

Marcio dos Santos

**GERAÇÃO DE CONHECIMENTO EXPLÍCITO NA
MANUFATURA INFORMADA.**

**Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia.**

**Área de Concentração:
Eng. Mecatrônica**

**Orientador:
Prof. Dr. José Reinaldo Silva**

**São Paulo
Julho de 2005**

Santos, Marcio dos

Geração de conhecimento explícito na Manufatura Informada.
São Paulo, 2005. 118 p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica.

1. Manufatura Informada 2. Rede EPC 3. SAVANT-2 4.
Redes de Petri 4. RFID I. Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica. II. T

*Dedico este trabalho a memória de minha amada
sobrinha Camyli Vitória, que nos deixou para
se tornar uma das estrelas mais brilhantes do céu.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Levi e Arani, e irmãs, Helena e Sônia por terem sido um esteio de amor e apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

Ao meu orientador José Reinaldo, pelo apoio, incentivo, paciência, compreensão, mas principalmente, pela perseverança com que me orientou, mesmo quando meus problemas pessoais, profissionais e familiares me caracterizavam como um investimento acadêmico pouco promissor.

Aos amigos do D-Lab, pelo companheirismo de pesquisa e amizade ímpares, mas particularmente ao Jean, pela ajuda e co-orientação neste trabalho.

Aos amigos do Banco Real, principalmente à Cris e ao Zimerman pelo apoio e incentivo.

Agradeço especialmente à minha esposa Silvia, pela ajuda, paciência, companhia e compreensão durante estes anos de uma presença "ausente".

E por fim, agradeço sobretudo a Deus, por serem tantos, e tanto, a agradecer.

*“O que sabemos é uma gota,
o que ignoramos é um oceano.”*

(Isaac Newton)

RESUMO

Atualmente, os sistemas de produção (baseados no paradigma da produção em massa) têm se caracterizado mais pelo controle do produto final do que pelo processo. As tentativas de se inverter esta situação (fomentadas pela crescente demanda por qualidade e personalização) muitas vezes esbarra, ou na falta de informação sobre o processamento do novo produto em suas diversas etapas de transformação, ou na dificuldade de identificar quais informações seriam relevantes numa futura análise, ou mesmo em ambas.

A possibilidade de análise efetiva do processo produtivo facilita a detecção de falhas específicas e pontuais nos produtos depois da sua manufatura, viabilizando uma ação orientada de *recall*, menos traumática e desgastante para as finanças e imagem das empresas. Entretanto, muito mais poderia ser inspecionado e informado, como ações reativas entre eventos não controláveis e o produto, existência de passos repetitivos e ou redundantes, dentre outros. Como a quantidade de informação aumenta muito com a complexidade do produto e existe uma inerente relação de temporalidade, manter todo o histórico do processo neste caso pode se tornar proibitivo.

Neste trabalho propomos uma solução de compromisso para processos produtivos determinísticos e automatizados, estabelecendo um padrão de comportamento do produto após a manufatura e um sistema que procura eventos atípicos, capturando as informações contextuais disponíveis quer seja no produto, através de um suporte de dados automático como é o caso do RFID; quer seja no processo, extraindo sinais de sensores e estados de máquina, mapeados em redes de Petri. Nesse caso, um sistema de percepção contabilizaria estatisticamente as informações pertinentes ao caso padrão e capturaria detalhes apenas das ocorrências que fogem ao padrão, resultando em um número muito menor de informação e propiciando um melhor direcionamento para análises posteriores.

Em associação com proposta de rede EPC (Electronic Product Code), chamamos esta ferramenta de Savant-2, já que sua função difere daquela descrita para o Savant

original, associada à coleta de informação de um grande número de RFID's associados à cadeia de fornecedores e não ao processo produtivo.

Entre os ganhos obtidos, está o melhor conhecimento do processo, o direcionamento para uma análise comparativa que possa ser comprovada experimentalmente ao se comparar os produtos resultantes do processo padrão e do processo com desvio, e a possibilidade da identificação de faixas de tolerância bem definidas em processos de produção. Outra vantagem é que os custos de monitoração do processo são consideravelmente menores, e, portanto esta é uma forma aceitável de controlar a informação e a qualidade da produção pelas pequenas e médias empresas.

Palavras chave: Manufatura Informada, Rede EPC, SAVANT-2, Rede de Petri, RFID.

ABSTRACT

Manufacturing companies are currently pressured to satisfy heterogeneous market that demands from an increasing variety of products, with volumes changing from one item to mass production. The resulting sophistication of the processes (and of course of the involved values) required by this situation leads to economic pressures for a maximization of ROI.

Competency and correctness had become commodities and can be reached only throughout a full knowledge, domain and control of the manufacturing design processes, because an optimized use of production resources became a survival requirement for these companies.

In order to reach an Informed Manufacturing control, it is necessary to change the focus in plant-floor derived data, characterized by the product quality control more than for its process.

Inverting attempts of this situation are hindered, or by the missing information about the new product processing throughout its several transformation stages, or by the difficulty of identifying which information would be relevant in future analysis, or even both. As the amount of data to be analyzed increases with the product complexity (and frequently exists a temporal relationships among them) to track and keep all process information could become prohibitive.

In this work, a complementary solution for the information flow analysis of discrete manufacturing processes is proposed. This solution is based on MIT SAVANT specification and focus on automated manufacturing environment, to foresee a persistent after-manufacturing product behavior standard through an information system that looks for non-typical events, capturing and filtering relevant context data about these products (by using low range RFID) and about its manufacturing processes. Such information is obtained from sensors data and machines states mapped in a version of the production process represented in Petri-net). Since the only occurrence that doesn't match the standards is been captured in details (atypical

events), a fewer amount of data is sent to the high-level enterprise systems, decreasing the resulted processing overhead.

