrente a faixa de aquisição é de 4 a 20 mA e para os sinais de tensão a faixa é de 0 a 10 Vdc. A saída do módulo possui interface Ethernet com conector RJ45, suportando os principais protocolos utilizados em redes.

Desta forma, com as informações sobre os dados coletados na sonda durante suas operações diárias e as necessidades de cada operação foi constatado que o módulo de aquisição da Exemys RME1-AI correspondia às necessidades de operação.

Figura 14 - Diagrama do modulo de aquisição



Fonte: Manual exemys

As configurações do equipamento são realizadas através do software do fabricante, Exemys Device Locator, cuja tela principal é mostrada na figura 15. Este software foi utilizado para fazer as configurações básicas de rede como a definição do nome do host, tipo de endereçamento IP e gateway de comunicação, nele também são necessários especificar qual é o sinal a ser monitorado em cada uma das portas de entradas analógicas.

Figura 15 - Tela de configuração do módulo aquisitor



Fonte: Manual exemys

4.3.3 Rede de comunicação

O rádio de comunicação wireless é o responsável entre a comunicação do módulo de aquisição de dados com o sistema supervisor SCADA. Esta comunicação é realizada sem fio (wireless) dentro da rede para a qual foi configurado.

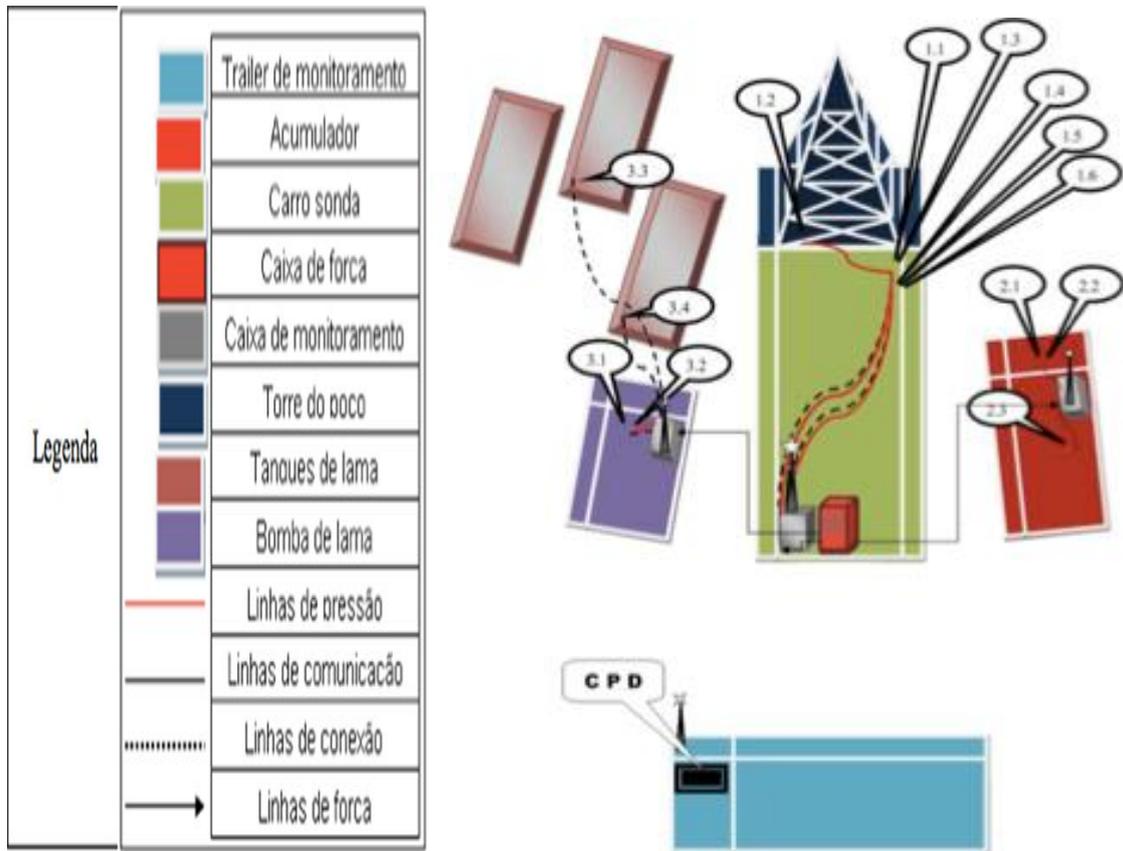
Os rádios *wireless* usados foram configurados com dois tipos de modo de operação, access point ou repetidor de forma que o nome dado ao rádio é igual ao nome do módulo de aquisição e demais configurações idênticas como a banda de comunicação G, o nome da rede Wellcon e a criptografia WPA, sempre operando no mesmo domínio de IP.

