



Prospecção Tecnológica de Automação na Indústria de Processos

Andrezza Lemos Rangel da Silva

Monografia em Engenharia Química

Orientadora

Prof^ª. Suzana Borschiver, D.Sc.

Janeiro de 2012

Prospecção Tecnológica de Automação na Indústria de Processos

Andrezza Lemos Rangel da Silva

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

Aprovado por:

Prof. Mário Sérgio O. Castro (EQ/UFRJ)

Prof. Estevão Freire, D.Sc. (EQ/UFRJ)

Eng^o Marcello José Pio, D.Sc. (SENAI Nacional)

Orientadora:

Prof^a. Suzana Borschiver, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

Janeiro de 2012

Ficha Catalográfica

Silva, Andrezza Lemos Rangel da.

Prospecção tecnológica de automação na indústria de processos/Andrezza Lemos Rangel da Silva. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2012.

ix, 91 p.; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2012.

Orientador: Suzana Borschiver

1. Prospecção Tecnológica. 2. Automação. 3. Redes de Campo. 4. Monografia.

(Graduação – UFRJ/EQ). 5. Suzana Borschiver I. Prospecção tecnológica de automação na indústria de processos

À minha mãe, pelo eterno incentivo e confiança.

“Converteste o meu pranto em folgedos; tiraste o meu pano de saco e me cingiste de alegria, para que o meu espírito te cante louvores e não se cale. Senhor, Deus meu, graças te darei para sempre.”

(Salmos 30.11 e 12)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado força e capacitação para sempre seguir adiante.

À minha mãe, pelo apoio, paciência, confiança e lanches nas madrugadas de estudos.

À minha orientadora, Suzana Borschiver, pelas oportunidades, ensinamentos e por me ajudar a encontrar meu caminho dentro da Engenharia Química.

Aos amigos da Coordenadoria de Conteúdo Local da Agência Nacional do Petróleo (ANP), pela motivação e por servirem de referência.

Aos amigos do NEITEC, pelo apoio e risadas nos momentos de tensão.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiros Químicos.

Prospecção Tecnológica de Automação na Indústria de Processos

Andrezza Lemos Rangel da Silva

Janeiro, 2012

Orientadora: Prof.^a Suzana Borschiver, D.Sc.

São crescentes as oportunidades em automação de processos na América Latina e, conseqüentemente, no Brasil. Desenvolvimento em infraestrutura, industrialização, forte investimento nos setores petroquímico, de mineração e outros mercados estão combinados com uma visão de valorização da automação industrial. O presente estudo destina-se à avaliação de diferentes aspectos relativos à automação na indústria de processos. Para tal, investigaram-se as principais tendências em redes industriais (*Fieldbus*, *Ethernet* e *Wireless*), por meio da análise de artigos e patentes, além de aspectos mercadológicos. O estudo demonstrou que os artigos continuam sendo um meio de publicação acadêmico enquanto patentes são massivamente empresariais. O principal depositante são os Estados Unidos, local de origem das principais multinacionais em atuação no Brasil. No tocante ao assunto das publicações e documentos de patentes, há o predomínio do estudo de sistemas, isto é, o aprimoramento, o teste, a descrição ou diagnóstico de falhas de sistemas e redes de automação.

ÍNDICE

Capítulo I - Introdução.....	10
Capítulo II - Componentes básicos da automação industrial.....	15
II.1. Famílias de equipamentos e instrumentação.....	15
II.2. Sistemas de Controle de Processos.....	17
II.2.1 Sistema Digital de Controle Distribuído - SDCD.....	19
II.2.2 Computador Lógico Programável - CLP	20
II.3. Tipos de Controle Automático	22
II.3.1 Controle automático por transmissão pneumática	22
II.3.2 Controle automático por transmissão eletrônica.....	23
II.3.3 Controle automático em redes	24
II.3.3.1. <i>Redes Fieldbus</i>	27
II.3.3.2. <i>Redes Ethernet</i>	30
II.3.3.3. <i>Redes Wireless</i>	31
Capítulo III - Estrutura da Cadeia Produtiva do Setor de Automação Industrial.	36
III.1. Mercado mundial e nacional de automação industrial	36
III.2. Empresas	39
III.3. Caracterização da Cadeia Produtiva.....	42
Capítulo IV - Prospecção Tecnológica	45
IV.1. A importância dos estudos de prospecção tecnológica	45
IV.2. Metodologia.....	46
IV.2.1 Prospecção Tecnológica em artigos e patentes	47
IV.2.2 Aplicação da Metodologia	48
IV.3. Análise de Artigos	49
IV.3.1. Distribuição temporal dos artigos	50

IV.3.2. Distribuição dos artigos por país.....	52
IV.3.3. Distribuição dos artigos por meio de publicação	56
IV.3.4. Distribuição dos artigos por origem	58
IV.3.5. Distribuição dos artigos por assunto.....	63
IV.3.6. Objetivo dos artigos	66
IV.4. Análise de Patentes	67
IV.4.1. Distribuição temporal das patentes.....	67
IV.4.2. Distribuição das patentes por país	69
IV.4.3. Distribuição das patentes por tipo de depositante	71
IV.4.4. Distribuição das patentes por assunto.....	79
IV.4.5. Objetivos das patentes	82
Capítulo V – Conclusões.....	84
Capítulo VI – Referências Bibliográficas.....	89

Capítulo I - Introdução

A automação é a tecnologia relacionada com a aplicação de sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos, apoiados em meios computacionais, na operação e controle dos sistemas de produção. Em termos gerais, os objetivos a serem atingidos com a automação podem se enquadrar em dois grandes níveis, nomeadamente, a segurança e o mercado. No primeiro, pretende-se a melhoria das condições de trabalho e de segurança de pessoas e bens. No segundo, pretende-se aumentar a competitividade global do produto e da empresa, única forma desta se manter, na aguerrida concorrência do mercado (ALVES, 2004).

A automação é um meio através do qual é possível atingir melhores níveis de qualidade. Hoje, qualidade não consiste apenas no controle final do produto. A qualidade é alcançada através do controle do processo produtivo, através de um rígido controle dimensional das grandezas envolvidas e mesmo de sistemas de inspeção intercalares funcionando em tempo real e, portanto, de uma forma automática (ALVES, 2004).

Os objetivos gerais da automação industrial são:

- Diminuição dos custos de produção;
- Maior produtividade;
- Maior flexibilidade, no que diz respeito a mudanças de configuração dos sistemas (via *software*);
- Melhor qualidade do produto final;
- Maior capacidade tecnológica;
- Integração dos instrumentos, ampliando a segurança operacional (ALVES, 2004).

A importância da automação na indústria de processos tem crescido intensamente. Nos países fortemente industrializados, os processos automatizados servem, basicamente para melhorar a qualidade dos produtos, controlarem a produção, aumentar a segurança do processo, utilizar os recursos de forma eficiente e reduzir as emissões. Nos países de rápido crescimento, a produção em massa é a principal motivação para aplicação destes sistemas. A maior parte da demanda por automação de processos é oriunda da indústria química, petroquímica e de energia e o crescimento mais acelerado da demanda por *hardwares*, *softwares* padronizados e serviços de automação é da indústria farmacêutica (JÄMSÄ-JOUNELA, 2007).

O presente estudo destina-se à investigação de diferentes aspectos relativos à automação na indústria de processos. Logo, inicialmente, faz-se necessário entender quais segmentos industriais são englobados dentro da indústria de processo e quais são as especificidades da automação direcionada a estes.

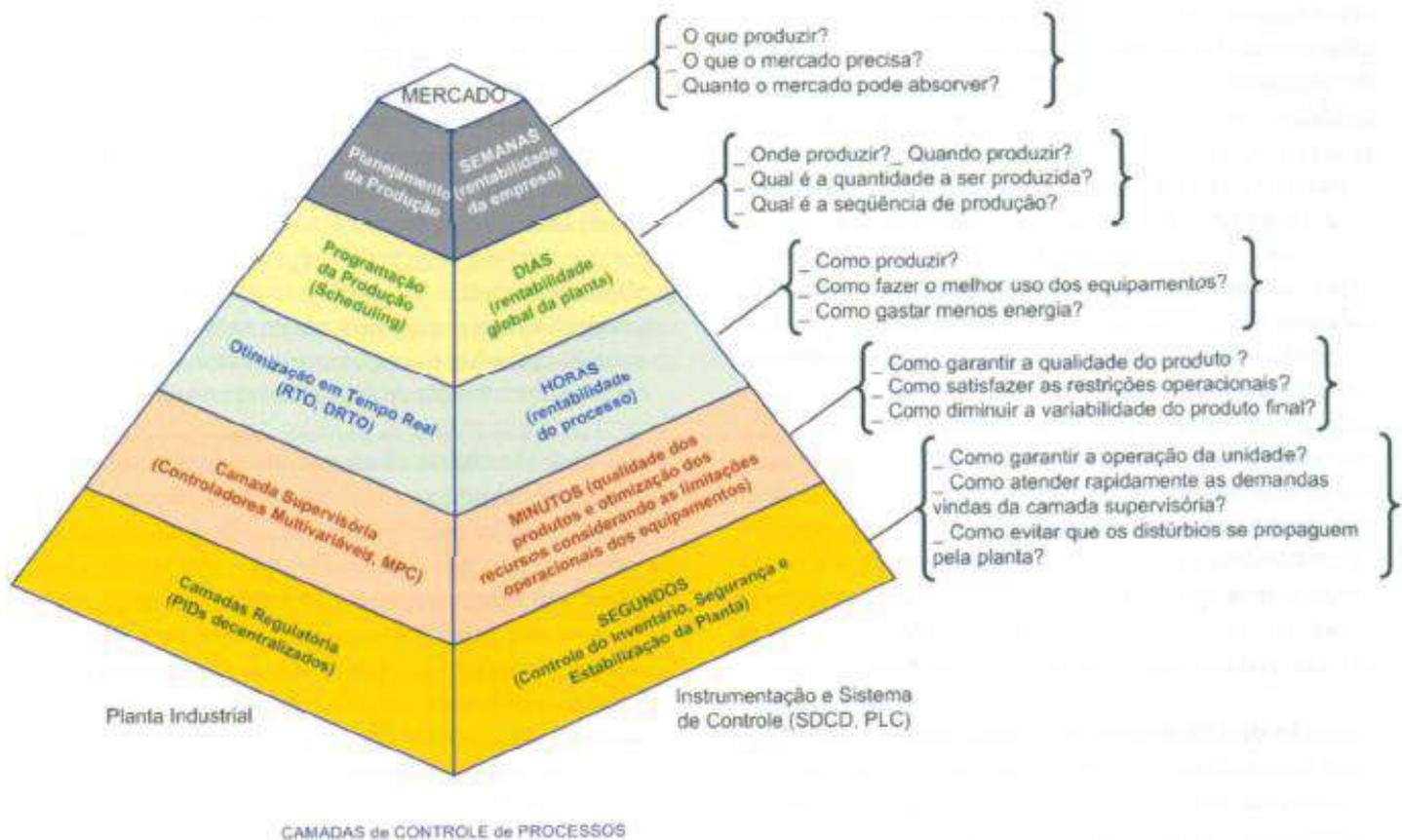
As indústrias e suas operações podem ser classificadas em duas categorias gerais: indústria de processo e indústria de manufatura discreta. Na primeira, o sistema de produção é contínuo, ou seja, os bens produzidos não podem ser identificados individualmente¹. No caso da indústria de manufatura, o sistema de produção é discreto, o que significa dizer que os bens produzidos podem ser isolados em lotes ou unidades, particularizando-os uns dos outros.

No que se refere à automação, as principais diferenças se encontram no nível dos dispositivos. Na indústria de processo, 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), ao passo que na indústria de manufatura os dispositivos controlam ações mecânicas das máquinas. Em um nível superior, é possível dizer que na indústria de processo o controle se dá nas operações, enquanto na de manufatura este se dá nas máquinas. Outra forma de analisar esta diferença consiste em analisar a natureza das variáveis sob controle: na indústria de processo os parâmetros e variáveis são contínuos e na de manufatura estes são discretos.

¹ Em alguns casos, os processos ocorrem em batelada, ou seja, é intermitente, mas têm natureza contínua durante o período de atividade.

Nos processos contínuos, que são foco deste trabalho, a automação do processo propriamente dita tem a finalidade de medir uma variável de interesse, compará-la com o valor desejado e previamente definido como ideal e atuar no processo de forma a diminuir a diferença entre o valor medido e o valor desejado. No caso dos processos discretos, o princípio da automação é diferente. O objetivo é identificar a variável de interesse, processar de acordo com a lógica pré-programada e atuar no processo.

No entanto, nos últimos anos, o papel da automação vem sendo modificado fortemente na medida em que novos problemas surgem cada vez mais complexos. (Petro & Química, 2006). Os componentes de um sistema de automação evoluíram constantemente com os anos, desde os primeiros sistemas baseados em controle automático, mecanizado (como as primeiras linhas de montagem do século XX) até os sistemas baseados nas tecnologias atuais como a microeletrônica. O campo de atuação da automação foi expandido, e hoje se nota aplicações da automação em sistemas desde gerência de informação e negócios em tempo real até sistemas críticos no campo médico, por exemplo. Com o crescente avanço da tecnologia, e a atual necessidade de informação em todos os campos, sistemas de automação modernos passam de simples automações de processos e equipamentos para automação de negócios, lidando com grandes quantidades de informação relevante. A Figura 1 apresenta esta tendência, mostrando a pirâmide de automação desde a camada regulatória, voltada ao controle do processo propriamente dito até o planejamento da produção, ou gerenciamento de ativos, ligado diretamente ao mercado. Esta integração entre as diferentes camadas de controle tornou-se uma questão central da automação industrial de processos.



CAMADAS de CONTROLE de PROCESSOS

Figura 1: Camadas utilizadas para organizar o controle de processos.

Fonte: TRIERWEILER et al, 2009

A Camada Regulatória tem como foco o controle de inventário de plantas industriais, garantindo a segurança e a estabilidade operacional. Nenhum processo industrial pode operar sem esta camada e, portanto, encontra-se presente em todas as empresas (TRIERWEILER et al, 2009).

A Camada Supervisória ou Camada Regulatória Multivariável tem preocupação predominante com a qualidade do produto final. O objetivo é garantir as especificações sem infringir os limites operacionais dos diversos equipamentos. Tipicamente nesta camada existe forte interação entre as variáveis controladas, exigindo que técnicas de controle multivariáveis sejam empregadas. Boa parte das empresas ainda não ingressaram nesta camada de controle de processos e deixam a cargo do operador a responsabilidade de exercer esta atividade. Essa camada já é aplicada em grandes empresas, como a Braskem e a Petrobras (TRIERWEILER et al, 2009).

Na Camada de Otimização em Tempo Real o principal foco é a rentabilidade do processo. As especificações e pontos de operação (*setpoint* e *target* para as variáveis

manipuladas) são determinadas mediante a resolução de um problema de otimização que visa maximizar a lucratividade do processo (TRIERWEILER et al, 2009).

À medida que subimos na pirâmide, questões relativas à operação específica de um determinado equipamento vão sendo deixadas de lado e a preocupação maior passa a ser o funcionamento da planta como um todo, ou seja, vai se migrando de uma visão micro para uma visão macro. No caso da Camada de Programação da Produção, se está interessado em responder perguntas como: quando, quanto e em que seqüência se deve produzir (TRIERWEILER et al, 2009).

A Camada de Planejamento da Produção é a última das camadas na qual está estruturado o controle de processos. Nesta camada, o *feedback* e a vinculação com o mercado são extremamente importantes (TRIERWEILER et al, 2009).

A evolução do setor de automação industrial depende do crescimento e/ou da modernização do parque industrial, uma vez que é classificado como um setor de bens de capital. Ao mesmo tempo, os equipamentos de automação induzem a modernização da indústria, elevando patamares de eficiência e flexibilidade. Neste contexto, torna-se fundamental o estudo do comportamento das inovações tecnológicas em automação na indústria de processo, de forma a entender as tendências futuras e os impactos que a implementação destas novas tecnologias terá tanto na competitividade das empresas quanto no crescimento e desenvolvimento da economia.

O presente estudo visa delinear o panorama do setor de automação da indústria de processos, apontando as principais famílias de equipamentos, os tipos de sistemas de controle, aspectos mercadológicos e comerciais no Brasil e no mundo e, por fim, uma prospecção em artigos científicos e em documentos de patentes para perceber a evolução da técnica.

Capítulo II - Componentes básicos da automação industrial

II.1. Famílias de equipamentos e instrumentação

Os sistemas de controle na indústria operam em paralelo à linha de produção e são utilizados para coordenar, monitorar, alterar e registrar as condições de máquinas, produtos e processos. Têm como principais requisitos, que devem ser atendidos simultaneamente, a minimização da intervenção humana, a manutenção de condições de segurança operacional e a garantia de respostas em tempo real. Na automação de um processo produtivo, é necessário empregar dispositivos mecânicos, elétricos e eletrônicos que desempenhem funções equivalentes às humanas nas atividades de supervisão e controle, tais como coleta e análise de dados e correção de rumos. Conforme citado anteriormente, para o atributo dos sentidos humanos, foram desenvolvidos os sensores ou instrumentos de medição, que medem e informam os dados sobre o andamento do processo. Para as funções executadas pelo cérebro humano, foram criados dispositivos denominados controladores, que recebem e processam as informações fornecidas pelos sensores, calculando as medidas a adotar e emitindo instruções para os atuadores. Esses são os dispositivos que executam as ações que seriam realizadas pelos membros humanos para corrigir variações detectadas pelos outros dispositivos ou alterar as respostas do processo (GUTIERREZ, 2008).

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. De uma maneira geral, um sistema de automação é composto de diferentes dispositivos os quais, devem ser capazes de, em conjunto abranger as funções de aquisição de dados, adaptação dos dispositivos ao sistema, comunicação intra-

sistema, visualização, supervisão, operação e, finalmente, definição de parâmetros e algoritmos de otimização. Um aspecto importante para o bom funcionamento do sistema é que cada um dos dispositivos tenha seu desempenho satisfatório, permitindo que o sistema atue de forma integrada e coordenada, com precisão, velocidade de processamento e resposta adequados ao projeto de automação.

As principais famílias de instrumentos que compõem uma malha de controle são:

- **Sensores ou medidores:** são instrumentos de medição com os quais é possível detectar alterações na variável de processo. O objetivo dos sensores, juntamente com os atuadores e controladores, é manter constantes as variáveis de um processo, alcançando assim a melhoria em qualidade, o aumento em quantidade do produto e a segurança do processo. As principais variáveis a serem medidas são pressão, temperatura, nível e vazão (GONÇALVES, 2003).

- **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. Os transmissores eletrônicos possuem sinal de saída em 4 a 20 mA, 10 a 50 mA e 1 a 5 V, mais comumente (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008).

- **Controlador:** é um dispositivo que monitora e pode alterar as variáveis de saída de um sistema dinâmico por meio do ajuste das variáveis de entrada do sistema. Por essa razão, as variáveis de saída recebem o nome de controladas e as variáveis de entrada são chamadas de manipuladas. Podem ser variáveis, seja de entrada ou de saída, temperatura, pressão, nível, vazão, densidade, tempo, velocidade, potência, tensão (elétrica), corrente, frequência, estado (ligado ou desligado), peso, dimensão e posição (GUTIERREZ, 2008).

- **Instrumentos de atuação:** Define-se por atuador todo instrumento capaz de atuar no sistema provocando alteração em alguma condição de operação ou variável de processo. Os atuadores podem ser elétricos, eletromecânicos, pneumáticos e hidráulicos.

O atuador é o componente de uma válvula que recebe o sinal de controle e o converte em abertura (ou fechamento) modulado da mesma. As principais aplicações de válvulas no processo industrial são serviço de liga e desliga, serviço de controle proporcional, prevenção de vazão reversa, controle e alívio de pressão e algumas aplicações especiais. De todas estas aplicações, a mais importante se relaciona com controle automático e contínuo do processo (GONÇALVES, 2003).

Denomina-se malha de controle ao circuito composto pelos sensores, controladores e atuadores, que realiza o ciclo de ações básicas necessárias ao controle automático de um processo produtivo. Uma máquina ou uma planta industrial completa pode ser composta por apenas uma ou por centenas de malhas de controle que, em conjunto, executam a automação total da máquina ou unidade produtiva (GUTIERREZ, 2008).

II.2. Sistemas de Controle de Processos

Um conceito básico na teoria de controle é o de malha fechada, com realimentação (*feedback*), na qual a variável de saída é realimentada ao controlador. Este compara o nível da saída como valor de referência definido (*set point*) e, em função da diferença (erro), aumenta ou diminui o valor da entrada, até que o valor da saída alcance o valor ideal. Casos imprevistos são detectados e tratados pelo controlador, porém, caso haja um desvio muito grande do valor de referência, pode ser necessário certo tempo para que seja recobrado o equilíbrio do sistema.