Key words: Informed Manufacturing, EPC network, SAVANT-2, Petri Net, RFID

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract	vi
Sumário	viii
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Siglas	xii
Glossário	xiii
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Domínio do problema	3
1.3 Domínio da solução.....	4
1.4 Relevância.....	5
1.5 Trabalhos correlatos aos da equipe do DesignLab.....	5
1.6 Metodologia	6
1.7 Estrutura da dissertação.....	7
2 Fundamentação Teórica	8
2.1 A importância do conhecimento na manufatura.	8
2.2 Modelos de maturidade na Manufatura Informada.....	10
2.3 A arquitetura necessária a Manufatura Informada.....	11
2.4 Representação do processo de produção.....	14
2.5 A tecnologia da Identificação.....	17
2.5.1 Aplicações em Rastreamento de Itens	18
2.5.2 Aumento de efetividade em processos.....	19
2.5.3 Gerenciamento da Informação no nível de Itens	21
2.6 Identificação por Radio Frequência (RFID)	22
2.6.1 Descrição da tecnologia	22
2.6.1.1 Particularidades da Tecnologia RFID	25
2.6.1.2 Sistemas RFID abaixo 135 kHz.....	26
2.6.1.3 Sistemas RFID de frequência 6,78 MHz	27
2.6.1.4 Sistemas RFID para frequência 13,56 MHz	27
2.6.1.5 Sistemas RFID para frequências UHF	28
2.6.1.6 Sistemas RFID para frequências de microondas.....	28
2.6.1.7 Princípios de funcionamento dos leitores RFID	29
2.6.2 Potencialidades gerais dos sistemas RFID	31
2.6.3 Deficiências gerais dos sistemas RFID	32
2.6.3.1 Preocupações para aplicação do RFID na manufatura.	33
2.6.4 Padronização de drivers RFID	34
2.6.5 Potencial de Mercado.....	36

2.6.6	Aspectos de segurança	37
2.6.7	Utilização do RFID na manufatura serializada	38
2.7	A rede EPC.....	42
2.7.1	Descrição dos componentes da rede	42
2.7.1.1	Tag com Identificação Inequívoca de Produtos	44
2.7.1.2	Leitor e Sistema de Coleta de Dados	46
2.7.1.3	Savant ou EPC Middleware	46
2.7.1.4	Sistema de Informação EPC (EPCIS).....	47
2.7.1.5	ONS - Object Naming Server	49
2.7.2	Contribuição da rede EPC para a realização da Manufatura Informada	50
3	A proposta do SAVANT-2.....	55
3.1.1	Mapeando de Informações através de redes de Petri	56
3.1.2	Aplicação do modelo na descoberta de perturbações no processo fabril.....	57
3.1.3	A integração global.....	60
3.2	A Montagem experimental baseada no SUN Middleware.....	61
3.3	Implementação	61
3.3.1	O compartilhamento de informações	62
	Consistência Lógica de informações	62
3.3.2	Consistência Temporal das informações.....	63
3.3.3	Módulo de Gerenciamento dos Dados	65
3.3.4	Módulo de Implementação da Rede de Petri	66
3.3.5	Aplicação do modelo num caso real de rastreo	66
3.3.5.1	O Blank Soldado.....	66
3.3.5.2	Processos de Produção e Conformação do Blank Soldado.....	68
3.3.5.3	Vantagens do Blank Soldado.....	69
3.3.5.4	Modelagem do processo produtivo.....	70
4	Conclusão e Trabalhos Futuros.....	75
4.1	Contribuições	75
4.2	Trabalhos futuros	76
4.3	Conclusões	76
5	Referências Bibliográficas	79
	Apêndice I.....	93
	Resumo sobre a padronização dos sistemas RFID.....	93
	Apêndice II.....	97
	Paralelo de uso entre o SAVANT e os sistemas MES.....	97
	Apêndice III.....	103
	O RFID e suas aplicações	103
	Apêndice IV	117
	Diagramas e Código Fonte.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figure 2-1 Ferramentas não-automáticas para estabelecimento de causas-e-efeitos na manufatura. (Córtes 2001)	8
Figure 2-2 Comparativo entre os diversos modelos de maturidade (Gartner 2005).....	11
Figure 2-3 Fluxo de informação na Manufatura Informada. Adaptado de (Secher 2001)	13
Figure 2-4 Representações gráficas e matemáticas de processos produtivos em Rede de Petri (Santos 02).....	15
Figure 2-5 Relação de Custo vs Funcionalidade para as principais aplicações do RFID (Kärkkäinen 2001).....	18
Figure 2-6 Conjunto de Radar + IFF durante a WWII (INFOAGE 2005).....	22
Figure 2-7 Esquema simplificado da tecnologia RFID	23
Figure 2-8 Padrão de emissão dos leitores RFID. Adaptado de [IfM 2005].....	30
Figure 2-9 Diferença entre o processo de leitura e gravação das etiquetas.....	31
Figure 2-10 Fluxo de controle na Montagem Bruta [Souza 2004].....	39
Figure 2-11 Fluxo de controle na Montagem Bruta [Souza 2004].....	40
Figure 2-12 Projeto Piloto de Manufatura Informada no IfM da Cambridge University [IfM 2005]..	41
Figure 2-13 Rede EPC	43
Figure 2-14 As maiores Tendências Computacionais [Liu 2004].....	44
Figure 2-15 Esquema do Savant ou EPC Middleware	47
Figure 2-16 Exemplo de Informação em PML	48
Figure 2-17 Rede EPC	49
Figure 2-18 A analogia tecnológica EPC vs WEB	49
Figure 2-19 Onde Implantar a rede EPC na manufatura [McFarlaneIII 2004]	51
Figure 2-20 Como implantar a rede EPC na manufatura [McFarlaneIII 2004]	52
Figure 2-21 Modelo de Controle, Informação e Decisão para um Sistema de Manufatura Informada (Tavares 2000b).....	54
Figure 3-1 Integração do SAVANT-2 dentro da arquitetura EPC	55
Figure 3-2 O SAVANT-2 e a sua atuação dentro da hierarquia dos sistemas verticais (dos Santos 2005).....	57
Figure 3-3 Topologia do ambiente SAVANT-2 / SUN	60
Figure 3-4 Modelo de redes de Petri baseado em objetos denominado EG-CPN (Extended Generalized Coloured Petri Nets) (Perkusich 2003)	64
Figure 3-5 Possibilidades de comunicação entre o SAVANT-2 e os sistemas Clientes (Chokshi 2003).	65
Figure 3-6 Reforço estrutural de um carro de passageiros. - Obtido a partir de um "Tailor Blank" conformado [Tavares 2000].....	67
Figure 3-7 Painel lateral externo. – Obtido a partir da conformação de um "Tailor blank" soldado a Laser [Pereira99].....	67
Figure 3-8 Exemplos de defeitos na superfície de corte [Pincinini99].....	68
Figure 3-9 Sistema de Soldagem Soulas – Lay-out do equipamento de solda a laser para fabricação dos blanks soldados [Pincinini99].....	69
Figure 3-10 Processo de fabricação de Blank Soldado (Tavares 2000).....	70
Figure 3-11 Representação da produção de Blank's Soldados.	74
Figure 4-1 Manufatura Informa "Ecologicamente Correta" (adaptado de Mcfarlane 2003)	77

