

# 2009



## Tecnologias de Instrumentação e Automação aplicadas às Indústrias de Processo: Tendências mundiais e Aplicações no Brasil



Escola de Química - UFRJ

14/4/2009



**TECNOLOGIAS DE INSTRUMENTAÇÃO E  
AUTOMAÇÃO APLICADAS ÀS INDÚSTRIAS DE  
PROCESSO: TENDÊNCIAS MUNDIAIS E  
APLICAÇÕES NO BRASIL**

**Vivian Cordeiro Santos**

Monografia em Engenharia Química

**Orientadora:**

Flavia Chaves Alves, D.Sc

Abril de 2009

# **Tecnologias de Instrumentação e Automação aplicadas às Indústrias de Processo: Tendências mundiais e Aplicações no Brasil**

***Vivian Cordeiro Santos***

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Engenheira Química.

Aprovada por:

---

Mario Sérgio O. Castro, Engenheiro

---

Raul Sudré Filho, Engenheiro

---

Martha Maria Smilgat Leal Brandão, Engenheira

Orientada por:

---

Flávia Chaves Alves , D. Sc

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Abril de 2009

Santos, Vívian Cordeiro

Tendências tecnológicas de instrumentação e automação aplicadas às indústrias de processo / Vívian Cordeiro Santos. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2009

ix, 71 p.; il.

Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2009

Orientador: Flávia Chaves Alves

1. Automação Industrial. 2. Plano de Automação. 3. Mercado. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Flávia Chaves Alves. I. Tendências tecnológicas de instrumentação e automação aplicadas às indústrias de processo.

Dedico este trabalho ao meu marido Alan, e aos meus pais, Nilcéia e Heliomar, pessoas em quem sempre pude me apoiar e que me motivaram a chegar até aqui.

**“Apega-te à instrução e não a largues; guarda-a,  
porque ela é a tua vida.”**

**Pv. 4:13**

## AGRADECIMENTOS

Por todos os momentos em que as limitações e fraquezas humanas me impediram de continuar, agradeço ao meu Deus por me ensinar a depender dEle, e por me dar a graça de poder confiar em toda a sua soberania e força para me fazer superar todas as adversidades.

Aos meus pais queridos, agradeço por todos os ensinamentos que me tornaram quem eu sou. Por todo incentivo que me deram forças para destinar longas horas de estudo, e pela constante preocupação, amor e carinho, que fizeram esses anos terem sentido. Ao meu irmão, por sua amizade.

Especialmente ao meu marido Alan, agradeço por toda a paciência, por todo amor, por destinar a mim todas as atenções, e pela vontade de estar do meu lado em todos os momentos. E por acreditar que eu seria capaz. Você me completa.

Por todos os amigos que conquistei na Escola de Química, por dividir comigo horas de estudo que tornaram esses anos menos tensos e mais alegres.

E aos meus amigos de trabalho da Chemtech, que contribuíram grandemente para o meu crescimento profissional. Em especial ao Raul Sudré Filho, por sua disposição em transmitir a nós seu vasto conhecimento, fato que o torna tão querido por todos os que têm o privilégio de conhecê-lo.

À minha orientadora, Doutora Flávia Chaves Alves, pela sua excelência, pela grande compreensão, prontidão e humanidade, por confiar na minha capacidade e por sua grande e essencial ajuda neste trabalho.

**Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos para obtenção do grau de Engenheiro Químico.**

**TECNOLOGIAS DE INSTRUMENTAÇÃO E AUTOMAÇÃO  
APLICADAS ÀS INDÚSTRIAS DE PROCESSO: TENDÊNCIAS  
MUNDIAIS E APLICAÇÕES NO BRASIL**

Vívian Cordeiro Santos

Abril de 2009

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Flávia Chaves Alves, D. Sc

A instrumentação em indústrias de processo apresenta uma vasta gama de produtos, especificados de acordo com a necessidade de cada processo onde é aplicado. Para compreender o aumento no número de soluções para automação industrial disponíveis é necessário conhecer as vantagens e desvantagens das tecnologias a serem empregadas. Por outro lado, há interesse em perceber como está o Brasil, tanto em termos de capacitação das empresas fornecedoras de equipamentos para automação como na aplicação de novas tecnologias em projetos de automação. O presente trabalho tem como objetivo principal analisar o estágio atual de uso de tecnologias de automação no Brasil frente aos desenvolvimentos que vêm ocorrendo na indústria mundial. Para isso, apresenta-se primeiramente uma avaliação das principais tecnologias de automação aplicadas nas indústrias de processo e a evolução da automação, através do entendimento das vantagens e desvantagens de cada tecnologia e da verificação do comportamento do mercado atual através de estudos de mercado mundial já existentes. A partir da verificação do mercado mundial, será abordado um estudo acerca dos tipos de tecnologia fornecidos por fabricantes nacionais, afim de obter um panorama do nível tecnológico em que se encontra a automação industrial brasileira. Também serão descritos planos e projetos de automação em vigor, de forma a verificar os tipos de tecnologia que estão sendo utilizados nos projetos atuais de automação, o que possibilitará inferir sobre o comportamento nacional em relação às inovações mais recentes no setor de automação. As conclusões obtidas pelo estudo são: nenhuma nova tecnologia substitui completamente as já existentes; no âmbito comercial, verifica-se através da análise da oferta pelas empresas nacionais e da análise da demanda de projetos pelos estudos de caso, que os principais projetos na área utilizam tecnologias de redes *fieldbus*; e que as redes *wireless* despontam como tecnologia de ponta, esperando-se que nos próximos anos sejam inseridas em maior escala no ambiente industrial, não apenas nas aplicações onde existem impedimentos para a existência de cabos, como é utilizada hoje, mas também substituindo as atuais redes com fio aplicadas a monitoração e controle de variáveis de processo.



## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Capítulo I – Contextualização .....</b>                                       | <b>1</b>  |
| <b>Capítulo II - Evolução das tecnologias de automação .....</b>                 | <b>3</b>  |
| <b>II.1. Controle Manual .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>II.2. Controle Automático por Transmissão Pneumática .....</b>                | <b>6</b>  |
| <b>II.3. Controle Automático por Transmissão Eletrônica .....</b>                | <b>9</b>  |
| <b>II.4. Controle Automático em Redes .....</b>                                  | <b>11</b> |
| II.4.1. Redes Fieldbus .....   | 15        |
| II.4.1.1. Protocolo Hart .....   | 17        |
| II.4.1.2. Rede DeviceNet .....   | 19        |
| II.4.1.3. Redes Profibus .....   | 21        |
| II.4.1.4. Redes Foundation Fieldbus.....   | 24        |
| II.4.1.5. Redes Ethernet .....   | 29        |
| II.4.2. Wireless - Redes de campo sem fio.....                                   | 30        |
| II.4.2.1. Motivações para implantação da tecnologia.....                         | 30        |
| II.4.2.2. Wireless – Conceitos .....   | 30        |
| II.4.2.3. Limitações da rede wireless.....                                       | 32        |
| II.4.2.4. Capacidade da rede.....  | 33        |
| II.4.2.5. Extensão dos canais .....  | 34        |
| II.4.2.6. Transmissão de dados .....   | 34        |
| II.4.2.7. Instalação e evolução da comunicação .....                             | 36        |
| II.4.2.8. Vantagens sobre as redes com fio .....                                 | 37        |
| II.4.2.9. Aplicações industriais atuais.....                                     | 39        |
| <b>Capítulo III – Estudo do Mercado Mundial .....</b>                            | <b>40</b> |
| <b>III.1. Influências econômicas mundiais na Indústria de Automação.....</b>     | <b>40</b> |
| <b>III.2. Evolução do Mercado de Automação para Indústrias de Processos.....</b> | <b>42</b> |
| III.2.1. Análise por indústria.....  | 42        |
| III.2.2. Análise por regiões .....   | 42        |
| III.2.3. Análise por produtos e serviços .....                                   | 43        |
| <b>III.3. Empresas Internacionais .....</b>                                      | <b>44</b> |
| <b>Capítulo IV – Avaliação do Mercado Nacional - Empresas .....</b>              | <b>46</b> |
| <b>IV.1. Análise das Empresas .....</b>  | <b>46</b> |
| IV.1.1. Altus .....  | 50        |
| IV.1.2. Atan .....   | 50        |
| IV.1.3. Atos .....   | 51        |
| IV.1.4. BCM .....  | 51        |
| IV.1.5. Coester .....  | 51        |
| IV.1.6. Ecil .....   | 52        |
| IV.1.7. Elipse .....   | 52        |
| IV.1.8. Novus.....   | 52        |
| IV.1.9. Presys .....   | 52        |
| IV.1.10. Sense .....   | 53        |

|  |           |
|--|-----------|
| IV.1.11. Smar .....  | 53        |
| IV.1.12. Trisolutions .....  | 54        |
| IV.1.13. WEG.....  | 54        |
| <b>IV.2. Discussão dos resultados .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>Capítulo V – Avaliação do Mercado Nacional – Planos de Automação .....</b>      | <b>56</b> |
| <b>V.1. Planos e Projetos de Automação .....</b>                                   | <b>56</b> |
| V.1.1. Estudo de Caso – Automação na Usina Caçu .....                              | 58        |
| V.1.2. Estudo de Caso – Automação na SANEPAR.....                                  | 59        |
| V.1.3. Estudo de Caso – Automação na Unidade de Separação de Propeno da REGAP..... | 60        |
| V.1.4. Estudo de Caso – Santelisa Vale.....  | 62        |
| V.1.5. Estudo de Caso - Gasoduto Uruçu/Manaus.....                                 | 63        |
| <b>Capítulo VI - Conclusões .....</b>  | <b>64</b> |
| <b>Capítulo VII - Bibliografia e Sites Consultados.....</b>                        | <b>67</b> |

## Nomenclatura

AP - *Access Point*

CLP - Controlador Lógico Programável

CSMA-CD - *Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detection*

FEED – *Front End Engineering Design*

FISCO – *Fieldbus Intrinsically Safe Concept*

FSK – *Frequency Shift Keying* (Chaveamento por Deslocamentos de Frequência)

HART – *Highway Addressable Remote Transducer*

IEC – International Electrotechnical Commission

ISA – *The Instrumentation, Systems, and Automation Society*

LAS – *Link Active Scheduler*

MTBF - Tempo Médio Entre Falhas

MTRR - Tempo Médio Entre Reparo

RF - RadioFrequência

OSI – *Open System Interconnection*

URT - Unidade Terminal Remota

SAMA - *Scientific Apparatus Makers Association*

SDCD - Sistema Digital de Controle Distribuído

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

VoIP - Voz sobre IP

WEP - Wired Equivalent Privacy

WPA2 - *Wi-Fi Protected Access*

## Capítulo I – Contextualização

A automação industrial tem se destacado cada vez mais como um elemento central para o aumento da produtividade e melhoria dos produtos fabricados pelas empresas (GUTIERREZ & PAN, 2008). Por ter uma natureza multidisciplinar, a automação industrial incorpora conhecimentos de diferentes áreas, como mecânica, eletrônica, elétrica, física, química e informática. Atualmente, é um setor com grande dinamismo tecnológico, onde o aparecimento de novas tecnologias e produtos acontece com frequência e a incorporação dessas tecnologias pelas indústrias de processo tem forte efeito sobre o aumento de sua competitividade.

A instrumentação em indústrias de processo apresenta hoje uma vasta gama de produtos, especificados de acordo com a necessidade de cada processo onde são aplicados. Pode-se verificar que o desenvolvimento das tecnologias atuais favoreceu a diversificação das formas de controle, a fim de atender com maior precisão todas as medições que se fazem necessárias, com sensores apropriados para cada uma das aplicações específicas.

A automação tem associação direta com a instrumentação industrial. É ela quem permite a monitoração das variáveis de processo importantes nos sistemas de controle distribuídos, bem como o controle destas variáveis nos sistemas de controle distribuídos e intertravamentos lógicos nos sistemas integrados de segurança. A escolha do tipo de comunicação entre os instrumentos de campo e a camada de automação depende de diversos fatores que serão explanados, como o custo de instalação, de manutenção, segurança e confiabilidade da informação enviada por cada uma das tecnologias. E é imprescindível o estudo do comportamento das inovações tecnológicas pelo mundo para que as novas tecnologias sejam implantadas, minimizando as dificuldades de operação existentes em outras indústrias de processo.

Para compreender o aumento no número de soluções para automação industrial disponíveis é necessário conhecer as vantagens e desvantagens das tecnologias a serem empregadas. Como evoluíram os mecanismos de controle industrial? Quais as tendências tecnológicas futuras desta indústria em termos mundiais? A resposta a estas perguntas é fundamental para entender a dinâmica de inovação do setor de automação industrial. Por outro lado, há interesse em perceber como está o Brasil, tanto em termos de capacitação das empresas fornecedoras de equipamentos para automação como na implementação de novas tecnologias em projetos de automação. As indústrias de processos estão adotando as tecnologias de ponta? A indústria nacional está desenvolvendo produtos com mesmo grau de adensamento tecnológico que os grandes *players* globais?

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar o estágio atual de uso de tecnologias de automação no Brasil frente aos desenvolvimentos que vêm ocorrendo

na indústria mundial. Para isso, será necessário primeiramente avaliar as principais tecnologias de automação aplicadas nas indústrias de processo e as tendências futuras.

O estudo será feito através do entendimento das vantagens e desvantagens de cada tecnologia, da verificação do comportamento do mercado atual e de estudos mercadológicos futuros em nível mundial já existentes.

A partir da verificação do mercado, será abordado um estudo acerca dos tipos de tecnologia fornecidos por cada fabricante nacional, afim de obter um panorama do nível tecnológico em que se encontra a automação industrial brasileira.

Também será feito um estudo dos principais planos e projetos de automação em vigor de forma a verificar os tipos de tecnologia que estão sendo utilizados nos projetos atuais de automação em relação às tecnologias aplicadas nos mesmos, o que possibilitará inferir sobre o comportamento nacional em relação às inovações mais recentes no setor de automação.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 1 apresenta um histórico do desenvolvimento das tecnologias de automação desde sua primeira aplicação até os dias atuais. No capítulo 2 são apresentados os dados de mercado mundial do setor de automação industrial e as principais empresas que atuam no setor. A seguir, no capítulo 3, é exposto um panorama das principais empresas nacionais, apontando seus principais produtos de forma a obter uma idealização do nível tecnológico em que se encontra o país. Finalizando a análise, no capítulo 4 são avaliados estudos de caso, com projetos de automação atuais. O capítulo 6 apresenta as conclusões obtidas.

## Capítulo II - Evolução das tecnologias de automação

Os processos industriais exigem controle integrado na fabricação dos produtos. É extremamente necessário que os produtos sejam monitorados, visando maior qualidade, produção e rendimento, segurança de processo e menor impacto ao meio ambiente. Usualmente, os maiores usuários de instrumentação são as indústrias que atuam nas áreas de petróleo, química, petroquímica, alimentos, cerâmica, siderurgia, celulose e papel, têxtil, geração de energia elétrica, e outros segmentos.

As variáveis a serem monitoradas e controladas para que mantenham valores constantes e definidos são diversas, como **pressão, vazão, temperatura, condutividade, pH, velocidade, nível, umidade**, dentre outros. (BEGA, 2006).

Na Era Industrial, o operário fazia controle manual das variáveis com instrumentos como manômetro, termômetro e válvulas manuais, em processos bem mais simples. Com o passar do tempo e o desenvolvimento da tecnologia, fez-se necessária a automação dos processos industriais, com a instalação de instrumentos de medição e controle, diminuindo assim o contato direto do operador com o processo e maior centralização das informações das variáveis de processo. (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

Os sistemas de controle mantêm a variável controlada no valor especificado, comparando o valor da variável medida, ou a condição de controlar, com o valor desejado (ponto de ajuste, ou *setpoint*), e fazendo as correções em função do desvio existente entre estes dois valores (erro ou *offset*), sem a necessidade de intervenção do operador. (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

A telemetria, que é a técnica de transportar medições no processo à distância através de um instrumento transmissor, tem inúmeras vantagens um tanto óbvias, como:

- Agrupamento de instrumentos, permitindo consulta mais rápida e aumento do desempenho global da unidade;
- Redução do número de operadores localizados em campo e aumento da eficiência do trabalho;
- Crescimento da utilidade e eficiência dos instrumentos em virtude da pronta consulta, em local isolado, mais protegido e com melhores condições de trabalho. Manutenção e inspeção diretas aos locais com problemas de medição já detectados.

Hoje os processos são bem mais complexos, devido as transformações tecnológicas ocorridas ao longo dos anos. Paralelamente, a necessidade de controle também foi sendo alterada, passando de manual para mecânico e hidráulico, controle pneumático, controle elétrico, controle eletrônico, controle digital e atualmente, controle em redes.

## II.1. Controle Manual

No princípio da Era industrial, o controle dos processos era feito manualmente, com instrumentos simples e processos também pouco diversificados. Era impossível, naquele tempo, construir fábricas que exigissem acompanhamento contínuo do produto final, com padrões de qualidade tão rigorosos quanto os atuais, como das indústrias alimentícias, de petróleo, farmacêuticas, dentre outras.

Os diversos aspectos de instrumentação e controle de processos podem ser mostrados mais apropriadamente através de um exemplo prático. O exemplo utilizado será um processo típico, o trocador de calor que é utilizado para aquecer um fluido com vapor (BEGA, 2006).

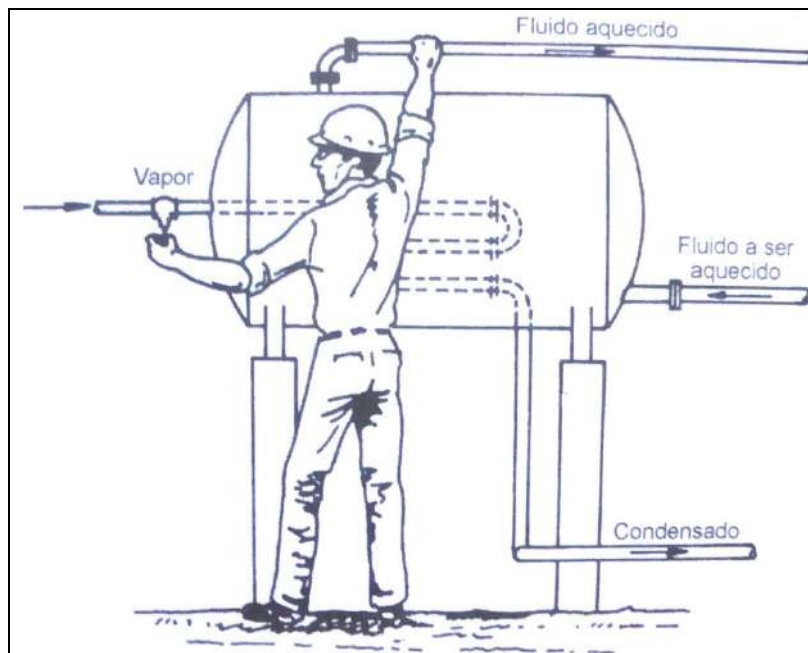
Neste caso de estudo, o **processo** é a operação de adição de energia calorífica ao fluido frio. A temperatura do fluido na saída do trocador é influenciada por vários fatores, sendo os principais deles a vazão e a temperatura de entrada do fluido a ser aquecido, vazão e característica do vapor utilizado no aquecimento, capacidade calorífica dos fluidos, perda térmica do trocador para o ambiente, etc.

Sistema de **malha aberta** é aquele em que a informação sobre a variável controlada não é utilizada para ajustar quaisquer das variáveis de entrada, visando compensar variações que ocorram nas variáveis de processo e que influenciam na **variável controlada**. Para este processo, consideraríamos um sistema de malha aberta no caso em que a temperatura do fluido na saída do trocador é a variável controlada, que não é medida. Esses sistemas são usados em condições onde se deseja apenas avaliar a dinâmica do processo em uma condição não controlada, e são chamados de **sistemas de monitoração**.

A mais correta aplicação para o processo em estudo e para os demais casos de controle de processos é o sistema de **malha fechada**. A função fundamental é manipular a **relação entrada/saída de energia ou material**, de maneira que a variável de processo seja mantida dentro de limites estabelecidos. Os **sistemas de controle** em malha fechada regulam a variável controlada (temperatura do fluido na saída do trocador), fazendo correlações em outra variável de processo (vazão de alimentação de vapor), que chamamos de **variável manipulada**, de maneira a manter a temperatura da variável controlada no valor desejado (**setpoint**).

No controle manual, o operador tem a função de **medir** a temperatura do fluido aquecido (**variável controlada**) e corrigir a vazão do vapor adicionado ao trocador (**variável manipulada**), para manter a temperatura da variável controlada no valor desejado (**setpoint**). Ou seja, o operador mede a temperatura através do tato, este sinal será comparado mentalmente com a temperatura desejada (**setpoint**), que está armazenado em seu cérebro, com base na diferença entre esses dois valores (erro, ou **offset**), o operador faz a computação (definirá quanto e como irá atuar) e, em seguida, atuará na válvula de fornecimento de vapor fazendo a correção (BEGA, 2006).

O contato direto e pontual do operador aumentava tempo de resposta e riscos de erros, provocando perdas no processo e riscos de acidentes. A Figura 1 apresenta um exemplo de controle manual.



*Figura 1:* Controle manual – Atuação em válvula para controle da temperatura do fluido a ser aquecido.