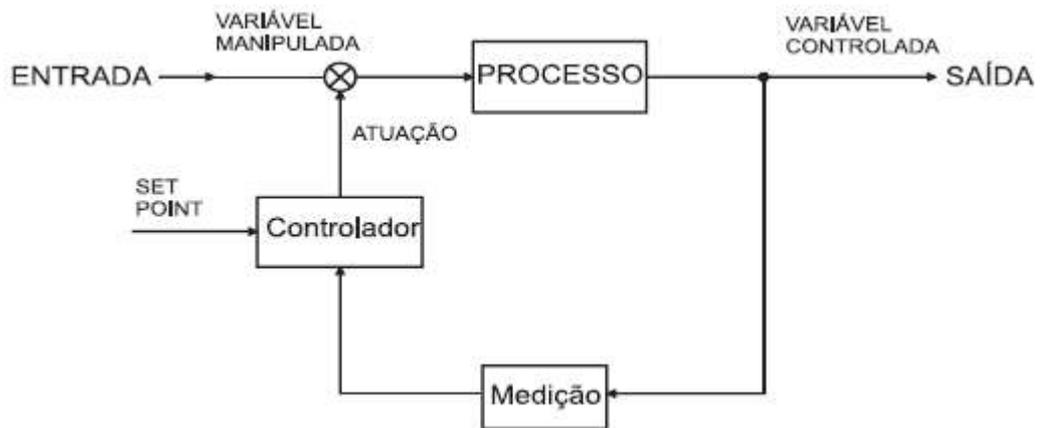


Figura 2: Controle em malha fechada
 Fonte: GUTIERREZ, 2009

Outro conceito importante é o de malha aberta, ou seja, que não possui realimentação, caso em que o controle é conhecido como antecipativo (*feedforward*). Tal controle é adequado aos processos em que seria muito longo o período de tempo necessário para que as variáveis de saída apresentassem mudanças em função da realimentação. Contudo, é fundamental que o comportamento do processo controlado seja perfeitamente conhecido para que as respostas possam ser adequadamente antecipadas. Ao ser detectado qualquer distúrbio que afete a variável de entrada, imediatamente é tomada uma ação corretora. O inconveniente da malha aberta é que, caso ocorram variações imprevistas, não há como o sistema corrigir sua atuação (GUTIERREZ, 2008).

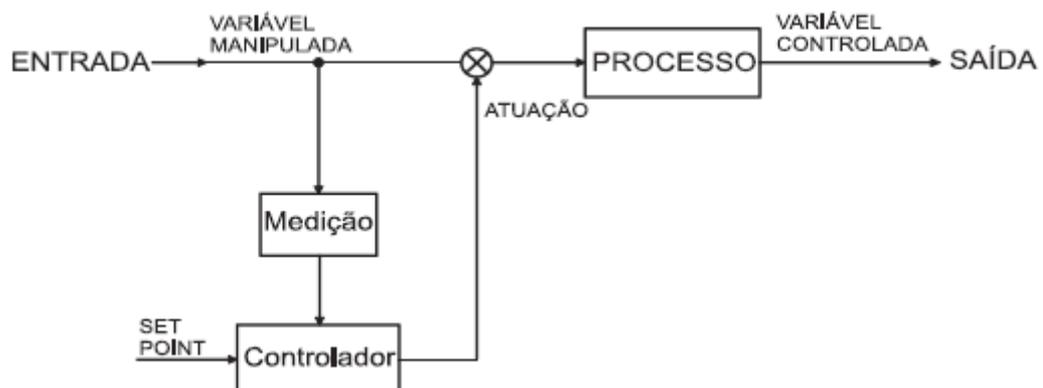


Figura 3: Controle em malha aberta
 Fonte: GUTIERREZ, 2009

Em síntese, 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 *set point*), 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).

Os sistemas de controle mais empregados na indústria são os Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD) e o Computador Lógico Programável (CLP).

II.2.1 Sistema Digital de Controle Distribuído - SDCD

O SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) é um sistema de controle industrial micro-processado, criado em 1970 pela *Honeywell*², 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 utiliza as informações de forma automática, fazendo com que os controles se adaptem a qualidade instantânea do processo, das medições e dos elementos finais do controle, tomando inclusive ações de segurança, como abertura ou fechamento de válvulas ou mudança no controle de automático para manual.³ 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. A rede digital associada aos “equipamentos inteligentes” – que também geram informações sobre sua condição operacional – possibilita o envio praticamente ilimitado de informações ao sistema de controle. Por exemplo, um dado

²*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.

³ Dois exemplos recentes de planta digital ligadas a Petroquímica podem ser citados, em São Paulo: A refinaria da Petrobras e a planta de polipropileno da Braskem. (Petro& Química, 2009)

coletado nos fornos ou nas caldeiras (pressão, temperatura, vazão) percorrem os fios carregando junto diagnósticos e indicações de situações anormais. Em segundos, o sistema compara tudo com um modelo e sai distribuindo ordens para que válvulas se abram ou se fechem, reporta para os responsáveis pela manutenção informações sobre a condição dos equipamentos e ainda armazena todas essas ocorrências em um banco de dados. É a chamada planta digital (BEGA, 2006).

Em síntese, ele é composto basicamente por um conjunto integrado de dispositivos que se completam no cumprimento das suas diversas funções - o sistema controla e supervisiona o processo produtivo da unidade. Utilizam-se técnicas de processamento digitais (discreto) em oposição ao analógico (contínuo), com o objetivo de proporcionar uma manutenção no comportamento de um referido processo na planta da indústria, dentro de parâmetros já estabelecidos.

II.2.2 Computador Lógico Programável - CLP

O CLP é um equipamento de controle industrial micro processado, criado inicialmente para efetuar especificamente o controle lógico de variáveis discretas e atualmente é usado em diversos tipos de controle. Foi criado para substituir os relés⁴ 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).

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.

⁴ Um relé é um interruptor acionado eletricamente. A movimentação física deste "interruptor" ocorre quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, criando assim um campo magnético que por sua vez atrai a alavanca responsável pela mudança do estado dos contatos.

Os CLPs recebem as entradas e saídas dos instrumentos de campo em módulos, comunicam-se com as Unidades Centrais de Processamento (UCPs), que executam as lógicas armazenadas em sua memória. Os CLPs também se comunicam em outra camada com equipamentos micro processados, 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, freqüentemente, os mesmos módulos de entrada e saída fabricados pelos fornecedores de CLP mais tradicionais (BEGA, 2006).

É importante estar ciente que a automação tem associação direta com a instrumentação industrial. A escolha do tipo de comunicação entre os instrumentos de campo e a camada de automação depende de diversos fatores, como o custo de instalação, de manutenção, segurança e confiabilidade da informação enviada por cada uma das tecnologias. Além disso, vale ressaltar que a evolução destes dispositivos levou a redução de seus tamanhos e preços, devido ao aumento de suas escalas de produção e avanços científicos em pesquisa.

Hoje os processos são bem mais complexos, devido às 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.3. Tipos de Controle Automático

II.3.1 Controle automático por transmissão pneumática

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 ABB⁵, desenvolveu o primeiro controlador pneumático com todas as capacidades de controle proporcional (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, que foram completamente modificados para se adequarem a esta tecnologia.

Para concentrar todos os controladores em um só ambiente, obtendo assim uma visão geral da planta, criou-se a Sala de Controle Central. 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.

⁵ A ABB foi formada em 1988, quando a sueca Asea e a suíça Brown Boveri BBC uniram-se adotando o nome ABB. É a empresa líder em faturamento no setor de automação industrial

II.3.2 Controle automático por transmissão eletrônica

A instrumentação pneumática demandava um abastecimento enorme de ar no instrumento, o que ao longo dos tempos se tornou 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.

O surgimento dos transmissores eletrônicos permitiu que os sinais de campo fossem enviados para Controladores Lógicos Programáveis (CLPs).

II.3.3 Controle automático em redes

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.

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 4.

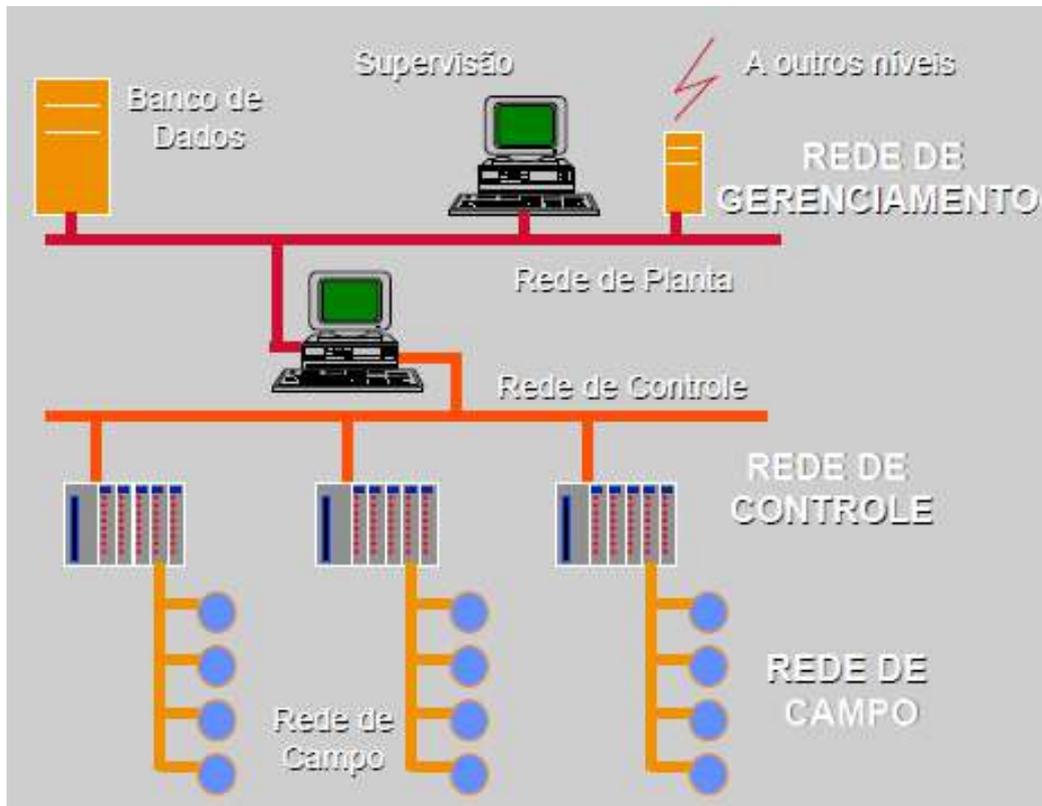


Figura 4: Hierarquia das redes industriais
Fonte: TEIXEIRA E MOTA LTDA, 2008

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 (*Management Information System - 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/O⁶. 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.

As redes de campo 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.

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. Utiliza sensores e atuadores normalmente baratos.

⁶ Entrada/saída (em inglês: Input/output, sigla I/O) é um termo utilizado quase que exclusivamente no ramo da computação (ou informática), indicando entrada (inserção) de dados por meio de algum código ou programa, para algum outro programa ou hardware, bem como a sua saída (obtenção de dados) ou retorno de dados, como resultado de alguma operação de algum programa, consequentemente resultado de alguma entrada.

As redes *Devicebus* podem cobrir distâncias de até 500m, valor intermediário entre os *Sensorbus* e *Fieldbus*. 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 5 mostra os principais equipamentos utilizados por cada um dos tipos de rede, sendo os principais previamente descritos na seção 2.1.

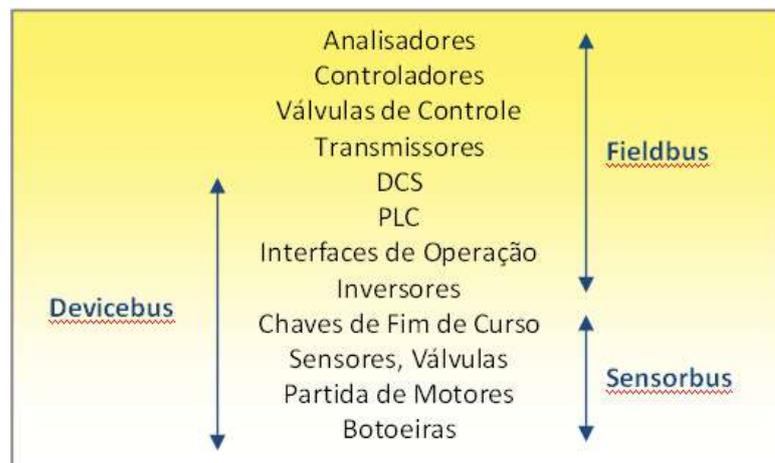


Figura 5: Tipos de Equipamentos usados em cada Rede
Fonte: TEIXEIRA E MOTA LTDA, 2008

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.

Outros exemplos de redes de campo são as redes *Ethernet* e *Wireless*, frutos da inovação no setor, e que junto às redes *Fieldbus*, constituem o cerne deste estudo prospectivo.

II.3.3.1. Redes *Fieldbus*

Fieldbus é um protocolo desenvolvido para automação de Sistemas de Fabricação, elaborado pela FieldBus Foundation e normalizado pela ISA-*The International Society for Measurement and Control*. O protocolo visa a interligação de instrumentos e equipamentos, possibilitando o controle e monitoração dos processos.

Geralmente é utilizado com os chamados Softwares Supervisórios (SCADA, etc.), que permitem a aquisição e visualização desde dados de sensores até status de equipamentos (BORDIM, 2006).

Fieldbus foi desenvolvido baseado no padrão ISO/OI, porém não contém todos os seus níveis, sendo dividido em dois principais: Nível Físico (interligação entre os instrumentos e equipamentos) e Nível de Software (tratam das formas de comunicação entre os equipamentos) (BORDIM, 2006).

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

- Redução dos custos de cabeamento e facilitação da engenharia de detalhamento (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, no que diz respeito a utilização de equipamentos e protocolos de fabricantes distintos.
- Possibilidade de conexão com vários dispositivos.
- Tempos de transferência longos, mas com capacidade de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário)
- Velocidade pode atingir até 1 Mbps (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008).

Conforme citado anteriormente, dentre as redes *Fieldbus* existentes, as principais e mais utilizadas são:

- *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*). Essa solução de comunicação digital avançada foi designada pelo grupo para 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.

- *Profibus PA*: 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 FISCO⁷ (*Fieldbus Intrinsically Safe Concept*), 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. 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 (TEIXEIRA E MOTA LTDA., 2008).

⁷ O modelo FISCO foi desenvolvido pelo instituto alemão PTB - *Physikalisch Technische Bundesanstalt* (Instituto Tecnológico de Física) e é hoje internacionalmente reconhecida como o modelo básico para barramentos em áreas classificadas.

- HART: O protocolo HART (*Highway Address Remote Transducer*) é um sistema a 2 fios, mestre escravo⁸, 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*⁹ (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, 2008). 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.

Vantagens dessas redes de automação em relação a sistemas convencionais de cabeamento:

- Expansão da rede com o sistema em funcionamento;
- Redução de materiais (cabos, painéis, caixas de junção, etc.);
- Interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes distintos;
- Capacidade de auto-reconhecimento do instrumento;
- Facilidade na manutenção;
- Flexibilidade na configuração da rede;
- Possibilidade de diagnósticos dos dispositivos (NASCIMENTO, 2008).

⁸ Um sistema operando como mestre-escravo possui um nó mestre, que emite comandos explícitos para um dos nós escravos e processa a sua resposta. Tipicamente os escravos não irão transmitir dados sem uma requisição do nó mestre e não se comunicam com outros escravos.

II.3.3.2. *Redes Ethernet*

Um sensor pode ter interface com o protocolo *Ethernet* facilmente e com baixo custo, através da utilização de um micro controlador que adapta o sinal recebido à comunicação internet. Essa vantagem possibilitou a utilização de sensores internet para automação industrial (DRAGO, 2008).

Atualmente, cada fabricante já tem sua solução para o ambiente industrial em Ethernet: Profinet, da associação Profibus, (que é uma evolução do Profibus-DP), o Ethernet/IP da ODVA (onde IP quer dizer Industrial Protocol) e cuja proposta é uma evolução do Devicenet e Controlnet, e o HSE *High Speed Ethernet* da Fieldbus Foundation são exemplo e padrões.

Com a existência de uma grande quantidade de soluções para Ethernet Industrial acabou-se por não ter a interoperabilidade desejada. Isto porque cada fabricante ou grupo desenvolveu suas soluções incompatíveis com os demais, por exemplo, Profinet da associação Profibus não se comunica com o Ethernet/IP da ODVA.

De uma forma ou outra a Ethernet conseguiu sua penetração no ambiente industrial (LUGLI et al).

Algumas vantagens desse sistema podem ser estabelecidas:

- Velocidade superior aos sistemas de baixa velocidade como o protocolo Modbus RTU¹⁰ 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.

¹⁰ Modo de transmissão serial RTU (*Remote Terminal Unit*). Na camada física os sistemas Modbus em linhas seriais podem usar diferentes interfaces físicas (RS485, RS232, etc.). A interface RS485 de 2 fios é a mais comum. (DENARDIN, 2010). Camada física refere-se, em informática, à consideração dos componentes de hardware envolvidos em um determinado processo. Em termos de redes, a camada física diz respeito aos meios de conexão através dos quais irão trafegar os dados, tais como interfaces seriais ou cabos coaxiais.

Por outro lado, embora seja uma das mais recentes redes de campo com fio, ainda compartilha 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).

II.3.3.3. *Redes Wireless*

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 permanecem, tais como ruído, má instalação, espaço na planta para que os cabos sejam encaminhados até a sala de controle, altos custos, dentre outros.

Além 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. 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 pode-se entender o motivo conhecendo suas características (ALIPERTI, 2008).

O *Wireless* é uma camada física pela qual sinais analógicos (4-20mA, 1-5V_{CC} 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 UTR (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 arquitetura de uma rede *Wireless* é composta normalmente por vários dispositivos que distribuem sinal, conforme representado na figura 6. 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.

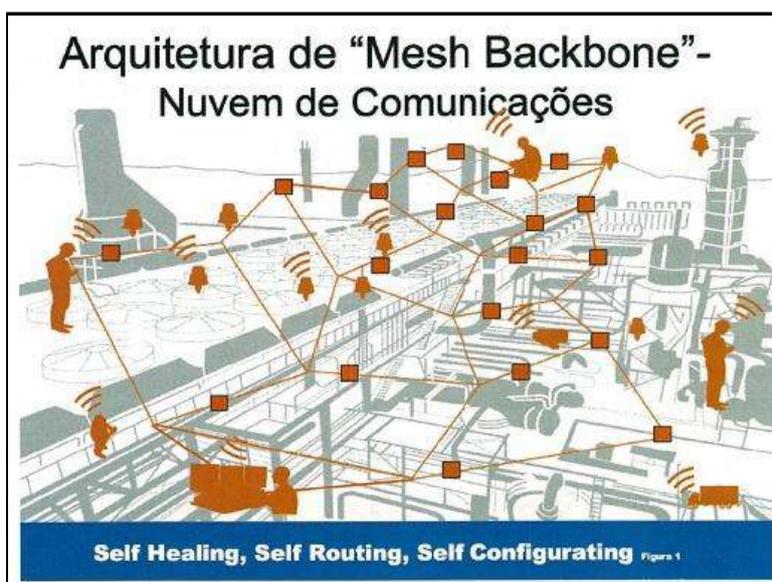


Figura 6: Arquitetura de uma rede *Wireless*
Fonte: ALIPERTI, 2008

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*¹¹. 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).

Algumas vantagens das redes *wireless* frente às 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 restritos, 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,

¹¹ *Gateway*, ou porta de ligação, é uma máquina intermediária geralmente destinada a interligar redes, separar domínios de colisão, ou mesmo traduzir protocolos. Exemplos de *gateway* podem ser os routers (ou roteadores) e *firewalls*, já que ambos servem de intermediários entre o utilizador e a rede. Um *proxy* também pode ser interpretado como um *gateway* (embora em outro nível, aquele da camada em que opera), já que serve de intermediário também.

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 ser 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:***

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).

Capítulo III - Estrutura da Cadeia Produtiva do Setor de Automação Industrial

III.1. Mercado mundial e nacional de automação industrial

A importância da automação na indústria de processos cresceu muito nos últimos anos, se fortalecendo 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 maior lucratividade guiando às melhores saídas de produtos, rendimento e qualidade usando pouca energia (BENSON, 1997).

Artigo publicado por John Pfeiffer na revista *InTech*, de fevereiro de 2005, estimava o faturamento total do setor de controle industrial no mundo – equipamentos, sistemas e serviços – em US\$ 99 bilhões, naquele ano. Já os serviços de integração de sistemas em 2005, segundo a Control Systems Integrators Association (CSIA), atingiram o montante de US\$ 20 bilhões.

Em 2007, de acordo com a consultoria ARC Advisory Group, as vendas de automação no mundo ultrapassaram US\$ 50 bilhões, sendo US\$ 32 bilhões para a automação de processos contínuos e US\$ 18 bilhões para a automação de processos discretos. Quanto a perspectivas, a empresa projeta um crescimento para o setor, até o ano de 2011, de 9,6% a.a. para a automação de processos e 6,8% a.a. para a automação discreta.

Assim, apesar da carência de dados consolidados e publicamente disponibilizados, é possível estimar que o volume total de faturamento envolvendo a cadeia de automação industrial no mundo se situa entre US\$ 70 bilhões e US\$ 100 bilhões, com perspectivas otimistas de crescimento (GUTIEREZ, 2008).

A empresa de consultoria *Intechno Consulting* realizou um estudo de projeção de mercado em 2003 no qual apontou que o setor de automação de processos iria crescer em uma taxa anual de 5,1% entre 2005 e 2010, alcançando US\$ 94,2 bilhões em 2010. Estes valores se referem à indústria de processo em sua definição mais ampla, que engloba o setor de extração de materiais primários (carvão, urânio, petróleo e gás), indústrias básicas (produção de vidro, cerâmica, metais e papel e celulose), geração de energia e tratamento de resíduos, além da indústria de processo em seu sentido mais restrito (química, farmacêutica, petroquímica, alimentos e bebidas). Através da figura 7 é possível observar que, segundo as projeções, a indústria de processos predomina frente às demais no que concerne a automação.