LISTA DE TABELAS

Table 2-1 Diferentes tecnologias de identificação classificadas por tipo de aplicação [Kärkkäinen 2001]	17
Table 2-2 Histórico do RFID (Landt 2004)	23
Table 2-3 Comparativo entre as frequências usadas no RFID	26
Table 2-4 Identificador Geral ou GID - 96 bits (EpcTagData 2004)	45
Table 3-1 Fatores do processo de corte que influenciam a qualidade do blank soldado	68

LISTA DE SIGLAS

ES	Engenharia Simultânea
API	<i>Application Programming Interface</i> Interface de Programação de Aplicações
GSM	<i>Global System for Mobile communication</i> Sistema Global para comunicação Móvel
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> Linguagem de marcação de Hipertexto
SSD	<i>Sistema de Suporte à Decisão</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i> Assistente Pessoal Digital
XML	<i>Extensible Markup Language</i> Liguagem de Marcação Extensível
ACID	<i>Atomicity Consistency Isolation Durability</i> Atomicidade, Consistência, Isolação e Durabilidade
IS	<i>Information System</i>
SI	Sistema de Informação
SSD	<i>Support System Decision</i> Sistema de Suporte à Decisão
TQM	<i>Total Quality Management</i> Gerenciamento Total da Qualidade

GLOSSÁRIO

<i>browser</i>	Software utilizado para navegação na Internet
<i>Java applet</i>	Aplicação escrita em Java que pode ser executada embutida em uma página HTML.
<i>Java application</i>	Aplicação Java. Pode utilizar janelas como interface cliente.
<i>mobile devices</i>	Dispositivos eletrônicos móveis: celulares, palmtops.
<i>offline</i>	Fora de linha, não conectado.
<i>online</i>	Em linha ou conectado.
<i>open source</i>	Softwares cujo código fonte está disponível aos usuários
<i>token</i>	Mensagem de tamanho pequeno, trafegada pela rede para controlar as permissões de transmissão de seus usuários.
<i>wireless</i>	Tecnologia que permite a comunicação entre aparelhos eletrônicos e computadores sem o uso de cabos para conectá-los.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as companhias de manufatura se vêem forçadas a satisfazer mercados que demandam uma variedade crescente de produtos, em prazos cada vez mais curtos e com volumes variando do unitário à produção em massa. A decorrente sofisticação dos processos (e naturalmente das cifras envolvidas) requeridos por essa situação conduz a pressões econômicas por um máximo retorno sobre o capital investido.

A competência e a assertividade tornaram-se *commodities* e só podem ser atingidas através de um pleno conhecimento, domínio e controle dos processos produtivos. Portanto, uma situação de domínio das informações que leve a uma utilização otimizada dos recursos na manufatura (fazer certo, da primeira vez) tornou-se um pré-requisito de sobrevivência para estas empresas.

Conceitos como manufatura centrada no cliente e customização em massa de produtos estão norteando o pensamento industrial, pois buscam aliar reatividade, eficiência, e flexibilidade quanto ao uso dos recursos de manufatura, de modo a atender as demandas geográficas e temporais de mercados cada vez menos previsíveis. A satisfação do cliente tornou-se uma diretriz que extrapola as fronteiras físicas das plantas, como resultado da distribuição dos empreendimentos e da execução dos processos de engenharia numa maneira virtualizada.

Os sistemas atuais de produção (ainda muito influenciados pelo paradigma da produção em massa) têm se caracterizado mais pelo controle do produto final do que pelo processo. As tentativas de se inverter esta situação (fomentadas pela crescente demanda por qualidade e personalização) muitas vezes esbarra, ou na falta de informação sobre o processamento do novo produto em suas diversas etapas de transformação, ou na dificuldade de identificar quais informações seriam relevantes em futuras análises, ou mesmo em ambas.

A possibilidade de uma análise efetiva do processo produtivo facilita a detecção de falhas específicas e pontuais nos produtos depois da sua execução, o que viabilizaria uma ação orientada de *recall*, menos traumática e desgastante para as finanças e imagem das empresas.

Entretanto, muito mais poderia ser inspecionado e informado. Frequentemente surgem atipicidades dentro dos processos produtivos, que independente de serem ou não diagnosticadas e sanadas (quase sempre através de conhecimento tácito pessoal), não são acompanhadas da geração de um completo conhecimento sobre o evento em questão. Isto é, os problemas de produção (leia-se dados) são percebidos, muitas vezes são contornados (leia-se transformados parcialmente em informação), sem terem sido completamente entendidos e/ou solucionados (leia-se gerar conhecimento de natureza explícita).

A necessidade de se estabelecer correlações concretas de causa-efeito entre eventos controláveis e ações reativas para os não controláveis e o processo de fabricação com um todo, muitas vezes não é atingida pela falta de mecanismos confiáveis e performáticos de captura e análise dos dados no chão de fábrica. Como a quantidade de informação aumenta muito com a complexidade do produto e existe uma relação de temporalidade inerente ao domínio do problema, manter todo o histórico dos processos neste caso, pode se tornar proibitivo.