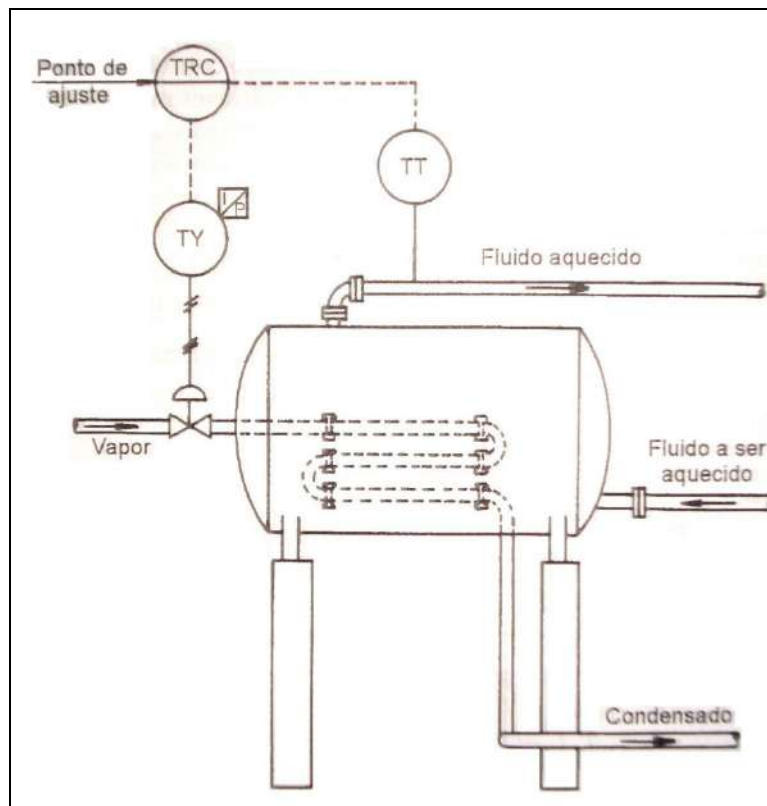
*Fonte:* (BEGA, 2006)



## II.2. Controle Automático por Transmissão Pneumática

As necessidades de se obter um controle automático das variáveis de processo são um tanto óbvias. As ações executadas pelo sistema de controle automático são as mesmas executadas pelo operador quando fazendo controle manual (medir, comparar, computar e corrigir). Entretanto, muitas vantagens são adquiridas. As falhas diminuem, pois o controlador automático é totalmente programado para executar estas tarefas, diferentemente da mente humana. Processos onde o contato humano é impedido como, por exemplo, controle de temperaturas muito altas e outras variáveis não tão facilmente mensuráveis, se tornam possíveis de controlar automaticamente. Além dos ganhos de velocidade de controle e diminuição de riscos de acidentes.

Por todas essas necessidades, foi iniciado o controle automático, onde a medição é feita pelo sensor de temperatura, que é conectado a um transmissor de temperatura (TT), a comparação do valor medido pelo TT com o *setpoint* dado pelo operador para obtenção do valor do erro e a computação (ação que considera os ajustes e tipos de ações de controle utilizadas) são executadas pelo controlador de temperatura (TRC) e a correção é efetivada pela válvula de controle (TV), com base no sinal recebido do TRC. Essas representações são ilustradas na figura 2.



**Figura 2:** Controle Automático – Malha fechada de controle da temperatura do fluido a ser aquecido.

Fonte: (BEGA, 2006)

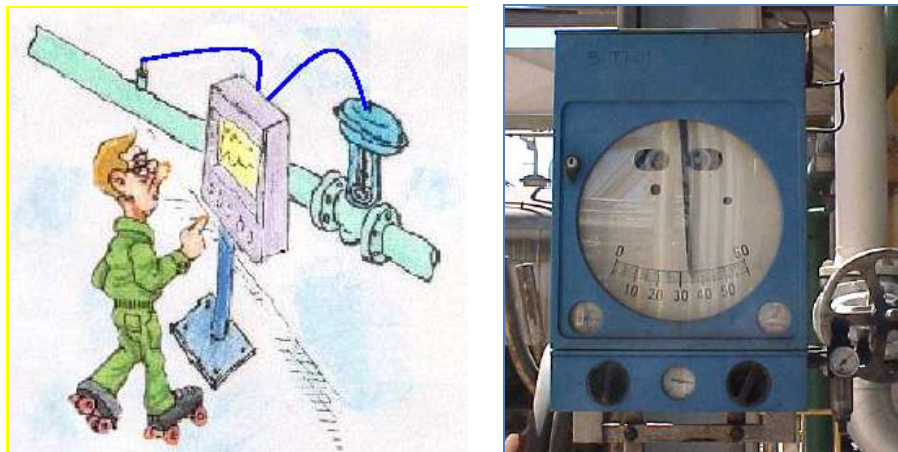
Os sensores são os instrumentos responsáveis pela medição das variáveis de processo. Os transmissores são os instrumentos responsáveis pelo envio da informação da variável de processo medida pelo sensor correspondente até um receptor, que pode ser um registrador ou um controlador, ou simplesmente indicador. Os primeiros transmissores criados foram desenvolvidos com envio de sinal pneumático.

Em 1788, James Watt criou o primeiro dispositivo de *feedback* mecânico com funções de controle proporcional. Mas somente em 1933, a *Taylor Instrument Company*, agora parte da ABB<sup>1</sup>, o primeiro controlador pneumático com todas as capacidades de controle proporcional foi desenvolvido. (VANDOREN, 2003)

Os transmissores pneumáticos geram sinal variável, linear, de 3 a 5 psi, que são calibrados de acordo com um range de 0 a 100% da variável. Essa faixa de transmissão foi adotada pela SAMA (*Scientific Apparatus Makers Association*), a Associação de Fabricantes de Instrumentos, composta pela grande maioria dos fabricantes de transmissores e controladores dos Estados Unidos. (ONOFRE, 2009)

Vale ressaltar que, com o advento da instrumentação pneumática, surgiram não apenas os transmissores, mas também válvulas de controle automáticas, válvulas de bloqueio, e muitos outros instrumentos foram completamente modificados para se adequarem a esta tecnologia.

Os sinais eram enviados aos controladores pneumáticos, localizados em campo, conforme figura 3. Esses controladores representaram o primeiro passo para o controle automático, minimizando os erros relativos ao controle manual do operador, reduzindo a sua função à manutenção.

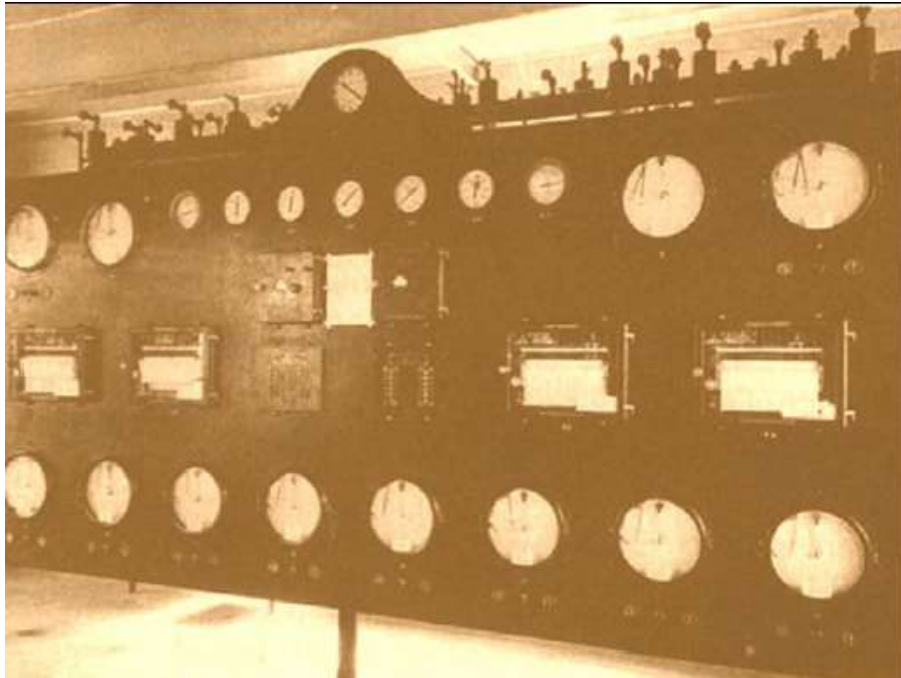


*Figura 3: Controle pneumático – Atuação automática em válvula de controle – Controlador local*

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

<sup>1</sup> A ABB foi formada em 1988, quando a sueca Asea e a suíça Brown Boveri uniram-se adotando o nome ABB. É a empresa líder em faturamento no setor de automação industrial

Para concentrar todos os controladores em um só ambiente, obtendo assim uma visão geral da planta, criou-se a Sala de Controle Central, exemplificada na figura 4. Isto representou um avanço da automação, já que os sinais de campo de todas as variáveis de processo podem ser facilmente acessados, detectando assim os problemas e desvios operacionais da planta e possibilitando ao operador visualizar possíveis focos de acidentes e locais onde se necessita manutenção, tudo isso em tempo real.



*Figura 4: Sala de Controle com instrumentação pneumática*

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

### II.3. Controle Automático por Transmissão Eletrônica

A instrumentação pneumática demandava um abastecimento enorme de ar de instrumento, o que ao longo dos tempos se tornou um pouco inviável operacionalmente. Além do fato de ter perda de pressão ao longo do trajeto Controlador – Instrumento, influenciando em alguns casos no valor da variável medida. Com o advento dos circuitos eletrônicos, essa tecnologia foi substituída, até a transmissão pneumática ser praticamente extinta.

Algumas malhas pneumáticas ainda se encontram em operação, e o sinal pneumático continua sendo empregado na atuação de válvulas de controle (BEGA, 2006).

O advento da instrumentação eletrônica formou uma geração de instrumentação e automação bem mais próxima à existente nos dias de hoje. Na década de 50 datam os primeiros controladores eletrônicos. (VANDOREN, 2003). Os instrumentos eletrônicos analógicos chegaram ao mercado no mesmo período e até hoje são muito utilizados.

Os transmissores eletrônicos possuem sinal de saída em 4 a 20 mA, 10 a 50 mA e 1 a 5 V, mais comumente. Há transmissores a 2 fios e a 4 fios. Os transmissores a 2 fios possuem um cabo com 2 condutores e uma malha de terra, que servem tanto para transmitir o sinal de corrente de 4 a 20 mA quanto para alimentar o instrumento em 24 V<sub>CC</sub>. Para instrumentos que requerem uma alimentação em 110 Vac ou 220 Vac, utiliza-se transmissores a 4 fios, com um cabo de alimentação independente. (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

Esses instrumentos são denominados convencionais, em cujas funcionalidades são limitadas. As informações enviadas se resumem às variáveis de processo medidas e o instrumento não tem capacidade de processar as informações e executa funções de controle. Normalmente, esses instrumentos convencionais utilizam envio de valores das variáveis de processo medidas padronizadas em 4-20 mA, como valores de temperatura, pressão, nível, que possuem ranges de valores que correspondem a um sinal de corrente entre 4 e 20 mA. Para o envio ou comando de valores binários, do tipo aberto/fechado ou liga/desliga, como botoeiras locais, chaves de fim de curso para informar se a válvula está aberta ou fechada e acionamento/bloqueio de válvulas, utiliza-se sinais entre 0 e 24 V<sub>CC</sub>.

O surgimento dos transmissores eletrônicos permitiu que os sinais de campo fossem enviados para Controladores Lógicos Programáveis (CLPs). O CLP é um equipamento de controle industrial microprocessado, criado inicialmente para efetuar especificamente o controle lógico de variáveis discretas e atualmente é usado em diversos tipos de controle.

O CLP foi criado para substituir os relés de um circuito lógico seqüencial ou combinatório para controle industrial. O CLP funciona seqüencialmente, olhando o estado dos dispositivos ligados às suas entradas, operando a lógica de seu programa interno e determinando o estado dos dispositivos ligados às suas saídas. O usuário carrega o programa, geralmente via *software*, que produz os resultados desejados. (BEGA, 2006)

A origem do CLP data de 1968, criado por Richard Morley, em uma especificação da divisão de hidráulicos da *General Motors Co.*, com o nome de *MODular Digital CONtroller*, de onde derivou o nome MODICON (BEGA, 2006). A sua função original era de simplesmente substituir os grandes gabinetes de lógica a relés em algo menor, mais confiável e, principalmente, mais flexível a programação, robusto. Os antecessores, os relés, eram muito complexos e inviabilizavam a modificação das suas lógicas e a pronta detecção de erros cometidos durante a execução das mesmas. (BEGA, 2006)

Muitos avanços tecnológicos ocorreram nos CLPs. Melhorias de interface com o operador, inserção de algoritmos e medidas corretivas automáticas, memória, melhorias de desempenho, dentre tantas outras, tornaram ampla a aplicação desses equipamentos nas indústrias.

Não está no escopo deste trabalho apresentar todas as características detalhadas que compreendem o funcionamento dos CLPs. O que nos é interessante conhecer é que os CLPs recebem as entradas e saídas dos instrumentos de campo em módulos, comunicam-se com as Unidade Centrais de Processamento (UCPs), que executam as lógicas armazenadas em sua memória. Os CLPs também se comunicam em outra camada com equipamentos microprocessados, como outros CLPs, SDCDs e microcomputadores de interface homem-máquina (IHMs).

Em algumas das aplicações menos críticas, o CLP pode ser substituído por um microcomputador (PC), usando as mesmas linguagens de programação e, frequentemente, os mesmos módulos de entrada e saída fabricados pelos fornecedores de CLP mais tradicionais (BEGA, 2006). O uso dos CLPs ainda é muito comum, e inclusive exigido, em sistemas críticos como os intertravamentos lógicos de segurança.

## II.4. Controle Automático em Redes

O caminho para criação das tecnologias de redes iniciou-se na década de 70 com a primeira atenção dada à funcionalidade do controle distribuído na camada de campo. Com a introdução do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD, ou *Distributed Control Systems*, DCS), tornou-se possível distribuir controle inteligente nos instrumentos das plantas de processo.

O SDCD é um sistema de controle industrial microprocessado, criado em 1970 pela *Honeywell*<sup>2</sup>, inicialmente para efetuar especificamente o controle das variáveis analógicas, e foi sendo expandido em suas aplicações até abranger praticamente todas as aplicações de controle usuais, incluindo variáveis discretas, controle de bateladas, controle estatístico de processo, geração de relatórios, etc. O SDCD se compõe de três elementos básicos: a interface com o processo, que integra os controladores e as unidades de aquisição de dados, a Interface Homem-Máquina (IHM) e a via de dados que interliga as primeiras. Sua grande vantagem é permitir aos operadores uma melhor visualização da operação da unidade, permitindo também melhor operá-la (BEGA, 2006).

Antes da criação das redes, dispositivos de campo não se comunicavam entre si e enviavam uma quantidade mínima de dados ao SDCD. A maioria dos dispositivos comunicavam aos controladores usando sinais pneumáticos ou analógicos 4-20 mA. Informações reais do processo eram limitadas e freqüentemente obtidas por interpolação, inferência ou por CLPs que eram muito caros e utilizavam aquisição de dados proprietária, isto é, comunicavam-se com protocolos próprios de cada fabricante. Os custos e a complexidade para obtenção de dados eram enormes (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008).

Nos anos 80, um avanço considerável aconteceu com o desenvolvimento da comunicação digital para instrumentos de campo. Nesta década, foi criado o comitê de membros da ISA-SP50. A *The Instrumentation, Systems, and Automation Society*, ISA, é uma organização sem fins lucrativos, que foi criada com o intuito de desenvolver padronizações para automação, dar suporte para solucionar dificuldades técnicas e promover capacitações técnicas, como treinamentos, publicações de livros e artigos técnicos e conferências técnicas das mais respeitadas por todos os profissionais de automação. O ISA-SP50 é um comitê de membros da ISA, que foi criado com o intuito de desenvolver as normas e padronizações para sinais analógicos e digitais usados nos processos de medição e controle (ISA Home). Esse comitê foi responsável inclusive pela especificação 4-20 mA como range de sinal da transmissão de dados analógica, e

---

<sup>2</sup>*Honeywell* é uma empresa fundada em 1906, inicialmente chamada *Honeywell Heating Specialty Co.* Hoje é uma das líderes do mercado de automação e está presente em diversos setores da indústria e tecnologia.

gastou anos definindo requisitos técnicos e construindo um consenso para a rede de campo digital.

Nesse momento, vários fornecedores de instrumentos de controle de processo começaram a criar seus protocolos de comunicação próprios. Iniciou-se a criação de vários protocolos competidores, que não operavam juntos.

É imprescindível nas indústrias atuais que se tenha um controle eficiente da produção, da qualidade do produto, e de todos os parâmetros de processo, em tempo real. A velocidade do trânsito das informações é requisito fundamental. A evolução da informática permitiu a implantação do conceito de inteligência distribuída em ambientes industriais, que ainda hoje envolve diversas inovações.

Para que haja uma completa automação, é preciso que os instrumentos convencionais sejam trocados por instrumentos inteligentes para controle ou simples aquisição de dados, além da conseqüente interligação destes dispositivos, construindo um sistema de aquisição de informações para acompanhamento da produção ou estado do processo em tempo real.

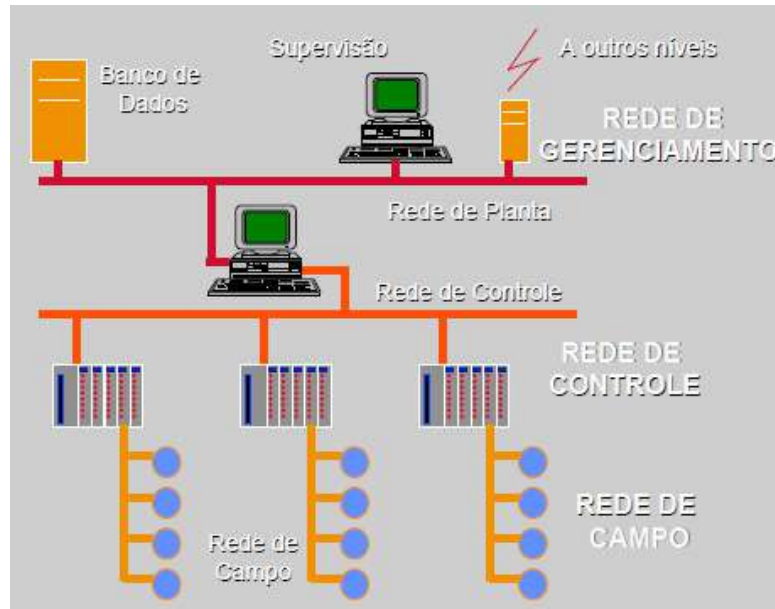
A instalação e manutenção dos sistemas de controle convencionais trazem consigo custos muito altos, principalmente quando se deseja fazer expansões de sistemas. Isto se deve, além dos custos de projeto, aos custos com cabeamento dos instrumentos de campo à sala de controle. O conceito de rede trouxe como principais vantagens a redução de custos e o aumento na operacionalidade, devido à grande melhoria na tecnologia aplicada. Por conta disso, desde 1972 não ocorrem inovações técnicas na área, e a tendência é que os sistemas convencionais sejam movidos gradualmente para a transmissão digital *Fieldbus* (ISA Home).

A rede de comunicação para sistemas de automação é um conjunto de sistemas independentes, autônomos e conectados de forma a permitir a troca de informações entre si. A rede possui meios físicos e lógicos que integram o sistema através da troca de informações. As Redes industriais são padronizadas sobre 3 níveis de hierarquias cada qual responsável pela conexão de diferentes tipos de instrumentos com suas próprias características de informação, conforme ilustra a Figura 5.

O nível mais alto, nível de informação da rede, é destinado a um computador central que processa o escalonamento da produção da planta e permite operações de monitoramento estatístico da planta sendo implementado, geralmente, por *softwares* gerenciais (MIS). O padrão *Ethernet* operando com o protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) é o mais comumente utilizado neste nível. As redes desse nível são chamadas **Redes de Gerenciamento**.

O nível intermediário, nível de controle da rede, é a rede central localizada na planta incorporando CLPs, DCSc e PCs. A informação deve trafegar neste nível em tempo real para garantir a atualização dos dados nos *softwares* que realizam a supervisão da aplicação. As redes desse nível são chamadas **Redes de Controle**.

O nível mais baixo, nível de controle discreto, se refere geralmente às ligações físicas da rede ou o nível de I/O. Este nível de rede conecta os instrumentos de baixo nível entre as partes físicas e de controle. Neste nível encontram-se os sensores discretos, contadores e blocos de I/O. As redes desse nível são chamadas **Redes de Campo**.



*Figura 5: Hierarquia das redes industriais*

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

As redes de equipamentos são classificadas pelo tipo de equipamento conectado a elas e o tipo de dados que trafega pela rede. Os dados podem ser em bits, bytes ou blocos. As redes **Sensorbus**, com dados em formato de bits, normalmente transmitem sinais discretos contendo condições ON/OFF. As redes **Devicebus**, com dados no formato de byte podem conter pacotes de informações discretas ou analógicas. As redes **Fieldbus**, com dados em formato de blocos, ou pacotes de mensagens, transmitem pacotes de informação com tamanhos variáveis.

Alguns exemplos de Redes **Sensorbus** são ASI, LonWorks e Seriplex. Algumas Redes **Devicebus** existentes são CAN, DeviceNet, LonWorks, Profibus DP e Interbus. No que diz respeito às Redes **Fieldbus** existentes, *Foundation Fieldbus*, Profibus PA, HART e Modbus são as mais utilizadas. As redes citadas possuem suas particularidades, e as principais serão descritas ao longo deste trabalho.

A rede **Sensorbus** conecta equipamentos simples e pequenos diretamente à rede. Utiliza-se este tipo de rede quando são necessárias comunicação rápida em níveis discretos e instalação de conexões de baixo custo. São sensores e atuadores normalmente baratos.