O layout na figura 16 contém a disposição do sistema na sonda SPT-54, os números detalhados no layout são referenciados na quadro 6.

Os módulos foram distribuídos de maneira a integrarem as funções monitoradas por sensores instalados na mesma estrutura dos módulos sem necessidade e desinstalação para DTM (Desmontagem, Transporte, Montagem).

Os módulos foram montados conforme demonstrado no layout e legenda.

Figura 16 - layout SPT 54



Fonte: Próprio autor

No sistema os três módulos de aquisição são constituídos por fontes de alimentação, aquisitor da Exemys, rádio access point e sensores conectados ao aquisitor. Distribuídos como descrito no quadro 06.

Quadro 6 - Distribuição dos sensores por módulo aquisitor

Módulo	Referência	Especificação
Módulo1	1.1	Sensor de pressão para o indicador de peso
	1.2	Sensor de pressão para o torque na chav. Hidráulica
	1.3	Sensor de pressão para o Easy torque
	1.4	Sensor de pressão para o Cat line

	1.5	Sensor de pressão para a elevação do mastro
	1.6	Sensor indutivo para a medição de profundidade da operação de pistoneio.
	1.7	Sensor de pressão para o cabo de pistoneio
Módulo2	2.1	Sensor de pressão para o acumulador de Ar
	2.2	Sensor de pressão para o acumulador
	2.3	Sensor de pressão para o manifold
Módulo3	3.1	Sensor de pressão para o bombeio
	3.2	Sensor de indutivo para a frequência de bombeio
	3.3	Sensor de radar para o nível do tanque

Fonte: Próprio autor

4.3.4 Software Wellcon SCADA

O software de monitoramento SCADA desenvolvido pela Wellcon é um sistema de interface homem-máquina (IHM) com os operadores, técnicos e engenheiros da sonda.

Este sistema monitora e armazena diversas variáveis operacionais e possui diferentes telas de interface, tais como, tela do sondador, geograph tradicional e tela de análise gráfica, conforme mostrada nas figuras 17, 18 e 19.