1.1 Objetivos

Neste trabalho é proposta uma arquitetura integrativa de sistemas de informação baseada no projeto EPC (a qual chamamos de Manufatura Informada), que colabore para estruturar o design, o fluxo de informação horizontal e vertical dentro das indústrias e o suporte à decisão, relacionados ao processo de atendimento a uma solicitação por produtos customizados.

Muitas vezes as empresas não atendem demandas customizadas, não pelo fato de não serem competentes, capazes de atender a prazos, custos, requisitos ou riscos dos projetos; mas pelo fato de não serem capazes de estruturar os dados, informações e conhecimentos que embasam tais avaliações.

Para colaborar com essa transformação dos dados do chão-de-fábrica até a informação relevante para o controle dos processos de manufatura e, por consequência dos processo decisório), esta pesquisa propõe a concepção de uma ferramenta chama SAVANT-2.

1.2 Domínio do problema

Esta pesquisa pretende fornecer subsídios para que as empresas de manufatura obtenham embasamento para responder às seguintes questões relativas a uma demanda customizada:

- Quais os eventos atípicos que ocorreram durante o processo de fabricação de um produto ou de um lote de produtos (dependendo da granularidade da monitoração feita);
- Existe uma relação entre estes eventos atípicos e futuras ocorrências ou falhas do produto durante a sua vida útil (depois de manufaturado);
- O que se pode afirmar sobre os requisitos de qualidade para o produto;
- Qual a relação entre eventos não controláveis ocorridos na fabricação e a performance e aceitação do produto depois de manufaturado

Para conceber tais respostas, é necessário um completo domínio, do fluxo de informação durante o processo produtivo, assim como depois do produto manufaturado. Portanto além de monitorar as informações básicas de produção, de composição e fluxo de itens absorvido de fornecedores, da vida útil do produto já em poder do consumidor, também é necessário ter as informações sobre as ocorrências que sucederam durante o processo de fabricação e portanto no chão de fábrica.

O atual movimento em torno de uma cadeia mundial de informação, (GSC, Global Supply Chain) deve, portanto ser complementado com um sistema que mapeie o chão de fábrica em busca de informação - não necessariamente disponibilizada para a cadeia mundial - de importância fundamental para corrigir erros do processo e identificar e realmente relacionar os problemas que surgem após a fabricação com as suas causas prováveis.

1.3 Domínio da solução

Para o embasamento da pesquisa, foram levantados o estado-da-arte e os requisitos para a concepção de uma arquitetura coesa de sistemas de informação aplicados à manufatura.

Propomos uma solução de compromisso para processos produtivos determinísticos e automatizados, estabelecendo:

- Um padrão de comportamento do produto após a manufatura - por exemplo, obtido por experimentos repetidos em laboratório. Este padrão será utilizado em eventuais processos de rastreamento, onde será possível (diferentemente da forma manual dos gráficos de Ishikawa) estabelecer correlações automatizadas entre desvios ou eventos atípicos surgidos durante a fase de manufatura e o fato sendo rastreado;
- Um sistema supervisor que procura eventos atípicos, capturando as informações contextuais disponíveis:
 - No produto, através de um suporte automático de captura de dados como é o caso da Identificação por Rádio Frequência;
 - No processo, extraíndo sinais de sensores e estados de máquina, mapeados em redes de Petri.

Estes eventos, caso necessário, são armazenados dinamicamente no repositório físico de dados históricos da produção, mesmo que estes ainda não possuam um esquema de armazenamento pré-existente.

Nesse caso, o sistema de percepção contabiliza estatisticamente as informações pertinentes ao caso padrão e captura detalhes apenas das ocorrências que fogem ao padrão de comportamento mencionado anteriormente, resultando em um número muito menor de informação e propiciando um melhor direcionamento para análises posteriores.

O padrão de comportamento durante a produção é um sistema supervisorio, aqui tido como entrada do sistema em apreço, que pode ser obtido de forma heurística ou através da aplicação da Teoria de Sistemas Supervisorios (TCS) de Ramadge e Wonham () diretamente ou na sua versão estruturada baseada em íntegrans (Ramos & Silva).

1.4 Relevância

Entre os produtos indiretos da pesquisa, está o melhor conhecimento do processo de manufatura (etapa inicial de definição do padrão), o direcionamento para uma análise comparativa que possa ser comprovada experimentalmente (comparando os produtos resultantes do processo padrão e do processo com desvio), e a possibilidade da identificação de faixas de tolerância bem definidas em processos de produção, mantendo-se assim um padrão de qualidade. Outra vantagem é que os custos de monitoração do processo (por serem automatizados) são consideravelmente menores, e, portanto esta é uma forma aceitável de controlar a informação e a qualidade da produção pela pequena e média empresa.

O estudo realizado visa, além de validação conceitual da arquitetura proposta, servir como orientação para futuras pesquisas e trabalhos na mesma área.

1.5 Trabalhos correlatos aos da equipe do DesignLab

O estudo atualmente em curso pelo DesignLab está alinhado com iniciativas correlatas dos 7 Auto-ID Labs no mundo:

- Adelaide Auto-ID Lab;
- IfM da Cambridge University;
- Auto-ID Lab da Fudan University - China;
- RFME Lab – Coréia;
- Keio Research Institute - Japão;

- MIT;
- St. Gallen - Swiss Federal Institute of Technology.

O D-Lab da Escola Politécnica não é um dos laboratórios reconhecidos mundialmente por tratar com o problema do Global Supply Chain, mas é por enquanto e em compensação, o único a estudar a ligação deste grande sistema de informações com as informações originadas no processo de fabricação, estendendo o alcance da ferramenta SAVANT.