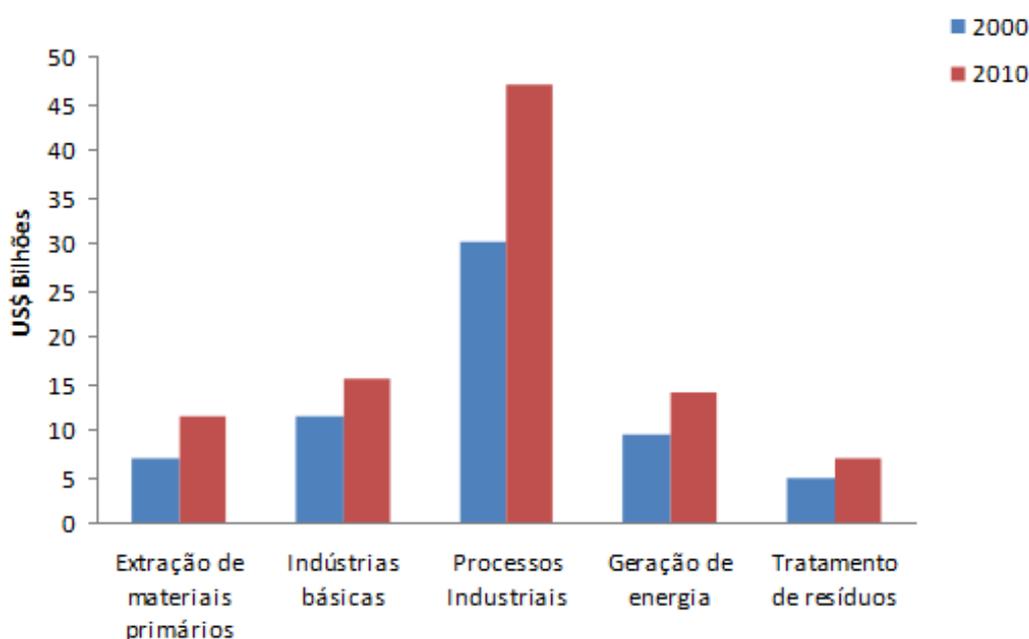


Figura 7: Desenvolvimento do mercado mundial para automação de processos até 2010 – segmentação por indústrias
 Fonte: SCHRODER, 2003

Em termos geográficos, 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, principalmente devido ao potencial de crescimento para automação na China. A Índia também está ganhando mercado mundialmente. A figura 8 mostra o desenvolvimento do mercado mundial por regiões, de acordo com projeções para o setor (SCHRODER, 2003).

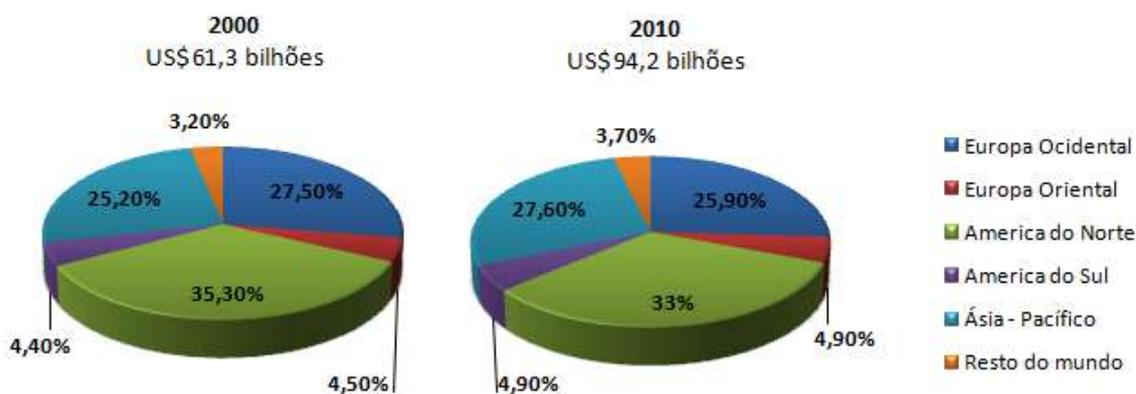


Figura 8: Desenvolvimento do mercado mundial para automação de processos até 2010 – segmentação por regiões

Fonte: SCHRODER, 2003

Cerca de 40% dos *hardwares* de automação adquiridos em 2000 foram para controles de processos, e 61% para instrumentação de campo, incluindo os sensores, equipamentos de medidas e atuadores integrados. A previsão para 2010 é que a participação dos *hardwares* no nível de controle caia para 35,8%. A inteligência está sendo movida para os níveis de campo e a camada dos controladores e sistemas está se tornando mais barata, caminhando para produtos com características de *commodities*.

Já o mercado mundial de CLPs, segundo a ARC, alcançou US\$ 9 bilhões em 2007, sendo esperado um crescimento anual até 2012 de 6,5% a.a. É interessante observar que esse crescimento é puxado pelos países emergentes do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China) e do Leste Europeu (GUTIEREZ, 2008).

Por meio de projeções, esperava-se que o mercado mundial de soluções *fieldbus* na indústria de processos cresça a taxas anuais de 22,3% entre 2008 e 2010. A movimentação financeira neste mercado foi maior que US\$ 831 milhões em 2006 e há previsões que possa ultrapassar os US\$ 2,279 bilhões em 2011, de acordo com um estudo também realizado pela ARC Advisory Group. Dentro dessa tecnologia, as redes PROFIBUS e FOUNDATION Fieldbus apresentaram um grande crescimento no número de instalações na indústria de processos, como o setor petroquímico, sendo líderes dos investimentos. A tabela 1 contém os dados do estudo da ARC Advisory Group, contendo os valores obtidos em 2006 e uma estimativa para o ano de 2011 (NASCIMENTO, 2008).

Tabela 1: Investimentos em fieldbus nas indústrias de processo, em milhões de dólares

	Rendimentos em 2006	Rendimentos em 2011	Taxa de crescimento anual composta
FOUNDATION Fieldbus	566,6 (66,1%)	1.714,2 9 (75,2%)	24,8%
PROFIBUS	263,8 (31,7%)	564,1 9 (24,7%)	16,4%
Outros	1,3 (0,2%)	1,5 (0,1%)	3,6%
Total	831,7 (100%)	2.279,8 (100%)	22,3%

Fonte: NASCIMENTO, 2008

No âmbito brasileiro, a projeção de faturamento para 2011 no setor de automação industrial é de R\$3.658 milhões, que representa um crescimento de 13% em relação a 2010 (ABINEE, 2011).

As exportações de produtos elétricos e eletrônicos, no mês de fevereiro de 2011, somaram US\$ 562,6 milhões 4,6% acima de fevereiro do ano anterior. Deste valor, US\$23,1 milhões se referem à automação industrial, uma variação positiva de 6,9% em relação ao mesmo mês do ano anterior e de 12,7% com relação a janeiro de 2011. Com relação às importações de produtos elétricos e eletrônicos, também no mês de fevereiro de 2011, alcançaram US\$ 2,78 bilhões, resultado superior aos atingidos no mesmo mês dos dois anos anteriores. Neste valor, US\$ 204,4 milhões corresponde ao setor de automação industrial, uma variação de 33,4% em relação ao mesmo mês de 2010 (ABINEE, 2011).

III.2. Empresas

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 (JAMSA-JOUNELA, 2007).

A Tabela 2 apresenta as principais empresas de automação no mundo, mostrando seu faturamento e gastos com P&D.

Tabela 2: Principais Fabricantes Internacionais Ligados à Automação Industrial

Empresa	Faturamento em 2007(US\$ Bilhões)	% do faturamento em automação industrial	Dispêndios em P&D (% do total do faturamento)
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

Fonte: GUTIERREZ, 2008

Vale à 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, 2008).

Observa-se um crescimento generalizado na 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.

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 por gigantes internacionais líderes em automação industrial. Este grupo é formado pelas empresas apresentadas na tabela 2, como a ABB, Emerson, GE Fanuc, Honeywell, Invensys, Rockwell, Schneider, Siemens e Yokogawa. Todas estão presentes no país e oferecem soluções completas, fornecendo *hardware*, *software* e serviços. 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 (FAIRBANKS, 2008).

III.3. Caracterização da Cadeia Produtiva

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. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2009) este é um setor com uma dinâmica de inovação peculiar, mais voltado para inovações de aplicação do que inovação de produtos propriamente ditos, sendo estes fortemente influenciados por desenvolvimentos em elos da cadeia a montante.

A Figura 9 apresenta um esquema da cadeia produtiva de automação industrial. Alguns padrões dominantes deste setor são: ciclo de vida curto dos produtos do tipo *commodity*; progressiva segmentação para soluções específicas e importância da marca, associada à confiabilidade. Esta última característica configura-se como uma importante barreira à entrada de novos concorrentes, fortalecendo os produtores já atuantes no mercado.

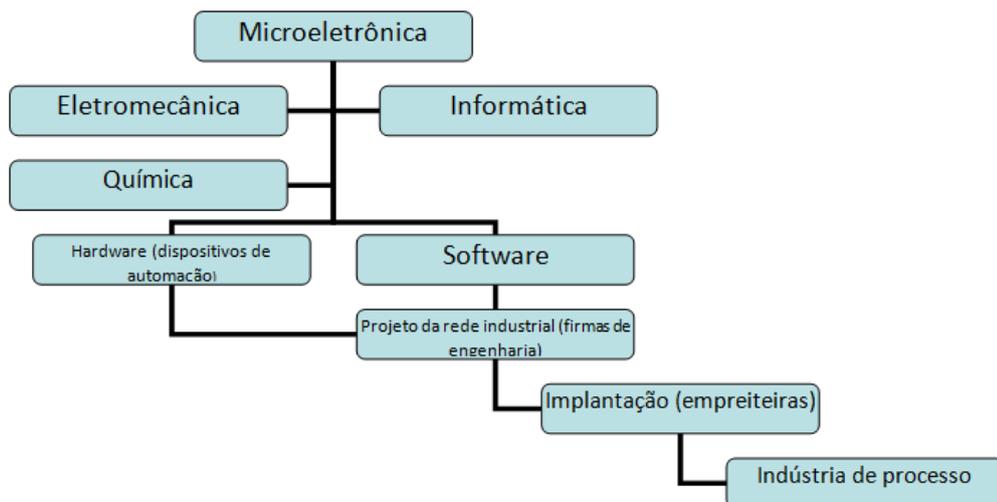


Figura 9: Representação da cadeia produtiva de automação industrial
Fonte: Elaboração própria

É possível identificar basicamente duas modalidades de contrato em automação industrial: o formato tradicional e o chamado *Main Automation Contractor* (MAC) ou Contrato Global de Automação (CGA) (BOSCO, 2009). No primeiro, empresas diferentes ficam responsáveis pelo fornecimento dos instrumentos dos sistemas de controle, e da configuração do sistema, sendo que esta etapa pode ficar a cargo da equipe da própria contratante caso haja *expertise* para tal. No segundo caso, a empresa responsável pela solução em automação responde pela gestão e fornecimento de hardware, licenças de software do sistema de controle e de segurança de processo e instrumentação de campo. Além disso, fica responsável pela interface do sistema de controle da planta com os fornecedores de equipamentos e unidades que tenham solução de automação separadas, e por prestar assistência técnica em todas as fases da obra. Ou seja, um único fabricante responde pelas diferentes etapas da cadeia produtiva até a implantação do sistema no processo industrial (ABDI, 2011).

A relação entre os diferentes elos da cadeia, desde o produtor dos dispositivos até o usuário final, a indústria de processo, é bastante estreita. Todas as atividades de assistência técnica e treinamento ficam a cargo do fornecedor do dispositivo, ou seja, existe uma relação direta entre o elo final e os fornecedores de *hardware*, que passam pelos elos de projeto e construção. No caso dos fornecedores de *software*, em caso de desenvolvimento sob encomenda, a relação também se dá de maneira direta, sendo a firma de engenharia uma ponte para esta relação.

Existe uma tendência de adaptar produtos de uso geral aos requisitos de automação das diversas plantas industriais, numa tentativa de conciliar o universal com o específico. Empresas menores têm conseguido sucesso em nichos do mercado internacional, integrando produtos de terceiros através do fornecimento de soluções de automação e de processo (ABDI, 2011).

Os equipamentos de automação podem ser utilizados de forma autônoma ou interligados em sistemas. Para as atividades de integração, o *hardware* é considerado *commodity* e a diferenciação acontece no *software* e na sistemática de integração. O conceito de *computer integrated manufacturing* (CIM) prevê a integração dos sistemas de automação e de informática com o uso de redes de comunicação de dados com protocolos padronizados.

No que diz respeito aos dispositivos e protocolos de comunicação, há uma tendência de padronização, o que leva a redução dos custos de implantação de sistemas de automação e aumento da competitividade entre os fabricantes. Há de se ressaltar também que a convergência tecnológica, ocorrida a partir da utilização da eletrônica digital, vem permitindo uma integração entre os sistemas de controle de processos e as ferramentas de gestão corporativa (ABDI, 2011).

IV.1. A importância dos estudos de prospecção tecnológica

Uma das conseqüências do avanço da informática e da tecnologia em rede é a facilidade que atualmente se tem no acesso e na disponibilidade de informação. Castells (1999) destaca que as tecnologias da informação estão mudando a sociedade de maneira acelerada e podem ser comparadas com uma revolução tecnológica. Para descrever esta revolução, o autor utiliza o termo “Sociedade Informacional”, ou seja, a fonte de produtividade de hoje em dia está baseada na tecnologia de difusão de informações. Abbad e Borges-Andrade (2004) corroboram essa idéia e destacam “a importância que se passou a dar à aquisição, à manutenção e à transferência do conhecimento como ferramenta estratégica e de sustentabilidade das organizações” (UNIETHOS, 2012).

Algumas pesquisas apontam que é cada vez mais usual a prática de Inteligência Competitiva nas organizações brasileiras. De acordo com Santos et al. (2004), a Inteligência Competitiva pode ser considerada um método de prospecção de curto prazo. É um processo ético que utiliza informações públicas sobre tendências, eventos e atores fora das fronteiras da organização. Este processo visa subsidiar a tomada de decisão e contribuir para que as metas sejam atingidas ”.

O monitoramento contínuo das variáveis-chave do negócio, como por exemplo, as tecnologias, estratégias e mercado dos competidores, podem, se tomadas as devidas ações, prevenir as organizações de surpresas indesejáveis. Segundo Tarapanoff (2001), “com a manutenção do monitoramento e da avaliação dos desenvolvimentos industriais e das atividades competitivas, uma organização pode adotar ações estratégicas apropriadas e a tempo hábil” (UNIETHOS, 2012).

O termo prospecção tecnológica designa atividades de prospecção centradas nas mudanças tecnológicas, em mudanças na capacidade funcional ou no tempo e significado de uma inovação. Visa incorporar informação ao processo de gestão

tecnológica, tentando prever possíveis estados futuros da tecnologia ou condições que afetam sua contribuição para as metas estabelecidas.

A gestão tecnológica necessita saber como sua capacidade pode aumentar ao longo do tempo. Os decisores, da mesma forma, precisam entender a emergência, crescimento e difusão de tecnologias competitivas para antecipar quão rapidamente novas tecnologias poderão substituir as velhas. Isto é particularmente importante para corporações que dependem de tecnologias, sejam elas maduras ou novas (COELHO, 2003).

A prospecção visa o apoio ao processo decisório, sendo usada particularmente para:

- Maximizar os ganhos e minimizar perdas devido a ações/acidentes internos ou externos à organização.
- Orientar a alocação de recursos.
- Identificar e avaliar oportunidades ou ameaças no mercado.
- Orientar o planejamento de pessoal, da infra-estrutura ou recursos financeiros.
- Desenvolver planos administrativos, estratégias ou políticas, incluindo a análise de risco.
- Auxiliar a gestão de P&D.
- Avaliar novos processos ou produtos (COELHO, 2003).

IV.2. Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho se baseou na análise de artigos e de patentes para delineamento do estado da arte setorial.

IV.2.1 Prospecção Tecnológica em artigos e patentes

O uso de bases de dados e o tratamento da informação baseados em conceitos estatísticos específicos vêm sendo utilizados para inferir a emergência de novos paradigmas. Várias ferramentas têm emergido da bibliometria como fruto dos avanços da ciência da computação e da informação, como a finalidade de auxiliar no mapeamento, levantamento e tratamento de uma grande massa de informação, notadamente eletrônica, de desenvolvimentos científicos e tecnológicos (BAHRUTH, 2004).

De acordo com GUEDES e BORSCHIVER (2005), a bibliometria é uma ferramenta estatística que permite mapear e gerar diferentes indicadores de tratamento e gestão da informação e do conhecimento, especialmente em sistemas de informação e de comunicação científicos e tecnológicos, e de produtividade, necessários ao planejamento, avaliação e gestão da ciência e da tecnologia, de uma determinada comunidade científica ou país. É também um instrumento quantitativo, que permite minimizar a subjetividade inerente à indexação e recuperação das informações, produzindo conhecimento, em determinada área ou assunto. Em última análise ela contribui para tomadas de decisão na gestão da informação e do conhecimento, uma vez que auxilia na organização e sistematização de informações científicas e tecnológicas.

A informação científica e tecnológica resume-se nos diferentes tipos de buscas que podem efetuar-se para obter conhecimento sobre tecnologias disponíveis e serve para orientação em pesquisas, teses e constitui-se uma excelente base de dados para novos investimentos na indústria.

No que tange às informações científicas e tecnológicas, pode-se destacar o uso de artigos científicos (importante fonte de informações tecnológicas provenientes do meio científico) e o uso de bancos de patentes, como o Esp@cenet da União Européia, o USPTO dos Estados Unidos e o INPI do Brasil (VILHA, 2009).

O artigo científico, pela sua condição de fonte de informação original e de qualidade, constitui-se como um veículo de transmissão do conhecimento produzido

pelos pesquisadores, servindo de literatura-base para corroborar os estudos já existentes e inspirar novas pesquisas.

Por outro lado, uma das formas de se verificar o desenvolvimento tecnológico sobre uma determinada tecnologia é a análise dos documentos de patente. As patentes apresentam-se como excelentes indicadores de inovação, pois podem servir para medir os resultados de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), produtividade, estrutura e o desenvolvimento de uma tecnologia/indústria específica. Em virtude da relação existente entre as atividades de P&D e o número de pedidos de patente, é possível comparar, monitorar e analisar as atividades de pesquisa em uma área temática específica ou um novo setor. Estatísticas em patentes têm sido usadas como indicadores de resultados em atividades relacionadas à invenção. O número de patentes concedidas a uma dada empresa ou em um determinado país reflete o vigor tecnológico. Um exame nas tecnologias patenteadas pode produzir indicações da direção de mudanças tecnológicas (ALENCAR, 2008).

IV.2.2 Aplicação da Metodologia

Como ferramenta de busca, utilizou-se a base de dados SCIRUS¹², com mais de 440 milhões de itens científicos indexados, disponível no domínio <http://www.scirus.com>.

Inicialmente, realizou-se uma busca aleatória visando à compreensão do tema e posterior determinação da estratégia de pesquisa. Nesta etapa, encontrou-se o artigo “*Future Trends in Process Automation*”, de autoria de Sirkka-Liisa Jamsa-Jounela, do ano de 2007, que, devido ao grande número de citações e por vir ao encontro da temática a ser estudada, passou a nortear o estudo.

A partir deste, definiu-se como palavras-chaves “*Fieldbus*”, “*Ethernet*” e “*Wireless*”, redes de campo em destaque no artigo motivador, que, posteriormente,

¹² A base de dados SCIRUS foi selecionada por ser uma plataforma amigável de simples operação, bem como pela flexibilidade quanto ao tipo de documento pesquisado, podendo-se buscar artigos e patentes utilizando-se, para tal, um critério equânime. Vale ressaltar que os documentos de patentes são buscados em todas as bases da web e não só na base americana do USPTO (United States Patent and Trademark Office).

foram individualmente cruzadas com a expressão “*Industrial process automation*”, de forma a direcionar o foco dos resultados retornados.

Em relação ao intervalo temporal, utilizaram-se os limites ofertados pela base de dados utilizada, ou seja, de 1900 a 2011; todavia, vale à pena ressaltar que os resultados encontrados tanto para artigos quanto para patentes, se localizaram no intervalo de 1995 a 2011 (julho).

Na restrição por assunto, com o intuito de filtrar os documentos possivelmente desinteressantes, selecionou-se: *Chemistry and Chemical Engineering; Computer Science; Economics, Business and Management; Engineering, Energy and Technology; e Material Science*.

E, em especial para os artigos, foi dada ênfase aos documentos provenientes da *Science Direct*¹³.

IV.3. Análise de Artigos

Seguindo a metodologia exposta no item IV.2., foram encontrados 687 artigos. Após análise preliminar, retirando-se os artigos não relevantes¹⁴ ao escopo do trabalho, restaram 216, que passaram a compor o universo de análise. A tabela 3 apresenta os resultados detalhados para cada palavra-chave utilizada.

Tabela 3: Resultados para busca de artigos

Cruzamento de palavras-chave	Nº de artigos encontrados	Nº de artigos relevantes
“Industrial process automation” x “Fieldbus”	62	44
“Industrial process automation” x “Ethernet”	206	84
“Industrial process automation” x “Wireless”	419	88
TOTAL:	687	216

Fonte: Elaboração própria

¹³ A seleção da Science Direct se deve ao fato de se tratar de uma base de dados multidisciplinar.

¹⁴ O critério de relevância dos artigos (e, posteriormente, das patentes) se baseou na pirâmide da automação, representada na figura 1. Consideram-se como relevantes os artigos (e patentes) cujas discussões estão voltadas para as camadas regulatória e supervisória (níveis 1 e 2 da pirâmide).