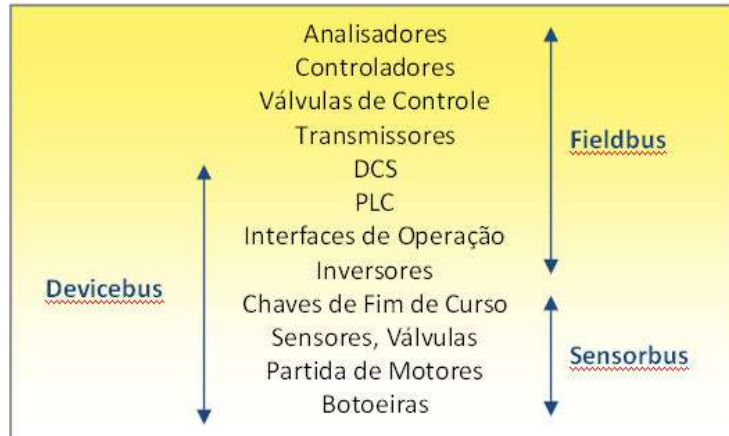
As redes **Devicebus** podem cobrir distâncias de até 500m, valor intermediário entre os **Sensorbus** e **Fieldbus**. Instrumentos conectados a esta rede terão mais pontos



discretos, alguns dados analógicos ou ambos. Algumas redes até permitem transferência de blocos. Possuem os mesmos requisitos de transferência rápida de dados das redes *Sensorbus*, porém é possível gerenciar mais instrumentos e dados.

As redes *Fieldbus* utilizam instrumentos inteligentes e fazem a interconexão destes com os sistemas de controle, responsáveis pelo comportamento das variáveis de processo industriais. Fisicamente, essas redes ligam os instrumentos de campo ao sistema de controle. Cobrem distâncias maiores que as outras redes.

A figura 6 mostra os principais equipamentos utilizados por cada um dos tipos de rede.



*Figura 6: Tipos de Equipamentos usados em cada Rede*

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

Devido à grande importância e maior aplicabilidade das redes *fieldbus*, maiores informações acerca destas redes serão descritas abaixo.

### II.4.1. Redes Fieldbus

Como anteriormente fora citado, a tecnologia *fieldbus* na automação industrial é muito complexa, em função da variedade de aplicações. As opções de arquitetura também são numerosas e as padronizações internacionais são fixas, pois os sistemas sempre envolvem sensores, atuadores e controladores conectados em rede.

A partir de concepções históricas, pode-se entender a origem das redes *fieldbus*. Na década de 80 iniciou-se a pesquisa dessas redes de campo. Havia necessidades dos usuários finais para a otimização dos processos industriais e obtenção de maior controlabilidade e segurança para a Planta. Além disso, eram necessárias mais informações acerca dos dispositivos de medição. Por outra vertente, também havia capacidades tecnológicas para que esse desenvolvimento pudesse suceder.

Uma das necessidades dos usuários finais era a Padronização. As redes mais utilizadas na época eram *Modbus*, da *Modicon Bus*, e *Westinghouse Distributed Processing Family* (WDPF), da *Westinghouse*. Eram redes sólidas, maduras e garantidas pelas suas funcionalidades e aceitação mundial. Outras redes também existiam e, mas sem muita notoriedade eram aplicadas em situações específicas como, por exemplo, a *Alliance Research Centre Network* (ARCNET), criada em 1977 e utilizada a princípio em escritórios e depois usada para aquisição de dados. Outra rede específica era a *Military Standard 1553*, usada para aviões e aplicações do espaço aéreo. Na instrumentação nuclear, a rede *CAMAC*, criada na década de 60, foi considerada a primeira rede de instrumentação. Muitas redes proprietárias conviviam e eram usadas no final da década de 70 para conectar controladores lógicos programáveis (CLPs), tanto quanto nos processos industriais (THOMESSE, 2005).

A integração desses diferentes sistemas era dificultada por conta das diferenças de padronizações, e pelos custos com gateways, adaptadores e conversores de protocolo. A partir de então se iniciou o processo de criação de um perfil de padronização da comunicação. Duas companhias iniciaram dois projetos. A *Boeing Company* lançou o *Technical and Office Protocol* (TOP) e a *General Motors* o *Manufacturing Automation Protocol* (MAP). O primeiro deles tinha aplicação em projetos de escritórios e indústrias e de máquinas e robótica e o segundo tinha aplicação em manufatura, com o objetivo de ligar todos os instrumentos sem o desenvolvimento de hardware ou *software* específico (THOMESSE, 2005).

Esses sistemas foram então integrados e surgiu o conceito de Arquitetura Hierárquica. As tecnologias de computação foram aproveitadas em todos os níveis, tanto na automação do processo quanto no transporte de peças e materiais no caso das indústrias de manufatura, aumentando o controle da qualidade do produto gerado. Cada rede gerencia as funções relativas à sua camada, e serve como interface

para a camada acima. Em processos industriais, a primeira camada é a automação, a segunda a supervisão e a terceira a otimização.

Outra grande necessidade era a redução dos cabos. Anteriormente, cada sinal digital ou analógico em 4-20 mA era enviado individualmente, ponto a ponto, do campo até os controladores. Os custos com cabeamento, tanto na compra quanto no detalhamento de instalação, bem como a manutenção, eram altíssimos.

No começo dos anos 80, diversos projetos iniciaram na Europa depois do projeto MAP ter início nos Estados Unidos. Na França, o projeto *fieldbus* FIP iniciou em 1982 sob o apoio do Ministro da França para Pesquisa e Indústria. Um processo similar a esse aconteceu com o projeto *fieldbus* chamado *Process Field bus* (PROFIBUS) na Alemanha, em 1984 e com o P-Net na Dinamarca em 1983. Neste mesmo ano a Bosch desenvolveu as especificações do Controller Area Network (CAN) (THOMESSE, 2005).

O processo de padronização iniciou neste momento em diversos países e em nível internacional, com a IEC TC 65/SC65C/WG6 e simultaneamente com a ISA SP50, pertencente à *The Instrumentation, Systems, and Automation Society* (ISA), nos Estados Unidos. Atualmente é possível encontrar diversas especificações técnicas que dão informações específicas e importantes para o projeto de automação em rede, pois o sistema está bem consolidado.

Podemos observar algumas características das redes *fieldbus* nas indústrias atuais:

- Redução dos custos de cabeamento e facilitação da engenharia de detalhamento. Essa é a principal vantagem.
- Todos os instrumentos são inteligentes, facilitando a calibração, manutenção e acompanhamento da qualidade da informação enviada. Os instrumentos desempenham funções específicas de controle, como loops PID, controle de fluxo de informações e processos.
- Interoperabilidade.
- Possibilidade de conexão com vários dispositivos.
- Tempos de transferência longos, mas a rede tem capacidade de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário)
- Velocidade pode atingir até 1 Mbps.

A opção pela implantação das redes é feita analisando quais os tipos de rede disponíveis no mercado, as vantagens principais de cada uma delas e a compatibilidade da maioria dos dispositivos nesta plataforma (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008).

Além disso, deve-se atentar para o desenvolvimento tecnológico de recursos, permitindo que as necessidades das plantas sejam atendidas de maneira simples e eficiente, tanto as tarefas básicas como as complexas. Tratando-se de tecnologias de ponta, é extremamente necessário que haja, além do desenvolvimento tecnológico, o

desenvolvimento humano, afim de que todos os recursos existentes sejam bem utilizados, executando projetos de maneira natural e de alta qualidade.

Uma parte importante no desenvolvimento das tecnologias de rede é a compatibilidade das diversas versões de instrumentos, garantindo a interoperabilidade dos instrumentos existentes em campo com as novas aquisições.

Para tanto, havia uma necessidade grande de arquiteturas de sistemas abertos, permitindo ao usuário encontrar em mais de um fabricante a solução procurada e colocando em comunicação dispositivos de vários fabricantes distintos. A substituição dos sistemas proprietários pelos sistemas abertos possibilitou um crescimento tecnológico bem maior, ocasionado pelo aumento da concorrência e do compartilhamento de informações necessárias às correções de sistema e *updates*.

Essa substituição dos sistemas proprietários ocorreu na maior parte dos instrumentos de controle. Entretanto, existem certos equipamentos críticos das plantas que são fornecidos por empresas detentoras da tecnologia, que possuem operação controlada em unidades específicas, mas sempre conectadas ao SDCD da planta. Seus painéis de controle são locados em campo. Isso ocorre para que os fornecedores desses “pacotes” se responsabilizem pelo bom funcionamento do equipamento.

Como essas unidades pacote possuem sua automação em um controlador separado do restante da planta, mas que se comunica com o sistema de controle da unidade. Muitas vezes esses pacotes operam com redes proprietárias diferentes da filosofia do restante da planta, a exemplo do sistema de controle e monitoração de máquinas críticas como bombas e compressores.

#### II.4.1.1. **Protocolo Hart**

O protocolo HART (*Highway Adress Remote Transducer*) é um sistema a 2 fios, mestre escravo, com taxa de comunicação de 1200 BTS e modulação FSK (*Frequency Shift Key*). Foi uma das primeiras implementações de barramento de campo. Embora digital, aceita também comunicação analógica no padrão 4-20mA, o que o torna compatível com a enorme base instalada analógica existente no mundo.

Desenvolvido pela empresa *Rosemount*<sup>3</sup> (EUA) em meados da década de 1980 como um protocolo proprietário, o HART tornou-se pouco depois um padrão aberto e tem evoluído desde então. (GUTIERREZ & PAN, 2008)

---

<sup>3</sup> *Rosemount* é uma das maiores empresas fabricantes de instrumentos de medição para indústrias de processo, associada a Emerson Process Management.

Esse sistema digital aumenta a confiabilidade sobre o sinal de corrente em mA enviado pelo transmissor, além de permitir que outras informações do instrumentos sejam enviadas. Usa o mesmo par de cabos para o sinal de corrente e para a comunicação digital. Este cabo é o mesmo usado na instrumentação analógica.

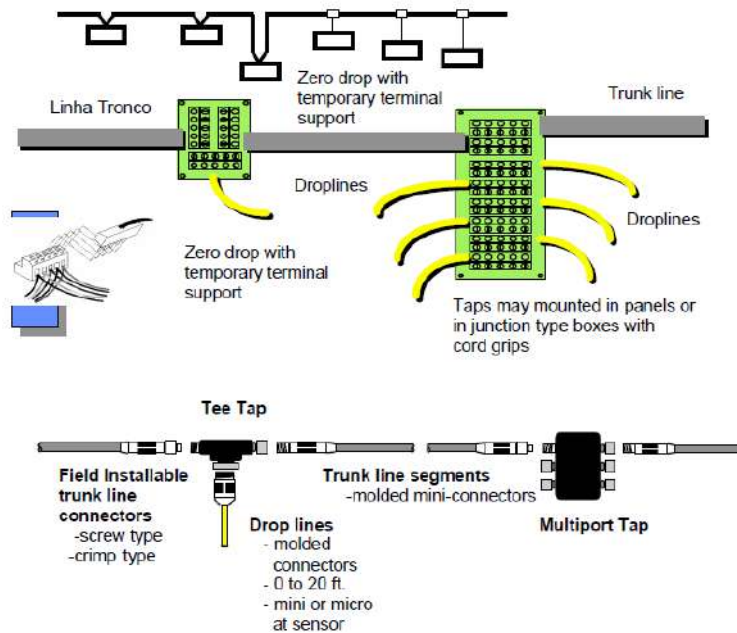
Esse protocolo de comunicação tem sido muito utilizado, por isso todos os instrumentos podem ser encontrados em diversos fabricantes.

Os principais motivos de ainda ser muito utilizado nas indústrias em geral são o baixo custo dos instrumentos em relação aos instrumentos de outras tecnologias e a alta velocidade de tráfego da informação medida. Além disso, a tecnologia HART encontra-se bem consolidada nas indústrias, o que facilita a busca de instrumentos nesta tecnologia relacionados a medições de todos os tipos de processo, inclusive as não tão usuais, bem como existência de mão-de-obra qualificada para manutenção e detecção de problemas encontrados na instalação.

Por ser mais maduro, esse protocolo de comunicação se apresenta mais confiável que os demais que ainda precisam ser adaptados aos sistemas das indústrias já existentes.

### II.4.1.2. Rede DeviceNet

*DeviceNet* é uma rede de dispositivos, comumente usada para interligar instrumentos de campo tais como sensores, partidas de motor, atuadores, drives e CLPs a uma rede com maior capacidade, reduzindo o número de cabos. Industrialmente, normalmente é usado em dispositivos não muito críticos. A Figura 7 apresenta um esquema representativo de uma rede *DeviceNet*.



**Figura 7:** Topologia da rede *DeviceNet* – Barramento

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

A transferência de dados se dá pelo modelo produtor-consumidor, em velocidades ajustáveis em 125, 250 e 500 Kbps. Nesse modelo, o dado é identificado pelo seu conteúdo. Não necessariamente necessita explicitar o endereço da fonte e destino dos dados. Também não existe um mestre na rede. Qualquer nó pode iniciar a transmissão.

No caso particular do *DeviceNet*, o protocolo de comunicação é o chamado *Controller Area Network*, CAN. Este identificador da rede define graus de prioridade dos nós no processo de arbitragem, mantendo a ordem da transmissão, e é usado pelos nós que recebem a mensagem, filtrando as mensagens de interesse.

Há também a designação de mensagens de entrada/saída e mensagens explícitas. As mensagens de entrada e saída são dados de tempo crítico orientados ao controle. Por isso, são mensagens de alta prioridade. As mensagens explícitas são referentes aos dados de configuração e diagnóstico ponto a ponto. São mensagens de baixa prioridade.

No nível físico, tem como características uma topologia básica do tipo linha principal com derivações, barramentos separados para sinal e alimentação 24 Vcc no mesmo cabo (4 fios), inserção e retirada de nós à quente, em uma ligação de troncos e *droplines*.

O CAN foi desenvolvido pela BOSCH para o mercado de automóveis europeus, substituindo os chicotes de cabo por um cabo em rede, diminuindo o custo do sistema, além de ter uma alta confiabilidade para aplicações como controle de freios ABS e *Air bags*. Nas indústrias tem maior aplicação em sensores específicos de equipamentos como motores, além de interligação entre CLPs, dentre outros.

### II.4.1.3. **Redes Profibus**

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto, i.e., independente de fornecedor. Foi criado em 1989 na Alemanha por um consórcio de companhias e indústrias, a PROFIBUS *User Organization*. Hoje é uma tecnologia sólida e apresenta-se com grande peso nas plantas de produção em todo o mundo.

Esse padrão é regido pelas normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, nas divisões DP e PA, ao lado de mais sete outras redes de campo. Mundialmente, os usuários podem se referenciar a um padrão internacional de protocolo, cujo desenvolvimento tem como objetivos a redução de custos, flexibilidade, confiança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores.

Atualmente é considerado o protocolo mundial líder em número de nós instalados (jan/fev de 2008). Estima-se que haja mundialmente 20 milhões de nós PROFIBUS, e mais de 1000 plantas com a tecnologia PROFIBUS PA, com uma projeção de atingir 30 milhões de nós em 2010. (PADOVAN)

Hoje são mais de 2800 produtos e 2000 fornecedores, presentes em toda a área da indústria, nos mais diversos segmentos e em variadas aplicações nas indústrias de processo e manufatura, nas variações descritas a seguir.

- **Profibus DP (Decentralized Peripheria)**

É um protocolo otimizado para alta velocidade em conexões de baixo custo. Essa versão de Profibus foi criada especialmente para sistemas de controle e automação e dispositivos de campo que necessitam de respostas rápidas do sistema. Muito aplicado em módulos de I/O digitais e analógicos, drivers para motores, IHMs e dispositivos críticos como válvulas de bloqueio motorizadas para isolamento de unidades de processo.

Esta rede possui as seguintes características:

- Utiliza o meio físico de transmissão rápida RS-485 ou fibra ótica com velocidade de até 12 MBps;
- Comunicação mestre-escravo;
- Capacidade de até 128 dispositivos divididos em 4 segmentos;
- Distância de 100 a 120 m de acordo com o número de instrumentos;
- Possui 3 versões V0, V1 e V2. A versão V0 corresponde à comunicação cíclica, a versão V1, comunicação acíclica e V2 comunicação direta de escravo para escravo. É imprescindível para a interoperabilidade, que todos os componentes da malha possuam uma mesma versão;



- **Profibus PA (Process Automation)**

Foi criado com o intuito de substituir os tradicionais sinais analógicos (4-20 mA), sendo muito aplicado em transmissores (de pressão, vazão, temperatura e nível) e analisadores industriais.

Atendendo às normas FISCO, podem ser aplicados em áreas classificadas com categoria de proteção IS (Segurança Intrínseca). Essa substituição alcança uma economia de custo de aproximadamente 40% nas etapas de engenharia de detalhamento, cabeamento, partida e manutenção, além das vantagens de aumentar a praticidade e a segurança (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008).

Tudo isto se deve ao fato de o *Profibus* PA utilizar apenas um par de fios para transmitir tanto as informações do dispositivo de campo quanto à alimentação. A alimentação pode ser feita utilizando fontes intrinsecamente seguras, ou utilizando-se barreiras e isoladores de rede. Além de poupar custos e aumentar a segurança nas áreas classificadas, esse tipo de alimentação da rede permite que o operador faça manutenção, conexão e desconexão dos instrumentos durante a operação normal da planta, mesmo em áreas potencialmente explosivas.

Esta rede possui as seguintes características:

- Utiliza o meio físico de transmissão IEC61158-2 H1, com velocidade de 31,25 Kbps;
- Capacidade de até 32 dispositivos sem alimentação e 12 com alimentação por rede;
- Distância de até 1900 de acordo com o número de instrumentos
- Necessita de aterramento, afim de que haja proteção contra ruídos e interferências eletromagnéticas. Um projeto feito sem aterramento compromete a transmissão do sinal e o conseqüente controle da planta.

- **Profidrive:** Perfil do *Profibus* para controle de movimentos (controle de motores), utilizando o meio de transmissão RS-485, na versão do *Profibus* DP-V2;
- **Profisafe:** É o perfil do *Profibus* utilizado para aplicações com segurança, como por exemplo, botoeiras manuais de alarme de incêndio em campo. Pode ser utilizado no meio físico RS-485 ou IEC61158-2 H1, nas 3 versões (V0, V1 e V2).

Com toda essa diversificação, observamos que esta tecnologia é preparada para ser aplicada em diversas áreas da indústria, desde a automação de pequenas máquinas até o controle total da planta. Essa é uma grande vantagem, visto que o controle total

da planta feito no mesmo sistema atinge alto nível de integração entre as diversas partes da planta, já que toda a configuração e manutenção da planta são feitas no mesmo ambiente, diminuindo assim tempo de configuração, ajustes e manutenção da automação.

Obviamente esta não é uma conquista fácil, já que na grande maioria dos casos o que é feito é uma expansão ou adaptação do sistema de uma indústria às novas tecnologias. Sendo assim, apenas parte do sistema de automação sofre modificações. Além disso, para o projeto de uma planta nova, ou nova unidade de uma planta, normalmente são utilizados sistemas já em operação de outras plantas/unidades semelhantes. Dificilmente todo o controle é dado em uma única tecnologia, mas são usadas as tecnologias já aplicadas a fim de evitar que no momento da implantação, ou ao longo da operação da planta, sejam encontradas dificuldades desconhecidas. Prefere-se confiar no que já foi implantado e testado em campo, tendo assim maior garantia de funcionalidade.

#### II.4.1.4. Redes Foundation Fieldbus

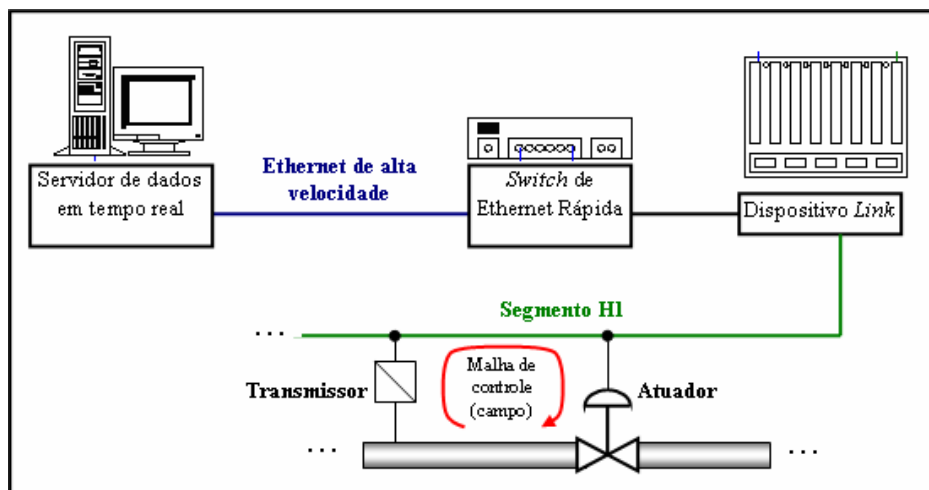
No final de 94, dois consórcios de fornecedores paralelos, o *InterOperable Systems Project (ISP)* e o *WorldFIP North America*, uniram-se para criar *Fieldbus Foundation*. A nova organização organizou programas de desenvolvimento, treinamentos de condutores de campo, e estabeleceu o mais rigoroso programa para teste e registro de instrumentos de campo (Fieldbus Foundation, 2009).

Assim, muitos fornecedores se interessaram pela tecnologia e se tornaram membros da *Fieldbus Foundation* e desenvolveram as especificações desse protocolo aberto e não-proprietário.

Essa solução de comunicação digital avançada foi designada pelo grupo para ser aplicável a aplicações de controle críticas, tomando o mercado de redes incompatíveis, operando com arquitetura aberta completamente integrada para distribuir e agrupar as informações em tempo real. A tecnologia garante ganhos de potência, velocidade e qualidade da informação.

Atualmente tem sido fortemente aplicada em Sistemas de Controle de Processos nas Refinarias e Plantas em geral. Por esse motivo, o trabalho contém informações mais detalhadas desta tecnologia, a fim de que sejam conhecidas as principais características e vantagens que motivaram a sua aplicação.

A arquitetura *Foundation*, aberta, não-proprietária, disponibiliza um protocolo de comunicação para sistemas de controle que operam em uma rede de múltiplos instrumentos inteligentes que são conectados por um sistema de comunicação digital e bidirecional, pelo modelo mestre-escravo.