A proposta original do SAVANT é bastante geral e se propõe a tratar o problema da coleta de dados para um sistema RFID em qualquer aplicação (notadamente nas de logística), visando o fluxo de produtos em ambientes como supermercados automatizados e sistemas de containeres em portos. Este atua como um roteador, efetua operações de monitoramento, transmissão de dados, gerenciamento de tarefas e geração de eventos. Esse componente é responsável pelo gerenciamento dos equipamentos que realizam a captura dos dados por rádio-frequência e pela sua integração com as demais aplicações verticais. Os problemas que o EPC Middleware pretende solucionar estão relacionados com a quantidade de dados capturados e na sua disponibilização.

1.6 Metodologia

Foram estudadas as aplicações comerciais e acadêmicas relacionadas ao gerenciamento das informações na manufatura, em particular aquelas que tratam os dados brutos (ainda não traduzidos em informação) oriundos do chão de fábrica.

Também foram consultados profissionais mais experientes nessa área, a fim de identificar os caminhos mais eficientes para interpretar e formalizar o problema da informação dentro da manufatura. Tecnicamente, a adoção de tecnologias de uso livre possibilitou o aproveitamento de bibliotecas já consolidadas para a concepção da implementação prática (mapeamento dos processos em Redes de Petri e dos dados de eventos em memória). Elas não requerem recursos financeiros elevados, estando de acordo com as premissas da pesquisa.

1.7 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida nos seguintes capítulos:

O Capítulo 1 revela o objetivo do trabalho, o domínio do problema e da solução abordados, sua relevância acadêmica e seu contexto dentro das linhas de pesquisa semelhantes, a metodologia utilizada e a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 estão descritos os conceitos teóricos e a visão contextual motivadora da linha de pesquisa. Nele é apresentado o levantamento conceitual tecnológico da proposta de solução oferecida para o problema apresentado e que embasam a elaboração da solução e contribuições desta pesquisa.

O Capítulo 3 descreve a principal contribuição da pesquisa: a proposição do SAVANT-2 e a sua implementação.

No Capítulo 5 são traçadas as considerações finais sobre o trabalho, suas contribuições, e possíveis trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O tema escolhido para o trabalho abrange uma série de disciplinas. Neste capítulo, estão descritos conceitos básicos de cada uma, para introduzi-las e estabelecer a ligação entre elas e a sua relevância para esta pesquisa.

2.1 A importância do conhecimento na manufatura.

Certamente dentre os bens intangíveis mais caros às empresas, figura o seu conhecimento (tanto tácito quanto o explícito) adquirido ao longo da sua existência organizacional. Grande parte dos trabalhos que abordam a estruturação desse conhecimento na manufatura (principalmente aqueles relacionados ao estabelecimento de causa-e-efeito entre os eventos surgidos no chão-de-fábrica) são muito prolixos em discursar sobre “o que” deve ser feito para formalizá-lo (como as ferramentas gráficas não-automáticas mostradas na Figure 2-1), mas são pouco efetivos em fornecer caminhos claros e exequíveis de “como” realizar tal feito de forma automatizada.

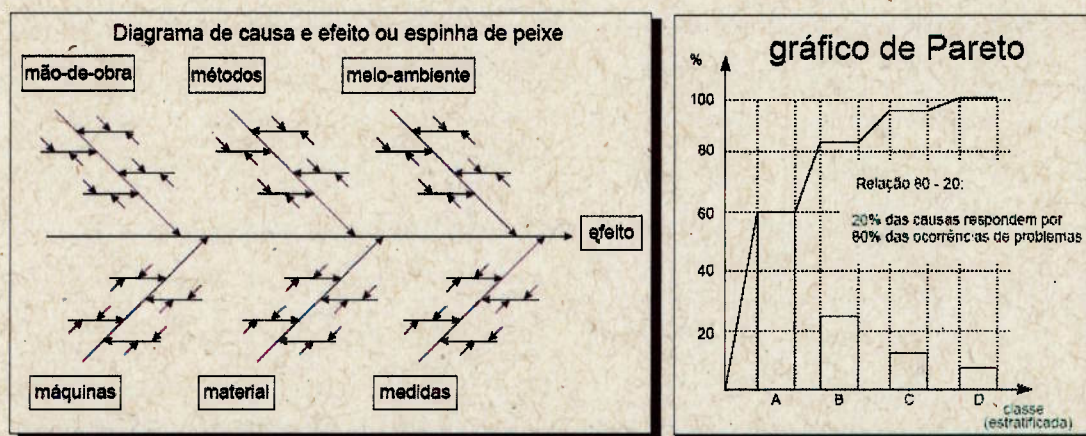


Figure 2-1 Ferramentas não-automáticas para estabelecimento de causas-e-efeitos na manufatura. (Côrtes 2001)

Este cenário desafiador se explica, em parte, pela dificuldade encontrada pelos profissionais encarregados em estruturar e migrar o conhecimento pessoal tácito dentro da manufatura para algo mais organizacional e explícito (documentável e automatizável).

Realizar a transição entre os modelos clássicos de produção (no qual o conhecimento e domínio dos processos fabris estavam na mente de poucos e imprescindíveis funcionários, cuja importância para o dia a dia da manufatura sobrepujava o do próprio parque de máquinas) para a manufatura virtual do novo século (no qual a informação precisa ser compartilhada *on-line* para ter o seu valor reconhecido) fez surgir uma onda em busca de ferramentas e metodologias de qualidade que internalizassem maturidade nas empresas.

Particularmente para aquelas empresas interessadas na customização em massa de produtos e serviços, a preocupação com o domínio do conhecimento, a capacidade de saber “quem elas são” e “onde estão”, são pontos chaves de sobrevivência.

Assim como no período pré-industrial, onde os artesões conseguiam interpretar e executar todos os requisitos dos clientes (sabiam “O QUE” e “O COMO”), mais do que nunca estas empresas irão precisar do talento do seu capital humano (e do seu conhecimento tácito) como um diferencial competitivo para atender demandas customizadas. Mas como as empresas não podem voltar a ser oficinas artesanais, grande atenção precisará ser dada ao registro explícito e estruturação desta capacidade em realizar projetos sob demanda.

Segundo Silva et al 1998, a interação entre essas duas formas complementares de conhecimento (tácito pessoal e explícito organizacional) é a principal dinâmica da criação do conhecimento na organização.