IV.3.1. Distribuição temporal dos artigos

Primeiramente, construiu-se a distribuição temporal dos resultados retornados para os três grupos de tecnologia, que permite delinear o perfil de evolução das mesmas.

Para o grupo “Fieldbus”, o comportamento da distribuição é oscilatório, com máximo no ano de 2007. Vale à pena ressaltar também a inexistência de resultados relevantes nos últimos dois anos (2010 – jul/2011).

Para “ethernet”, com perfil também oscilatório, os máximos foram atingidos nos anos de 2005 e 2007, com o diferencial da existência de publicações nos anos de 2010 e jul/2011, apesar do decréscimo de um ano pra outro, além do primeiro resultado ter aparecido dois anos antes das demais tecnologias, ou seja, em 1995.

Com relação a “Wireless”, o máximo observado foi em 2007, conforme em “Fieldbus”, com aumento no número de resultados de 2010 para jul/2011.

As figuras 10, 11 e 12 explicitam estes comportamentos.

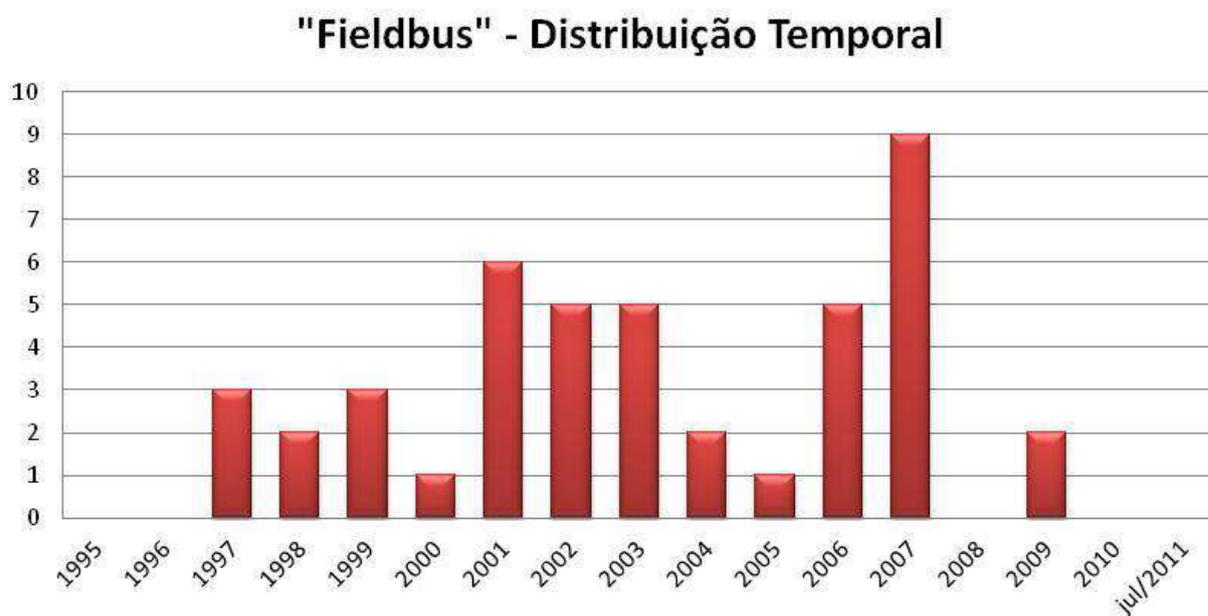


Figura 10: Distribuição Temporal de artigos– “Fieldbus”
Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição Temporal

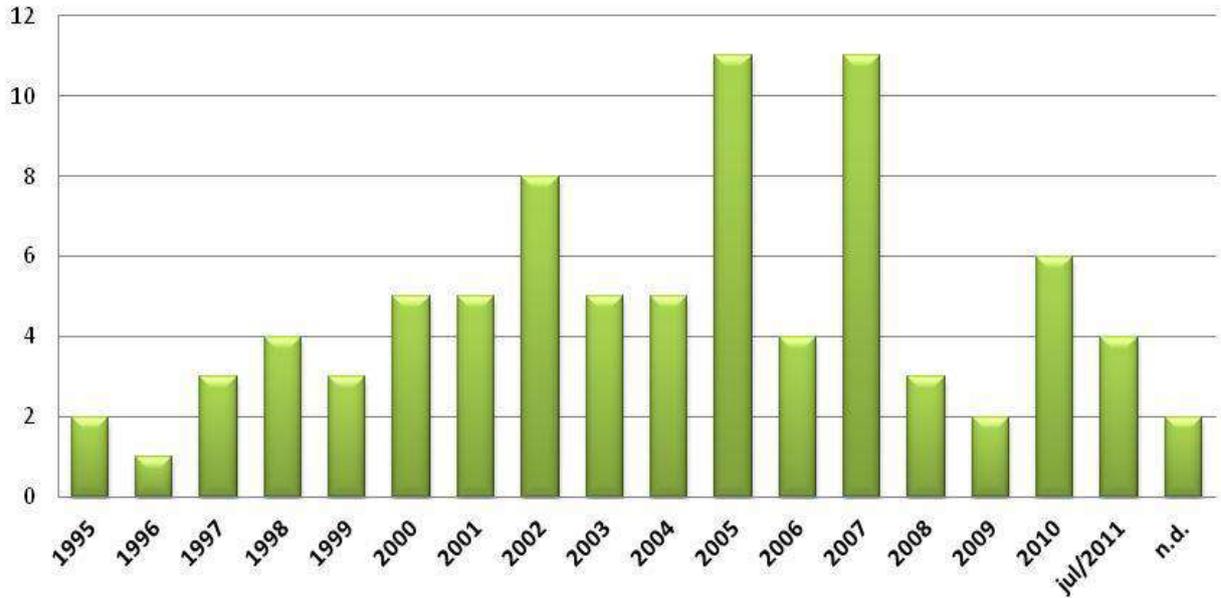


Figura 11: Distribuição Temporal de artigos – “Ethernet”
Fonte: Elaboração Própria

"Wireless" - Distribuição Temporal

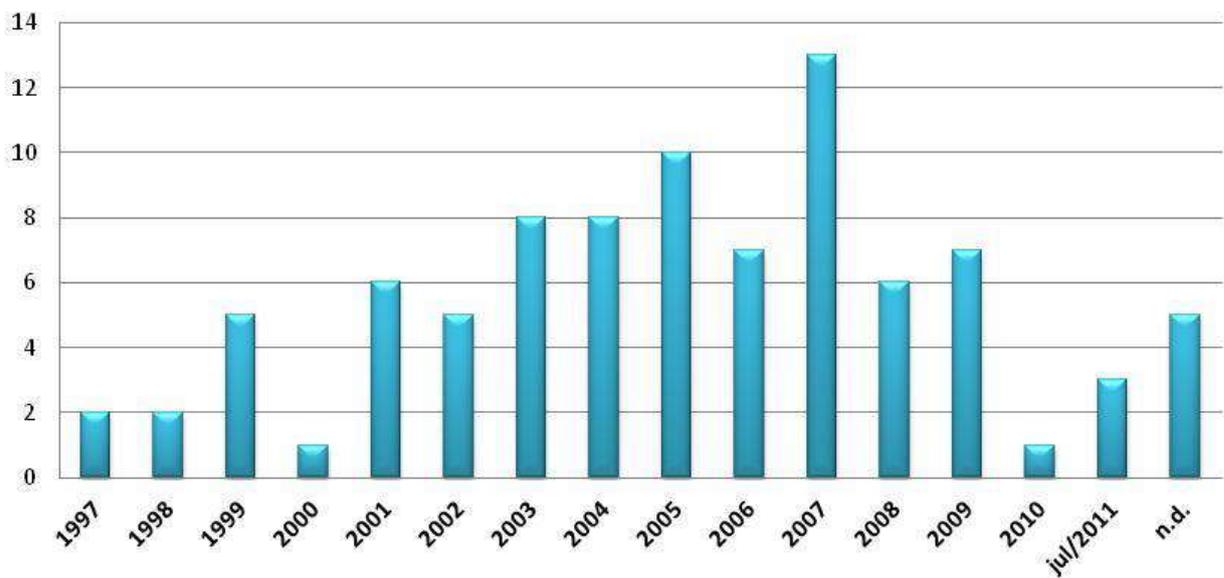


Figura 12: Distribuição Temporal de artigos – “Wireless”
Fonte: Elaboração Própria

IV.3.2. Distribuição dos artigos por país

Outro aspecto relevante a ser observado é a distribuição dos artigos por país, que permite identificar as possíveis nações de referência para determinada tecnologia, bem como a origem das inovações. Diante disto, construíram-se as distribuições mostradas nas figuras 13, 14 e 15.

"Fieldbus" - Distribuição por país

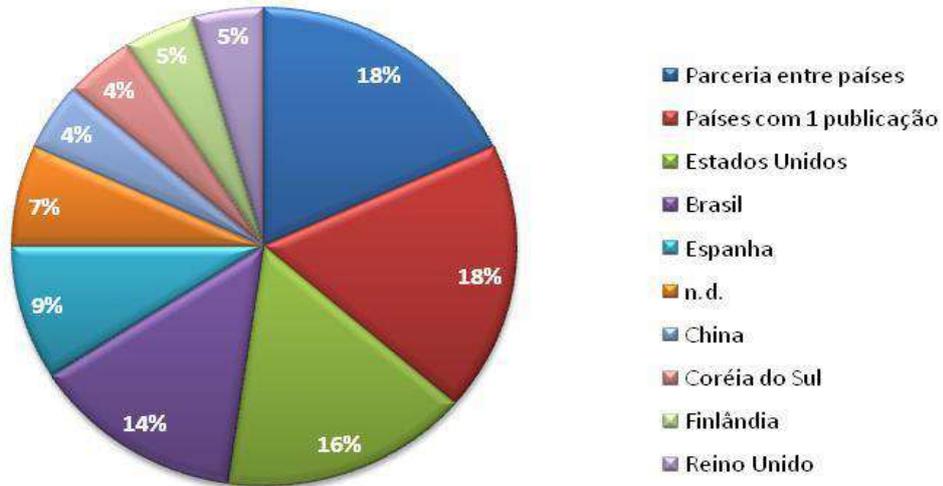


Figura 13: Distribuição de artigos por país – “Fieldbus”
Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por país

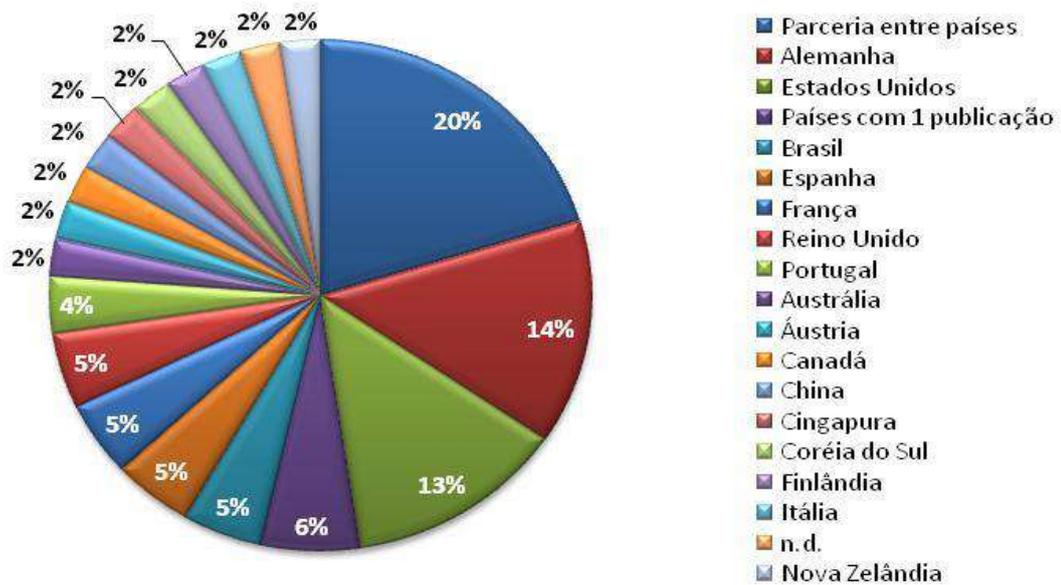


Figura 14: Distribuição de artigos por país – “Ethernet”
Fonte: Elaboração Própria

"Wireless" - Distribuição por país

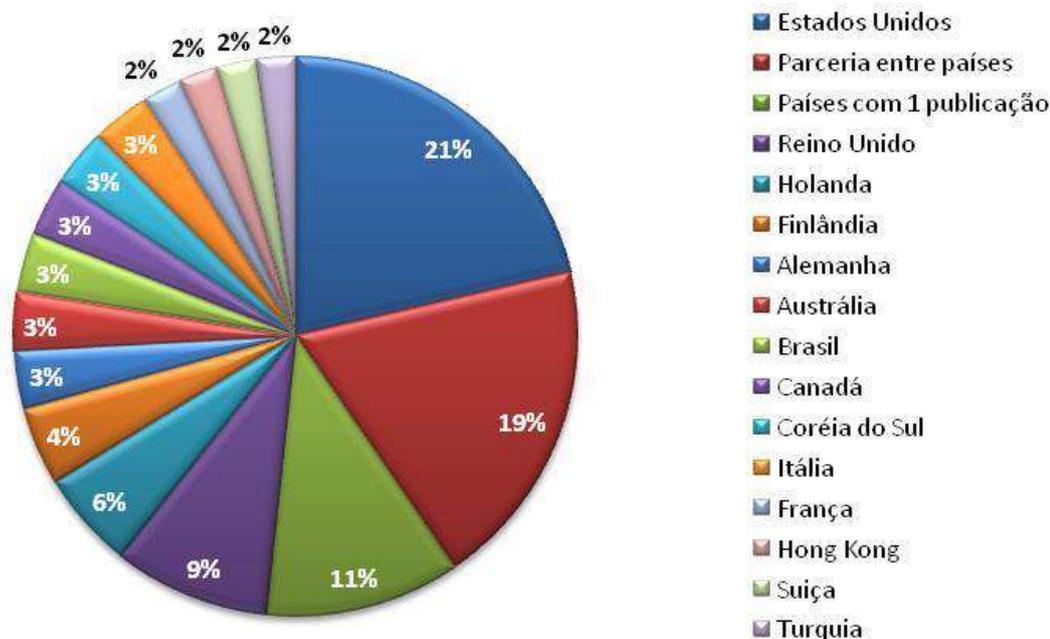


Figura 15: Distribuição de artigos por país – “Wireless”
 Fonte: Elaboração Própria

Avaliando-se os resultados expostos nestas figuras, nota-se que os Estados Unidos destacam-se para as tecnologias “Fieldbus” e “Wireless”, com 18% e 21%, respectivamente. Vale à pena mencionar que, no caso de “Fieldbus”, o Brasil possui certo destaque, em 2º lugar, com 16%, bem próximo, portanto, da 1ª posição. Para “Ethernet”, os Estados Unidos aparecem em 2º lugar, contabilizando 14% das publicações, cedendo a 1ª posição para a Alemanha, com 20%.

Por outro lado, para os três grupos de tecnologias é possível perceber a relevância para “parceria entre países”, fatia na qual foram agrupadas publicações desenvolvidas conjuntamente por pesquisadores oriundos de nações distintas. Portanto, para melhor analisar o posicionamento dos países, construíram-se as figuras 16, 17 e 18, que contabilizam não só as participações individuais, conforme as figuras 13, 14 e 15, como também a participação nestas parcerias.

"Fieldbus" - Distribuição por país (parcerias)

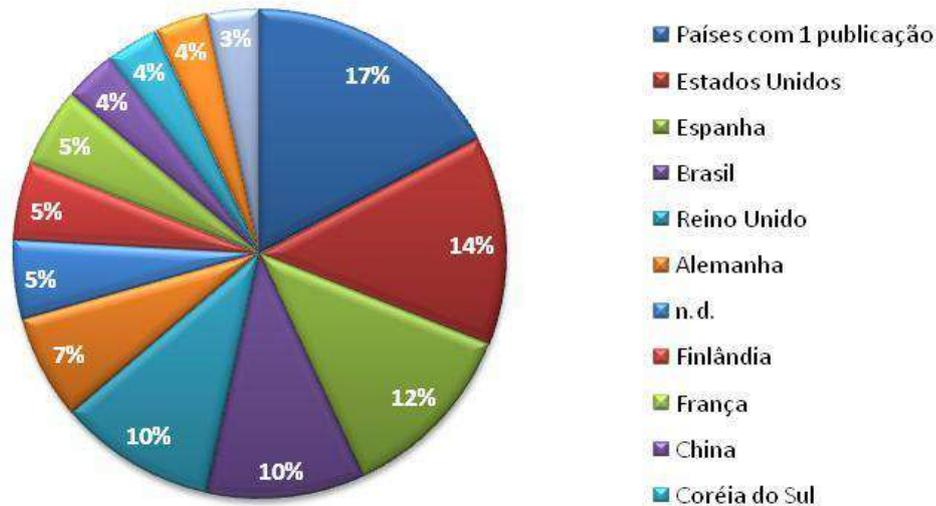


Figura 16: Distribuição de artigos por país (parcerias) – “Fieldbus”
Fonte: Elaboração Própria

Pela figura 16 é possível perceber que os Estados Unidos permanecem no topo do ranking com 17% das publicações, mas a 2ª posição, antes do Brasil, passou a Espanha, com 14%. Compõem o grupo de “países com 1 publicação” (seja individual ou em parceria): África do Sul, Japão, Portugal, Suécia, Turquia, Holanda, Austrália, Hong Kong, Bélgica e México.

"Ethernet" - Distribuição por país (parcerias)

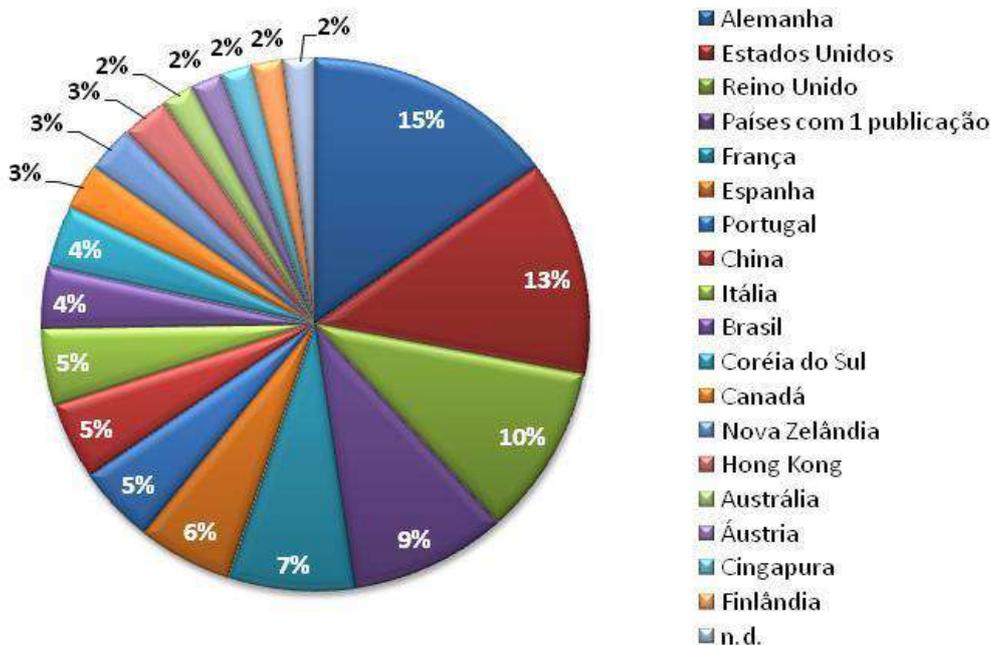


Figura 17: Distribuição de artigos por país (parcerias) – “Ethernet”
Fonte: Elaboração Própria

Para “Ethernet”, representada na figura 17, Alemanha e Estados Unidos continuam no topo do ranking, com 15 e 13%, respectivamente. Já o Reino Unido, em 6º lugar individual (figura 14) passou a ocupar a 3ª posição. Neste caso, são “países com 1 publicação” (seja individual ou em parceria): África do Sul, Grécia, Índia, Turquia, Eslovênia Israel, Dinamarca, Suécia, Japão e Tunísia.