*Figura 8: Arquitetura simplificada da rede Foundation Fieldbus*

Fonte: Autor

Alguns conceitos são importantes para o conhecimento da arquitetura desta rede:

**Ramal (spur):**

— Cabo que interliga um instrumento de campo à caixa de junção. O comprimento máximo do ramal em cabo tipo “A” é de 30 m para áreas classificadas ou de 120 m para áreas não-classificadas.

**Tronco (trunk):**

— Cabo principal de comunicação Fieldbus, que faz o suprimento dos ramos. Interliga a gateway às caixas de junção. Os cabos dos ramos e troncos são diferenciados apenas pelo nível de potência, já que o tronco possui segurança aumentada (Ex e) e o ramal possui segurança intrínseca (Ex i).

**Segmentos:**

— Uma seção Fieldbus que compreende um cabo e dispositivos instalados entre um par de terminadores. O comprimento do segmento corresponde ao comprimento total do tronco e dos ramos.

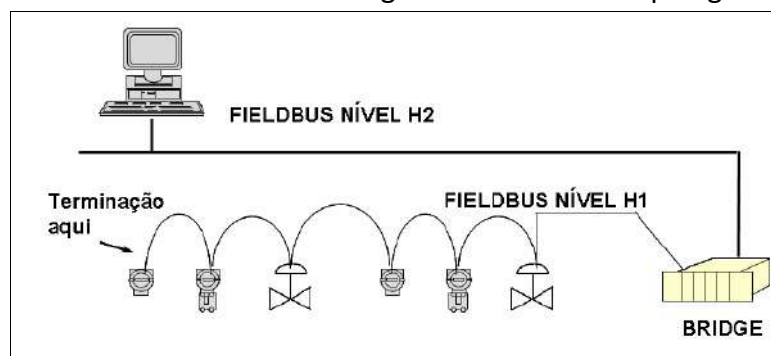
As topologias aplicáveis ao *Fieldbus* podem ser:

**Topologia tronco e ramos:**

— Um barramento tronco único é usado e ramos são conectados diretamente ao tronco, conectando assim os instrumentos aos segmentos.

**Topologia ponto a ponto:**

— Ligação em série dos instrumentos de um segmento. O cabo é ligado de instrumento em instrumentos em um mesmo segmento, e interconectado nos terminais de cada instrumento. A figura 9 ilustra essa topologia.

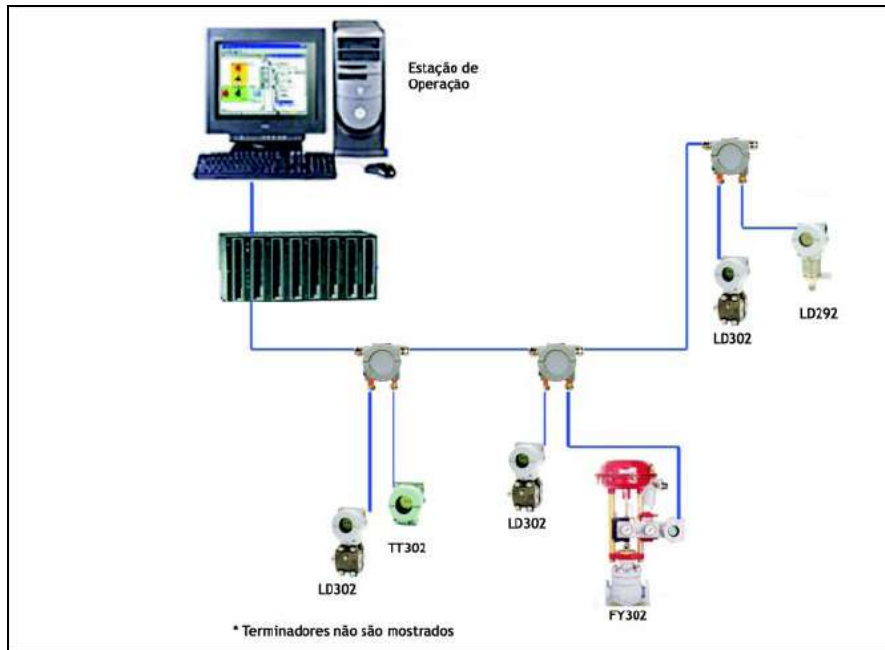


*Figura 9: Topologia Ponto a Ponto*

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

**Topologia em árvore:**

- Utiliza caixas de junção em campo para a ligação de vários instrumentos, conforme a figura 10.



*Figura 10: Topologia em árvore*

Fonte: Autor

### ***Topologia fim para fim:***

- Faz a conexão de apenas dois equipamentos. Pode ligar instrumento de campo ao Host, bem como conectar dois Hosts.

### ***Topologia mista:***

- Pode-se encontrar as três topologias mais comuns juntas: ramos, ponto a ponto e árvore.

Quanto ao meio físico, IEC 61158-2, para que seja feita a análise dos tipos de ligações possíveis com cabos, conexões, terminadores, características elétricas e outras informações, é necessário conhecer a especificação técnica internacional que padroniza a linguagem, a Norma ANSI/ISA-S50.02-1992. Algumas características são relevantes:

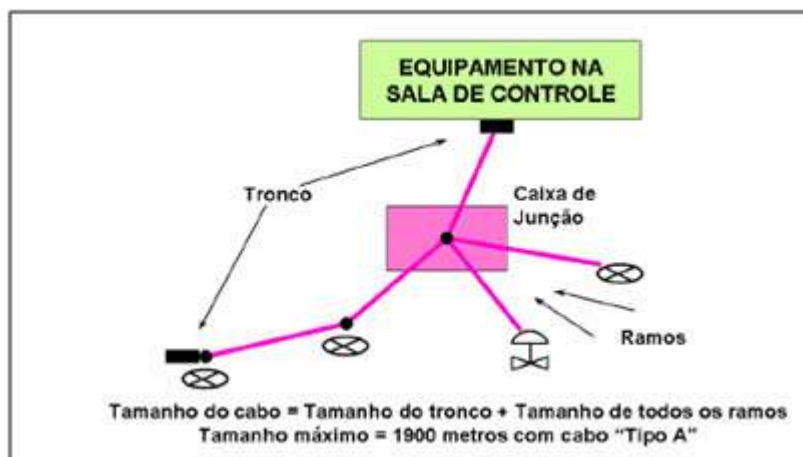
- Transmissão de dados somente digital
- Self-clocking
- Comunicação bidirecional
- Código Manchester
- Modulação de voltagem
- Velocidades de transmissão de 31,25 kbit/s e 100 Mbit/s
- Barramentos com ou sem energia, intrinsecamente seguro ou não

Para instrumentos ligados aos barramentos de campo, a velocidade usada é de 31,25 kbps e as outras velocidades são comumente usadas para interligação de gateways em alta velocidade.

A norma possui informações detalhadas, e informa o número de instrumentos conectados para cada tipo de aplicação: com ou sem segurança intrínseca, com alimentação separada ou não. Cada valor é estimado levando em conta o consumo de cada dispositivo, a tensão de alimentação dos mesmos, a existência de barreiras de segurança intrínseca e sua corrente máxima de saída.

Seguem algumas imposições da norma:

- **Quanto ao número de dispositivos por segmento**
  - Entre 2 e 32 instrumentos em ligação sem segurança intrínseca e alimentação a 4 fios (alimentados em voltagem superior a 20V<sub>CC</sub>);
  - Entre 2 e 6 instrumentos alimentados em um mesmo fio com segurança intrínseca;
  - Entre 1 e 12 instrumentos alimentados em um mesmo fio sem segurança intrínseca;
- **Quanto à distância máxima por cabo**
  - Um barramento carregado com o número máximo de instrumentos na velocidade de 31,25 Kbps não deve ter a soma dos trechos do tronco e todos os ramos maior que 1900m, conforme figura 11:



*Figura 11: Comprimento máximo do segmento*

Fonte: (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008)

- **Quanto aos Sistemas com meio físico redundante**
  - Cada canal deve atender as regras de configuração de redes;

- Não existir um segmento não redundante entre dois redundantes;
- Números dos canais mantidos no *Foundation Fieldbus*

- **Quanto ao Aterramento**

- O “shield” dos cabos não deve ser usados como condutores de energia.

Essas e outras especificações contidas nessa norma visam a segurança da aplicação, e a padronização para os projetos nesta tecnologia, fazendo com que as instalações sejam feitas de forma que problemas de instalação, de ruído, má operação, dentre outros, sejam minimizados.

Nos sistemas tradicionais, o volume de informações é reduzido à praticamente apenas informações de controle. Já no Sistema *Foundation Fieldbus* o volume de informações é bem maior, devido à facilidade de comunicação entre os instrumentos da rede.

Isto ocorre pelo seguinte fato. O tempo de ciclo em um barramento é dividido em Período Cíclico e Acíclico. No Período Cíclico são publicadas as informações de controle e no Período Acíclico são publicadas as informações que não são de controle. O Período Acíclico compõe 70% do Tempo de Macro ciclo, que é o tempo gasto para que todos os instrumentos dos barramentos publiquem seus dados de controle e monitoração do processo.

Devido ao sistema ser mestre-escravo, o sistema é programado para que os instrumentos críticos informem suas informações de controle com maior prioridade e em ciclos determinados, e nos intervalos essas informações extras dos instrumentos inteligentes podem ser enviadas.

Temos informações extras muito importantes, como o diagnóstico do instrumento, o envio da confiabilidade do valor da variável de processo informado pelo instrumento, dentre diversas outras.

Outra grande vantagem do *Foundation Fieldbus* é que, sendo os instrumentos inteligentes, eles podem exercer as funções de controle dentro do próprio instrumento sem depender do controlador situado no SDCD. E como a alimentação dos instrumentos é distinta, caso haja uma falha de alimentação no SDCD o controle da planta continua funcionando em operação normal.

A inclusão de novas malhas de controle ou de instrumentos de monitoração a esta rede também é facilitada, pois o cabo não precisa percorrer toda a distância do campo até a Sala de Controle, mas pode ser incluída na forma de ramais a segmentos já anteriormente instalados.

Devido às grandes vantagens da tecnologia *Foundation Fieldbus*, o SDCD tradicional não é recomendado em novos projetos. E nos sistemas já existentes a substituição dos instrumentos representa altos custos. Além disso, como o sistema de controle fica obsoleto, a vida útil do SDCD é abreviada e a tecnologia *Foundation Fieldbus* pode ser

introduzida através da introdução de gateways<sup>4</sup> com cartões com portas convencionais para os pontos já existentes e *Foundation Fieldbus* para os novos pontos.

#### II.4.1.5. **Redes Ethernet**

Um sensor pode ter interface com o protocolo *Ethernet* facilmente e com baixo custo, através da utilização de um microcontrolador que adapta o sinal recebido à comunicação internet. Essa vantagem possibilitou a utilização de sensores internet para automação industrial.

A proposta do sensor internet requer cerca de 15 kbytes de C-code e 1 kbyte de Memória RAM, suporta fragmentação IP, gerencia simultaneamente duas conexões TCP (com velocidades distintas) e troca informação com browsers comerciais em web Page.

Algumas vantagens desse sistema podem ser estabelecidas:

- Velocidade superior aos sistemas de baixa velocidade como o protocolo Modbus RTU via RS-485;
- Quantidade de ferramentas capazes para detecção de problemas e otimização da rede;
- Ampla base de suporte e produtos competitivos;
- Grande número de pessoas treinadas e familiarizadas com a tecnologia.

Embora não tenha sido projetada para redes de automação industrial, a tecnologia Ethernet apresenta-se viável devido ao desempenho elevado, interoperabilidade e baixo custo. É uma das mais recentes redes de campo com fio. A facilidade de configuração e a variedade de equipamentos disponíveis contribuíram para a sua popularização. Entretanto, as redes Ethernet ainda compartilham um mesmo problema das outras redes industriais: cabeamento e mobilidade. O alto custo do cabeamento em alguns cenários e as interrupções na rede para a realocação de instrumentos ou ampliação da rede e necessidade de dispositivos móveis são os pontos fracos para o uso da mesma, visto a tendência mundial da aplicação de redes sem fio. (DRAGO, 2008)

---

<sup>4</sup> *Gateways*, ou *hosts*, são equipamentos responsáveis pela transposição de camadas de rede, que traduzem o protocolo FF H1 das redes de campo para o protocolo HSE das redes de controle.



## II.4.2. Wireless - Redes de campo sem fio

### II.4.2.1. Motivações para implantação da tecnologia

A aplicação das redes *fieldbus* representou um grande passo tecnológico na automação industrial trazendo, dentre outros avanços, uma grande redução de custos com cabeamento. Entretanto, essa eliminação ainda não foi integral, pois os problemas gerados pelos cabos ainda permanece, tais como ruído, má instalação, espaço na planta para que os cabos sejam encaminhados até a sala de controle, altos custos, dentre outros.

Alem desses problemas, existem aplicações específicas em que não é possível encaminhar cabos até os instrumentos, a exemplo das plataformas de petróleo, onde existem instrumentos e válvulas operando na região dos poços de petróleo. Um outro exemplo é a presença de sensores em regiões muito distantes. No passado, apenas era resolvido cavando trincheiras ou correndo conduítes e puxando fios para adquirir os sinais. Por essas e outras limitações tornou-se interessante o estudo de redes sem fio na automação industrial.

Como resultado, agora as indústrias podem usufruir do verdadeiro potencial dos seus ativos de produção, com a ascensão dessa infra-estrutura *wireless* de campo, tendo acesso seguro a informações oportunas para obter e manter um excelente retorno das informações de produção em virtude das melhorias dramáticas em frequência e confiabilidade, também gerando economias de custo substanciais e mensuráveis tanto em engenharia como instalação e logística.

Mas qualquer nova tecnologia passa por um período de sedimentação, quando seus princípios, limites e contornos ficam obscuros para o mercado. A tecnologia *wireless* passa por esse momento e iremos entender o motivo conhecendo suas características.

### II.4.2.2. Wireless – Conceitos

O *wireless* é uma camada física pela qual sinais analógicos (4-20mA, 1-5V<sub>CC</sub> e similares), sinais discretos e sinais brutos fazem transmissões via rádio a partir do dispositivo de uma central de processamento, como o SDCD, um CLP ou uma URT(Unidade Terminal Remota) (SAVELLS & ADAMS, 2008).

O *wireless* imita a comunicação com fio numa aplicação já existente. Não é exigida mudança na arquitetura do sistema. Os links *wireless* transmitem os mesmos dados que os fios físicos um dia transportaram. Além da monitoração remota, a funcionalidade de controle remoto também pode ser usada através do *wireless*.

É uma tecnologia livre de licença no espectro de rádio 2.4 GHz, 5.4 GHz ou 900 MHz, projetada especificamente para integração de ativos remotos e sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). A maioria dos sistemas é oferecido na faixa de 2.4 GHz, e é nessa faixa que os padrões SP100 e *Wireless Hart* se concentram. Essa tecnologia tem sido muito usada na automação de óleo e gás por cerca de 20 anos, aumentando sua confiabilidade ao longo desses anos (ALIPERTI, 2008).

As redes *wireless* em ambientes industriais são padronizadas pela norma ISA SP100, que considera suporte para as seguintes aplicações (ALIPERTI, 2008):

- **Operador Móvel:** a possibilidade de dar suporte a um operador de campo munido de um palmtop que se comunica com o sistema central através da rede *Wi-Fi*;
- **Rede de Sensores:** transmissores de campo que se comunicam de volta para um sistema central, atualmente através de sistemas proprietários;
- **Monitores de Equipamentos:** CLPs locais que executam lógicas de sistemas específicos, como por exemplo monitores de vibração de máquinas rotativas críticas, que podem se comunicar ou pela rede *Wi-Fi* ou pela rede proprietária dos sensores, servindo como uma extensão dessa rede.

A arquitetura de uma rede *wireless* é composta normalmente por vários dispositivos que distribuem sinal, conforme representado na figura 15. Cada dispositivo possui no mínimo um rádio e uma interface Ethernet. Sistemas mais modernos contam com dois rádios, um para a interligação de equipamentos e outro para a cobertura de determinada área.



*Figura 12: Arquitetura de uma rede wireless*

Fonte: (ALIPERTI, 2008)

Os dispositivos de campo se comunicam de volta com um sistema central, o SDCD. Este sistema recebe as informações dos dispositivos de campo pela sua *gateway*. Em função das grandes distâncias a serem percorridas entre os dispositivos e a central, é criada uma malha de cobertura sem fio, através da qual os sinais de campo transitam. Isto é denominado *backbone*, a espinha dorsal.

Este *backbone*, diferentemente dos instrumentos que não possuem fios, possui diferentes graus de fiação para se comunicar, variando de conexões opcionais para alimentação ou conexões de comunicação (por fibra ótica ou cabo coaxial), ou pode não ter fio algum, nos casos de não serem alimentados e das transmissões de comunicação via rádio (ALIPERTI, 2008).

Em todos os sistemas disponíveis no mercado, apesar das diferentes filosofias de comunicação dos sensores com a central, podem-se encontrar os mesmos problemas de contorno para definir sua eficácia, como o tempo de resposta e o número de dispositivos que a rede consegue comportar.

Como todas as tecnologias, o *wireless* também possui limitações. A escolha da solução de rede sem fio requer a análise da transmissão de dados e das características operacionais dos equipamentos. A seguir, algumas limitações e características da rede serão descritas, para um melhor entendimento dessa tecnologia.

#### II.4.2.3. Limitações da rede wireless

A faixa de operação de 2.4 GHz é uma faixa em que não é necessária uma licença para operar. Essa faixa se estende de 2.4 GHz até 2.483 GHz, com 83 MHz de largura. É a faixa liberada pela Anatel no Brasil e pela FCC nos EUA. Com isso, vários outros tipos de comunicação a utilizam, como a *Wi-Fi*, por exemplo. Isso pode trazer congestionamentos, dependendo dos canais utilizados (ALIPERTI, 2008).

Uma das formas de utilização das faixas de 83 MHz é a subdivisão em 16 canais, cada um com uma largura de 4 MHz. Os dispositivos possuem acesso a todos os canais, livremente. Para minimizar as interferências e bloqueios, o transmissor e o receptor alternam frequências em uma seqüência, tornando a rede mais resistente, já que os bloqueios não costumam ocorrer em todo o espectro, mas em canais isolados. Também aumenta a segurança, pois a seqüência é pré-determinada e somente o transmissor e o receptor a detém. Esse é o chamado **Frequency Hoping**. Essa técnica impede que um intruso na rede interrompa, capte ou falseie as comunicações (ALIPERTI, 2008).

Os dispositivos que se comunicam nessa faixa competem pela transmissão, através do CSMA-CD (*Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detection*). *Carrier Sense*, pela

escuta e detecção. *Multiple Access*, pelos diversos dispositivos que podem acessar a rede. O rádio do dispositivo opera “na escuta” e liga o portador de transmissão, anunciando que a informação será enviada, sempre que não há tráfego. Se dois dispositivos tentam acessar a rede simultaneamente, ocorre a colisão. O *Collision Detection* surge porque esses dispositivos descansam em tempos randômicos e depois voltam a tentar transmitir (ALIPERTI, 2008).

No ambiente industrial, vários são os fatores que interferem na propagação de sinal de RF (RadioFrequência) gerando atenuação no sinal, como a reflexão de sinal de RF face à movimentação de pontes rolantes e indução eletromagnética. Em áreas abertas, ainda há o problema do “Efeito Chuva”, que é um fenômeno de interferência na propagação dos sinais de RF por reflexão, gerado pela chuva, afetando a performance do sistema e chegando até a travá-lo (DRAGO, 2008). Esse problema ocorre para 802.11g ou 802.11a (10 ou 54 Mbps). Não existe solução técnica para esse problema, pois a solução seria o aumento de potência dos rádios nos terminais móveis (coletores) e APs (Access Points), mas há uma limitação na EIRP (potência irradiada) pela Anatel. Infelizmente, esses problemas na propagação do sinal de RF diminuem velocidade e a confiabilidade desse sistema.

#### II.4.2.4. Capacidade da rede

O tempo de resposta e a quantidade de dispositivos na rede são determinados pelas frequências usadas. Em geral, e de acordo com a necessidade de atualização das informações, os tempos de transmissão são programados, geralmente entre 1 segundo e 1 minuto. Dependendo dos tempos de atualização, a carga da rede varia, e pode-se compor uma rede de poucos instrumentos em tempos mais rápidos ou de mais instrumentos em tempos mais lentos. Mas a capacidade da rede só pode ser determinada a partir de uma análise estatística.

Em primeiro lugar, avaliamos o desempenho. Costuma-se obter 95% de sucesso nas transmissões na primeira tentativa. Chega-se a estimar estatisticamente, baseado neste valor, a capacidade da rede em números muito altos, como 30 mil dispositivos a cada meio minuto ou 1 mil a cada segundo. Entretanto, esses valores absolutos não levam em consideração os dispositivos fora da rede analisada, que também competem a rede. É muito comum que um rádio receba interferência de outra rede de dispositivos que esteja ao seu alcance. Quando essas interferências ocorrem, a malha não consegue comportar mais que algumas centenas de dispositivos (ALIPERTI, 2008).

O conjunto de fatores como frequência de operação, localização geográfica em relação a outros sistemas que competem pela mesma faixa de transmissão e tempo de atualização desejada são denominados *air space*, e definem os contornos do sistema.