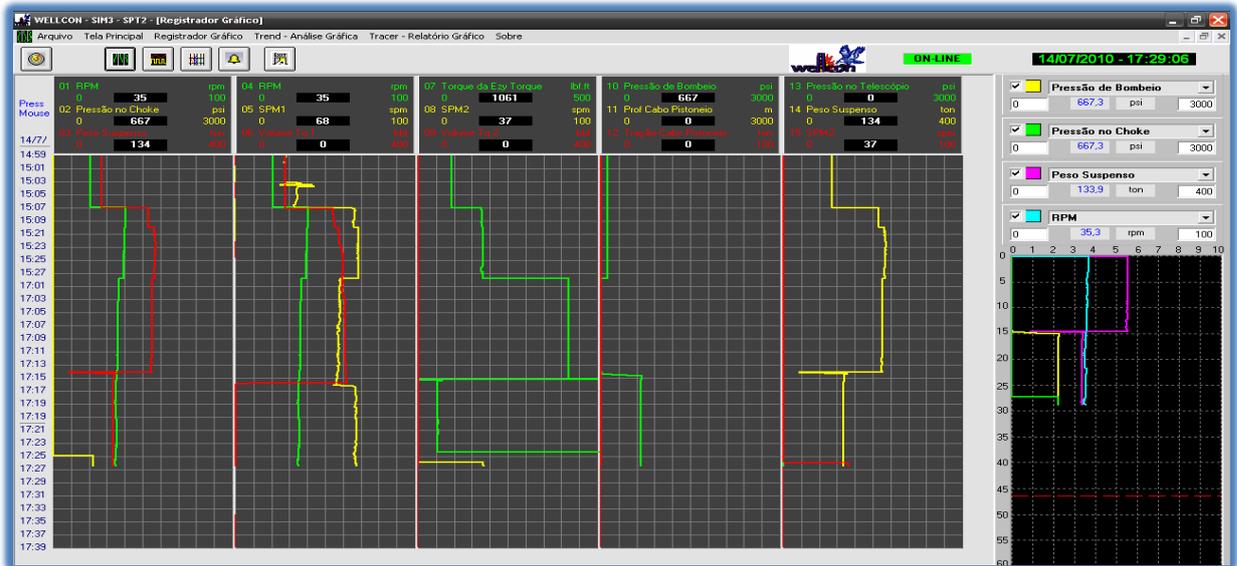
Figura 17 - Tela do sondador



Fonte: Software Wellcon

A Tela do sondador integra as informações disponibilizadas para o sondador com gráfico e visual para permitir o controle operacional e permite que o sondador trabalhe com mais segurança e confiabilidade nas decisões tomadas.

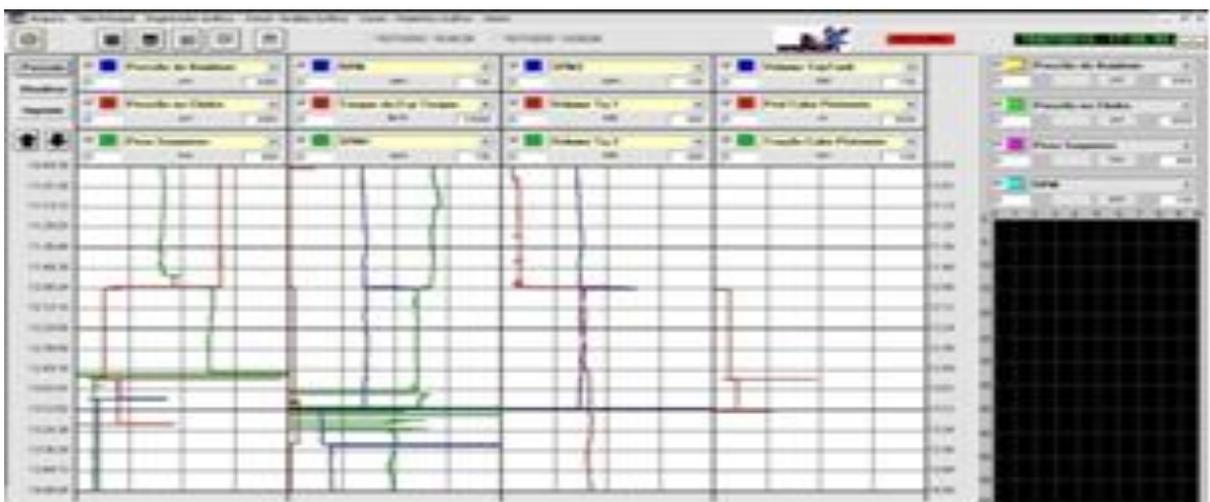
Figura 18 - tela do geolograph



Fonte: Software Wellcon

A tela do geolograph disponibiliza os dados coletados para análise em tempo real. Esta tela possibilita a verificação de tendências das funções monitoradas o que permite orientar as ações por parte do operador e interpretação das condições do poço após análise.