O domínio da tecnologia da informação é fator chave para o sucesso de qualquer ramo empresarial, sendo que a manufatura discreta e customizada tem se mostrado particularmente sensível a essa premissa, pois o ferramental de TI pode ajudar a consolidar “O COMO” realizar projetos customizados.

Conhecer profundamente a forma e nicho de atuação (competências essenciais) de uma empresa, os processos relacionados aos seus serviços ou produtos, bem como, e principalmente, as mesmas informações sobre o seu cliente, possibilita que sejam tomadas decisões mais acertadas quanto ao planejamento estratégico e estabelecer ou rever corretamente os planos e ações.

*“Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo,
não precisa temer o resultado de cem batalhas.
Se você se conhece, mas não conhece o inimigo, para
cada vitória ganha sofrerá também uma derrota.
Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo,
perderá todas as batalhas...”*

Sun Tzu. A Arte da Guerra

Como objetivo para construir-se uma Manufatura Informada deve-se buscar transformar os "dados" do chão-de-fábrica em "informações", e estas em "conhecimento".

Durante o processo decisório de atender ou não uma demanda customizada podem surgir distorções durante o processo de transformação do estado bruto dos dados até o estado lapidado do conhecimento. Isto ocorre porque o modelo mental de cada pessoa interfere na codificação e decodificação dos dados, informações e conhecimentos, acarretando muitas vezes distorções individuais que poderão ocasionar problemas no processo de comunicação decisório (Angeloni 2003).

Logo esta transformação dos dados em conhecimento na Manufatura Informada precisa ser o mais automatizado e independente possível de critérios e valores pessoais (isto é, construído de forma explícita). Esta diretiva resume um dos objetivos e contribuições principais deste trabalho.

2.2 Modelos de maturidade na Manufatura Informada

Amedrontadas com o poderio industrial japonês nos anos 80, as empresas norte-americanas converteram-se a uma religião - a religião da qualidade. Elas se apressaram em aprimorar seus processos de negócios adotando diversos modelos de qualidade, como ISO 9000 para a corporação, Six Sigma para a fábrica e CMM (Capability Maturity Model) para engenharia de software.

Na Manufatura Informada, onde deve existir uma vocação para mudanças, o gerenciamento de projetos e da qualidade são áreas de atenção crítica, e os modelos de maturidade podem ser muito úteis para endereçar esta vocação.

Os esforços para melhoria da qualidade não podem ter seu foco no produto apenas, mas principalmente no processo (sempre que possível priorizando a prevenção e não a detecção das falhas) (Spínola 2005).

A adoção de tais modelos pode trazer uma série de benefícios como a redução do retrabalho e um melhor atendimento ao cliente interno e externo. Outro ganho para as organizações é começarem a ser capazes de produzir projetos e produtos de maneira extremamente confiável dentro de limites de custo e de cronograma previsíveis

Embora haja alguma sobreposição entre esses modelos de qualidade, na maior parte dos casos eles não entram em conflito. Na verdade, a maioria das grandes empresas usa dois ou três deles, segundo o tipo de abstração (view-point) necessária por cada área, como mostrado na Figure 2-2. A IBM, por exemplo, utiliza ISO 9000, CMM, ITIL, Six Sigma e vários programas de qualidade criados internamente. Já outras não usam nenhum deles, preferindo ter os seus próprios.

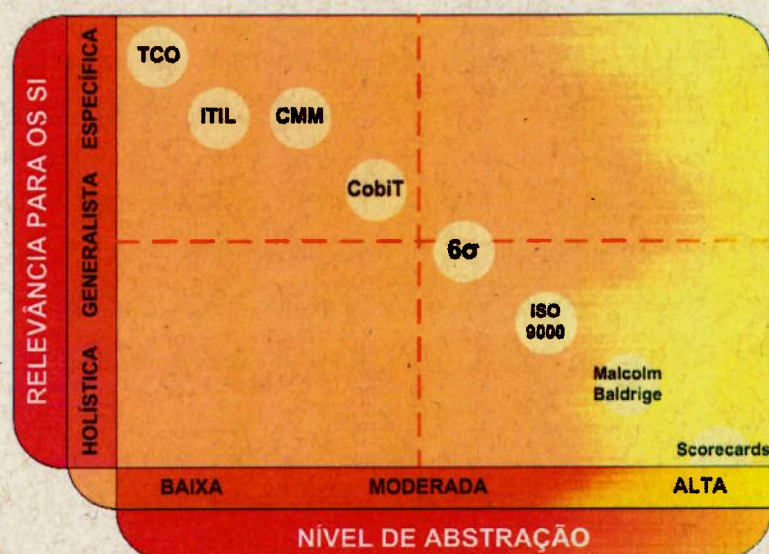


Figure 2-2 Comparativo entre os diversos modelos de maturidade (Gartner 2005)

2.3 A arquitetura necessária a Manufatura Informada

No mundo ideal vislumbrado para a Manufatura Informada, a automação e a flexibilidade são fatores chave, dado que a geração de conhecimento sobre os processos do chão-de-fábrica só pode ocorrer num contexto mínimo de estruturação

da captura dos dados e eventos (isto é, deve haver a possibilidade de mapeamento dos pontos de captura).

Nela, cada robô deve estar acompanhado por uma entidade dinâmica e viva de software, carregando com ele não somente dados de configuração, mas programação de controle, informações comerciais e financeiras, registros da manutenção, desenhos mecânicos e interfaces de comunicação. A mesma aproximação pode ser aplicada aos produtos e lotes (dotados com um conjunto dinâmico de características de tempo-real).

Os dispositivos distribuídos pela planta devem herdar funcionalidades do ambiente nas quais eles estejam configurados. Estes dispositivos são configurados não pelo centro de controle estratégico, mas como um resultado direto da configuração do negócio nas quais eles estão distribuídos: os equipamentos devem ajustar seus *setpoints* de controle como uma função da velocidade da linha. Os robôs e as células de manufatura podem ser movidas de uma tarefa para outra, recuperando as novas instruções assim que eles “reconhecerem” o novo processo e seus requisitos.