#### II.4.2.5. Extensão dos canais

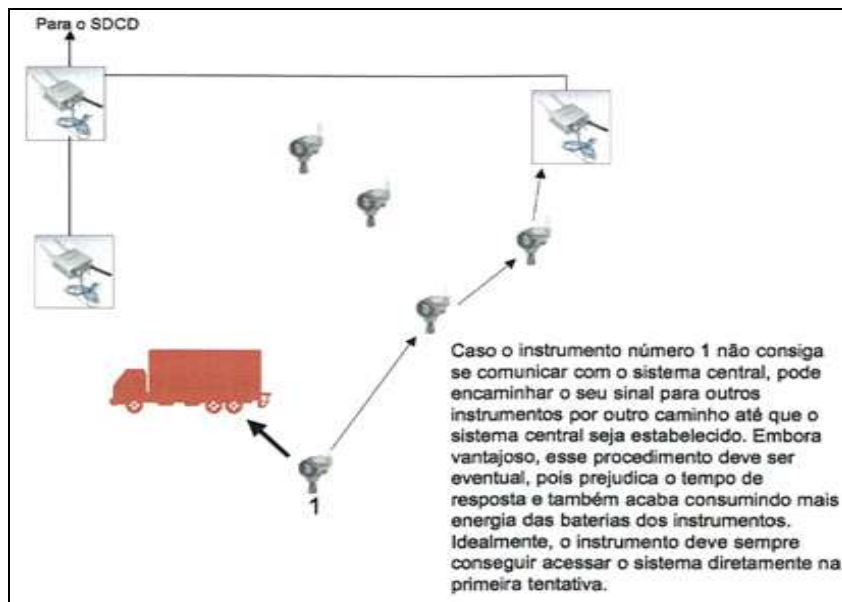
A SP100.11A da ISA comporta a extensão dos canais em 4 MHz. Essa é a maneira mais convencional de usar o *air space*, e é empregada inclusive por tecnologias do tipo *Wireless Hart*. Os rádios que praticam o *Frequency Hopping* nessa faixa são chamados de *fat hoppers*, pois a largura dos canais é bem grande. Mas hoje existem rádios que fazem divisão dos 83 MHz em 80 canais de 1 MHz cada. E cada canal é subdividido em 4 bandas de 20 canais, e são chamados *narrow hoppers*. A vantagem dos sistemas que utilizam *narrow hoppers* é que possuem mais de quatro vezes a capacidade de sistemas com *fat hoppers*, com desempenho de 20 a 30 % maior (ALIPERTI, 2008).

Enxergamos nitidamente que o *wireless* ainda caminha em seus primeiros passos, visto que esses sistemas ainda não estão padronizados na SP100, bem como muitas outras otimizações da tecnologia, que ainda não foram ratificadas em padronização, dificultando assim o desenvolvimento da tecnologia.

#### II.4.2.6. Transmissão de dados

A transmissão dos dados é feita de maneira automática (*self routing*), sem a necessidade de intervenção do usuário. Na medida em que é formada uma malha, os próprios dispositivos automaticamente destinam seus dados pelo encaminhamento que for mais conveniente. Caso um instrumento não consiga se comunicar diretamente com o sistema central, o sinal é enviado para outro instrumento da malha, e se este também não conseguir efetuar comunicação, ele se comunica com outro instrumento, e segue até que o sinal seja transmitido para a central. No *self routing*, se houver um bloqueio, caminhos alternativos são traçados (*self healing*) e o ajuste é feito automaticamente (*self configuring*), conforme mostrado na figura 13.

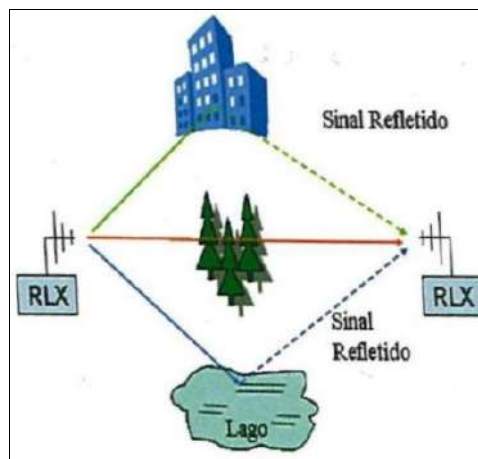
Embora esta seja uma vantagem em relação à facilidade operacional, em alguns casos pode ser uma desvantagem, já que os sinais possuem tempos determinados para serem atualizados. Sinais que passam por muitos instrumentos, além de consumir energia da bateria de vários dispositivos, podem chegar ao sistema central com defasagem grande. Uma alternativa para isso é que um dispositivo seja usado como concentrador dos sinais que não conseguem alcançar a rede de imediato. Este terá desempenho afetado, mas diminui o problema da defasagem de sinal. O ideal é que o estudo da localização dos nós (ou portais) seja feito corretamente, para que todos os sinais cheguem à central na primeira tentativa. Os nós são efetivamente projetados para receber esses sinais e comunicarem entre si até enviar os dados para a central, pois na maioria das vezes são alimentados por fontes convencionais e trafegam dados em velocidades superiores às dos dispositivos. É imprescindível que a locação deles seja bem prevista.



*Figura 13: Self Routing*

Fonte: (ALIPERTI, 2008)

Outro problema é o efeito *Multi Path Fade*, que acontece quando várias cópias de um mesmo sinal chegam ao receptor através da reflexão por diversos caminhos, o que pode resultar em uma interferência destrutiva, reduzindo a força do sinal, a cobertura efetiva e a taxa de transferência, conforme representado na figura 14. Uma solução para isso é o uso de duas antenas de recepção no mesmo cartão *wireless*, para que o equipamento decida qual deles possui melhor recepção.



*Figura 14: Interferência destrutiva por reflexões de sinal*

Fonte: (DRAGO, 2008)

Desafios ainda maiores são impostos para a rede *wireless* no ambiente industrial, haja vista o ambiente em que trabalham os equipamentos, sujeitos a pó, poeira, calor, umidade, etc. Os índices MTBF (tempo médio entre falhas) devem ser altos e o MTRR (tempo médio entre reparo) deve ser o menor possível. Além disso, equipamentos que

operam na mesma frequência também são fontes de interferência, como fornos microondas, aquecedores industriais e equipamentos de solda. Além destes, praticamente todos os equipamentos que produzem interferência eletromagnética e de rádio frequência contribuem negativamente para o fluxo da rede *wireless*.

#### II.4.2.7. **Instalação e evolução da comunicação**

Para a concepção de um projeto de rede *wireless*, é realizado o *Site Survey*, que é uma simulação da situação próxima a real. Nessa fase é definida a topologia da rede: quantidade de *Access Points (AP)*, tipo de antena, tipo e comprimento dos cabos e configuração do sistema.

Atualmente, a indústria de equipamentos *wireless* tem evoluído bastante, minimizando os problemas em ambientes industriais. Alguns mecanismos foram criados de forma a contornar problemas como interferência e falha repentina de um equipamento.

No início da tecnologia, toda a inteligência e processos eram realizados nos *APs*. Surgiu a necessidade do gerenciamento centralizado. Com isso, introduziu-se os Controladores, que recebem informações dos *APs*, monitoram e gerenciam a rede.

Foram implementados os mecanismos de Auto-RF, que consistem na identificação por parte do Controlador de interferência em algum canal usado por um *AP*, e a conseqüente troca automática por outro canal com ruído menor, mantendo a qualidade das informações(DRAGO, 2008).

Os Controladores também possuem a capacidade de identificar queda de sinal em algum *AP* da rede, causando um buraco na cobertura. O Controlador envia um aviso ao administrador, que aumenta a potência dos outros *APs* vizinhos para compensar e cobrir as regiões afetadas.

A segurança das redes *wireless* também evoluiu. O primeiro mecanismo estudado foi implantado em 1999, o chamado WEP (*Wired Equivalent Privacy*). Os instrumentos atuais utilizam o WPA2 (*Wi-Fi Protected Access*), que substituiu o WEP, tornando o sistema menos vulnerável. Este sistema possui autenticação usando um servidor 802.1X. Ainda que este servidor opcional não seja utilizado o sistema tem segurança pessoal com uma chave de acesso. Enquanto uma chave WPA com 21 caracteres leva em torno de  $4 \times 10^{20}$  anos para ser quebrada, uma chave WEP pode ser quebrada em menos de 10 minutos. Além disso, existe o IPSec, que identifica ameaças por rádio frequência ou pela rede cabeada, e as bloqueia automaticamente(DRAGO, 2008).

Também existem Controladores que possuem o Sistema de detecção de intrusos (IDS), que busca na rede alguns padrões pré-definidos de ataques, tanto os simples quanto os mais complexos, como sequências de operações em múltiplos Hosts.

Evoluções ocorreram também no tráfego de voz sobre IP (VoIP). As chamadas de voz podem ser feitas através da rede *wireless* sem interrupções na ligação, pois os Controladores fazem balanceamento de carga entre APs, negando a conexão a um AP que esteja em seu limite de carga, redirecionando automaticamente a ligação (DRAGO, 2008).

Todos esses avanços na tecnologia permitem que hoje o sistema esteja bem mais seguro, confiável e imune a ataques e interferências externas. Pode-se observar que o *wireless* hoje apresenta maior robustez e pode ser aplicado nas indústrias com confiabilidade, mantendo a qualidade do controle e monitoração das variáveis de processo.

#### II.4.2.8. Vantagens sobre as redes com fio

- ***Economias na instalação:***

Essa é a vantagem mais clara, há redução de custos de materiais relativos a instalação dos cabos e da mão-de-obra empregada. Os custos do cabeamento são ainda mais elevados nas regiões de área classificada, com riscos de explosão e conseqüente necessidade de blindagem dos cabos e de isolamento para proteção contra agentes químicos.

Em projetos com cronogramas apertados, esta tecnologia apresenta a vantagem do tempo de montagem, que é bem menor que em sistemas com fio.

- ***Economia de escala:***

As ampliações em uma indústria são situações comuns, que devem ser analisadas desde as instalações iniciais. Nas redes com fio, cada ponto individual deve ser encaminhado ao SDCD, passando por toda planta. As redes *Fieldbus* facilitaram muito o encaminhamento, levando os cabos do instrumento até o tronco do barramento apenas. Entretanto, não eliminaram o problema do cabeamento. Nas redes sem fio, a instalação dos novos instrumentos é facilitada, pois só é necessária a adição de um escravo compartilhando o mestre comum da rede. Não é necessária a previsão de reserva instalada como acontece nos projetos das redes com fio, o que diminui ainda mais os custos com instalação.

- ***Segurança contra falhas:***

A instalação dos cabos de instrumentação necessita de muitos cuidados para que a transmissão dos dados seja feita sem interferências. É muito comum problemas como fios cortados durante instalações ou manutenções de rotina. Ações do tempo como ferrugem, corrosão, dentre outras, podem danificar os



cabos, e a causa da ausência de sinal não consegue ser detectada pelo Controlador. Sabe-se que qualquer sistema está sujeito a perda de sinal, porém os links *wireless* possuem alarmes que permitem a identificação da perda de sinal em algum instrumento.

Além disso, na condição de falha na comunicação o escravo controla suas saídas com base na condição de segurança contra falhas pré-programada, isto é, aberta, fechada, ou permanecendo na última posição.

- **Flexibilidade:**

*Wireless* pode implantado lentamente e integrado a sistemas já existentes, sem que seja preciso substituir a infra-estrutura. Qualquer dispositivo que anteriormente enviava sinais através de protocolos via cabos pode ser adicionado à rede sem fio pela adição de um *link*. A ausência dos cabos também facilita a realocação dos instrumentos.

- **Confiabilidade:**

Três fatores determinam a confiabilidade do sinal: perda de rumo, interferência RF e energia transmitida. Visando identificar e potencializar ao máximo e a confiabilidade do sinal, é necessário um levantamento do site do RF ou um estudo de rumo. Para este estudo, a mão-de-obra deve ser altamente qualificada, o que encarece a instalação.

- **Monitoração de diagnóstico**

Outra vantagem é a monitoração do diagnóstico da confiabilidade do sinal dentro do sistema de rádio. Essa atividade de diagnóstico pode ser alimentada em um pacote de *software* segregado, que permite ao usuário conhecimento de qualquer anormalidade de operação, como barulho, temperatura, voltagem, energia refletida, etc.(SAVELLS & ADAMS, 2008)

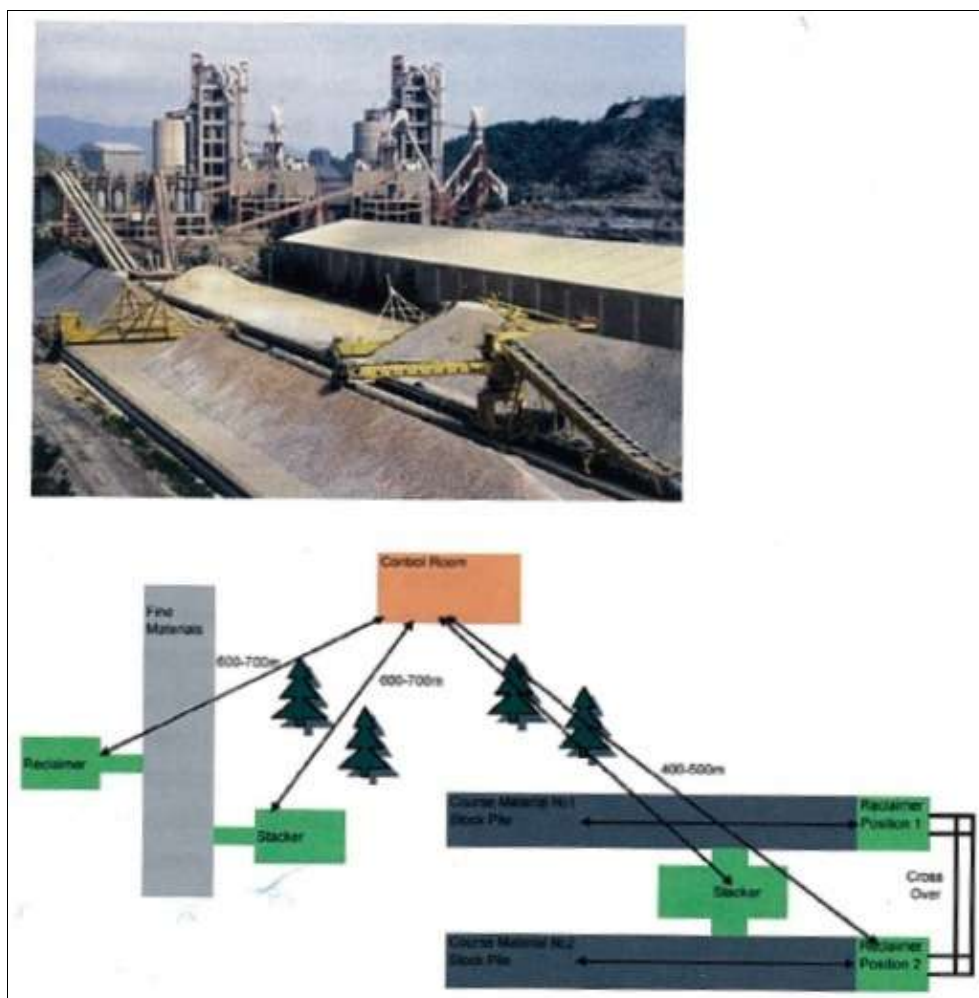
Conclui-se acerca das redes wireless que a tecnologia ainda precisa evoluir muito para que sua confiabilidade seja comprovada em ambientes industriais. Toda tecnologia tem um período de sedimentação, que normalmente dura cerca de 30 anos. Nesse período são feitas as melhorias na tecnologia, aumento na segurança e correção das falhas.

Outro ponto importante desse período transiente é a tomada de conhecimento a fundo da tecnologia, para que seja bem projetada, operada e aproveitadas todas as suas funcionalidades. Sabe-se seguramente que mais de 90% de falhas da aplicação de protocolos digitais ocorrem devido ao mau-dimensionamento ou instalação e, na grande maioria das vezes, devido ao desconhecimento dos profissionais envolvidos no projeto. Essas falhas acarretam danos enormes, gerando atrasos na partida da planta, degradação do sinal da rede, fazendo com que a mesma trabalhe abaixo da faixa ideal de velocidade e estabilidade (PADOVAN). Isso ocorre muito nas redes cabeadas, e nas

redes *wireless* isto não está isento de ocorrer, já que a má projeção dos APs pode acarretar falhas na transmissão. Portanto, enquanto os profissionais não estiverem habituados à tecnologia não adianta implantá-la.

#### II.4.2.9. Aplicações industriais atuais

Atualmente verifica-se larga aplicação em mineração e Produção de Petróleo. Nas mineradoras, é usado em *Stacker* rotativo e *Reclaimers*, aplicados na África do Sul. Sua grande vantagem nessa aplicação é devido às grandes distâncias da Sala de Controle. Um esquema da automação é representado na figura 15.



*Figura 15: Automação Wireless em Mineração*

Fonte: (DRAGO, 2008)

A Produção de Petróleo é o setor pioneiro no uso das redes Wireless, sendo o grande responsável pelo sucesso da implementação da tecnologia. Sua aplicação se deve à impossibilidade de lançar cabos em instrumentos localizados em poços.

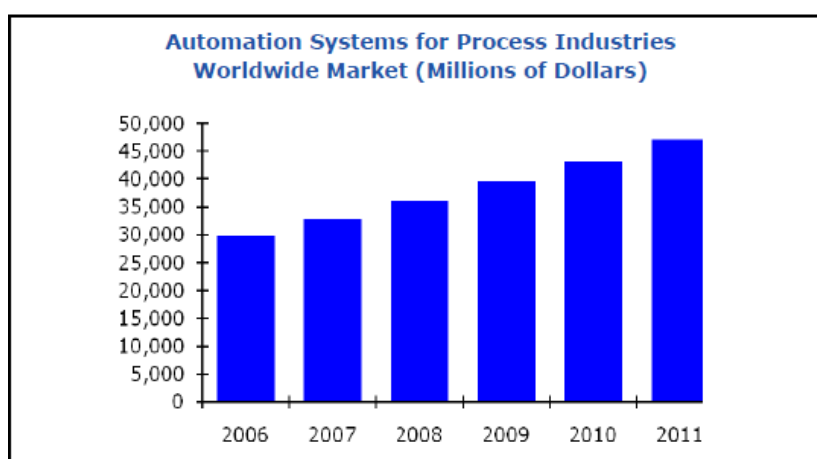
## Capítulo III – Estudo do Mercado Mundial

### III.1. Influências econômicas mundiais na Indústria de Automação

A importância da automação na indústria de processos cresceu muito nos últimos anos. Ela tomou força nas indústrias químicas de óleo & gás e biotecnologia. Sistemas de instrumentação inovadores foram introduzidos, garantindo segurança e confiabilidade dos processos e fornecendo uma base para estratégias avançadas de gerenciamento. Controles de processos garantem que os ativos da planta operem continuamente com os mais lucrativos ranges esperados guiando às melhores saídas de produtos, rendimento e qualidade usando pouca energia. (BENSON, 1997)

Apesar do desaquecimento da economia americana, os negócios passaram por um bom período em 2007 para os fornecedores e para os usuários de tecnologias de automação. A demanda por automação permanecia forte. A construção de novas plantas acelerada na Ásia e os preços ascendentes do óleo e gás viabilizaram a exploração, a produção, e novos projetos de refinarias em todo o mundo, o que torna o momento atual também propício ao desenvolvimento mediante o andamento dos projetos já fechados. A modernização necessária da infra-estrutura industrial norte-americana, o crescimento do setor dos hidrocarbonetos, e a expansão em outras indústrias como as de ciências da vida e de metais básicos alavancaram o crescimento total na América do Norte no ano de 2008.

Estudos mais elaborados do ano de 2003 feitos pela ARC<sup>5</sup>, com previsões até 2011, mostram que espera-se uma continuação desse crescimento, conforme podemos observar no gráfico abaixo, da figura 17.



*Figura 16: Mercado mundial de automação*

Fonte: (ARC, 2009)

<sup>5</sup> ARC Advisory Group é uma empresa fundada em 1986, e presta serviços de consultoria na análise de estratégias mercado e de tecnologias industriais.

Entretanto, com a crise mundial que iniciou no ano passado, esses empreendimentos foram um pouco retraídos. Mas não se pode considerar que seja o fim das empresas de automação industrial. Mesmo porque alguns setores como óleo & gás, refino, indústrias de processo em geral, são setores que movem as economias dos países, recebendo até mesmo subsídios governamentais e apoios de bancos, para que os projetos continuem mesmo em tempos de recessão econômica.

É o que acontece em casos como o da Petrobras, que tem recorrido constantemente aos bancos para solicitar empréstimos, como o Banco do Brasil e a Caixa (AZEVEDO, 2008). É do interesse de todos que o desenvolvimento de projetos da petrolífera continue em andamento, garantindo a autonomia do Brasil mediante outros países e fortalecendo a economia do país. Com isso, todas as outras empresas que estão relacionadas e prestam serviços à Petrobras, como as de construção civil, siderúrgicas, empresas privadas de engenharia e mesmo a Automação, possuem a garantia de se manterem vivas em tempos de crise. Essa é a garantia de que o país sobreviva à crise.

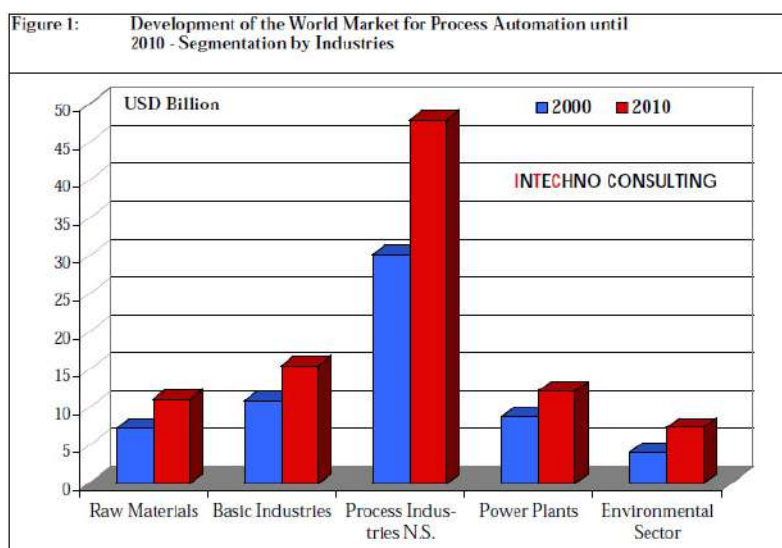
Podemos entender então que, mesmo com a retração da economia, o desenvolvimento das tecnologias de automação tende a continuar, mas não tão rapidamente. Há espaço para a coexistência das diversas tecnologias, mas nesta fase os usuários tendem a se retrair à inserção de novos sistemas, o que deve atrasar um pouco a implantação efetiva de tecnologias como wireless. Também se pode sugerir que neste momento a escolha de soluções mais econômicas e com menor custo de mão-de-obra também ganhe preferência.