Figura 19 - Tela de análise gráfica

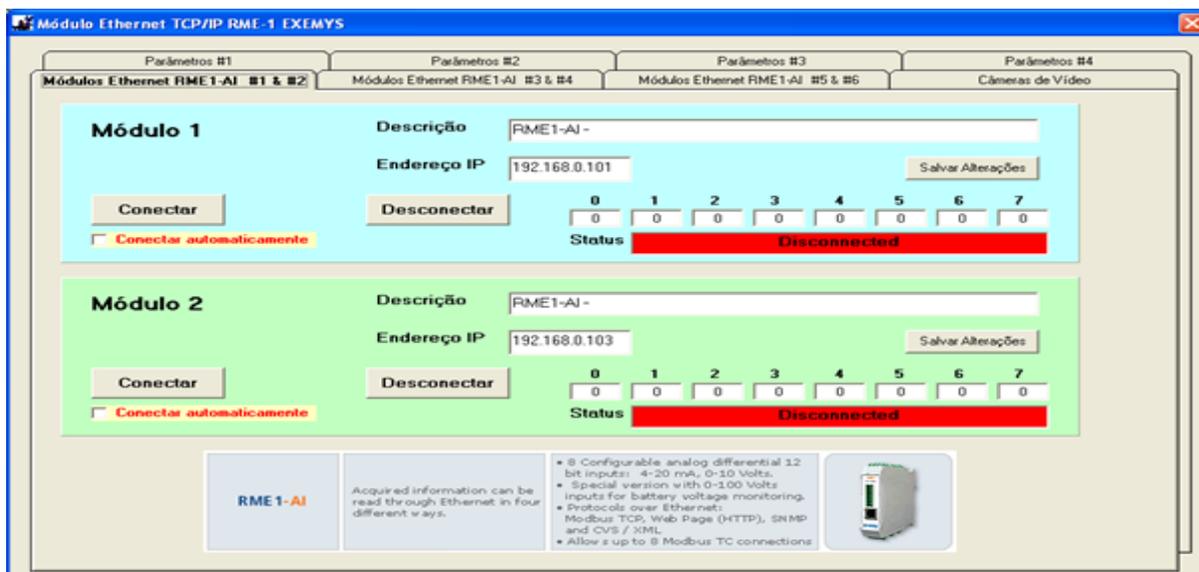


Fonte: Software Wellcon

Na tela de análise gráfica os valores podem ser agrupados três a três para facilitar a análise das operações.

No programa existe a tela específica de configuração, na qual são inseridos os IPs dos módulos, a seleção das variáveis operacionais e a configuração dos parâmetros de entrada e de engenharia das variáveis, como mostrado na figura 20 abaixo.

Figura 20 - Tela de configuração do sistema supervisorio



Fonte: Software Wellcon.

4.4 Melhorias com a adoção do sistema SCADA

O monitoramento permitirá a empresa aumentar a produção por causa da rápida percepção de falhas no processo, maior confiabilidade nos dados coletados pelos operadores, pois esta unidade era visitada várias vezes por dia para anotar dados de tensão, corrente, pressão da cabeça do poço, da linha de produção, de temperatura e pressão do fundo do poço etc.

A manutenção pode criar um planejamento para correções preditivas e preventivas, o que não era possível antes da automação, pois só eram feitas manutenção corretivas após a visita do instrumentista.

Dentre as vantagens proporcionadas são destacadas:

- **Familiaridade Operacional:** Têm a finalidade de ser acessível ao operador, por isso foi projetado para uma maior familiaridade com os controles utilizados;

- **Tomada de decisão:** O sistema permite ao operador a tomada de decisões imediatas com convicção embasada em segurança e rapidez;
- **Confiabilidade da informação:** Uma acurácia melhorada devido a comunicação com captação e transmissão Wireless eliminando ruídos ocasionados por cabos. Além do uso de fontes de alimentação que estabilizam a alimentação dos sensores;
- **Prevenção de Acidentes (alarmes):** Com o uso de alarmes é possível prevenir erros evitando assim acidentes ao meio ambiente e a pessoas próximas.
- **Monitoramento de limites Operacionais:** Alarmes com limites operacionais ajustáveis através do software permitem corrigir erros de procedimentos executados e controlar operações com uma faixa operacional permitindo aperfeiçoar a operação
- **Análise de problemas:** Também disponibiliza um registro das operações monitoradas, sem modificar a rotina dos procedimentos já existentes nas sondas de poços petrolíferos.
- **Facilidade no DTM:** Por possuir uma comunicação wireless a operação de DTM só consiste na retirada dos cabos de alimentação elétrica.
- **Otimização de projetos:** Partindo da análise constante fornecida por relatórios.