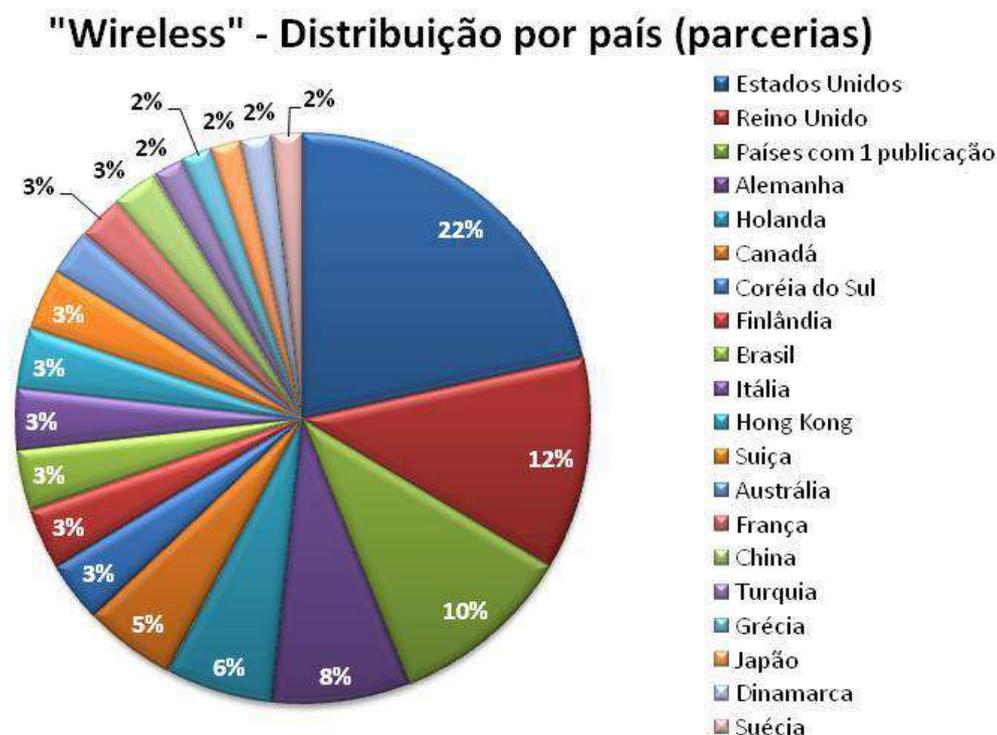


Figura 18: Distribuição de artigos por país (parcerias) – “Wireless”
 Fonte: Elaboração Própria

No caso de “Wireless”, a figura 18 mostra os Estados Unidos e o Reino Unido na liderança, com 22 e 12% respectivamente e a Alemanha, em 5º lugar na figura 15, passou ao 3º lugar, com 8%, compondo a liderança do grupo, junto as outras 2 nações. Os “países com 1 publicação” (seja individual ou em parceria) são: África do Sul, Cingapura, Irã, Irlanda, Lituânia, Tailândia, México, Áustria, Espanha, Eslovênia e Noruega.

IV.3.3. Distribuição dos artigos por meio de publicação

Tão importante quanto ter a informação é saber onde obtê-la e com qualidade. Neste sentido, buscou-se mapear os principais meios de publicação dos artigos, sejam eles revistas ou anais de eventos técnicos.

As figuras 19, 20 e 21 apresentam a distribuição por meios de publicação. Através delas, nota-se que os principais meios de publicação são as revistas *Annual Reviews in Control* e *Computers in Industry*, além de anais de congressos, para os casos de “Ethernet” e “Wireless”.

A revista *Annual Reviews in Control*, do grupo Elsevier, é especializada e cobre os principais campos do controle e suas aplicações. Já a *Computers in Industry*, também do grupo Elsevier, mostra as novas tendências e opções para o uso da Tecnologia da Informação e Comunicação.

A tabela 4 apresenta a lista de eventos cujas publicações de seus anais participaram deste estudo e compuseram a parcela “Anais de congressos” das figuras 19, 20 e 21.

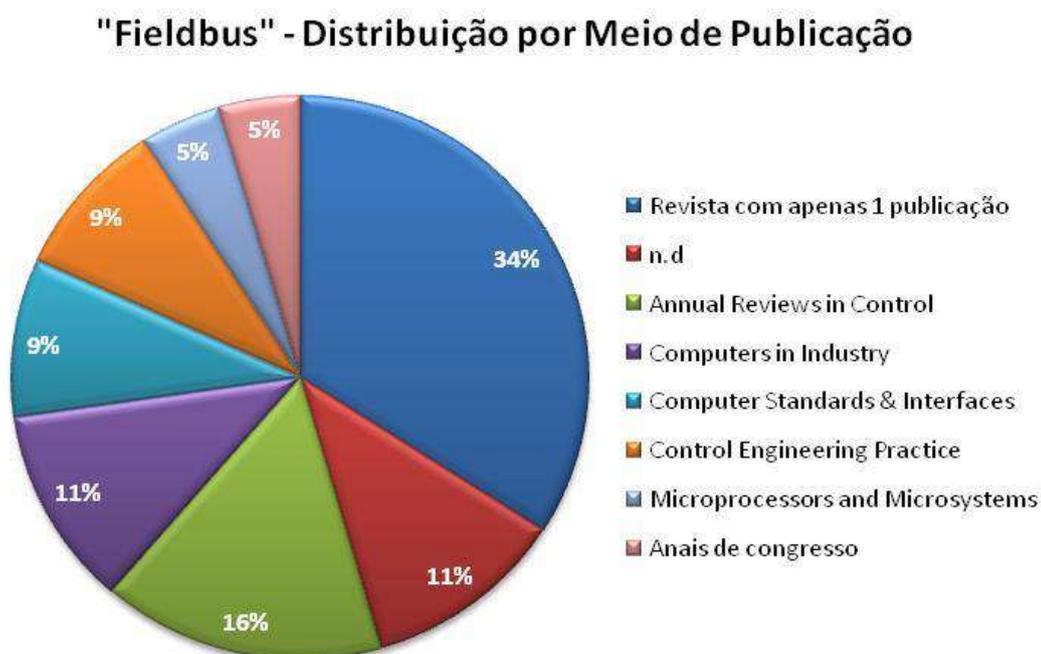


Figura 19: Distribuição de artigos por meio de publicação – “Fieldbus”
Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por Meio de Publicação

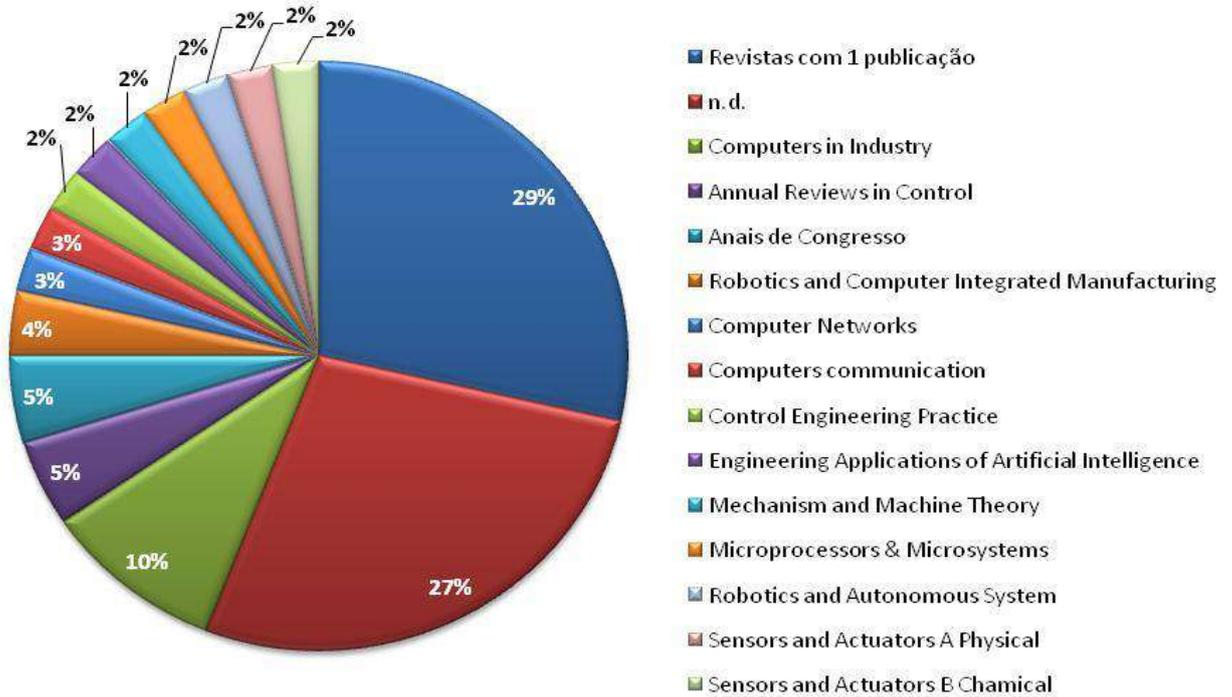


Figura 20: Distribuição de artigos por meio de publicação – “Ethernet”
Fonte: Elaboração Própria

"Wireless" - Distribuição por Meio de Publicação

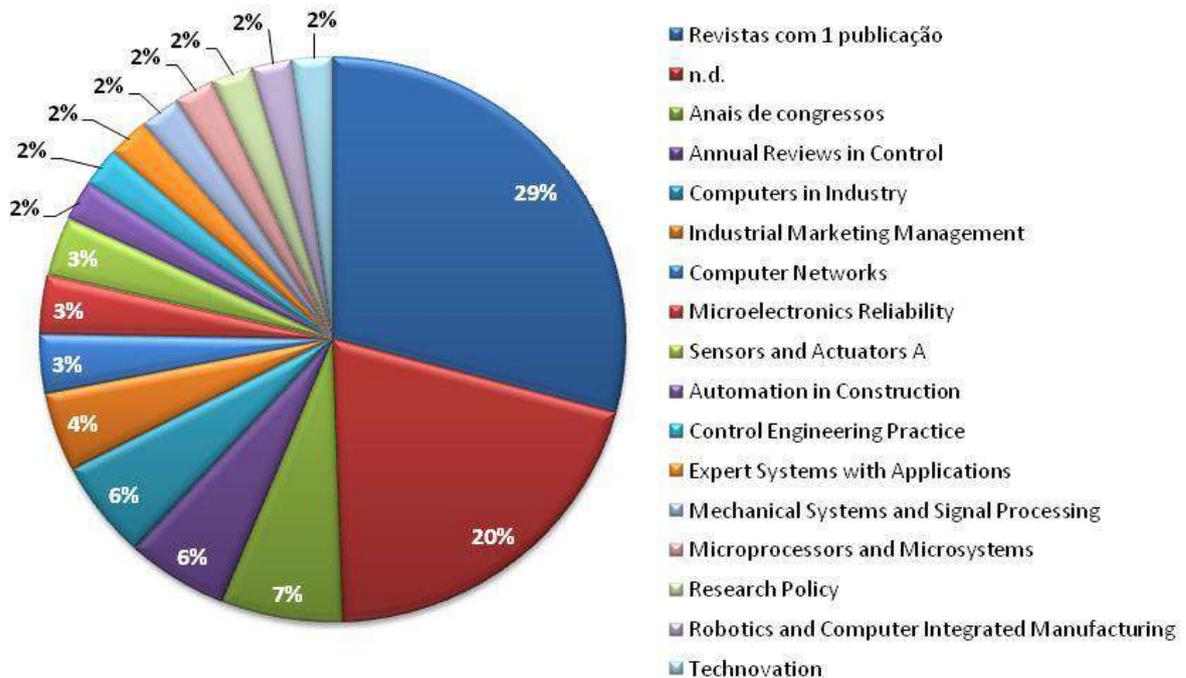


Figura 21: Distribuição de artigos por meio de publicação – “Wireless”
Fonte: Elaboração Própria

Tabela 4: Lista de eventos que compõem a fatia “Anais de congressos”

“Fieldbus”	“Ethernet”	“Wireless”
2 nd International Workshop on Real-Time LAN’s in the Internet Age	Australasian Conference on Robotics and Automation (2)	Annals of the CIRP
Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration	IEEE International Conference on Robotics and Automation	DRUID Conference on National Innovation Systems
(-)	The 5th IEEE International Advanced Motion Control Workshop	EGOS Colloquium
(-)	(-)	The 25 th International Symposium on Automation and Robotics in construction
(-)	(-)	Twenty-Second International Conference on Information Systems

Fonte: Elaboração Própria

IV.3.4. Distribuição dos artigos por origem

Para melhor entender a dinâmica de inovação das tecnologias, é importante verificar a origem dos esforços. Neste caso, verificou-se a localização destas inovações, identificando se são oriundas de universidades, empresas, centro de pesquisas¹⁵ ou parcerias entre estas partes.

A partir dos resultados, percebe-se que grande parte das publicações é oriunda de universidades, com 80%, 81% e 75%, para “Fieldbus”, “Ethernet” e “Wireless”, respectivamente. Este comportamento é perfeitamente aceitável, visto que as empresas devem priorizar o depósito de patentes, para manter protegida sua invenção e o retorno financeiro desejado por esta, enquanto os acadêmicos não possuem o mesmo foco. Cruz

¹⁵ Neste caso considerou-se os Centros de Pesquisas independentes (não ligados a empresas). Caso contrário, estes foram classificados com “Empresas”.

(2003, apud MOURA, 2009) afirma que, enquanto a missão primordial da empresa na sociedade é a produção e a geração direta de riqueza, a missão fundamental e singular da universidade é formar pessoal qualificado. O comportamento das publicações objeto deste estudo está representado nas figuras 22, 23 e 24.

"Fieldbus" - Distribuição por origem

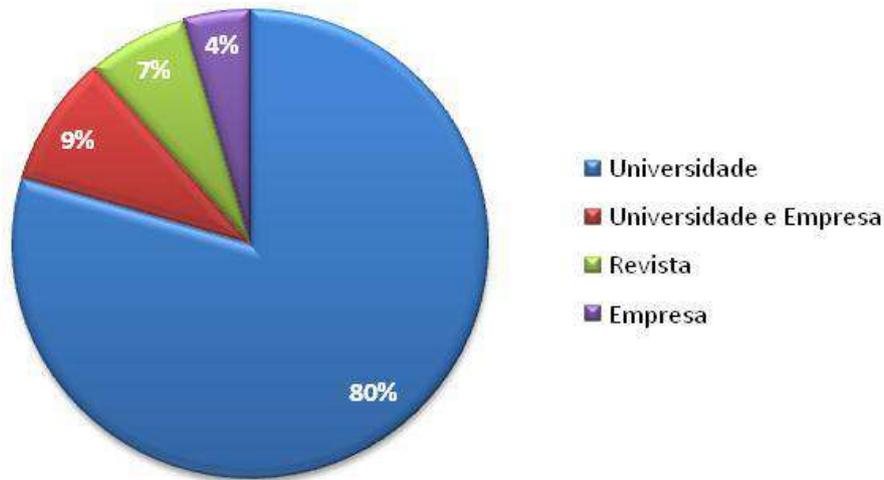


Figura 22: Distribuição de artigos por origem – “Fieldbus”
 Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por origem

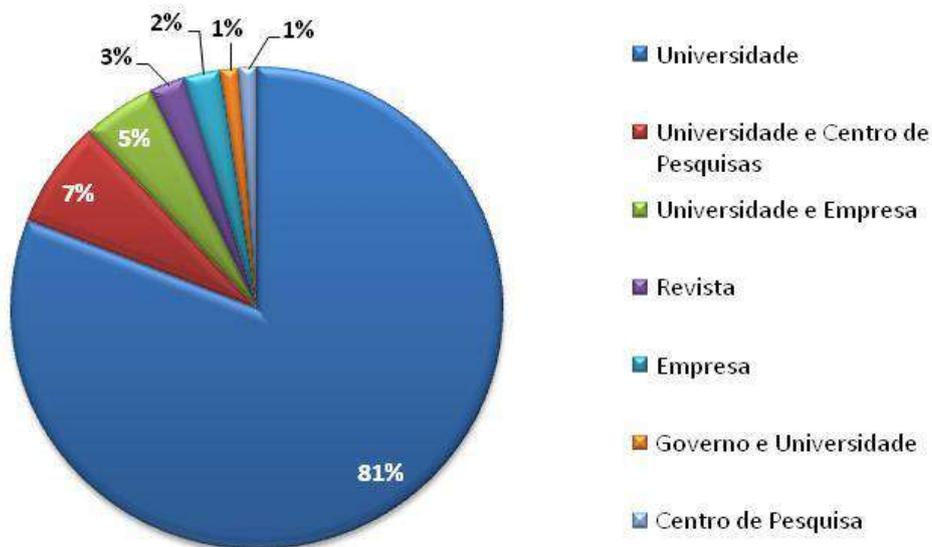


Figura 23: Distribuição de artigos por origem – “Ethernet”
 Fonte: Elaboração Própria

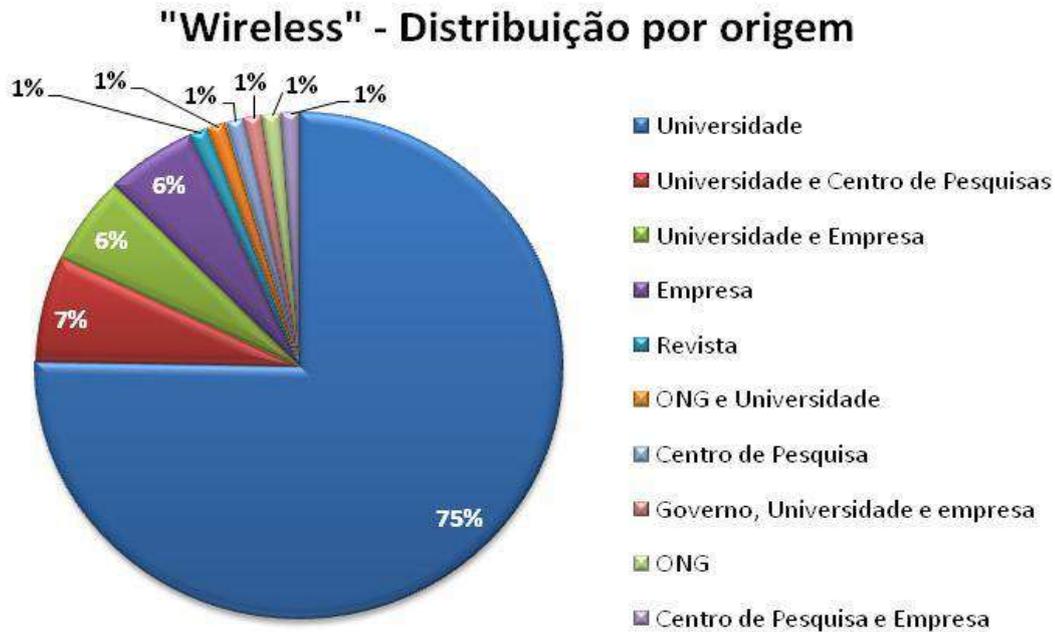


Figura 24: Distribuição de artigos por origem – “Wireless”
 Fonte: Elaboração Própria

Nas figuras 22, 23 e 24, observa-se que o 2º lugar do ranking é ocupado por parcerias universidade-empresa, no caso de “Fieldbus” (9%), e universidade-centro de pesquisa, para “Ethernet” (7%) e “Wireless”(7%). A seguir, são apresentadas as listas de empresas e centros de pesquisas ¹⁶com publicações:

“Fieldbus” - Empresas

- Pepperl+Fuchs of Twinsburg (Estados Unidos) – sensores eletrônicos
- Philips Medical Systems (Holanda) - tecnologias e processos no setor dos cuidados de saúde
- Siemens Automotive (Alemanha) – produtos, soluções e serviços para o setor automotivo
- Mitsubishi Electric Research Laboratories (Estados Unidos) – centro de pesquisas da Mitsubishi Electric Corporation, especializado em comunicação digital, multimídia, informação analítica, imagem, mecatrônica e algoritmos.
- DESIN Instruments S.A (Espanha) – instrumentação de processos

¹⁶ Neste caso, a lista representa não só as empresas e centros com participação em parceria, mas também aqueles com publicações individuais.

“Ethernet” – Empresas

- Mitsubishi Electric Research Laboratories (Estados Unidos) – (2 publicações)
- Aspentech Technology, Inc. (Estados Unidos) – soluções para a indústria na área de simulação e TI
- Kiyon, Inc (Estados Unidos) – soluções em rede IP banda larga
- Seagate Technology Int (Estados Unidos) – fabricante de discos rígidos e unidades de fitas
- Supersymmetry Service Pte Ltd (Cingapura) – instalações elétricas
- Honeywell Hi-Spec Solution Asia Pacific (Estados Unidos) – atua nos setores aeroespacial, soluções em controle e automação, performance de materiais e tecnologias e sistemas de transporte.

“Ethernet” – Centros de Pesquisas

- IDEKO Technological Centre (Espanha) – (2 publicações) especializado em processos de produção e desenvolvimento de produtos e linhas de negócios.
- Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis and Information Systems IAIS (Alemanha) - especializado nas áreas de marketing, pesquisa de marketing e análise de mídia, planejamento e controle de negócios, gerenciamento de mídia digital, inteligência de processo, segurança preventiva, robótica e alta tecnologia
- Center for MicroBioRobotics IIT@SSSA (Itália)– desenvolvimento de robôs
- Instituto de Automatica Industrial, CSIC (Espanha) - automação e robótica
- Laboratoire LEIBNIZ, Institut IMAG 46 (França) – informática e matemática aplicada
- Central Mechanical Engineering Research Institute (Índia) – Robótica e mecatrônica, sistemas eletrônicos, design mecânico e tecnologia, prototipagem rápida e ferramenta rápida e energia.

“Wireless” – Empresas

- SKF - produtos, soluções para clientes e serviços no ramo de rolamentos e vedantes
- Corporate Research Vanderbilt University Siemens (Alemanha) – soluções para a indústria em TI.