A seguir será abordado o comportamento e a tendência das indústrias e também a evolução do mercado mundial de automação de processos.

## III.2. Evolução do Mercado de Automação para Indústrias de Processos

### III.2.1. Análise por indústria

A empresa de consultoria *Intechno Consulting* realizou um estudo de projeção de mercado em 2003 (SCHRODER, 2003). Segundo este estudo, o setor de automação de processos iria crescer em uma taxa anual de 5,1% entre 2005 e 2010, alcançando U\$ 94,2 bilhões em 2010. Estes valores se referem à indústria de processo em sua definição mais ampla, que engloba o setor de matérias-primas (carvão, urânio, petróleo e gás), indústrias básicas (produção de vidro, cerâmica, metais e papel e celulose), geração de energia e proteção ambiental, além da indústria de processo em seu sentido mais restrito (química, farmacêutica, petroquímica, alimentos e bebidas). Através da Figura 17 é possível observar que a indústria de processos dominou o mercado em todos os anos analisados.



*Figura 17: Desenvolvimento do mercado mundial para automação de processos até 2010 – segmentação por indústrias*

Fonte: (SCHRODER, 2003)

### III.2.2. Análise por regiões

A América do Norte lidera o mercado de automação de processos. A Ásia e a Europa Oriental estão ganhando mercado da Europa Ocidental e América do Norte. A China é um potencial de crescimento para automação na Ásia, em função dos baixos níveis de automação de suas indústrias. A Índia também está ganhando mercado mundialmente. A figura 18 mostra o desenvolvimento do mercado mundial por regiões.

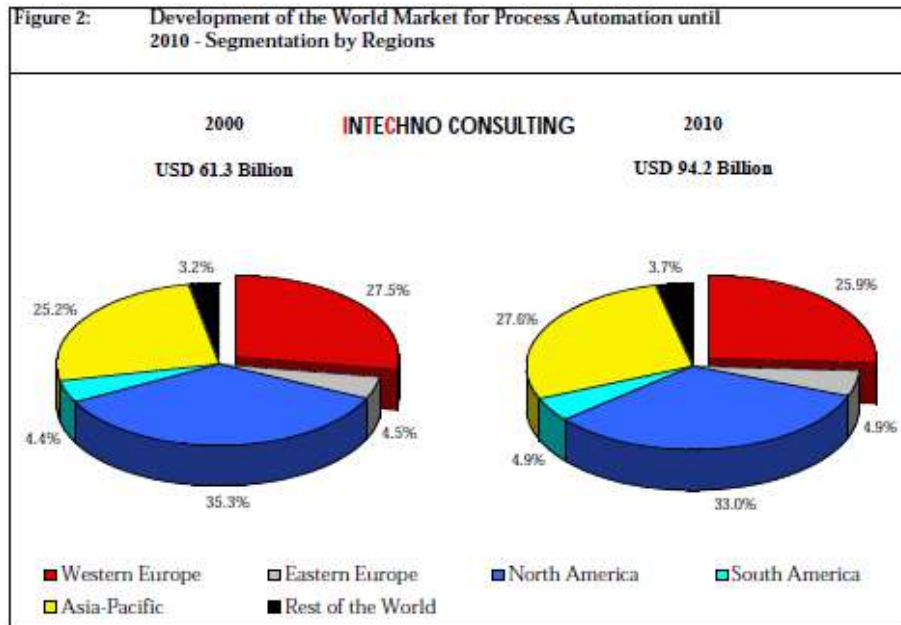


Figura 18: Desenvolvimento do mercado mundial para automação de processos até 2010 – segmentação por regiões

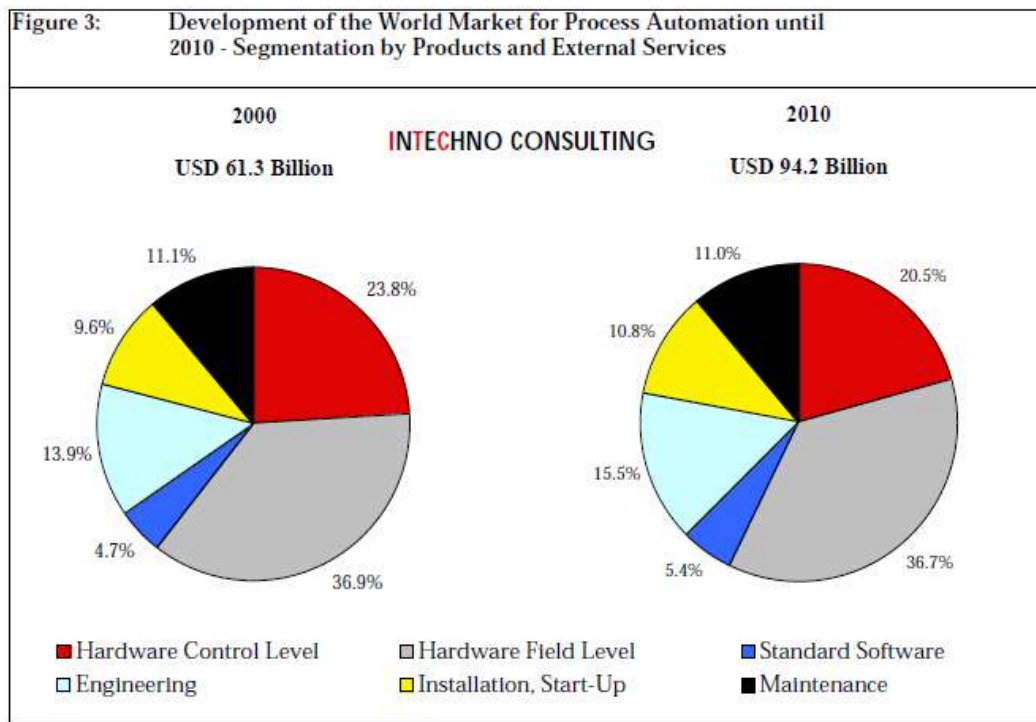
Fonte: (SCHRODER, 2003)

### III.2.3. Análise por produtos e serviços

Cerca de 39,3% dos *hardwares* de automação adquiridos em 2000 foram para controles de processos, e 60,7% para instrumentação de campo, incluindo os sensores, equipamentos de medidas e atuadores de mercado. A previsão para 2010 foi que a divisão de *hardwares* de controle em relação ao número total de *hardwares* alcançasse 35,8%. A inteligência está sendo movida para os níveis de campo e a camada dos controladores e sistemas está se tornando mais barata, tornando-se commodities. Nota-se que a previsão de crescimento nas comunicações *Fieldbus* foi de uma taxa de 8,2% e *Ethernet* de uma taxa de 17% ao ano.

As expectativas das outras divisões de engenharia também foram de crescimento, de uma taxa de 13,9% em 2000 para 15,5% em 2010. Expansões em plantas de engenharia também possuem expectativas de crescimento, que podem ser comprovadas pela quantidade de projetos de engenharia existentes atualmente. As

tendências em direção a racionalização e otimização das plantas, acompanhadas pela adoção da integração dos sistemas de automação com os sistemas de informação do site de produção e da camada de operação adicionaram para a engenharia divisões dos custos de projetos de toda a planta. A Figura 19 retrata o cenário descrito.



*Figura 19: Desenvolvimento do mercado mundial para automação de processos até 2010 – segmentação por produtos e serviços externos*

Fonte: (SCHRODER, 2003)

### III.3. Empresas Internacionais

Apesar dos efeitos da crise financeira internacional, os fornecedores de automação continuaram obtendo forte crescimento nos resultados no final do ano de 2008, impulsionados pela robusta construção de novas plantas em regiões em desenvolvimento e pela forte atividade de projetos no setor de óleo & gás. Os fornecedores reportaram a entrada de grandes pedidos nos setores de óleo & gás, refino, petroquímica e de mineração. A demanda por produtos de automação tende a permanecer forte graças à modernização da infra-estrutura industrial necessária para que os fabricantes melhorem a produtividade e aumentem a segurança de suas fábricas. Neste sentido, é importante ressaltar que a motivação para a adoção de automação industrial varia entre países com graus de desenvolvimento diferentes. Em países altamente industrializados, a automação de processos é incorporada com o objetivo de melhora da qualidade do produto, aumento da segurança do processo

redução de emissões de gases poluentes e uso eficiente dos recursos. Por outro lado, empresas de países em desenvolvimento são motivadas pela possibilidade de aumento no volume de produção, apesar de aspectos relacionados à qualidade e ao meio ambiente estarem ganhando importância (JAMSA-JOUNELA, 2007).

A Tabela 1 apresenta as principais empresas de automação no mundo, mostrando seu faturamento e gastos com P&D, que são bastante elevados neste setor.

| EMPRESA   | FATURAMENTO EM 2007 (US\$ BILHÕES) | % DO FATURAMENTO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL | DISPÊNDIOS EM P&D (% DO FATURAMENTO TOTAL) |
|-----------|------------------------------------|--|--|
| ABB       | 29,2                               | 27,0                                     | 3,9  |
| Emerson   | 22,0                               | 45,0                                     | 1,8  |
| GE Fanuc  | n.d.                               | n.d.                                     | n.d.                                       |
| Honeywell | 34,1                               | 36,6                                     | 4,2  |
| Invensys  | 5,1                                | 45,2                                     | 2,8  |
| Rockwell  | 5,0                                | 100,0                                    | 2,4  |
| Schneider | 25,5                               | 28,5                                     | 2,4  |
| Siemens   | 102,0                              | 22,9                                     | 4,9  |
| Yokogawa  | 5,0                                | 100,0                                    | 7,0  |

*Tabela 1: Principais Fabricantes Internacionais Ligados à Automação Industrial*

Fonte: (GUTIERREZ & PAN, 2008)

A tabela 1 confirma as tendências de crescimento no setor de automação previstas no estudo anterior (SCHRODER, 2003), o que torna válido este estudo em efeito qualitativo. Só o faturamento de uma empresa, como *Rockwell* e *Yokogawa*, no ano de 2007, supera o valor de faturamento total do setor de automação prevista para o setor no ano de 2010.

Vale a pena ressaltar que a dinâmica competitiva deste setor é bastante característica. Nos mercados de cada tipo de sistema de controle, existe o predomínio de um grupo ou outro de empresas, certamente por causa da origem e do histórico de atuação. Assim, o mercado de SDCDs é liderado pelas empresas *Emerson*, *Yokogawa*, *Honeywell* e *ABB*. Já o mercado de CLPs é liderado pela *Siemens* e pela *Rockwell* (GUTIERREZ E KOO PAN, 2008)

Observa-se um crescimento generalizado na grande maioria das empresas de automação mundiais. Isso comprova a grande demanda mundial no setor e o conseqüente aquecimento nas vendas de produtos para suprir a necessidade das indústrias operantes de otimizarem sua produção e das novas indústrias em implantarem sistemas modernos de controle e aquisição de dados.



## Capítulo IV – Avaliação do Mercado Nacional - Empresas

### IV.1. Análise das Empresas

De acordo com a ISA, cerca de 1,5 mil empresas de variados portes atua em automação de controle de processos industriais no Brasil. (GUTIERREZ & PAN, 2008).

No Brasil, as empresas que participam do segmento de automação industrial podem ser divididas nos seguintes perfis:

- grandes empresas internacionais, equivalentes a aproximadamente 30% das empresas brasileiras, que oferecem amplo espectro de produtos e soluções completas de automação;
- micro e pequenas empresas integradoras, formadas em muitos casos por ex-funcionários de empresas internacionais, que atuam de forma independente ou associadas a fabricantes de equipamentos;
- pequenas e médias empresas, formadas com capitais internos, que oferecem um espectro limitado de produtos – *hardware* e/ou *software* –, desenvolvidos com tecnologia própria, e raramente oferecem sistemas completos de automação.

O mercado brasileiro é fortemente competitivo e dominado pelas gigantes internacionais, líderes mundiais do mercado de automação industrial – ABB, Emerson, GE Fanuc, Honeywell, Invensys, Rockwell, Schneider, Siemens e Yokogawa. Todas elas estão presentes no país e atuam de forma abrangente, oferecendo soluções completas – *hardware*, *software* e serviços. (GUTIERREZ; KOO PAN, 2008)..

Operam no mercado brasileiro de automação industrial um total de 97 empresas, segundo a ABINEE. Segue a relação de todas as empresas cadastradas na tabela 2.

|  |
|--|
| ABB LTDA                                 |
| ABLE ELETRONICA LTDA                     |
| ACE SCHMERSAL ELETROELETRONICA INDL LTDA |
| ACS AUTOMACAO CONTROLES SISTS INDS LTDA  |
| ACTARIS LTDA                             |
| ALTUS SISTEMAS DE INFORMATICA S/A        |
| APB AUTOMACAO LTDA                       |
| ATE SOLUTIONS IND COM SERV EQUIPS LTDA   |
| ATI AUTOMACAO TELECOM E INFORMATICA LTDA |
| BALLUFF CONTROLES ELETRICOS LTDA         |
| BCM ENGENHARIA LTDA                      |
| BMT IND COM MAQS EQUIPS EL ELETRON LTDA  |
| COEL CONTROLES ELETRICOS LTDA            |

COESTER AUTOMACAO S/A  
COMTEX INDUSTRIA COMERCIO IMP EXP LTDA  
CONSISTEC CONTROLES SISTS AUTOMACAO LTDA  
DAIKEN INDUSTRIA ELETRONICA LTDA  
DIMELTHOZ DESEN INDL AUTOM MAQUINAS LTDA  
ECIL INFORMATICA INDUSTRIA E COM LTDA  
ECIL MET TEC LTDA  
ECIL PRODUTOS E SISTEMAS MED E CONTR LTD  
ELEC IND COM EQUIPS DE MEDICAO LTDA -EPP  
ELISEU KOPP & CIA LTDA  
ENGEBRAS S/A-IND COM TECNOL INFORMATICA  
ENGETRON ENGA ELETR INDUSTRIA E COM LTDA  
ENTRAN IND COM EQUIPS ELETRONICOS LTDA  
EQUIPE-EQUIPS AUTOMACAO E CONTROLE LTDA  
ESYSYTECH INDUSTRIA E COMERCIO LTDA  
EXACTA IND COM DE SENSORES LTDA  
EXACTUS EQUIPAMENTOS ELETRONICOS LTDA  
FESTO AUTOMACAO LTDA  
FINDER COMPONENTES LTDA  
FULL GAUGE ELETRO CONTROLES LTDA  
GE SUPPLY DO BRASIL LTDA  
GLOBUS SISTEMAS ELETRONICOS LTDA  
GRAMEYER EQUIPAMENTOS ELETRONICOS LTDA  
GTA ELETRONICA LTDA  
HELMUT MAUELL DO BRASIL IND E COM LTDA  
HERAEUS ELECTRO-NITE INSTRUMENTOS LTDA  
HI TECNOLOGIA IND E COM LTDA  
I-VISION SISTEMAS DE IMAGEM E VISAO S/A  
IMPLY TECNOLOGIA ELETRONICA LTDA  
IND E COM ELETRO ELETRONICA GEHAKA LTDA  
INGETEAM LTDA  
INOVA SISTEMAS ELETRONICOS LTDA  
INSTRAMED IND MEDICA HOSPITALAR LTDA  
INSTRUMENTOS ELETRICOS ENGRO LTDA  
INSTRUMENTOS LINCE LTDA  
INVENSYS APPLIANCE CONTROLS LTDA  
INVENSYS SYSTEMS BRASIL LTDA  
JONHIS INSTRUMENTOS DE MEDICAO LTDA  
KODO BR ELETRONICA LTDA  
MAGNETROL INSTRUMENTACAO INDUSTRIAL LTDA  
MDI PRODUTOS E SISTEMAS LTDA  
MEGABRAS INDUSTRIA ELETRONICA LTDA  
METSO AUTOMATION DO BRASIL LTDA  
METTLER TOLEDO INDUSTRIA E COMERCIO LTDA  
MINEORO INDUSTRIA ELETRONICA LTDA  
MOSAICO IND E COM ELETRO ELETRONICO LTDA  
MS INSTRUMENTOS INDUSTRIAIS LTDA  
MSA DO BRASIL EQUIPS INSTRS SEG LTDA  
MULT-TEST INSTRUMENTOS ELETRICOS LTDA  
NANSEN S/A INSTRUMENTOS DE PRECISAO  
NBN AUTOMACAO INDUSTRIAL LTDA  
NOVUS PRODUTOS ELETRONICOS LTDA  
OMRON ELETRONICA DO BRASIL LTDA  
ORBE BRASIL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA  
ORTENG EQUIPAMENTOS E SISTEMAS LTDA  
OTTIME TECNOLOGIA INDUSTRIAL LTDA

|  |
|--|
| PEXTRON CONTROLES ELETRONICOS LTDA       |
| PHOENIX CONTACT IND E COMERCIO LTDA      |
| PILZ DO BRASIL SIST SEG AUTOM INDL LTDA  |
| PITNEY BOWES SEMCO EQUIPS SERVICOS LTDA  |
| PRODUTOS ELETRONICOS METALTEX LTDA       |
| ROCKWELL AUTOMATION DO BRASIL LTDA       |
| ROQUE & CORREIA LTDA                     |
| S&E INSTRUM TESTES E MEDICAO LTDA        |
| SALUTEM IND ELETRONICA LTDA-ME           |
| SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL LTDA           |
| SENSE ELETRONICA LTDA                    |
| SENSORES ELETRONICOS INSTRUTECH LTDA     |
| SERTTEL LTDA                             |
| SEW-EURODRIVE BRASIL LTDA                |
| SHEMPO IND COM ELETRO-ELETRON SERV LTDA  |
| SIEMENS LTDA                             |
| SISTEMAS E TECNOLOGIA APLIC IND COM LTDA |
| SOCIEDADE CONSIGNATARIA HOBECO LTDA      |
| SOLARIS AUTOMATION LTDA                  |
| SULTECH SISTEMAS ELETRONICOS LTDA        |
| TECNOTRON AUTOMACAO CONTROLES INDLS LTDA |
| TELVENT BRASIL S/A                       |
| TESC INDUSTRIA E COMERCIO LTDA           |
| TREETECH SISTEMAS DIGITAIS LTDA          |
| TRON CONTROLES ELETRICOS LTDA            |
| UNIDIGITAL TECNOLOGIA ELETRONICA LTDA    |
| YASKAWA ELETRICO DO BRASIL LTDA          |
| YOKOGAWA AMERICA DO SUL LTDA             |

***Tabela 2:** Relação de Empresas Nacionais de Automação Industrial segundo a ABINEE.*

Fonte: (ABINEE, 2009)

As estratégias das empresas internacionais não contemplam o desenvolvimento nem a fabricação local de dispositivos, os quais são por elas importados. As atividades que realizam no país restringem-se ao desenvolvimento e à integração das soluções finais (aplicações) para as plantas industriais. A utilização de mão-de-obra local limita-se às etapas de comercialização e implantação dos sistemas e produtos nos clientes.

As empresas nacionais, na maioria, de pequenos e médios portes, vêm conseguindo manter-se há anos nesse mercado ofertando produtos inteiramente desenvolvidos no país com capacitação própria.

Esta etapa do trabalho pretende investigar o nível de desenvolvimento das principais empresas nacionais da indústria de automação industrial de forma a compará-lo com as tendências da indústria a nível mundial. Desta forma o foco está voltado inicialmente para o comportamento da oferta dos produtos por empresas brasileiras.

Quando se iniciam novas tecnologias, elas são implantadas nas plantas em sistemas de monitoração e posteriormente em controle de processos, visto que é a primeira

camada na automação e controle da planta. Normalmente, protocolos de comunicação mais consolidados são utilizados na camada de segurança de processos, executando funções de *shutdown* e aplicações críticas.

Então, foi avaliado em que nível tecnológico estão as **soluções de controle e monitoração de processos** de cada uma das principais empresas nacionais no mercado de automação industrial, a fim de avaliar quais tecnologias são demandadas nas plantas brasileiras. Esse estudo não pretende quantificar informações, apenas fornecer um panorama geral tecnológico e assim obter conclusões acerca do patamar tecnológico em que se encontra o nosso país.

Estudos sugerem que a indústria brasileira de automação industrial tem 13 empresas de destaque: Altus, Atan, Atos, BCM, Coester, Ecil, Elipse, Novus, Presys, Sense, Smar, Trisolutions e WEG, cujas características gerais estão apresentadas na Tabela 3 (GUTIERREZ & PAN, 2008). Estas informações, no entanto, não são suficientes para analisar que tecnologias estão sendo oferecidas pelas empresas nacionais, necessitando de um aprofundamento em relação aos produtos mais especificamente.

| Principais Fabricantes Nacionais Ligados à Automação Industrial |  |
|---|--|
| EMPRESA   | LINHA DE PRODUTOS                                |
| Altus   | CLPs e soluções completas                        |
| Atan  | Provedor de <i>software</i> e soluções completas |
| Atos  | CLPs e soluções completas                        |
| BCM   | CLPs e outros dispositivos de controle           |
| Coester   | Atuadores de válvulas                            |
| Ecil  | Dispositivos de controle para sistemas elétricos |
| Elipse  | Software supervisão (SCADA)                      |
| Novus   | Dispositivos de controle                         |
| Presys  | Dispositivos de controle                         |
| Sense   | Sensores   |
| Smar  | Dispositivos de controle e soluções completas    |
| Trisolutions  | Provedor de <i>software</i> e soluções completas |
| WEG   | Inversores de frequência e soluções completas    |

*Tabela 3: Principais Fabricantes Nacionais de Automação Industrial*

Fonte: (GUTIERREZ & PAN, 2008)

A seguir serão apresentadas informações de que tipos de tecnologias são fornecidas por cada uma dessas empresas. A pesquisa de empresas participantes do mercado nacional foi feita também através do acesso ao site da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), uma sociedade civil que representa os setores elétrico e eletrônico de todo o Brasil. Esta foi a única instituição encontrada que possui relações de empresas atuantes neste setor. Possui como associadas empresas nacionais e estrangeiras, instaladas em todo país e de todos os portes.