Assim como estes dispositivos podem automaticamente herdar as características ao seu redor, eles podem também reportar informação e influenciar operações em outras partes do empreendimento. Informações em tempo real sobre gargalos ou células de trabalho defectivas podem automaticamente disparar ajustes compensatórios nas operações posteriores da cadeia. Medições interativas de qualidade, das matérias primas aos produtos acabados, provêem uma rastreabilidade e documentação elucidativa a respeito dos materiais envolvidos. E o mais importante, a integração dos sistemas para melhorar vendas, ERP, e SCM estendem as operações de todos os modos de procura, das matérias primas mais básicas à entrega dos produtos mais agregados de valor.

A arquitetura centrada no chão de fábrica deve reconhecer cada objeto da planta (robôs, transportadores, PLC's, dispositivos fixos, etc) e suas heranças características (range, capacidade, velocidade, saídas) como uma única entidade. Com essa afinidade funcional atingida, o acesso dinâmico às características de gerenciamento dos objetivos patrimoniais (produtividade, capacidade, custos de produção, ROI, etc.) decorre logicamente.

Cada unidade identificável do produto manufacturado (lotes, barras, pacotes, rolos) pode tornar-se um objeto, acompanhado pela herança das características, incluindo especificação do produto, dados de qualidade, conteúdo da matéria prima, nome do consumidor, data de entrega, etc. Estas características do produto, ou mesmo uma transação do tipo B2B, irão tornar-se as diretrizes que acionam as ações dos objetos correspondentes na planta. O sistema deve ser criado dinamicamente, ligando uma série de objetos distribuídos como softwares clientes.

Além dos benefícios óbvios de uma instalação e interação mais rápidas, a arquitetura orientada a objetivo abre um poderoso cenário tanto para o gerenciamento de recursos, quanto de negócios. Ligados dinamicamente à outros sistemas de gerenciamento da planta, os robôs contribuem localmente com o seu aconselhamento às ferramentas globais de suporte à decisão, tais como relatórios da produção por unidade celular ou sessão, análise de distúrbios nos processos ou comparações entre produtos finais, baseado nos recursos específicos utilizados.

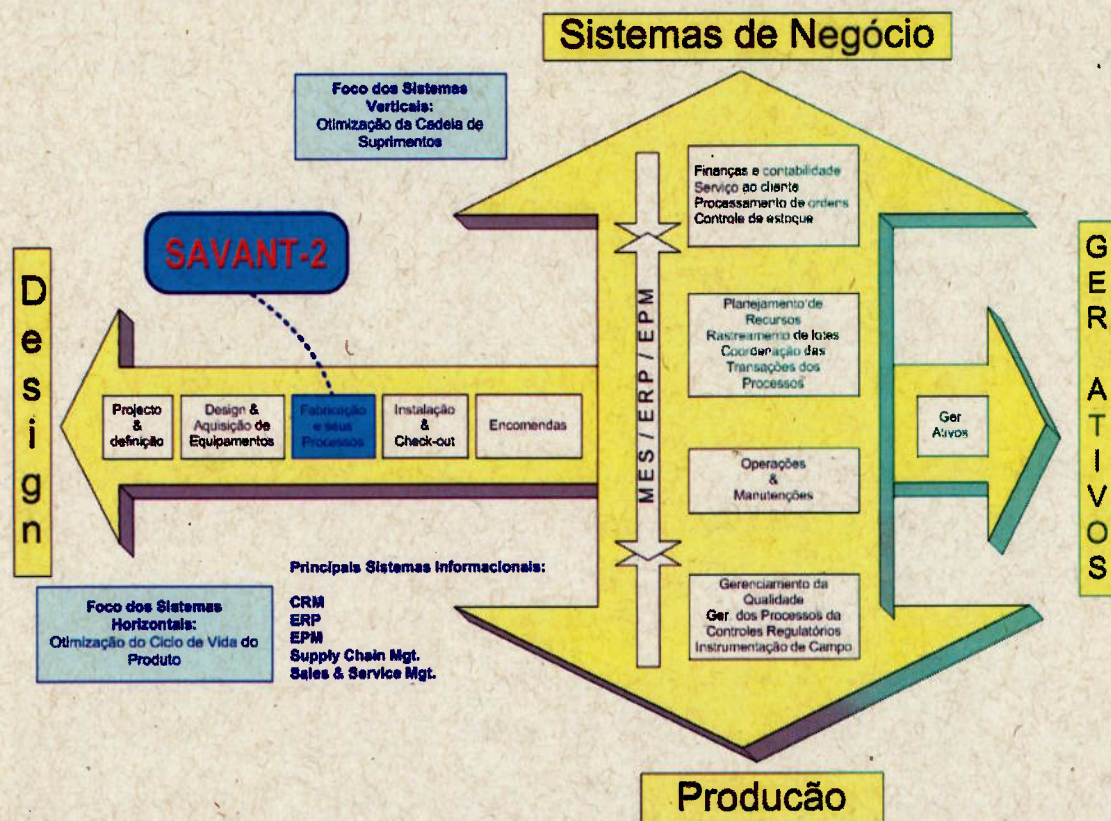


Figure 2-3 Fluxo de informação na Manufatura Informada. Adaptado de (Secher 2001)

Tal arquitetura “conecte e produza”, configura os estados para interações em tempo-real através toda a cadeia de valor, da entrada da ordem eletrônica ao fornecimento e produção just-in-time e, por fim para a distribuição final do produto. Esta arquitetura ideal é mostrada na Figure 2-3, e ilustra como a informação e o material fluem na era da customização de massa centrada nos anseios do cliente.

2.4 Representação do processo de produção

Na arquitetura apresentada acima temos ainda o fluxo de itens e insumos que ocorre no chão de fábrica, caracterizando o processo de fabricação. Este processo pode ser genericamente representado por uma sucessão de atividades produtivas (*enterprise activities*) – seguindo a nomenclatura proposta pelo CIMOSA (ver CIMOSA 1993) – gerando processos (*business process*) que são a base do negócio da corporação.