- Kiyon, Inc (Estados Unidos)
- Philips Semiconductors (Holanda) – subsidiária da Siemens SA
- Artech House (Estados Unidos) – editora de livros sobre alta tecnologia e softwares
- THALES Microelectronics (França) – sistemas eletrônicos
- Systems Planning and Analysis, Inc. (Estados Unidos) – consultoria em segurança nacional e assuntos estratégicos
- SUNeVision Super e-Network Ltd (Hong Kong) – redes inteligentes e infraestrutura de internet
- Cisco Systems, Inc (Estados Unidos) – sistemas e redes
- Telcordia Technologies (Estados Unidos) – telecomunicações
- Exodus AS (Brasil) - soluções em Tecnologia da Informação
- SAIC, Advanced Concepts Business Unit (Estados Unidos) – segurança digital
- Nokia Corporation - telecomunicações

“Wireless” – Centros de Pesquisas

- Human Sciences Research Council (África do Sul) – estudos científicos estratégicos
- Department of Economic Geography Urban and Regional research centre Utrecht (Holanda) – estudos em economia e geografia
- Paul Scherrer Institute (Suíça) – centro multi-disciplinar
- Laboratoire LEIBNIZ, Institut IMAG 46 (França)
- Tyndall National Institute (Irlanda) – tecnologia da informação
- SINTEF ICT (Noruega) - centro multi-disciplinar
- Korea Electrotechnology Research Institute (Coreia do Sul) – tecnologia elétrica

IV.3.5. Distribuição dos artigos por assunto

Aprofundando-se a análise, buscou-se verificar os assuntos das publicações. Para tal, construiu-se uma taxonomia¹⁷ de classificação, conforme descrito abaixo:

- “*Sistema*” → quando o foco principal do artigo é o aprimoramento, o teste, a descrição ou diagnóstico de falhas de sistemas, ou redes de automação;
- “*Software*” → quando o foco principal do artigo é o desenvolvimento ou estudo de softwares de automação;
- “*Equipamento*” → quando o foco principal do artigo é a utilização, o aprimoramento, o teste ou o diagnóstico de falhas de sensores e/ou outros equipamentos de automação;
- “*Algoritmo*” → quando o foco principal do artigo é um algoritmo alternativo ao tradicional binário;
- “*Aplicação*” → quando o foco principal do artigo é a aplicação específica de um sistema ou equipamento em automação;
- “*Gestão*” → quando o foco principal do artigo é delinear o panorama atual da automação industrial, e, portanto, tange todos os demais assuntos;
- “*Simulação*” → quando o foco principal do artigo é a simulação de modelos matemáticos que descrevem determinado sistema ou algoritmo.

A partir da classificação, construíram-se as figuras 25, 26 e 27. Através delas, nota-se que o destaque é dos artigos referentes a “Sistemas”, com 52%, 58% e 38%, para “Fieldbus”, “Ethernet” e “Wireless”, respectivamente. Neste grupo, tem-se, de maneira geral, artigos voltados para diagnósticos de falhas em sistemas de controle, arquitetura de rede industrial interoperável, integração de plataformas para sistema “*real-time*” com monitoramento remoto, desenvolvimento de modelos para atrasos de

¹⁷ É importante observar que para criação das taxonomias (tanto para artigos quanto para patentes), é feita uma leitura prévia dos resultados, com atenção especial ao assunto e objetivo dos documentos, de forma a encontrar uma única palavra, que transmita o significado global daquele documento bem como permita o agrupamento, mediante a existência de objetivo comum entre duas ou mais publicações.

instrumentos de controle, mecanismos de implementação de protocolos, reengenharia de sistemas e confiabilidade de redes.

"Fieldbus" - Distribuição por assunto

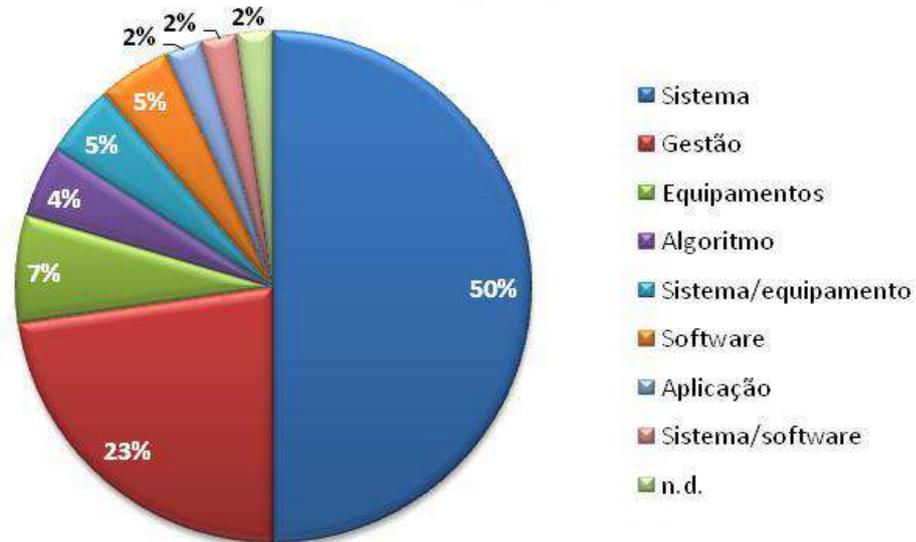


Figura 25: Distribuição de artigos por assunto – “Fieldbus”
 Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por assunto

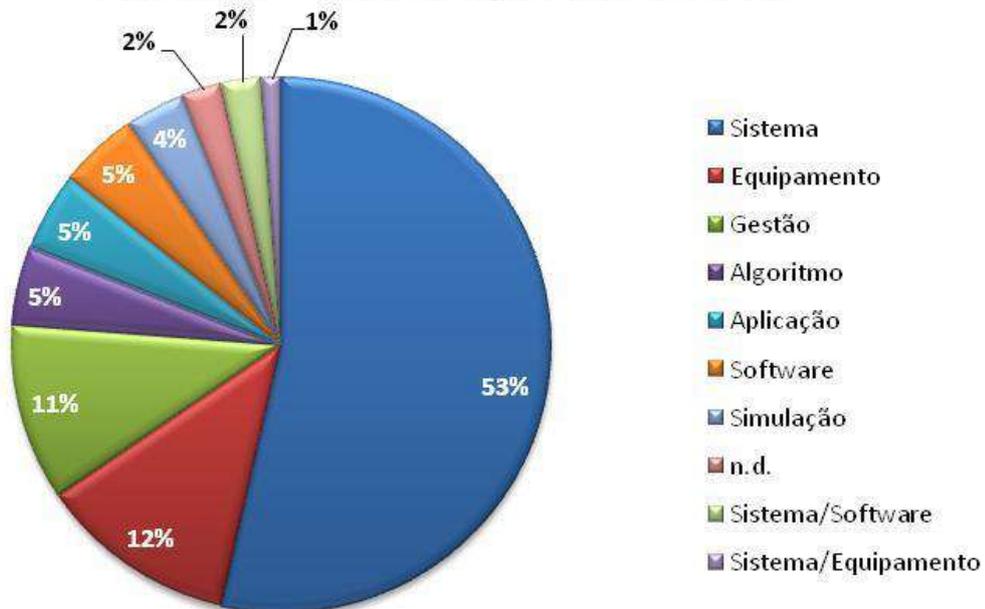


Figura 26: Distribuição de artigos por assunto – “Ethernet”
 Fonte: Elaboração Própria

"Wireless" - Distribuição por assunto

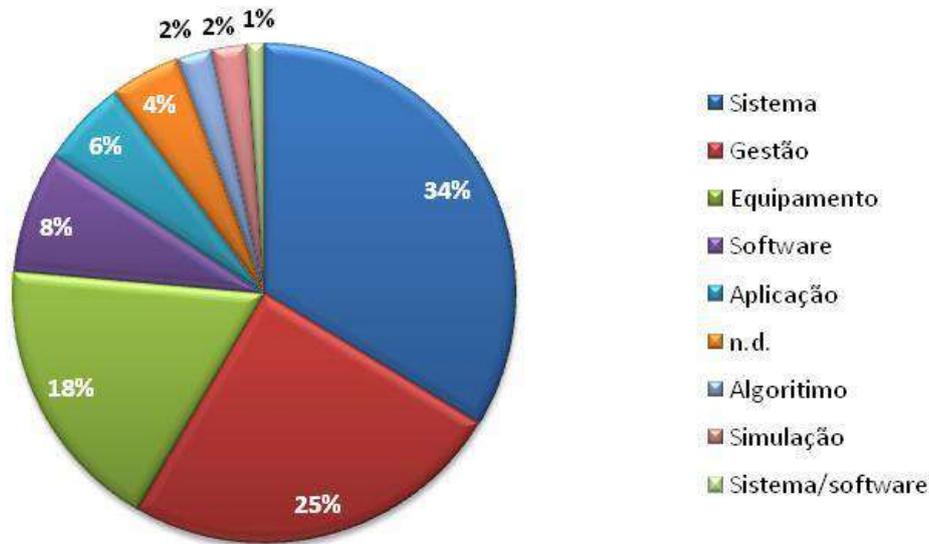


Figura 27: Distribuição de artigos por assunto – “Wireless”
Fonte: Elaboração Própria

Especificidades das taxonomias estudadas:

Outro grupo de bastante expressivo nesta análise, são os artigos classificados como “Gestão”. São artigos que, em geral, tratam da análise de tendências da automação industrial, análise de cenários (análise de tendências frente a determinada conjuntura) e estudos de casos (aplicação específica de determinada rede/protocolo em uma empresa).

Dentre a categoria “*Equipamento*”, pode-se destacar, na tecnologia “*Fieldbus*”, aqueles para registro de imagens médicas. No caso de “*Ethernet*”, temos a concepção de “narizes eletrônicos” compostos de sistemas multi-sensores para detecção de gases poluentes e estudo de sensores de gás, de maneira geral. Já para “*Wireless*”, tem-se o estudo de sensores, protótipos e fibra ótica.

Na categoria “*Software*”, em “*Ethernet*” tem-se os seguintes estudos: desenvolvimento de sistemas de software, seguido de testes destes por simulação para componentes “*object-oriented*”; design e desenvolvimento de interface para sistemas “*real-time*” distribuídos; pontos críticos do sistema “*DataMining Grid*” (flexibilidade, extensibilidade, escala, eficiência, simplicidade conceitual e facilidade de uso); estudo

evolutivo de métodos computacionais em engenharia de software de teste; e, mudança de plataforma que podem afetar o comportamento do software determinístico e portátil do sistema “real-time”; já em “Wireless”, destaca-se a descrição de um software de tomada de decisão.

Na categoria “*Algoritmo*”, pode-se destacar tanto em “Fieldbus” quanto em “Ethernet”, aquele que se baseia na lógica *fuzzy*¹⁸ que se trata de uma lógica multi-valores.

Na categoria “*Aplicação*”, para tecnologia “Fieldbus”, destaca-se o monitoramento de corrosão geral ou localizada em canos e vasos. Em “Ethernet”, os estudos abordam a compreensão de como construir sistemas em tempo-real utilizando componentes “*off-the-shelf*” disponíveis comercialmente, construção de novas arquiteturas de rede, desvendar fragilidades dos sistemas *real-time* e descrever avanços em sistemas de arquitetura distribuída. Finalmente, para “Wireless”, assim como para “Ethernet”, tem-se o estudo de novas arquiteturas de redes, além dos estudos de gerenciamento de sistemas, estratégia na indústria de TI e influência da tecnologia na performance de vendas.

IV.3.6. Objetivo dos artigos

Quanto aos objetivos dos artigos, de uma maneira geral, estão o “Diagnóstico de falhas”, “Descrição de sistemas e estabelecimento de novas arquiteturas”, “Otimização”, “Interoperabilidade de redes”, “Estabelecimento de redes híbridas”, “Aumento de escala de sistemas”, “Teste de algoritmos”, “Simulação de modelos matemáticos”, “Redução de custos de redes” e “Estabelecimento do estado-da-arte da automação industrial”.

¹⁸ A lógica difusa ou lógica *fuzzy* é uma extensão da lógica booleana que admite valores lógicos intermediários entre o FALSO (0) e o VERDADEIRO (1); por exemplo o valor médio 'TALVEZ' (0,5). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1. Este tipo de lógica engloba de certa forma conceitos estatísticos principalmente na área de Inferência.

IV.4. Análise de Patentes

Mais uma vez com base na metodologia exposta no item IV.2., foram encontradas 449 patentes. Após análise preliminar, retirando-se as patentes não relevantes ao escopo do trabalho, restaram 323, que passaram a compor o universo de análise. A tabela 5 apresenta os resultados detalhados para cada palavra-chave utilizada.

Tabela 5: Resultados para busca de patentes

Cruzamento de palavras-chave	Nº de patentes encontrados	Nº de patentes relevantes
“Industrial process automation” x “Fieldbus”	45	34
“Industrial process automation” x “Ethernet”	141	110
“Industrial process automation” x “Wireless”	263	179
TOTAL:	449	323

Fonte: Elaboração própria

IV.4.1. Distribuição temporal das patentes

Mais uma vez, para delinear o perfil de evolução das tecnologias estudadas, construíram-se os histogramas de distribuição temporal exibidos nas figuras 28, 29 e 30.

No caso de “Fieldbus”, observa-se que o primeiro resultado retornado foi no ano de 1996. A partir de então, o comportamento é oscilatório, com destaque para o máximo atingido no ano 2006, e apresenta alguns períodos constantes, como 1996-1997, 2003-2004 e 2007-2009. Vale ressaltar que nos últimos dois anos analisados (2010-jul/2011) não se obteve resultados.

"Fieldbus" - Distribuição Temporal

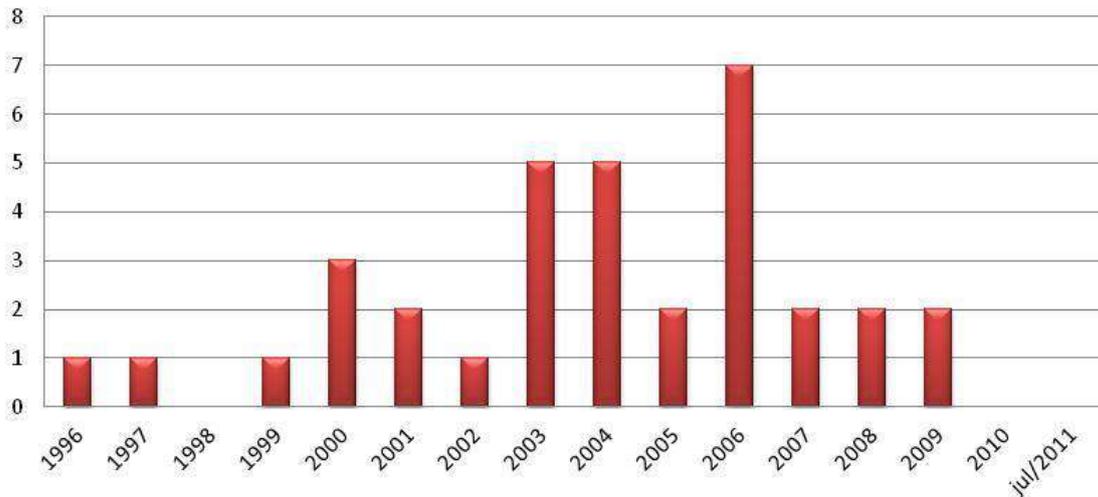


Figura 28: Distribuição Temporal das patentes- "Fieldbus"
Fonte: Elaboração Própria

Para "ethernet", o maior volume de documentos concentra-se entre 2003-2007, com máximo em 2006. Apesar de a primeira patente ser de 1996, até 1999 não houve mais depósitos e, assim como para "Fiedbus", em 2011 (até julho) o mesmo ocorreu.

"Ethernet" - Distribuição Temporal

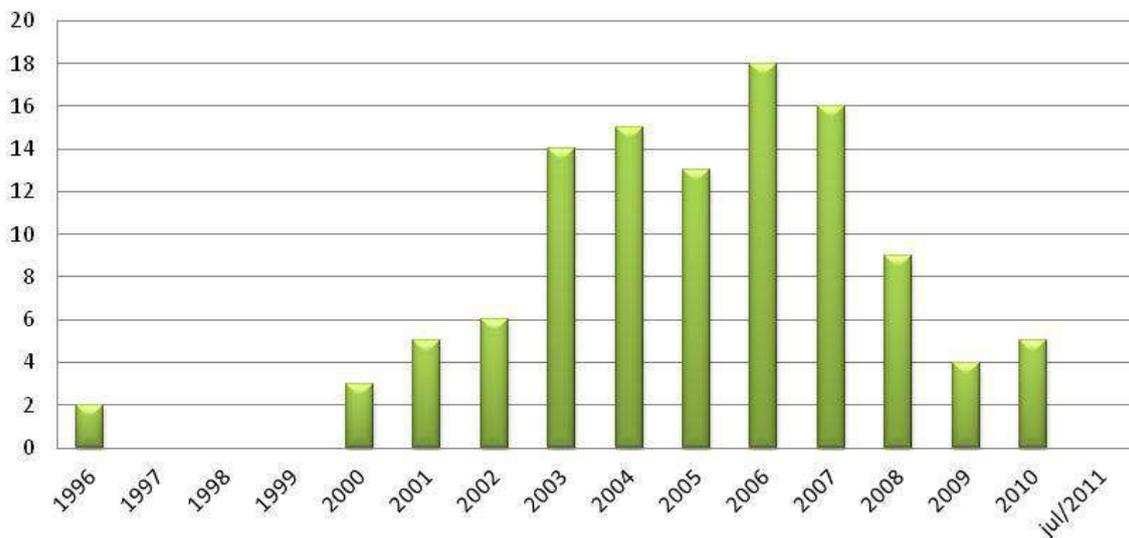


Figura 29: Distribuição Temporal das patentes- "Ethernet"
Fonte: Elaboração Própria

Com relação a "Wireless", a primeira patente é de 2001, com grande parte dos resultados concentrados entre 2005-2008 e máximo em 2005.

"Wireless" - Distribuição Temporal

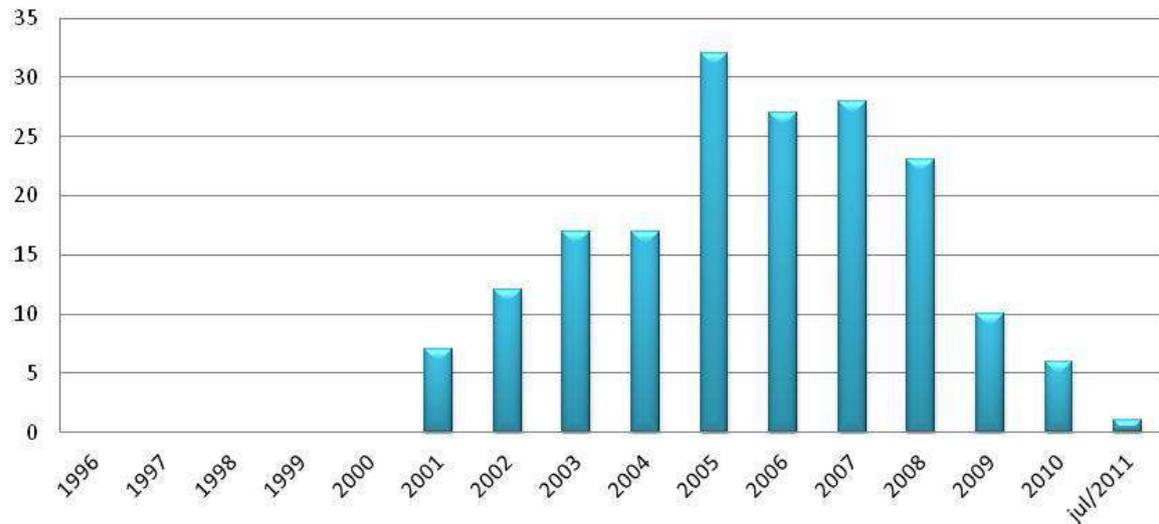


Figura 30: Distribuição Temporal das patentes– “Wireless”
Fonte: Elaboração Própria

IV.4.2. Distribuição das patentes por país

A distribuição das patentes por país permite identificar as nações detentoras da tecnologia e, possivelmente, com maior grau de desenvolvimento na área. Frente a isto, construíram-se as distribuições mostradas nas figuras 31, 32 e 33.

As figuras permitem observar que a liderança em patenteamento para os três grupos estudados é dos Estados Unidos, com mais de 50% dos documentos em cada caso. Esta supremacia se fomenta ao se avaliar as fatias “parcerias entre países”, na qual esta nação tem grande parte das participações. No caso de “Fieldbus”, o país está envolvido nas 2 parcerias (Estados Unidos – Austrália; Estados Unidos – Dinamarca). Em “Ethernet”, são 3 parcerias dentre as 4 contabilizadas (Estados Unidos – Hungria; Estados Unidos – República Tcheca; Estados Unidos – Austrália)¹⁹ e para “Wireless”, detém 8 dentre as 11 parcerias (Estados Unidos – Hungria; Estados Unidos – Grã Bretanha – 2 vezes; Estados Unidos – Brasil; Estados Unidos – Grã Bretanha – Índia; Estados Unidos – Canadá; Estados Unidos – Japão; Estados Unidos – Tailândia)²⁰

¹⁹ A 4ª parceria é Alemanha – Rússia.