Entretanto, como a relação de empresas cadastradas na ABINEE é muito extensa e, além disso, não possui como cadastradas algumas empresas nacionais muito representativas no setor de automação como, por exemplo, a SMAR, optou-se por analisar as empresas citadas na tabela 3. Assim, a quantificação da pesquisa se torna a mais próxima da realidade das tecnologias, haja vista que as tecnologias de ponta são normalmente desenvolvidas pelas empresas mais representativas no mercado.

#### IV.1.1. **Altus**

A Altus foi agraciada com o Prêmio FINEP de Inovação 2008 na região Sul. Recebeu a primeira colocação da categoria Média Empresa, se destacando entre as organizações desse porte que investem em pesquisa, desenvolvimento e inovação.

- **Linha de Produtos**

- Ampla variedade de controladores e SDCDs com interface dos instrumentos de campo nas redes ALNET, Profibus DP, Modbus-RTU e Modbus-TCP, além de entradas analógicas em 4-20 mA, 0-20 mA e digitais em 0-20 V<sub>CC</sub>;
- Unidades Terminais Remotas (UTRs) como objetivo a automação de subestações de energia e centrais elétricas, permitindo a execução de funções de supervisão, telecomando e intertravamento. Entradas e Saídas analógicas e digitais;
- Interfaces Homem-Máquina (IHMs);
- *Softwares* de configuração de controladores.

Não fornece sensores e instrumentos de campo. Observa-se que o mais alto nível tecnológico é o de redes Devicebus (Altus, 2009).

#### IV.1.2. **Atan**

Fornecer soluções de engenharia, projeto, montagem e manutenção. Fornece softwares e soluções para monitoramento de sistemas. Não fabrica produtos (ATAN, 2009).

Em função de sua importância em âmbito internacional, a empresa foi incorporada pela Accenture, em abril de 2008 (GUTIERREZ & PAN, 2008).

### IV.1.3. **Atos**

Fornecer soluções de engenharia, projeto, montagem e manutenção completas.

- **Linha de Produtos**

- Interfaces Homem-Máquina (IHMs) de alta performance;
- CLPs com entradas digitais e analógicas e possibilidade de inserção de módulos de Entradas e Saídas em comunicação *Modbus* RTU;
- Fontes de alimentação;
- Ferramentas de programação.

A Atos também sofreu aquisição internacional, sendo incorporada à Schneider Electric (Atos, 2009).

Observa-se que o mais alto nível tecnológico deste fornecedor é o de redes Devicebus.

### IV.1.4. **BCM**

- **Linha de Produtos**

- Interfaces Homem-Máquina (IHMs);
- CLPs de pequeno, médio e grande portes, com entradas digitais e analógicas;
- *Softwares* de programação.

(BCM Automação, 2009)

### IV.1.5. **Coester**

Essa empresa possui um nicho de mercado menos abrangente, atuando no ramo do fornecimento de atuadores elétricos para acionamento de válvulas e *dampers*.

Como atua em um ramo específico, tende a explorar melhor as tecnologias mais usadas no mercado. Por isso, possui como top de sua linha os atuadores inteligentes. Os atuadores inteligentes disponibilizam os mais avançados recursos para controle de processos. Além da motorização precisa e segura, o equipamento traz informações extremamente úteis ao usuário e potencializa a redução de perdas na manutenção da planta. O Controle e informação são disponibilizados através de interfaces abertas de comunicação com os barramentos de campo *Fieldbus*.

Classificada como “Empresa de Base Tecnológica” pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos – ligada ao Ministério de Ciência e Tecnologia, passou a contar com o apoio integral da Agência, para seu Plano de Negócios – 2003/2009, que tinha entre outros objetivos, o de acelerar a internacionalização da empresa (Coester, 2009).

É uma das empresas nacionais inovadoras que têm recebido incentivos governamentais. E, visto que seu plano de negócios que visa a internacionalização da empresa ainda está em andamento, pode-se concluir que grande parte das vendas da empresa se dão em âmbito nacional. Com isso, verifica-se que há uma forte demanda pelos barramentos *Fieldbus* em controle de processos no mercado brasileiro.

#### IV.1.6. **Ecil**

Possui pequena linha de produtos, que compreende cartões de entradas e saídas analógicas e digitais e alguns equipamentos de testes para sistemas elétricos. (Ecil Informática, 2009).

Não reflete inovações em âmbito nacional.

#### IV.1.7. **Elipse**

Fornece software para sistemas de supervisão, controle e aquisição de dados para SDCD. Também não reflete inovações em âmbito nacional (Elipse Site, 2009).

#### IV.1.8. **Novus**

Não foram encontradas informações relevantes no website da empresa. Também não reflete inovações em âmbito nacional (Novus, 2009).

#### IV.1.9. **Presys**

Não foram encontradas informações relevantes da empresa, e nenhum website.

#### IV.1.10. Sense

Não foram encontradas informações relevantes no website da empresa (Sense , 2009).

#### IV.1.11. Smar

A SMAR foi fundada em 1974, e iniciou seu trabalho prestando serviços de campo para turbinas à vapor da indústria açucareira brasileira. A prestação de tais serviços proporcionou o capital para os trabalhos iniciais de Pesquisa e Desenvolvimento. Os resultados de P&D possibilitaram o desenvolvimento de um novo sistema para controlar a quantidade de cana de açúcar que deveria ser usada para alimentar os cortadores de cana e as moendas. Com o sucesso desta primeira inovação, a SMAR teve condições de continuar a investir em pesquisa e desenvolvimento.

Mas o grande crescimento da empresa se deu através da implantação de um centro de pesquisas nos EUA, recebendo investimentos internacionais e podendo assim crescer e acompanhar as mais recentes tecnologias do mercado.

Hoje a empresa desenvolve instrumentos para controle de processos, que são os principais produtos fornecidos pela empresa. Após 6 anos trabalhando na área, em 1988 a SMAR tornou-se o maior fabricante de instrumentos para controle de processos no Brasil. Atualmente, mais de um terço da produção da empresa são vendidos no mercado internacional.

- **Linha de Produtos**

- Instrumentação de campo como transmissores, medidores de vazão, atuadores e analisadores nas tecnologias *Foundation Fieldbus*, 4-20mA, 4-20mA + HART, Modbus e Profibus;
- Todos os equipamentos necessários para a implantação das redes *fieldbus*, tais como fontes de alimentação, terminadores, acopladores, barreiras de segurança intrínseca, dentre outros;
- Fornece SDCD com possibilidade de interligação de dispositivos em redes *fieldbus*;
- *Softwares* de configuração, integração e gerenciamento;
- Soluções completas e Planos de Automação.
- Soluções completas de automação para comunicação *WirelessHART*, com alguns instrumentos de campo lançados (transmissores de pressão, temperatura e posicionador de válvula), controladores e *gateways wireless* e softwares necessários para a configuração com suporte a FDT/DTM, prontos para essa nova realidade de tecnologia.





*Figura 20: Equipamento da Smar em WirelessHART*

Fonte: (Smar, 2009)

#### IV.1.12. **Trisolutions**

Fornecer softwares de automação. Não foram encontradas informações relevantes no website da empresa (TriSolutions, 2009).

#### IV.1.13. **WEG.**

- **Linha de Produtos**

- Inversores de frequência;
- CLPs de pequeno, médio e grande portes;
- Relés programáveis compactos para pequenos empreendimentos;
- Soluções completas de softwares de automação.

Também não reflete inovações em âmbito nacional.

(WEG, 2009)

## IV.2. Discussão dos resultados

De forma geral, as empresas nacionais possuem um portfólio de produtos limitado. Poucas são as empresas que fornecem um leque amplo de soluções completas, competindo diretamente com as grandes marcas internacionais. Isso leva a uma atuação predominante no mercado de reposição e de fornecimento de pequenos sistemas ou em nichos particulares, como o das usinas de açúcar e de álcool.

Contudo, essas empresas têm conseguido não apenas se manter no mercado interno como também se internacionalizar, criando bases próprias de comercialização e assistência técnica em vários países.

A empresa mais dinâmica e avançada em termos de desenvolvimento de tecnologia é, sem dúvida a SMAR. Dessa forma, o estudo dessa empresa se torna bem interessante para avaliar os mais altos níveis de desenvolvimento tecnológico em que se encontra o Brasil.

O conhecimento mais profundo da SMAR, devido a sua grande importância no mercado brasileiro como indústria nacional, nos leva a crer que o patamar tecnológico em que se encontra o país está ao nível das redes *fieldbus*, e que as redes sem fio estão tomando força neste momento. Até o ano passado, nenhum produto associado a redes *ethernet* ou mesmo *wireless* era produzido por essa empresa, pois as soluções wireless foram apresentadas no evento ISA Show 2008.

Nesse mesmo evento, muitas empresas ampliaram seu portfólio *wireless*. A *National Instruments*<sup>6</sup> apresentou os recém lançados dispositivos de dados sem fio NI Wi-Fi DAQ, aptos para receber sinais de variáveis como temperatura, vibração, deformação, tensão, correntes, entre outros. Possuem taxa de aquisição de dados de até 50 mil amostras por segundo por canal. São ideais para aplicações de condicionamento de máquinas, monitoração estrutural, ambiental e remota. Atuam na banda padrão IEEE 802.11g e possuem segurança WPA2 de nível corporativo.

Tais fatos nos permitem as seguintes conclusões. Primeiramente, os produtos fornecidos pela empresa são tecnologicamente atualizados e comercialmente competitivos, em função dos seus investimentos constantes em P&D. Caso contrário, a inserção dos seus produtos no mercado internacional não seria possível. Posteriormente, os principais produtos da SMAR têm enfoque no mercado nacional, visto que aproximadamente dois terços da sua produção são para eles destinados.

---

<sup>6</sup> A National Instruments foi criada em 1976, e fornece *softwares* e *hardwares* de automação e controle.

## Capítulo V – Avaliação do Mercado Nacional – Planos de Automação

### V.1. Planos e Projetos de Automação

Outra maneira de analisar o setor de automação industrial é olhar pela ótica da demanda, ou seja, quais são as tecnologias mais utilizadas na automação das indústrias. Entretanto, não há um estudo feito no mercado brasileiro em relação aos tipos de tecnologias mais utilizados. Além disso, não foram encontradas fontes de dados dos tipos produtos importados pelo país em relação ao tipo de tecnologia. Desta forma, uma alternativa foi tentar entender o comportamento da demanda através da avaliação de alguns Planos Diretores de Automação (PDAs) presentes no mercado. Esta etapa pretende apenas observar alguns exemplos e será executada através de estudos de caso. O objetivo dessa etapa é determinar o comportamento de implantação das tecnologias mais inovadoras na área de automação industrial.

O Plano Diretor de Automação tem a finalidade de acompanhar o desenvolvimento de um projeto de automação em todas as etapas. Ele se inicia com o entendimento correto das necessidades de automação de cada processo, parte para a aplicação de tecnologia mais adequada e alocação apropriada de recursos e finaliza com a implantação e o acompanhamento (SOUZA, 2008).

No desenvolvimento do PDA, a seguinte metodologia de trabalho é necessária:

- Elaboração de listagem com descritivo das malhas de controle, fluxogramas de processo e instrumentação com tags conforme as normatizações da ISA.
- Elaboração de um documento de padronização para o desenvolvimento do sistema supervisório.
- Definição dos escopos de fornecimento de sistemas de controle.
- Elaboração da arquitetura do sistema de controle e supervisão, com listagem dos equipamentos de redes, softwares e hardwares.
- Elaboração de critérios de instalação do sistema de controle.
- Especificações técnicas e *layouts* para os painéis de controle (CLPs) e dos serviços de integração entre CLPs e Supervisório. Quando aplicável, integração do SDCD com o campo e especificações técnicas e *layouts* do SDCD.
- Listas de Entradas e Saídas.
- Folhas de dados dos instrumentos para cotação, conforme figura 21.
- Especificações técnicas de serviços de montagem de campo e comissionamento.
- Desenhos esquemáticos orientativos da instalação dos equipamentos.

| PRÓENG      |                                       | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (INSTRUMENTAÇÃO)                          |  |                                 |                         |
|-------------|---------------------------------------|---|--|---------------------------------|-------------------------|
|             |                                       | TRANSMISSOR DE NÍVEL  |  |                                 |                         |
| N.º CLIENTE |                                       | C. D.   | NÚMERO                                   | FORMA                           |                         |
|             |                                       | 200803400   | EF-06.03400-001                          | D1.D1                           |                         |
| CLIENTE     |                                       | PROJETO   |  |                                 |                         |
| USINA CAÇU  |                                       | AUTOMAÇÃO DA USINA CAÇU   |  |                                 |                         |
| 1           | IDENTIFICAÇÃO                         | TAG   |  |                                 |                         |
| 2           | FUNÇÃO                                | REGISTRA  | INDICA                                   | CONTROLA                        | INTEL. TRAMITE          |
| 3           | CAIXA                                 | PADRÃO FABR. DENOM. NOMINAL                                     |  | COR.                            | PADRÃO FABR. OUTRA      |
| 4           | MONTAGEM                              | EMBUTIDO  | SUPERFICIE                               | PEDESTAL 2"                     | OUTRO                   |
| 5           | CLASSIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO          | USO GERAL   | A PROVA DE TORMENTO                      | A PROVA DE EXPLOSAO CL. CR. DV1 |                         |
| 6           | ALIMENTAÇÃO                           | HT 60V  | OUTRA C. A.                              | OUTRO - VDD                     |                         |
| 7           | CARTA                                 | CIRCULAR 12"  | OUTRO                                    | FALSA                           | NT                      |
| 8           | ACIONAMENTO DA CARTA                  | 24 HORAS  | OUTRO                                    | ELECTR.                         | MOLA                    |
| 9           | ESCALA                                | TIPO  | ALCANCE                                  | 1                               | 2                       |
| 10          | SINAL DE SAÍDA DO TRANSMISSOR         | COMUNICAÇÃO DIGITAL 4-20mA - HART                               |  |                                 |                         |
| 11          | MODOS DE CONTROLE                     | PROPOR. (S/NP), I INTEGRAL (AJUSTE ATORA), D- DERIVATIVA (TAMA) |  |                                 |                         |
| 12          | OPÇÕES                                | SUB-LENTO - RÁPIDO  | Y  | DI                              | P                       |
| 13          | AÇÃO                                  | DIRETA  | REVERSA                                  | OUTRO                           |                         |
| 14          | CHAVE AUTO                            | NÃO HÁ  | PADRÃO FABRICANTE                        | OUTRO                           |                         |
| 15          | PONTO DE AJUSTE                       | MANUAL  | EXTERNO                                  | REMOTO                          | OUTRO                   |
| 16          | REGULAGEM MANUAL                      | PLACA   | PADRÃO FABRICANTE                        | OUTRO                           |                         |
| 17          | SINAL DE SAÍDA                        | DIGITAL   | OUTRA                                    | OUTRO                           |                         |
| 18          | ECRÃ                                  | FLUJO   | NÍVEL                                    | DEFEIÇÃO DIFERENCIAL            | OUTRO                   |
| 19          | TIPO DE ELEMENTO                      | DIAPHRAGMA  | FOLE                                     | MEMÓRIA                         | OUTRO                   |
| 20          | MATERIAL - DIAPHRAGMA E CÉLULA        | MATERIAL: C-219   |  |                                 |                         |
| 21          | CLASSIFICAÇÃO                         | SOBRE PRESSÃO: 160 BAR  |  |                                 |                         |
| 22          | FADIA DIFERENCIAL - CAPSULA - MEDIÇÃO | FALSA   | FALSA DE AJUSTE: 0/25000                 | ANEXO                           | AJUSTADA EM (DATAS) (B) |
| 23          | DADOS DE PROCESSO                     | ELEVACAO  | SUPRESSAO                                | OUTRO                           |                         |
| 24          | CONEXÕES DE PROCESSO                  | FLUJO   | AGUACIADOR                               | TEMP MÁXIMA                     | TEMP                    |
| 25          | CHAVES DE ALARME                      | 1/2" NPT LATERAL  | OUTRA VALV. DE DRENO 1/2" NPT            | PRESSÃO MÁXIMA                  |                         |
| 26          | FUNÇÃO                                | QUANTIDADE  | FORMA                                    | CAPACIDADE                      |                         |
| 27          | OPÇÕES                                | VARIAÇÃO DE MEDIÇÃO   | DESVIO                                   | CONF. PARA                      | AÇÃO                    |
|             |                                       | ELEMENTO DE PRESSÃO   | FALSA                                    | MATERIAL                        |                         |
|             |                                       | ELEMENTO DE TEMP.   | FALSA                                    | TIPO                            |                         |
|             |                                       | SOBRE-TALENTE 2 ANOS DE OPERAÇÃO                                |  |                                 |                         |
|             |                                       | FILTRO RESULT.  | MANOM. SUPR.                             | MANOM. SAÍDA GERAL              | CARTAS                  |
|             |                                       | VALVULA   | MANOMED. TEMP. MAT. (FLANGE - RNPT) 1/2" | SM                              | NÃO                     |
|             |                                       | POTE DE COND.   | AJUSTE AMORTECIMENTO                     |                                 |                         |
|             |                                       | INSTRUMENTADOR  | OUTRO                                    |                                 |                         |
| 28          | FABRICANTE                            | SMAR  |  |                                 |                         |
|             | MODELO                                | LEI 001 1881101-1234  |  |                                 |                         |
|             |                                       | NOTAS   |  |                                 |                         |

A) OS TRANSMISSORES DEVERÃO SER CONSTRUÍDOS PARA APRESENTAREM IMUNIDADE ÀS INTERFERÊNCIAS ELECTROMAGNÉTICAS E DE RÁDIO-FRQUÊNCIA (EMI-EMF) INDICAÇÃO: 15 DO IEC 61326  
 B) TAG NUMBER: LT-402-001 - FAIXA CALBRADA: 0/2.100.0mmH2O - NÍVEL DO PRE-EVAPORADOR 01  
 TAG NUMBER: LT-402-002 - FAIXA CALBRADA: 0/2.100.0mmH2O - NÍVEL DO PRE-EVAPORADOR 02  
 TAG NUMBER: LT-402-003 - FAIXA CALBRADA: 0/2.100.0mmH2O - NÍVEL DO PRE-EVAPORADOR 03  
 TAG NUMBER: LT-402-004 - FAIXA CALBRADA: 0/2.100.0mmH2O - NÍVEL DO PRE-EVAPORADOR 04

| REVISÃO    | Q          |  |  |  |  |  |
|------------|------------|--|--|--|--|--|
| DATA       | 2008/03/05 |  |  |  |  |  |
| ELABORADO  | EMD        |  |  |  |  |  |
| VERIFICADO | ACJ        |  |  |  |  |  |
| APROVADO   | EMF        |  |  |  |  |  |

Figura 21: Folha de Dados de instrumento.

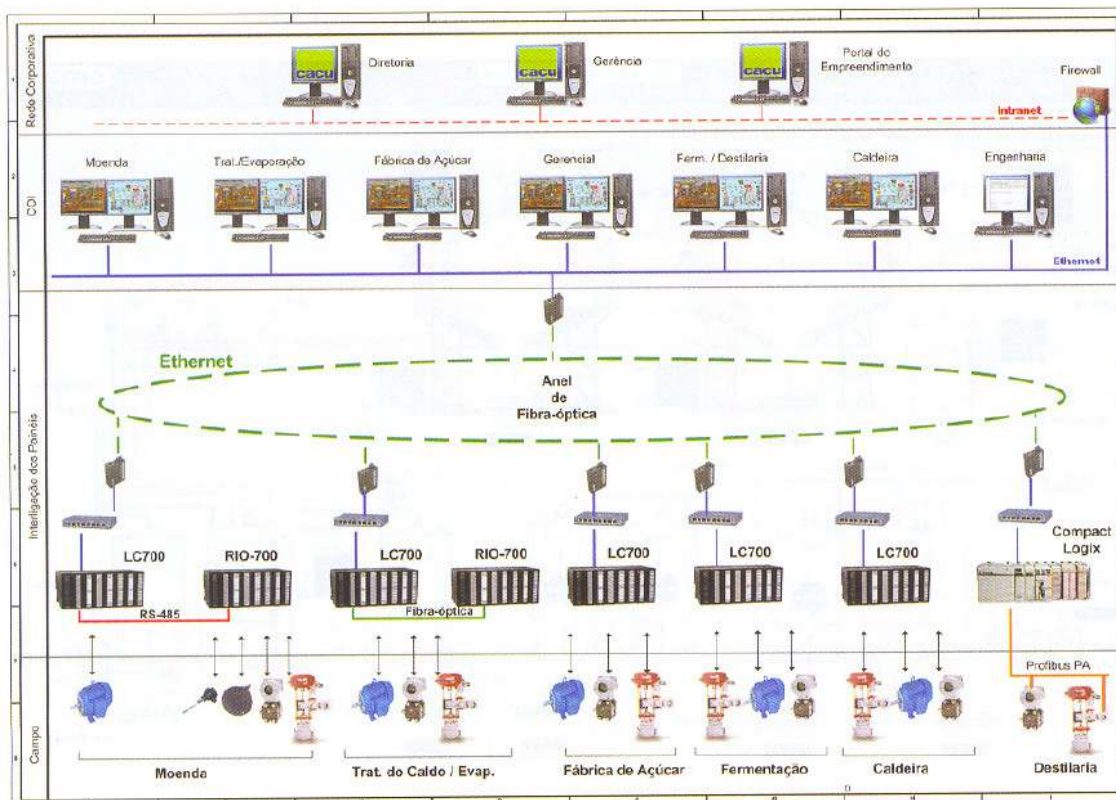
Fonte: (SOUZA, 2008)

A seguir serão expostos alguns estudos de caso encontrados para exemplificar os projetos de automação atuais.