4.5 Sugestões

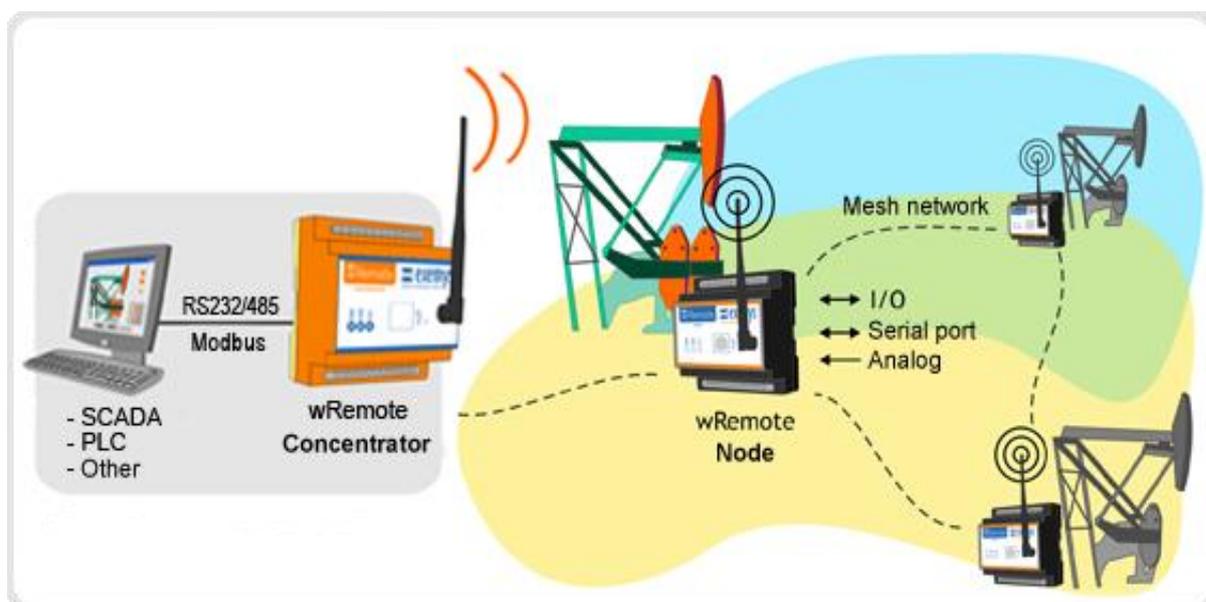
Nesta subseção, estão as sugestões dirigidas à empresa Wellcon Treinamento e Consultoria Ltda, apresentadas no relatório de estágio, bem como *feedback* dado em termos de acatamento, não-acatamento, implementação e demais resultados.

4.5.1 Sugestões encaminhadas

A implantação da automação levou a empresa a diminuir custos com manutenção, além de melhorar a confiabilidade das informações coletadas do processo. Engajado nessa premissa propõe-se que futuramente os módulos de

aquisição constituídos de três componentes sejam substituídos por um único equipamento que possa realizar as mesmas funções como, por exemplo, os novos dispositivos aquisitores do mesmo fabricante do RME1-AI, que já coletam e transmitem as variáveis de sinal através de uma rede mesh com tecnologia zig bee como podemos observar na figura 21, diminuindo ainda mais os custos com manutenção, montagem e aquisição de equipamentos para construção dos módulos.

Figura 21 - Layout novo sistema de aquisição e transmissão exemys



Fonte: exemys (2013, p. 01)

4.5.2 Acatamento das sugestões

De acordo com as sugestões apresentadas aos colaboradores e diretores da Wellcon Treinamento e Consultoria Ltda, a equipe chegou a conclusão que, para uma melhor prestação dos seus serviços é de fundamental importância a facilidade de instalação do sistema, confiabilidade, resistência dos equipamentos as diversas áreas e suas classificações de riscos como também os custos dos novos equipamentos.

Dentro destas premissas foi feito um levantamento dos custos para implementação dos novos equipamentos de controle, comparando com os já existentes na unidade monitorada pela empresa conforme os quadros 7 e 8 a seguir.