²⁰ As demais parcerias são Suécia – Alemanha (2 vezes) e Suíça - Alemanha

"Fieldbus" - Distribuição por país

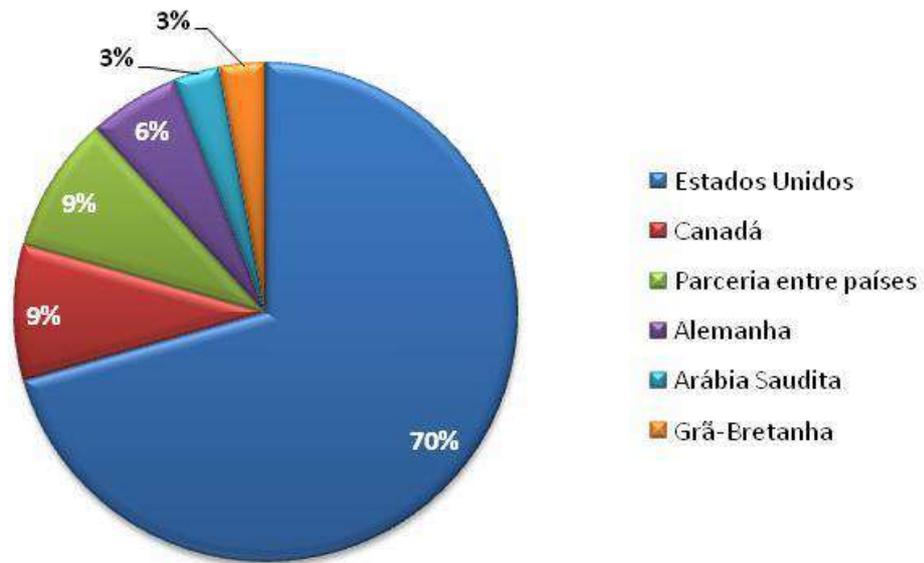


Figura 31: Distribuição das patentes por país – “Fieldbus”
 Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por país

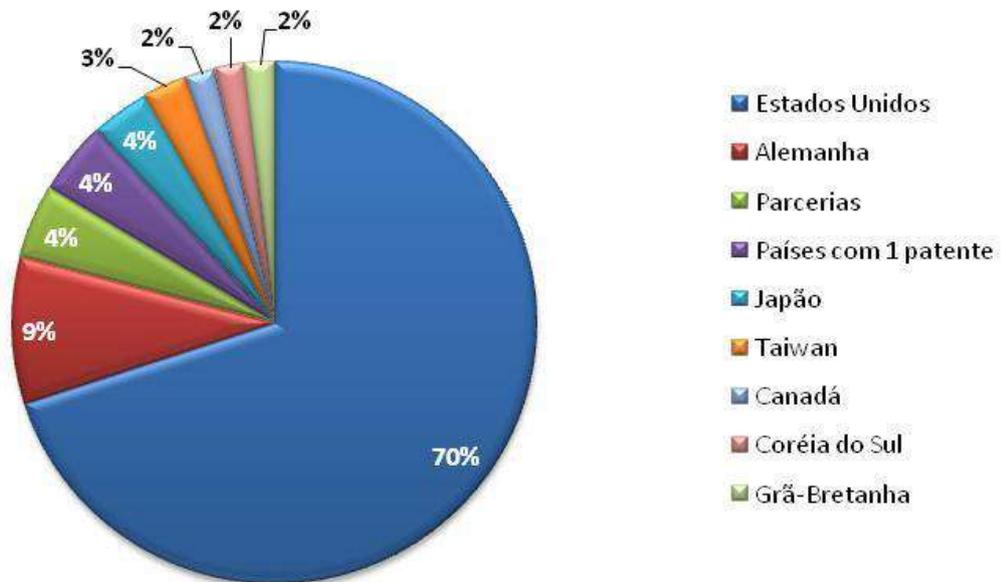


Figura 32: Distribuição das patentes por país – “Ethernet”
 Fonte: Elaboração Própria

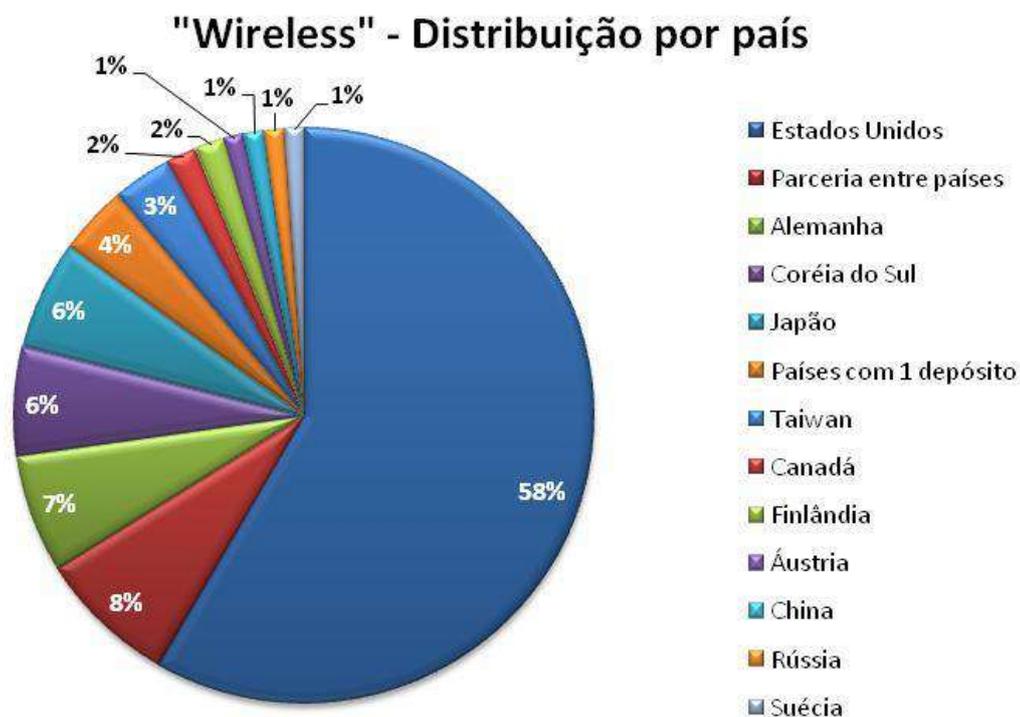


Figura 33: Distribuição das patentes por país – “Wireless”
 Fonte: Elaboração Própria

IV.4.3. Distribuição das patentes por tipo de depositante

No caso do estudo de patentes, é pertinente se avaliar a distribuição por tipo de depositante, com o objetivo de identificar quem é o verdadeiro motor da inovação comercial.

Como era esperado, as figuras 34, 35 e 36 mostram que, para os 3 grupos estudados, o grande volume de patenteamentos é oriundo de empresas, representando 73%, 66% e 58%, para “Fieldbus”, “Ethernet” e “Wireless”, respectivamente.

Isto porque, especialmente no ambiente acadêmico, ainda predomina a noção de que o novo conhecimento deve ser imediatamente publicado e livremente intercambiado. A pesquisa acadêmica tradicionalmente caracteriza-se pela liberdade de investigação e pelo livre fluxo das informações. As pesquisas empreendidas em universidades não têm necessariamente que resultar em algo comercializável e não buscam atender ao mercado. O lucro não costuma ser o objetivo dos projetos. Por outro

lado, a atividade empresarial enfatiza a obtenção do lucro e a preocupação com o sigilo em torno das atividades tecnológicas comerciais (MOURA, 2009).

Em segundo lugar, para "Fieldbus", destaca-se a parceria entre empresas e pessoa física, em geral, o próprio inventor, com 12%, consolidando o destaque na participação de empresas. Por outro lado, para "Ethernet" e "Wireless" esta posição é ocupada por pessoas físicas (individualmente), isto é, o próprio inventor como depositante.

"Fieldbus" - Distribuição por tipo de depositante

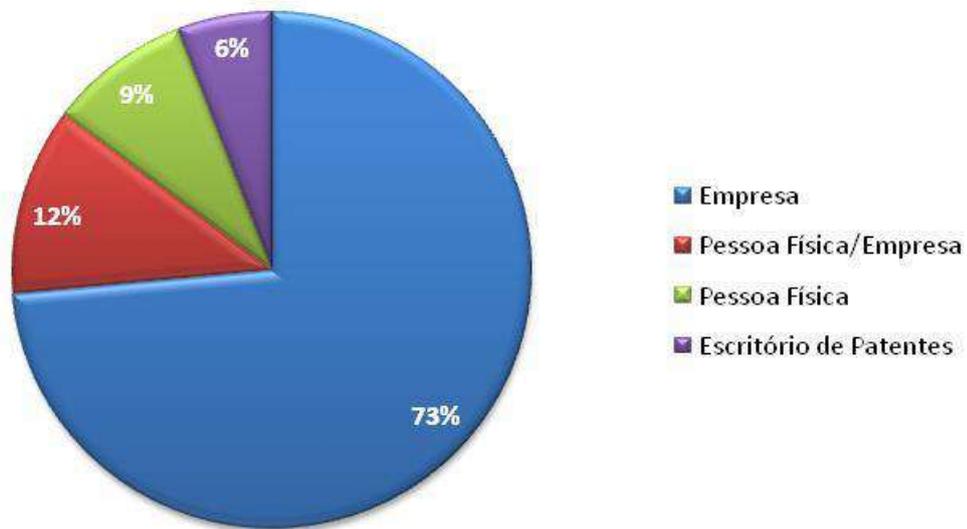


Figura 34: Distribuição das patentes por tipo de depositante – "Fieldbus"
Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por tipo de depositante

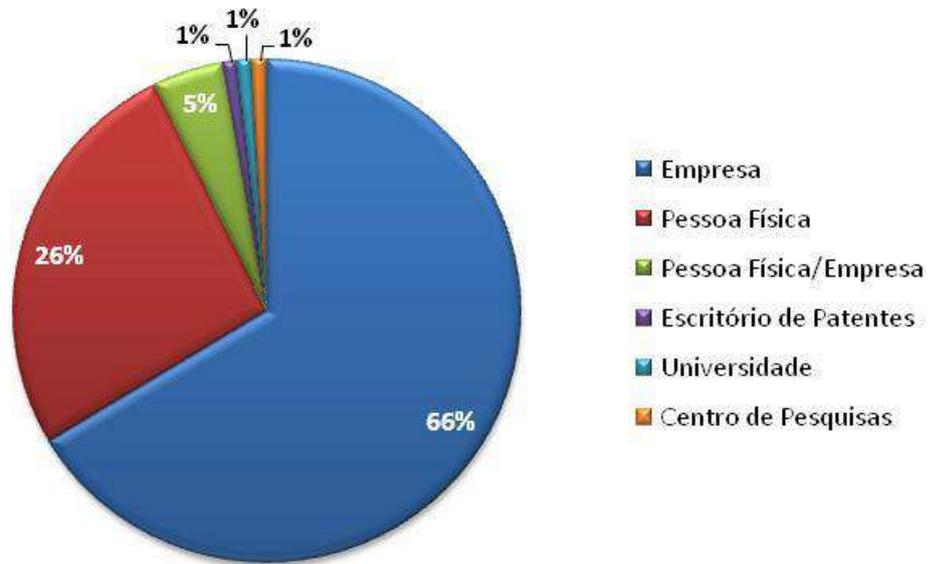


Figura 35: Distribuição das patentes por tipo de depositante – “Ethernet”
 Fonte: Elaboração Própria

"Wireless" - Distribuição por tipo de depositante

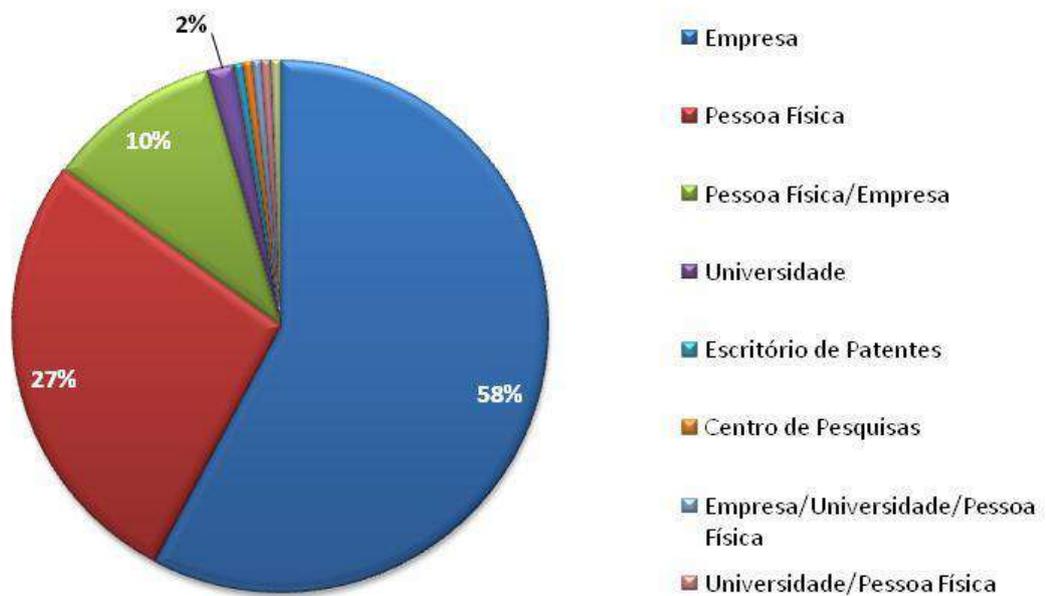


Figura 36: Distribuição das patentes por tipo de depositante – “Wireless”
 Fonte: Elaboração Própria

Frente ao destaque das empresas, vale à pena investigar quais são as principais em cada grupo de tecnologias estudado.

Para “Fieldbus” o primeiro lugar em depósitos foi da *Rosemount Inc*, uma empresa especializada em desenvolver instrumentos de medição de variáveis de processo, tais como: pressão, temperatura, vazão, nível e controles de intertravamentos de segurança (são lógicas de segurança implementadas fisicamente ou através de linguagem de programação que garantem a segurança em aplicações de risco). Em segundo lugar, está a *National Instruments Corporation*, empresa que comercializa softwares gráficos e hardwares para auxílio na otimização de diversos sistemas, inclusive de automação de processos. A tabela 6 apresenta as demais empresas em destaque.

Tabela 6: Empresas em destaque no depósito de patentes – “Fieldbus”

Empresas	Quantidade	País	Atividade
Rosemount Inc	8	Estados Unidos	Equipamentos de controle e automação
National Instruments Corporation	6	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
Rockwell Automation Inc.	3	Estados Unidos	Equipamentos de controle e automação
Husky Injection Molding	3	Canadá	Equipamentos de controle e automação
Tridium Inc	2	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
Saudi Arabian Oil Co.	1	Arábia Saudita	Petrolífera
Micro Motion Inc	1	Estados Unidos	Equipamentos de controle e automação
NCAPSA LTD	1	Grã-Bretanha	Software / Interfaces Gráficas
Phoenix Contact GmbH & Co	1	Alemanha	Equipamentos de controle e automação
Fieldbus Foundation	1	Estados Unidos	Arquitetura de sistemas
Invensys Sys Inc	1	Estados Unidos	Equipamentos de controle e automação
Blackhawk Network	1	Estados Unidos	Cartões Magnéticos

Fonte: Elaboração Própria

Analisando-se as empresas da tabela 6 sob a ótica da área de atividade, tem-se que 42% delas são de “Equipamentos de Controle e Automação” e 25% de “Software / Interfaces Gráficas”, conforme pode-se observar na figura 37.

"Fieldbus" - Atividade das empresas depositantes

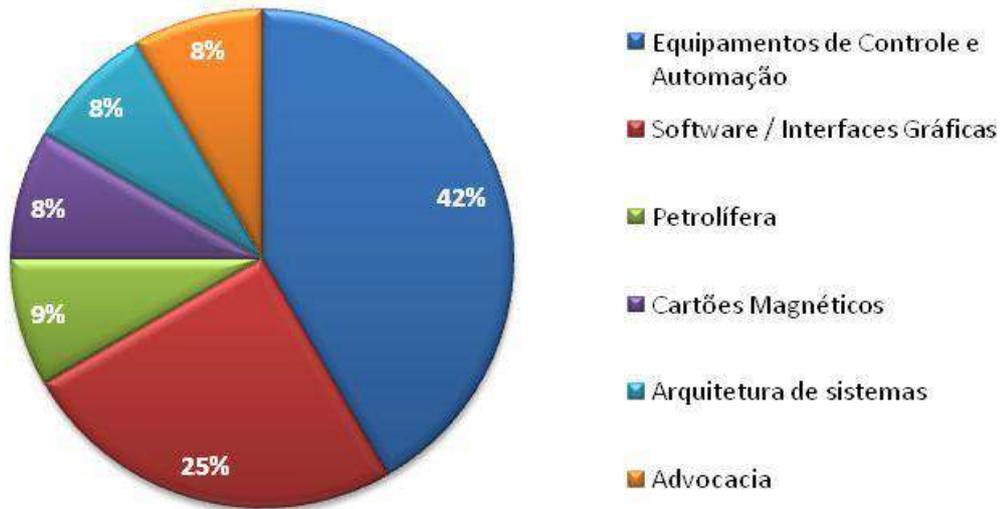


Figura 37: Distribuição das empresas depositantes por área de atividade – “Fieldbus”
Fonte: Elaboração Própria

No caso de “Ethernet”, a empresa destaque foi a *Rockwell Automation Tech Inc*, empresa de tecnologia que fornece equipamentos de controle e automação industrial, consultoria para soluções de problemas e softwares para otimização de sistemas. Em segundo lugar aparece a “Siemens”, de origem Alemã, que está no Brasil há mais de cem anos e é atualmente o maior conglomerado de engenharia elétrica e eletrônica do País, com suas atividades agrupadas em três setores estratégicos (Indústria, Energia e Cuidados com a Saúde). Em terceiro lugar, a “Microsoft Corporation”, uma das líderes mundiais no mercado de *softwares*. A tabela 7 apresenta as demais empresas em destaque.

Tabela 7: Empresas em destaque no depósito de patentes – “Ethernet”

Empresas	Quantidade	País	Atividade
Rockwell Automation Tech Inc	13	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
Siemens	8	Alemanha	Equipamentos de Controle e Automação
Microsoft Corporation	7	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
Rosemount Inc	6	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
National Instruments Corporation	5	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
Applied Systems Intelligence	2	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
Chipcon AS	2	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
LG Electronics Inc	2	Coréia do Sul	Eletrônicos
Schneider Automation Inc	2	França	Equipamentos de Controle e Automação
Sun Microsystems Inc	2	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
Tridium Inc	2	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
VIA Technologies Inc	2	Taiwan	Equipamentos de Controle e Automação
Empresas com 1 depósito	29	(-)	(-)

Fonte: Elaboração Própria

Mais uma vez, avaliando-se as empresas sob a ótica da área de atividade, tem-se que 59% delas são de “Equipamentos de Controle e Automação” e 33% de “Software / Interfaces Gráficas”, conforme se pode observar na figura 38.

"Ethernet" - Atividade das empresas depositantes

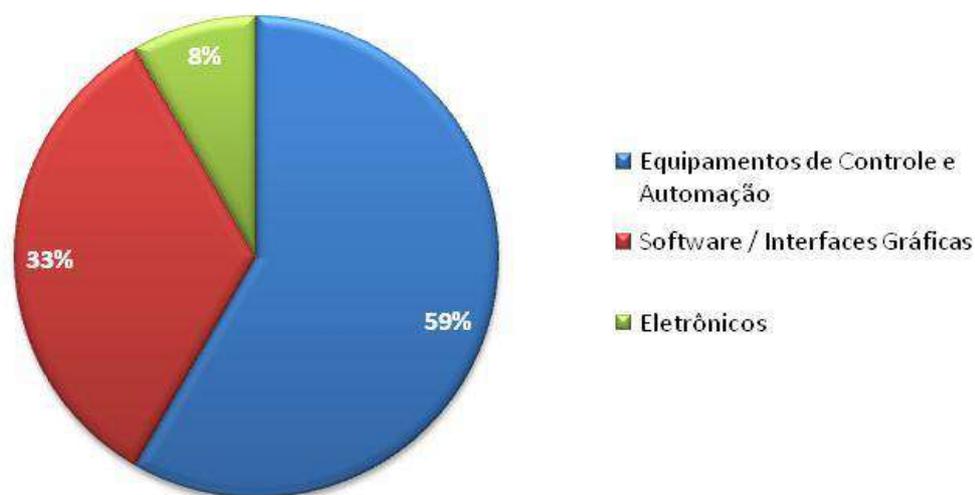


Figura 38: Distribuição das empresas depositantes por área de atividade – "Ethernet"
Fonte: Elaboração Própria

Em "Wireless", o resultado anterior se repete, com a "Rockwell Automation Tech Inc" em primeiro lugar e a "Siemens" em segundo. Em terceiro lugar aparece a "Atomate Corp" originária dos Estados Unidos, que foi criada em 2003 para fornecer ferramentas e equipamentos necessários para os pesquisadores no mercado emergente de nanotecnologia, ela trabalha identificando necessidades reais de implementação da nanotecnologia em novos mercados. A tabela 8 mostra as empresas em destaque.

Tabela 8: Empresas em destaque no depósito de patentes – "Wireless"

Empresas	Quantidade	País	Atividade
Rockwell Automation Tech Inc	17	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
Siemens	11	Alemanha	Equipamentos de Controle e Automação
Atomate Corp	9	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
Microsoft Corporation	5	Estados Unidos	Software / Interfaces Gráficas
Amerasia Internat Technology	4	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
ABB AB	3	Suécia	Equipamentos de Controle e Automação
Entek IRD Intern Corp	3	Estados Unidos	Software / Equipamentos

Matsushita Electric Ind Co Ltd	3	Japão	Eletroeletrônicos / Telecomunicações
ABB Research Ltd	2	Suíça	Energia
Canon Kabushiki Kaisha	2	Japão	Eletroeletrônicos / Telecomunicações
Chipcon AS	2	Estados Unidos	Equipamentos de Controle e Automação
LG Electronics Inc	2	Coreia do Sul	Eletroeletrônicos / Telecomunicações
Metso Automation Networks Oy	2	Finlândia	Equipamentos de Controle e Automação
Mitsubishi Denki	2	Japão	Eletroeletrônicos / Telecomunicações
Samsung Electronics Co Ltd	2	Coreia do Sul	Eletroeletrônicos / Telecomunicações
SK Telecom Co Ltd	2	Coreia do Sul	Eletroeletrônicos / Telecomunicações
Sun Microsystems Inc	2	Estados Unidos	Arquitetura de Sistemas
Taiwan S Manufacturing Co Ltd	2	Taiwan	Arquitetura de Sistemas
Empresas com 1 depósito	53	(-)	(-)

Fonte: Elaboração Própria

Com relação à área de atividade, tem-se que 39% delas são de “Equipamentos de Controle e Automação” e 33% de “Eletroeletrônicos / Telecomunicações”, conforme se pode observar na figura 39.