### V.1.1. Estudo de Caso – Automação na Usina Caçu

A SMAR relata em um artigo a implementação do Projeto de Automação para a Usina Caçu, gerenciada pela Engebank, localizada em Vicentinópolis – GO. A primeira safra, com previsão de moagem para Setembro de 2008, foi projetada para uma capacidade de produção de 12000 sacos/dia de açúcar VHP, 360 m<sup>3</sup>/h de álcool hidratado, moagem de 1500000 ton de cana por safra e geração de energia de 6000 kWh para consumo próprio.

O projeto da automação foi feito adotando a tecnologia instrumentos de campo em **4 – 20 mA + HART** e integração com CLPs. Os fatores que possibilitaram essa escolha foi a confiabilidade do protocolo HART, facilidade de configuração, calibração e baixos custos de operação e manutenção.



*Figura 22: Arquitetura do Sistema da Usina Caçu*

Fonte: (SOUZA, 2008)

Nota-se pela arquitetura que na unidade de destilaria é feito uso de rede Profibus PA, enquanto nas outras instrumentos 4-20mA + HART.

### V.1.2. Estudo de Caso – Automação na SANEPAR

A automação na SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná), segundo levantamento feito em 2004, era feita de forma descentralizada, onde cada unidade de projeto seguia suas próprias diretrizes tecnológicas. Não havia integração corporativa, mas ilhas de tecnologia não integradas.

Haviam redes distribuídas em 142 nós utilizando 4 tipos de protocolo, e 733 nós fieldbus em 9 tipos de protocolos. Através desse Plano de Automação se tornou possível a integração desses sistemas.

As novas tecnologias a serem implantadas atendendo obrigatoriamente as diretrizes do Plano de automação, que padronizou protocolos em 4-20mA para os sensores gerais, 4-20mA e Profibus DP para os sensores de vazão eletromagnéticos e Asi e Profibus DP para os atuadores.

(MARQUES, 2009)

### V.1.3. Estudo de Caso – Automação na Unidade de Separação de Propeno da REGAP

O Projeto de FEED (*Front End Engineering Design*, ou Engenharia de Pré-Detalhamento) da REGAP foi executado pela equipe de instrumentação da Chemtech. O FEED consiste em uma etapa intermediária, entre o Projeto Básico e o Projeto de Detalhamento, onde são feitas as análises de quantitativos para melhor avaliação dos custos do projeto.

Fundada no Rio de Janeiro em 1989, a Chemtech é uma empresa especializada em serviços e em soluções de TI para indústrias de processo (óleo e gás, petroquímica e química, metais e mineração, papel e celulose, alimentos e bebidas). Em março de 2001, a empresa passou a fazer parte do grupo Siemens e foi inserida na divisão I&P (*Industry and Plants*) do grupo I&S (*Industrial Solutions and Services*). No início do ano de 2008, com a reestruturação da Siemens mundial, a empresa passou para a divisão *Oil & Gas* do setor *Energy*.

Com mais de 15 anos de atuação no mercado de óleo e gás, a Chemtech possui larga experiência e comprovada atuação no desenvolvimento de soluções para refinarias de petróleo no mundo inteiro. Só no Brasil, 90% das unidades de refino da Petrobras já contam com as soluções e com o suporte técnico da Chemtech, gerando um total de mais de 30 projetos desenvolvidos para este mercado. Entre estas unidades de refino com soluções da Chemtech, encontra-se a REGAP (GONDO, 2008).

A Refinaria Gabriel Passos – REGAP está localizada no município de Betim, MG. Ela possui uma área de aproximadamente 12,5 km<sup>2</sup> e tem uma capacidade instalada de 151 mil barris/dia. A Unidade de Separação de Propeno da REGAP foi projetada para ter a capacidade de produzir 112.000 toneladas de propeno de alta pureza (95% molar no mínimo) por ano. Ela consiste em uma Seção de Alimentação de Carga, três diferentes colunas de destilação (Depropanizadora, Desetanizadora e Separadora de C3) e uma Seção de Tratamento Cáustico.

Segundo especificações deste projeto, a instrumentação para controle das novas unidades de processo deve utilizar a tecnologia FOUNDATION *Fieldbus*. A Unidade de Separação de Propeno foi uma das primeiras unidades da Petrobras a utilizar esta tecnologia.

Entretanto, em alguns casos será utilizada instrumentação analógica convencional. Para o Sistema Instrumentado de Segurança – SIS 1 e para as alterações nas unidades existentes (que utilizam instrumentação convencional), por exemplo, deve ser usado este tipo de instrumentação. Também para as unidades novas, nos casos de instrumentos que não estão disponíveis em tecnologia FOUNDATION *Fieldbus*, deve ser utilizada instrumentação convencional (GONDO, 2008).

Esse projeto foi desenvolvido no ano de 2008, e até o presente momento tem sido desenvolvidos outros projetos na área, inclusive de empreendimentos que representam grande parte dos projetos desenvolvidos no setor. Na grande maioria dos projetos estão sendo adotadas as mesmas tecnologias utilizadas no Projeto REGAP: *Fieldbus Foundation* para instrumentos pertencentes ao Sistema de Controle e Monitoração e 4 – 20 mA + HART para instrumentos pertencentes ao Sistema de Intertravamento de Segurança.



### V.1.4. Estudo de Caso – Santelisa Vale

A Santelisa Vale S/A é uma das maiores produtoras de açúcar e etanol do mundo, além de ser pioneira na cogeração de energia elétrica, a partir do bagaço de cana. Com mais de 70 anos de credibilidade, seu foco de negócios visa a liderança na oferta de soluções em energia limpa e renovável. Esse *case* do Grupo Santelisa Vale descreve sucesso da aplicação do controlador da SMAR com aplicação de instrumentos de campo em suas novas plantas de bioenergia (COELHO, 2008).

A arquitetura adotada nas novas unidades do Grupo foram automatizadas com a nova versão do sistema de automação da Smar, o SYSTEM302-7. Entre os motivos pela escolha da tecnologia PROFIBUS para estas aplicações, destaca-se as vantagens como a facilidade de diagnóstico, a possibilidade de configuração remota e recursos como a integração de um grande número de equipamentos e fornecedores em um padrão aberto e interoperável.

Na Unidade Santa Elisa, os equipamentos e controladores Smar operaram em uma planta piloto durante um ano, com o intuito de minimizar erros de implantação. Hoje o SYSTEM302-7 é o sistema de automação adotado nas novas unidades do Grupo. Esse sistema trabalha com a plataforma DFI302 de controladores distribuídos em redes *ethernet* de alta velocidade, garantindo um alto desempenho ao trabalhar com processamento paralelo de dados.

Entre os benefícios deste sistema de controle, está a facilidade de operação por meio do COI (Centro de Operações Integradas), que integra todas as informações da planta em uma única base de dados redundante, aumentando a confiabilidade e disponibilidade da planta, o que proporcionando uma gestão centralizada e precisa. A figura 23 mostra a arquitetura desse sistema implantado.

Esse é apenas um dos *Cases* apresentados pela Associação *Profibus* em seminários, com o intuito de propagar o sucesso da tecnologia e promovê-la.

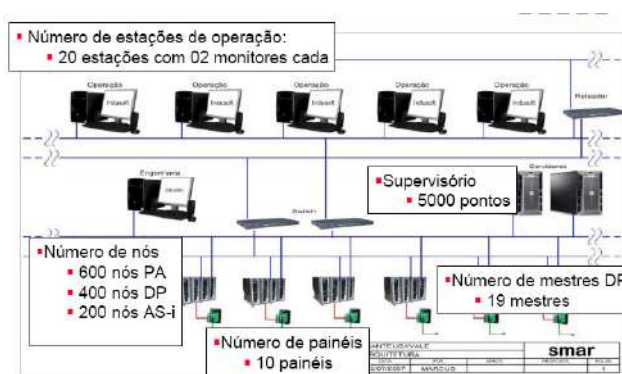


Figura 23: Arquitetura do Sistema

Fonte: (COELHO, Estudo de caso Santelisa Vale, 2008)

### V.1.5. Estudo de Caso - Gasoduto Urucu/Manaus

O gasoduto Urucu/Manaus, com uma extensão de 662 quilômetros entre áreas de floresta e leitos de rios, será todo controlado por um sofisticado sistema de automação operado remotamente no Centro Nacional de Controle Operacional (CNCO), na sede da Transpetro, no Rio de Janeiro. Além de um cabo de fibra ótica que corre paralelo por toda a extensão do gasoduto, o sistema utilizará as mais novas e sofisticadas tecnologias de comunicação por satélite. A Altus Sistemas de Informática S.A foi a empresa contratada pela Petrobras para fornecer o sistema completo de automação que permitirá o monitoramento, controle e segurança de todo o gasoduto.

A Altus vai automatizar 23 estações de controle que estão sendo instaladas ao longo do gasoduto, utilizando 23 Controladores Programáveis (CPs) da Série Ponto, com os CPs interligados através de fibra ótica e, também, duas UCPs no mesmo barramento, via satélite, fazendo a comunicação com o sistema de controle central de operação da Transpetro. Também serão executados serviços de projeto, instalação e calibração (ajuste de todos os parâmetros de medição) de toda a instrumentação ao longo do gasoduto. A Figura 23 apresenta o sistema de supervisão do referido gasoduto.



**Figura 24:** Supervisão via satélite do gasoduto Coari-Manaus

Fonte: (TORRES, 2008)

## Capítulo VI - Conclusões

Observa-se em projetos de engenharia atuais que algumas tecnologias subsistem e convivem na arquitetura de automação das indústrias. Não existe uma tecnologia que seja aplicada em todos os equipamentos. Isto ocorre em função de diversos motivos.

O principal deles é que cada protocolo possui suas vantagens e desvantagens, e relações custo-benefício que levam a aplicações variadas para cada padrão.

Outro motivo é a existência de empresas específicas que detém a tecnologia de automação de equipamentos críticos, que operam com os mesmos protocolos há anos no mercado, que dificilmente serão substituídos facilmente por padrões mais atuais.

E por outro lado, existem os sistemas Instrumentados de Segurança, responsáveis por todas as ações mais críticas da planta, que exigem velocidade no tráfego de dados e confiabilidade das lógicas de intertravamento, processadas em CLPs específicos que demandam exigências de integridade (como SIL), e que em alguns casos não são encontrados em tecnologias mais recentes. Todas essas peculiaridades causam impedimentos para inserção de novas tecnologias em algumas aplicações dentro da indústria. Por isso, cada tecnologia nova leva um tempo para ser utilizada industrialmente, em função das diversas adaptações que precisam sofrer até que cheguem a um patamar de confiabilidade. Elas também precisam apresentar muitas vantagens operacionais, inclusive de qualidade das informações processadas, que compensem a substituição dos sistemas convencionais por estas tecnologias.

No âmbito comercial, mediante as análises feitas das empresas nacionais de automação, bem como as análises dos planos e projetos de automação realizados nos últimos anos, podemos ratificar estas expectativas, e obter algumas conclusões acerca do mercado nacional.

A primeira delas é que, visto que os fabricantes nacionais de sistemas automação hoje fornecem um grande portfólio de instrumentos e equipamentos associados a redes *fieldbus*, pode-se verificar que há uma oferta nacional muito grande desses sistemas na automação industrial, principalmente nas tecnologias *Fieldbus Foundation* e *Profibus*. A avaliação das empresas nacionais também dão indícios sobre que tipos de tecnologias possuem demanda no mercado nacional, visto que a maior parte da produção dessas empresas é destinada a suprir demanda interna. Também observa-se o prevalecimento da tecnologia *Hart* associada aos instrumentos convencionais, em aplicações que se destinam a Sistemas Instrumentados de Segurança. Tais argumentações nos permitem ratificar a informação de que os principais projetos na área ainda tem sido elaborados utilizando tecnologias de redes. Isso reflete a destinação dos sistemas mais modernos na maioria das vezes apenas às aplicações de controle e monitoração de variáveis discretas. Esse fato pôde ser constatado à partir das análises dos planos e projetos de automação, onde diversos deles são fornecidos com essas tecnologias.

Entretanto, esses sistemas estão em início de modificação, com a inserção das redes sem fio. Os negócios envolvendo as redes sem fio despontam como os de maior perspectiva de crescimento, apesar da crise econômica mundial. Até 2010, segundo a *ARC Advisory Group*, o segmento deverá apresentar taxas superiores a 32% de incremento e deverá atingir uma receita de US\$ 1,18 bilhão. Em 2005, segundo o BNDES, esses valores foram de apenas US\$ 325 milhões (LOBO, 2009).

No quesito redes sem fio na automação industrial, constata-se que no Brasil, fisicamente as redes industriais ainda são construídas com cabos metálicos – par trançado e cabo coaxial – e fibras ópticas. O uso da rede *Wireless*, ainda não é freqüente, apesar de já existirem algumas implementações no país.

Apesar de suas diversas limitações, inclusive de confiabilidade da rede, a grande vantagem da inexistência de cabos se sobrepõe em muitos casos a falta de confiabilidade, em virtude das limitações físicas. No momento, essas redes sem fio estão sendo amplamente aplicadas nos sistemas que não requerem respostas em tempo real, como manutenção de equipamentos e monitoramento de redes de distribuição de água, energia e combustíveis. Também é muito aplicada onde é inviável transmitir informação via cabos, como áreas de extensões muito longas, monitoração de instrumentos isolados, monitoração de locais onde não é possível trafegar cabos, como nos casos de instrumentos localizados em poços de petróleo. Essa grande vantagem, a ausência de limitações físicas, tem feito com que os estudos da tecnologia cresçam rapidamente, e sejam foco de muitas inovações.

Assim, espera-se que as redes wireless nos próximos anos comecem a ser inseridas em maior escala no ambiente industrial, não apenas nas aplicações onde existem impedimentos para a existência de cabos, mas também como inovações, substituindo as atuais redes com fio aplicadas a monitoração e controle de variáveis de processo.

Quanto à análise das principais empresas nacionais relacionadas ao ramo da automação, pode-se avaliar que a maioria delas ainda se encontra distante das expectativas de mercado e apresentam soluções e produtos isolados. A principal causa das empresas líderes internacionais estarem em um patamar superior às empresas nacionais é o diferencial do fornecimento de soluções completas. À medida que as especificações de projeto exigem que as empresas fornecedoras da automação se responsabilizem pela instalação dos equipamentos e instrumentos, pelo fornecimento dos *softwares*, pela colocação dos mesmos em operação e pela manutenção dos sistemas, as empresas que não possuem soluções integradas não conseguem obter a mesma lucratividade.

Dadas as diferenças entre os competidores acima mostrados, são as empresas multinacionais dominantes que normalmente fornecem os principais pacotes de automação, ou seja, são elas as responsáveis pela totalidade do fornecimento da solução de automação das grandes plantas industriais. Isso é verdadeiro tanto para os novos projetos quanto para os projetos de modernização de unidades completas de plantas já existentes. Nesse caso, a participação de qualquer outro fornecedor, na

qualidade de subcontratado, é eventual e ocorre caso haja uma exigência do cliente, ou pelo uso de um produto em particular, ou pela redução de custo em um dado dispositivo. Isso porque nem sempre o fornecedor do pacote dispõe, entre seus produtos, de dispositivos que atendam à totalidade dos requisitos especificados, inclusive a relação custo/benefício.

Em linhas gerais, entende-se que as tecnologias coexistem ao longo dos anos. Assim como até hoje encontramos instrumentação tipicamente convencional em algumas indústrias, entende-se que o advento das tecnologias sem fio não trazem a eliminação completa das demais tecnologias. Ao longo de muitos anos ainda teremos a coexistência de redes como *Foundation Fieldbus*, *Profibus*, *Hart*, *Wireless*, dentre tantas outras, participando dos sistemas de automação industrial.

## Capítulo VII - Bibliografia e Sites Consultados

ABINEE. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica: [www.abinee.org.br/index.htm](http://www.abinee.org.br/index.htm)

ALIPERTI, J. (2008). Sem Fios - Sem Enrolação. *InTech nº101* .

Altus. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Altus - Evolução em Automação Industrial: [www.altus.com.br](http://www.altus.com.br)

ARC. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em ARC ADVISORY GROUP: [www.arcweb.com](http://www.arcweb.com)

ATAN . (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em ATAN - Tecnologia da Informação: [www.atan.com.br/ta/index.aspx](http://www.atan.com.br/ta/index.aspx)

Atos. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Atos - Automação Industrial: [www.schneider-electric.com.br/atos](http://www.schneider-electric.com.br/atos)

AVERY, A. (2008). Fornecedores de automação mantiveram lucros de dois dígitos no último trimestre de 2007. *InTech nº101* , 70-73.

AZEVEDO, R. (23 de Dezembro de 2008). *Blog Reinaldo Azevedo*. Acesso em Abril de 2009, disponível em Site da Veja: <http://veja.abril.com.br/blogs/reinaldo/2008/12/petrobras-eleva-emprstimo-na-caixa-para.html>

BCM Automação. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em BCM Automação - Automação Industrial: [www.bcmautomacao.com.br/site/default.asp](http://www.bcmautomacao.com.br/site/default.asp)

BEGA, E. A. (2006). *Instrumentação Industrial*. Interciência.

BENSON, R. (1997). Process Control - The Future. *Computing & Control Engineering Journal* , pp. 161-166.

COELHO, F. L. (Setembro de 2008). Acesso em Abril de 2009, disponível em Case da SMAR é apresentado em evento da Associação Profibus: <http://www.smar.com/brasil2/shownews.asp?id=525>

COELHO, F. L. (Setembro de 2008). *Estudo de caso Santelisa Vale*. Acesso em Abril de 2009, disponível em Profibus Brasil - Artigos: [www.profibus.org.br/files/seminarios/Smar%20Isa2007\\_rev2.pdf](http://www.profibus.org.br/files/seminarios/Smar%20Isa2007_rev2.pdf)

Coester. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Coester: [www.coester.com.br](http://www.coester.com.br)

DRAGO, J. (2008). Aplicações de rede wireless em processos industriais. *InTech nº101* .

*Ecil Informática*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Ecil Informática - Automação Industrial: [www.ecilinformatica.com.br/si/site/0902](http://www.ecilinformatica.com.br/si/site/0902)

*Edição 286 - Revista Petro & Química*. (2006). Acesso em Abril de 2009, disponível em [http://www.editoravalete.com.br/site\\_petroquimica/edicoes/ed\\_286/286\\_a.html](http://www.editoravalete.com.br/site_petroquimica/edicoes/ed_286/286_a.html)

*Eclipse Site*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em [www.elipse.com.br](http://www.elipse.com.br)

*Fieldbus Foundation*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em [www.fieldbus.org](http://www.fieldbus.org)

FILHO, C. S. (1998). A Automação nos anos 2000 - Uma análise das novas fronteiras da automação. *ATAN SISTEMAS*.

GONDO, R. S. (Abril de 2008). Projeto FEED de uma Unidade de Separação de Propeno. *Monografia do Curso de Engenharia de Controle e Automação*. Florianópolis, SC: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

GUTIERREZ, R. M., & PAN, S. S. (2008). Complexo Eletrônico: Automação do Controle Industrial. 28.

*ISA Home*. (s.d.). Acesso em Abril de 2009, disponível em [www.isa.org](http://www.isa.org)

JAMSA-JOUNELA, S.-L. (29 de Agosto de 2007). *Future trends in process automation*.

LOBO, A. P. (19 de Janeiro de 2009). *Redes Wireless ganham impulso na Automação Industrial*. Acesso em Abril de 2009, disponível em Convergência digital: [www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infolid=17451&sid=8](http://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infolid=17451&sid=8)

MARQUES, T. (2009). *Plano Estratégico de Automação - SANEPAR*. Acesso em Abril de 2009, disponível em Sabesp: [http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/B3883B9B3C61EDCD832574F200440DED/\\$File/palestra\\_tania\\_marques.pdf](http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/B3883B9B3C61EDCD832574F200440DED/$File/palestra_tania_marques.pdf)

*Novus*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Novus produtos eletrônicos: [www.novus.com.br](http://www.novus.com.br)

ONOFRE, R. D. (20 de 01 de 2009). *Mecatronica Atual - Instrumentação Pneumática*. Fonte: Mecatronica Atual: [www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/351](http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/351)

PADOVAN, M. A. (s.d.). Protocolo Profibus - Status de desenvolvimento nos aspectos técnico e humano. *Intech n°99*, 26-30.

SAVELLS, D., & ADAMS, B. M. (2008). Em 2008, wireless, sem dúvida. *Intech n°101*.

SCHRODER, N. (2003). Process Automation Markets In 2010. *Report. Intechno Consulting*.

*Sense*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Sense Sensores e Instrumentos: [www.sense.com.br/atendimento/enderecos/index.php](http://www.sense.com.br/atendimento/enderecos/index.php)

*Smar*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Smar Líder em Automação Industrial: [www.smar.com](http://www.smar.com)

SOUZA, J. C. (2008). Automação SMAR na Usina Caçu. *ALCOOLbrás - n° 117*, 80-85.

TEIXEIRA E MOTA LTDA. (Abril de 2008). Foundation Fieldbus. *Curso* . Rio de Janeiro.

TEIXEIRA E MOTA LTDA. (Janeiro de 2008). Instrumentação Básica. *Curso* . Rio de Janeiro.

THOMESSE, J.-P. (Junho de 2005). Fieldbus Technology in Industrial Automation. *PROCEEDINGS OF THE IEEE* , 93.

TORRES, T. (13 de Julho de 2008). Gasoduto será vigiado a partir do Rio de Janeiro. *JORNAL A CRÍTICA* .

*TriSolutions*. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em TriSolutions Soluções em Engenharia: [www.trisolutions.com.br/index.php?idioma=br&site=3](http://www.trisolutions.com.br/index.php?idioma=br&site=3)

VANDOREN, V. J. (10 de Janeiro de 2003). PID: Still the One. *Control Engineering* .

WEG. (2009). Acesso em Abril de 2009, disponível em Brasil - WEG: [www.weg.net/br](http://www.weg.net/br)