Quadro 7 - Custos do modelo atual

Componentes do sistema de aquisição atual			
Componentes	Quantidades	Preço unit.	Preço final
RME1-AI	03	922,77	2.768,31
Fonte chaveada 12 v	03	69,90	209,70
Access point (nano)	04	240,00	960,00
Caixa de proteção IP-65	03	180,00	540,00
Custo Total			4.478,01

Fonte: Próprio autor

Quadro 8 - Custo do modelo proposto

Sistema de aquisição sugerido			
Componentes	Quantidades	Preço unit	Preço final
ZigBee Wireless Telemetry System	04	1.332,89	5.331,56
Fonte chaveada 12v	03	69,90	209,70
Caixa de proteção IP-65	03	120,00	360
Custo Total			5.901,26

Fonte: Próprio autor

Diante dos valores levantados verificou-se que, embora o modelo proposto tenha um custo maior que o existente, torna-se irrelevante diante das melhorias alcançadas na instalação e manutenção do sistema, como por exemplo:

- Facilidade de reinstalação pós DTM (desmontagem, transporte e montagem) das unidades de produção.
- Maior resistência a intempéries, (foi projetado para o campo industrial ou aberto).
- Melhoria no alcance e na segurança da transmissão de dados (quando um módulo falha o outro assume seu lugar na rede).
- Diminuição no consumo de energia (quando não utilizado entra em processo de dormência, religando quando solicitado).

- Além das portas de comunicação Serial RS232/485 com Modbus também conta com uma porta USB com Modbus

As sugestões foram acatadas, no entanto, a Wellcon evitando ficar dependente de outras empresas optou por desenvolver seu próprio controlador embasado nas tecnologias que despontam no mercado, como **Zig Bee** e **Arduino** semelhantes ao sugerido.

A empresa buscou financiamento no **FINEP** (Financiadora de Estudos e Projetos) e parceria com a universidade federal de Sergipe para o desenvolvimento do mesmo com a finalidade de implementar o mais rápido possível o novo modelo do sistema SCADA com tecnologia totalmente Sergipana.

5 CONCLUSÃO

O trabalho sobre sistema de automação SCADA permitiu abrir o leque de conhecimentos além do contexto acadêmico, pois se averiguou as funcionalidades e os benefícios que tais sistemas podem trazer para as indústrias, as necessidades de mercado, uma visão prática do emprego das tecnologias de informação.

Diante das mudanças que o mercado vem sofrendo, as empresas se deram conta de que investir em automação de processos é inevitável. A elaboração de um sistema impõe ao profissional um estudo elaborado do que vai ser executado.

Nesse contexto, foi observado que o modelo de monitoramento e controle na sonda visitada era insuficiente, então se identificou a necessidade da análise em tempo real e antecipação dos riscos que o projeto poderia sofrer.

O sistema foi concebido para integrar o monitoramento operacional com o visual e transmissão wireless, é interativo com o usuário direto e permite a realização de operações com maior segurança e controle por parte do operador.

A familiaridade operacional que tem a finalidade de ser acessível ao operador foi projetada para uma maior afinidade com os controles utilizados. A tomada de decisão do sistema permite ao operador executar decisões imediatas com convicção embasada em segurança e rapidez.

Os sistemas SCADA atende as necessidades indústrias, visto que com o aumento da competição no mercado, torna-se obrigatório reduzir continuamente os custos e melhorar o processo produtivo sempre que possível.

O sucesso depende muito da habilidade para acessar, entender e interpretar o grande volume de informações geradas pela operação do processo. E o monitoramento completo, controle e distribuição dos dados de toda planta auxilia nas tomadas de decisão mais rápidas, eficientes e produtivas, que permitam à empresa significativa vantagem competitiva.

Para o desenvolvimento de sistemas SCADA se faz necessário à aplicação das inúmeras ferramentas existentes. Sejam elas técnicas de automação, protocolos de rede de campo, dispositivos inteligentes, instrumentos de medição, técnicas de modelagem entre outras, deixando claras as necessidades do profissional de engenharia, em sempre expandir os conteúdos vistos na academia.