"Wireless" - Atividade das empresas depositantes

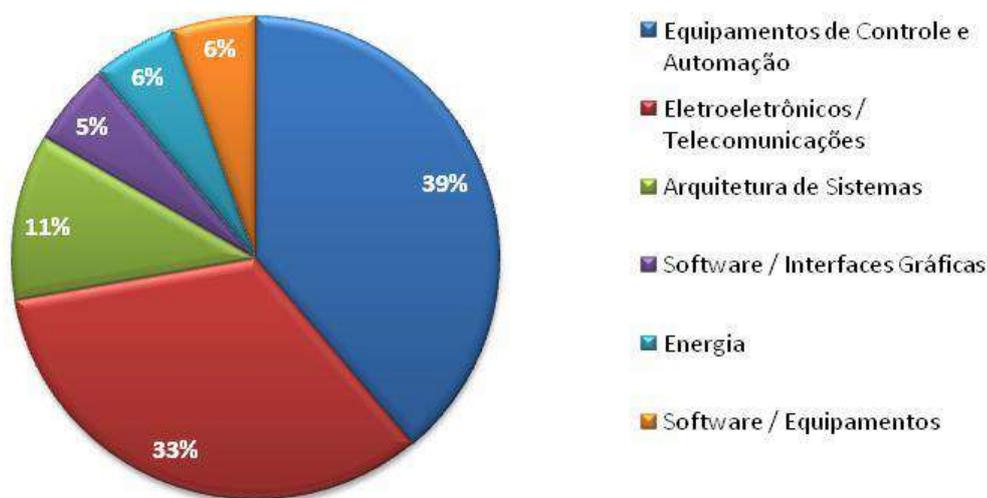


Figura 39: Distribuição das empresas depositantes por área de atividade – “Wireless”
Fonte: Elaboração Própria

IV.4.4. Distribuição das patentes por assunto

Aprofundando-se a análise, buscou-se verificar os assuntos dos documentos. Para tal, utilizou-se a mesma taxonomia de classificação do subitem IV.3.5, onde, cabe ressaltar, foi encontrada uma variedade maior de categorias. As patentes analisadas foram divididas em apenas 3 categorias: “*Sistema*”, “*Software*” e “*Equipamento*”.

Patentes que tratam de desenvolvimento, inovação ou estudo de algum equipamento foram alocadas na categoria “*Equipamento*”. A categoria “*Sistema*” englobou patentes cujo objetivo é registrar metodologias, ações ou sistemas propriamente ditos para automação de processos. Já a categoria “*Software*” foi criada exclusivamente para as patentes que tratam de desenvolvimento e/ou análise de softwares.

As figuras 40, 41 e 42 apresentam as distribuições por assunto, para “*Fieldbus*”, “*Ethernet*” e “*Wireless*”, respectivamente.

"Fieldbus" - Distribuição por assunto

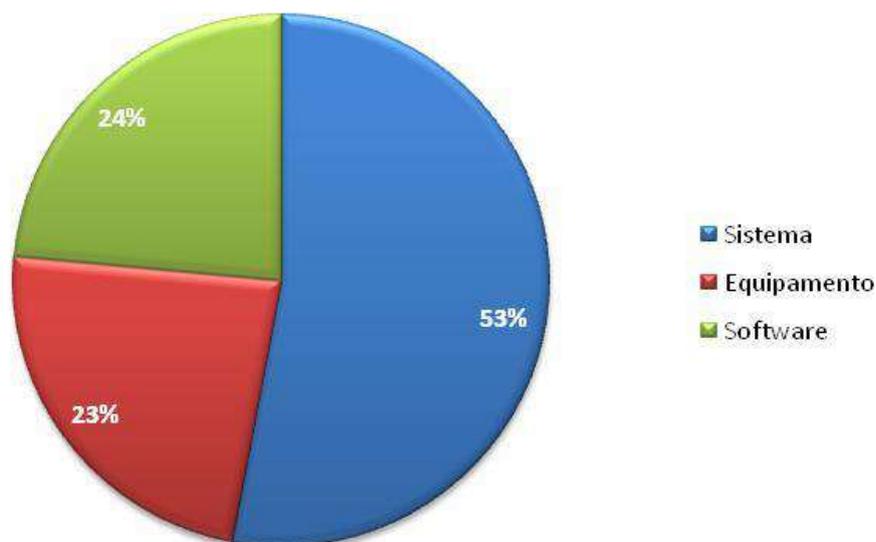


Figura 40: Distribuição das patentes por assunto – “*Fieldbus*”
Fonte: Elaboração Própria

"Ethernet" - Distribuição por assunto

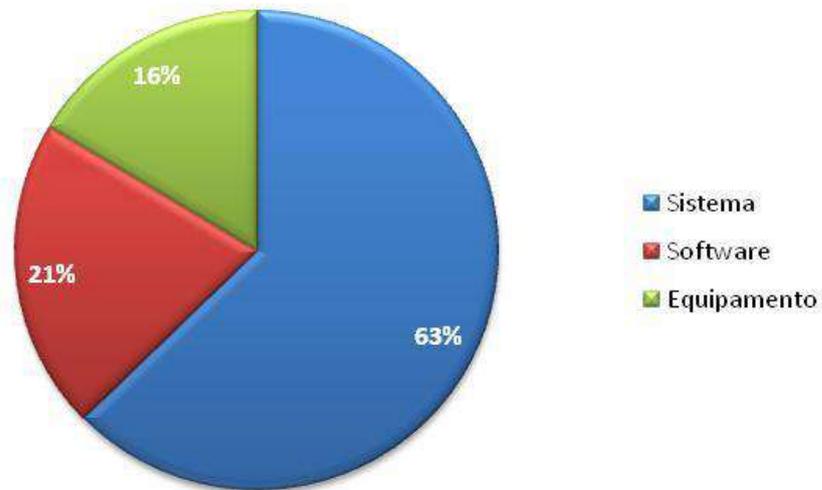


Figura 41: Distribuição das patentes por assunto – “Ethernet”
Fonte: Elaboração Própria

"Wireless" - Distribuição por assunto

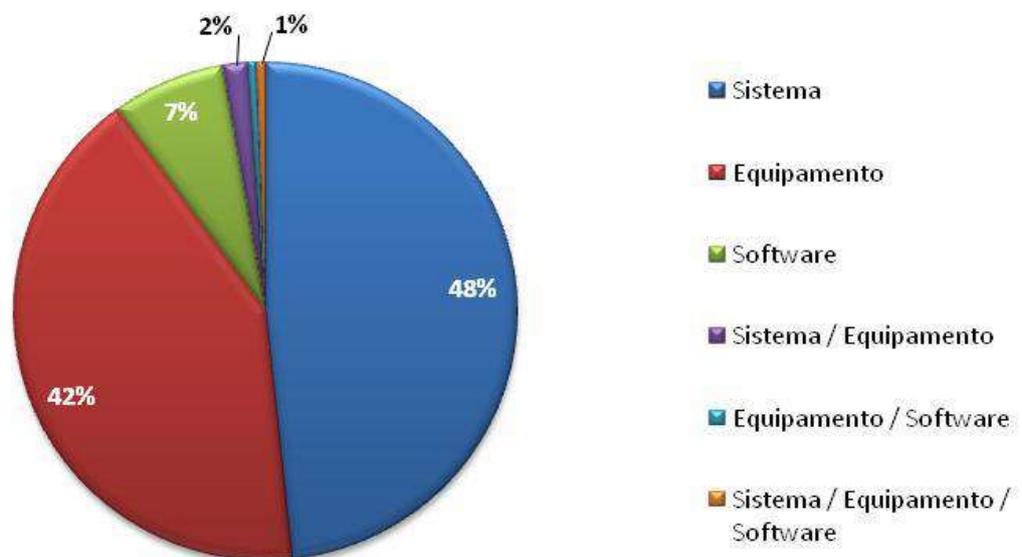


Figura 42: Distribuição das patentes por assunto – “Wireless”
Fonte: Elaboração Própria

Especificidades das taxonomias estudadas:

Para “Fieldbus”, observa-se que a maioria (53%) das patentes trata de assuntos relacionados a ”Sistema”. Esse domínio se dá justamente porque a palavra Fieldbus está diretamente relacionada com sistemas interoperáveis, ou seja, sistemas desenvolvidos para que equipamentos trabalhem com troca de dados contínua. Dentro da classificação de sistemas, foi possível observar várias patentes tratando de sistemas de controle, comunicação e transmissão de dados, reafirmando esta relação. Além disso, foram identificadas tecnologias como “Foundation Fieldbus TM”, “PLC (Programmable Logic Controller)” e “DC Link”. A outra metade das patentes analisadas neste cruzamento dividiu-se entre “Equipamento” (23%) e “Software” (24%). Na categoria “Equipamento” as tecnologias mais citadas foram “Conversor A/D (analogic to digital)”, “Transmissores de Pressão específicos”.

Com relação a “Ethernet” a categoria “*Sistema*” se mantém em primeiro lugar com 63%. Uma das tecnologias mais citadas foi EtherCAT, um sistema Ethernet em tempo real para a automação industrial, que se destaca entre outros devido a sua topologia flexível e o manuseio fácil. O desempenho extremamente alto permite concepções de controle e regulação que não podem ser realizados com sistemas clássicos. Visto que além da porta padrão de Ethernet não há necessidade de placas encaixáveis específicas, o EtherCAT também pode ser utilizado especialmente em um nível de controle baixo e médio. Já no segundo lugar, com 21%, ficaram as patentes sobre “*Software*”. Nas patentes analisadas para essa categoria destacaram-se softwares de atualização de aplicativos de sistemas, programados para evitar que falhas ou perda de informações ocorram no processo de atualização do sistema; softwares de interface gráfica para visualização dos bens em um sistema de gestão de ativos e outros que visam exclusivamente à melhoria da qualidade de controle do sistema em questão citado na patente. Já a categoria “*Equipamento*” obteve apenas 16% das citações, a maioria dessas patentes tratou de métodos de transmissão de dados através de dispositivos de controle e se basearam no TCP (*Transmission Control Protocol*).

Para “*Wireless*”, 48% das patentes trataram de sistemas. Foram registrados patentes que propunham sistemas para diversos fins, no entanto a maioria delas fazia referência à melhoria, controle ou ajuste de algum processo específico. Observou-se desde patentes mais específicas como a que fez menção a sistemas de controle remoto

de inflamabilidade em células combustíveis até outras mais abrangentes como a que propunha um sistema para o monitoramento de qualquer produto no processo de exportação.

Após “*Sistema*”, a categoria que mais se destacou, com 42% das citações, foi “*Equipamento*”. Os mais citados foram sensores, chips ou placas para aplicações em tecnologias de controle remoto de processos. Na maioria dos casos a patente foi utilizada para registrar alguma melhora na fabricação de equipamentos já existentes, pouco se observou sobre registros de tecnologias totalmente novas.

O restante das patentes analisadas registrou assuntos referentes à categoria “*Software*”, estes foram citados em 7% delas. Qualquer patente que registrou o desenvolvimento de programas de computadores para automação processos, análises de softwares, geração de cenário para simulação dos mesmos, estão inseridos nesta categoria.

IV.4.5. Objetivos das patentes

A análise das patentes revelou que o estudo da automação em processos industriais resulta em tecnologias aplicáveis para diversos fins. No entanto, a maioria delas converge para objetivos similares.

Em “*Fieldbus*” foi observado que 100% das tecnologias têm como objetivo a melhoria da qualidade do processo industrial. Todos os sistemas, equipamentos ou softwares descritos nas patentes tinham a finalidade de melhorar a qualidade do processo em questão ou de processos genéricos. Na maior parte delas essa otimização refere-se à maior facilidade de controle resultando em um processo operado com mais segurança. Além disso, a diminuição dos gastos com energia e uma maior agilidade na obtenção de respostas também foram objetivos citados.

Da mesma forma, quando o foco é “*Ethernet*”, o desenvolvimento de novas tecnologias visa à melhoria da qualidade do processo. Neste caso, além das patentes sobre a otimização de processos visando o maior controle e conseqüente segurança, também foram observadas muitas que tratavam da simplificação na transferência, recolhimento e tratamento de dados através de circuitos integrados por Ethernet.

Para “Wireless” foi encontrada uma diversidade maior de objetivos. Muitas destas patentes registram o projeto e modelagem de nanoestruturas e dispositivos diversos, como por exemplo, dispositivos pneumáticos para controle de fluidos industriais, dispositivos de segurança, e de armazenagem de dados. Além disso, sistemas para controle remoto de processos e a implementação de conjuntos de programas utilizados para introdução da informática na integração de módulos industriais, também foram observados.

A automação industrial, cada vez mais, busca abranger não apenas a automação do processo, no chão de fábrica, mas abre suas fronteiras, abrangendo a automação do negócio como um todo. Surgem, então, sistemas de gerenciamento de produção, de materiais, de vendas e da cadeia de suprimentos. No entanto, o presente trabalho teve como foco as mudanças tecnológicas da camada supervisora, conforme Figura 1, ou seja, buscou-se entender as tendências especificamente da indústria de processo, suas trajetórias de mudança, paradigmas tecnológicos e especificidades. As demais camadas de automação não foram exploradas, apesar de aparecerem nas buscas realizadas em patentes e artigos científicos. Estas camadas de automação têm características comuns a aplicações em outras indústrias e setores e econômicos, os quais não eram alvos dessa pesquisa.

O negócio de automação ainda cresce nos países em desenvolvimento. Observa-se em projetos de engenharia atuais que algumas tecnologias coexistem 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 detêm 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 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 esta tecnologia.

Avaliando-se os artigos estudados, mostra-se que os esforços de P&D estão sendo canalizados no sentido de, justamente, otimizar sistemas, estabelecer novas arquiteturas, redes híbridas, interoperabilidade de redes e redução de custos.

No âmbito comercial, mediante as análises feitas das empresas nacionais de automação, 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 dá 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.

Avaliando-se a distribuição temporal das patentes, percebe-se que a tecnologia “Fieldbus” é a mais antiga, com primeira patente em 1996. Em seguida, tem-se a tecnologia “Ethernet”, que, apesar de ter a primeira patente em 1996, começou a se desenvolver em 2000. Por fim, “Wireless” é a mais recente, com início de patenteamento em 2001. Assim, o Brasil ainda está posicionado nos primórdios do desenvolvimento tecnológico em automação industrial. Isto pode ser amparado na análise de artigos, que demonstrou que o Brasil está em 2º lugar no ranking de publicações em “Fieldbus”.

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.

A tendência à padronização de elementos e de protocolos de comunicação vem reduzindo os custos associados à implantação dos sistemas de controle, naturalmente quando se comparam sistemas com especificações idênticas, porém produzidos em épocas diferentes. A convergência tecnológica, originada na utilização da eletrônica digital, vem aproximando os sistemas de controle da TI (tecnologia da informação) e de seus paradigmas, no sentido da interligação desses sistemas com os sistemas de gestão integrada das empresas e o acesso a informações e relatórios de controle pela Internet e terminais portáteis. Os dispositivos de controle vêm se apropriando das mais modernas conquistas da eletrônica, por meio da utilização de componentes com maior velocidade e capacidade de processamento, o que se reflete imediatamente na miniaturização dos dispositivos e no aumento da sua funcionalidade, sensibilidade e precisão, assim como na diminuição do seu tempo de resposta. Têm sido intensos os investimentos em desenvolvimento de *software*, tanto no *software* embarcado em dispositivos de controle,

que aumentam a facilidade e flexibilidade do seu uso, quanto de produtos voltados à otimização de sistemas e controle avançados 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.

Vale à pena ressaltar também que, as gigantes internacionais que dominam o mercado interno, como a ABB, Rockwell, Invensys e Siemens, então dentre aquelas que aparecem na liderança do ranking de patenteamento (tabelas 6, 7 e 8), apontando que seus esforços em P&D, são convertidos em inovação comercial e em faturamento astronômico, conforme foi apresentado na tabela 2.

Dadas às 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.

No que diz respeito à difusão tecnológica, é possível afirmar que a falta de mão-de-obra qualificada torna-se uma barreira para o aumento na utilização das novas tecnologias de automação industrial. É fundamental que o aprendizado acerca dessas

novas tecnologias, do projeto à instalação e operação dos sistemas esteja presente nos cursos de formação dos profissionais que irão trabalhar em áreas direta ou indiretamente envolvidas na automação de processo industriais. O projeto e a manutenção desses sistemas requerem uma grande demanda de mão de obra especializada, o que torna necessária uma nova abordagem no ensino dos cursos responsáveis pela formação desses profissionais, de forma a desenvolver as habilidades necessárias e prover os conhecimentos práticos que estas novas tecnologias demandam.

Capítulo VI – Referências Bibliográficas

- ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, disponível em <http://www.abinee.org.br/>, acessado em 15 de agosto de 2011.
- ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, “Relatório Prospectivo Setorial – Eletrônica para Automação”, Brasília, 2011.
- ALENCAR, M.S.M.; “Estudo de futuro através da aplicação de técnicas de prospecção tecnológica: o caso da nanotecnologia”, Rio de Janeiro, 2008.
- ALIPERTI, J.; “Sem Fios - Sem Enrolação”; Intech nº101, 2008.
- ALVES, T. S.; “Automação Industrial I”; Curso. Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, Portugal, 2005
- BHRUTH, E.B., “Prospecção Tecnológica na priorização de atividades de C&T: Caso QTROP-TB”, Rio de Janeiro, 2004.
- BEGA, E. A. “Instrumentação Industrial”. Ed. Interciência, 2006.
- BENSON, R. “Process Control - The Future”. Computing & Control Engineering Journal, Volume 8, edição 4, 1997.
- BORDIM, Jacir Luiz; “Redes Industriais –Fieldbus”, Universidade de Brasília, Brasília, 2006
- BOSCO, F. “Dr. SDCD”. Revista Petro & Química nº313, 2009.
- COELHO, Gilda Massari; “Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais”; Instituto Nacional de Tecnologia, Nota Técnica nº14, 2003.
- DENARDIN, G. W.; “Modbus”, Apostila de Curso da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2010.

- DRAGO, J. “Aplicações de rede wireless em processos industriais”. Intech n°101, 2008.
- FAIRBANKS, M. “Sistemas avançam para unificar controle de processos e de energia”. Revista Química Nova n° 478, 2008.
- Fieldbus Foundation. Acesso em julho de 2011. Disponível em www.Fieldbus.org.
- GONÇALVES, M. G. “Monitoramento e Controle de Processos”. Tomo 2. Programa de Qualificação de Operadores. SENAI/Petrobrás. Brasília, 2003.
- GUEDES, V.L.S; BORSCHIVER, S.; “Bibliometria: uma ferramenta para a gestão da informação e do conhecimento em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica”, Rio de Janeiro, 2005.
- GUTIERREZ, R. M., & PAN, S. S. “Complexo Eletrônico: Automação do Controle Industrial”, p. 189-232, BNDES Setorial, 2008.
- JÄMSÄ-JOUNELA, S.L. “Future trends in process automation”. Annual Reviews in Control, Finlândia, 2007.
- LOBO, Ana Paula; “Redes Wireless ganham impulso na Automação Industrial”; Acesso em janeiro de 2012, disponível em: www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=17451&sid=8
- LUGLI, Alexandre Baratella; “Redes Ethernet Industriais:Visão geral”; Sense Eletrônica Ltda; Minas Gerais
- MOURA, Ana Maria Mielniczuk; “A interação entre artigos e patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em Biotecnologia”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- NASCIMENTO, Leonardo Tavares do; “Avaliação da utilização da tecnologia de comunicação sem fio em redes Profibus e Foundation Fieldbus; Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

- ONOFRE, R. D. “Mecatrônica Atual - Instrumentação Pneumática”. Mecatrônica Atual. Acesso em dezembro de 2011, disponível em: www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/351.
- PETRO & QUÍMICA. “Em busca do ótimo”, nº 286, 2006, disponível em http://www.editoravalete.com.br/site_petroquimica/edicoes/ed_286/286_a.html.
- SAVELLS, D., & ADAMS, B. M. “Em 2008, wireless, sem dúvida”. Intech nº101, 2008.
- SCHRODER, N. “Process Automation Markets In 2010”. Report Intechno Consulting, 2003
- TEIXEIRA E MOTA LTDA. Instrumentação Básica. Curso . Rio de Janeiro, 2008.
- TRIERWEILER, Jorge.O. , FARENZENA, Marcelo; “Controle e Otimização de Processos: Desafios, perspectivas e tendências”. Revista Petro & Química nº313, 2009.
- UNIETHOS, “A Inteligência Competitiva e a Prospecção Tecnológica e Estratégica como Suporte ao Desenvolvimento Sustentável: Uma Reflexão para Aqueles que Acreditam que Não Existe Sustentabilidade sem Construção do Futuro”, disponível em http://www.uniethos.org.br/_uniethos/documents/ainteligenciacompetitiva.pdf, acessado em 21 de janeiro de 2012.
- VANDOREN, V. J. “PID: Still the One”. Control Engineering, 2003.
- VILHA, A.P.M.; “Gestão da inovação na industria brasileira de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos : uma análise sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável”, São Paulo, 2009.