REFERÊNCIAS

ADAMI JUNIOR, Valmor. **Monitoramento, parametrização e supervisão de equipamentos industriais em rede MODBUS utilizando computadores de mão.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica UDESC, Joinville, 2006.

ALUTAL. **Sensor de temperatura PT-100.** 2013. Disponível em:
< <http://alutal.com.br/industria/br/produtoDetalhe/termopar-de-isolacao-mineral-com-tubo-de-protecao-metalica-serie-tmm> >. Acesso em: 15 abr. 2013.

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

AMAZONAWS. **Instrumento e sensores de nível.** 2013. Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe2EYAF/transparencias-nivel>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

BEGA, Egídio A. **Instrumentação industrial**, 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

BOARETTO, Neury. **Tecnologia de comunicação em sistema SCADA- enfoque em comunicação wireless com espalhamento espectral.** (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UTFPR), Ponta Grossa, 2005.

_____. **Sistemas supervisórios.** Joinville: 2008.

CASSIOLATO, César. **Medição de Vazão.** 2008. Disponível em:
<<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html>> Acesso em: 15 abr. 2013.

_____. **Medição de Nível.** 2010. Disponível em:
<<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index39.html>> Acesso em: 15 abr. 2013.

_____. **Redes industriais.** 2011. Disponível em:
< <http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=48> >. Acesso em: 15 abr. 2013.

CIÊNCIA A MÃO. **Exemplo de aplicação de pressão.** 2013. Disponível em:
< http://www.cienciamao.usp.br/tudo/ief.php?cod=_robodeseringas >. Acesso em: 15 abr. 2013.

CIÊNCIA, hsw.uol. **Como funciona a perfuração de petróleo.** 2013. Disponível em:
<<http://ciencia.hsw.uol.com.br/perfuracao-de-petroleo2.htm>> Acesso em: 10 abr. 2013.

CONCEIÇÃO, Edcarlo. **Instrumentação industrial**. (Apostila Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL), Tubarão, 2005.

COSTA PINTO, Fábio. **Sistemas de Automação e Controle**, 1 ed. Vitória E.S: SENAI, 2005.

EXEMYS. **Layout novo sistema de aquisição e transmissão exemys**, 2012. Disponível em: < <http://exemys.com.ar/beta/english/products/wRemote/>> Acesso em: 02 abr. 2013.

FERREIRA, Ivaldo Mesquita, **Básico de perfuração e completação**, Apostila do curso Controle de Poços, Wellcon Treinamento e Consultoria Ltda. Aracaju SE, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUARESE, Giuliano Bruno Martins. **Arquitetura híbrida de comunicação para ambientes de automação industrial**, Revista de graduação. Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2011.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de Computadores e a Internet - Uma Abordagem Top – down**, 5 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2010.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Metodologia científica**. 5 ed. 3 reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MODBUS. **Protocolos de comunicação**, 2013. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Modbus>>

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**, 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **Introdução às Redes de Supervisão e Controle**. Disponível em: <<http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo> >. Acesso em: 12 abr. 2013

RIBEIRO, Marco Antônio. **Instrumentação**. 9 ed. Bahia: Academia de Inteligência ISBN: 9788560096275, 2009.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia do trabalho científico**. Guia para eficiência nos estudos. 6 ed. 2 reimp. São Paulo: Atlas, 2008.

SALVICASAGRANDE. **Manômetro, transmissor e controlador de pressão.** Disponível em:
< <http://loja.salvicasagrande.com.br/pressao/manometro.html> >. Acesso em: 15 abr. 2013.

SANTOS, C. R.; NORONHA, R. T. S. **Monografias científicas: TCC – Dissertação – Tese.** 2 ed. Ver. São Paulo: Avercamp, 2010.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores.** 4 Ed. São Paulo: Campus, 2011.

UBIRAJARA, Eduardo. **Guia para trabalhos acadêmicos.** Aracaju: FANESE, 2011. (caderno)

VALETE, EDITORA. **Sensores de vazão.** 2013. Disponível em:
<http://www.editoravalete.com.br/site_controleinstrumentacao/arquivo/ed_110/cv2.html>. Acesso em: 15 abr. 2013.

VERGARA Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 10 ed. São Paulo: Atlas, 2009.