Este esquema pode ser plenamente representado em Redes de Petri (ver del Foyo 2001, Murata 1989, Riascos 2002, Santos 2005, Silva 2002, Di Cesare 1993) , ou ainda em uma das componentes hierarquizadas da rede (ver Murata 1989). Neste caso podemos ver os processos em vários níveis de abstração, encapsulando ou explicitando dados das atividades. Existem várias propostas de como representar estas redes hierarquizadas. Neste trabalho usaremos como referência as redes GHENeSys (ver del Foyo 2001) que tem ainda a possibilidade de representar explicitamente os eventos não controláveis do processo. Existe ainda uma estreita relação com a especificação de requisitos de projetos, elemento fundamental no processo de análise e design dos novos sistemas de manufatura.

Definição (Murata 89) – Uma rede de Petri marcada é uma 4-tupla $N = \langle P, T, F, m_0 \rangle$, onde:

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ é um conjunto finito de lugares,

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ é um conjunto finito de transições,

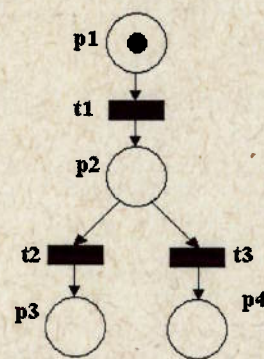
Satisfazendo $P \cap T = \emptyset$ e $P \cup T \neq \emptyset$

$F \subseteq (P \otimes T) \cup (T \otimes P)$ é um conjunto de arcos orientados (relação de fluxo), e

$m_0: P \rightarrow \mathcal{N}$ é a marcação inicial.

Se x e y são elementos genéricos de uma rede de Petri, define-se como pré-conjunto de y ao conjunto dos x tal que o par (x,y) seja uma relação de fluxo da rede. Similarmente, define-se como pós-conjunto de y ao conjunto dos x tal que o par (y,x) esteja incluído nas relações de fluxo. A Figure 2-4 ilustra as respectivas representações formais da rede.

As principais propriedades das redes de Petri (úteis para a análise estrutural e comportamental do sistema em estudo) são: Alcançabilidade, Limitação, Segurança, Vivacidade, Reversibilidade, Consistência, Conservação, Cobertura, Distância Síncrona, Invariantes, "Fairness" dentre outras.



Exemplo de Rede de Petri

$$A = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz de Incidência $p \times t$

$$M_i = M_0 + A^T \sum_0^{i-1} \sigma_i$$

Equação de estado

onde:

$$M_i, \text{ é o estado posterior } \rightarrow M_i = [0 \ 1 \ 0 \ 0]^T$$

$$M_0, \text{ é o estado atual } \rightarrow M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

A é a Matriz de incidência da rede

$$\sigma_i, \text{ é o vetor de disparo } \rightarrow \sigma_i = [1 \ 0 \ 0]^T$$

Figure 2-4 Representações gráficas e matemáticas de processos produtivos em Rede de Petri (Santos 02)

Convencionalmente, se chama "planta" à representação do sistema produtivo que mostra a sucessão de atividades de forma isomorfa a um grafo marcado, isto é, uma rede de Petri com características especiais. Alternativas, conflitos, etc. são monitorados por outra rede de Petri à qual se atribui o sistema de controle ou o

controle supervisorio em malha fechada, que se comunica com a “planta” através de pontos especiais de sensoriamento e atuação.

Os processos admissíveis do sistema formam palavras (*strings*) que podem ser representadas por uma seqüência (finita) de eventos do supervisorio. Estas *strings* formam uma linguagem de prefixo fechado que pode ser usada para detectar os eventos anômalos. Assim, se uma *sub-string* associada a uma seqüência de eventos não é prefixo de nenhum dos processos admissíveis, então um estado atípico foi iniciado e este momento deve ser sublinhado, com a respectiva anotação de tudo que ocorrer a partir deste momento. Estes acontecimentos constituem informação relevante na vida útil do artefato.

O sistema sai do estado atípico se a string armazenada desde que entrou neste estado, ou alguma de suas *sub-strings* próprias é um sufixo de algum estado conhecido. Portanto, o conhecimento prévio do processo é de fundamental importância.

A identificação dos eventos atípicos é de fundamental importância para este trabalho, mas não se constitui na principal contribuição desta pesquisa. Na verdade “estaidentificação” se realiza a partir do conhecimento prévio do processo de fabricação, bem como da Teoria dos Sistemas Supervisorios apresentado por Wonham 2000 e em outros trabalhos de implementação e interpretação desta teoria.

Para os objetivos deste trabalho é suficiente a garantia de que é possível detectar quando um evento atípico começa e acaba e que é possível acionar o procedimento que controla o SAVANT 2 no momento em o evento atípico começa e desativá-lo no momento em que este se encerra. Não aprofundaremos a discussão em detalhes de como implementar este processo, o que já foi objeto de outros trabalhos.

Entretanto, associar um evento atípico aos produtos que estão na linha de fabricação no momento é algo importante e que afeta diretamente à manutenção do modelo de dados do sistema e para traçar possíveis causas de anomalia no comportamento futuro do artefato. Para tanto é mister identificar os artefatos em qualquer ponto do processo produtivo.

A tecnologia da identificação dos produtos é recente e foi ampliada para transcender o código de barras com os seus problemas de leitura, posicionamento, e nos na

essência, uma vez que este pressupõe apenas o tratamento de dados e não de informação mais elaborada. Portanto, antes de passar à proposta deste trabalho, discutiremos mais detalhadamente o problema da identificação e como resolvê-los utilizando RFID (*Radio-Frequency Identification*).

2.5 A tecnologia da Identificação

Apesar do interesse deste trabalho pela tecnologia de identificação, não será abordada a vasta área de outras tecnologias da informação. A tecnologia de identificação é usada como uma interface entre o mundo físico de itens identificados e o mundo dos sistemas de informação. Na **Error! Reference source not found.**, são apresentadas as principais áreas relacionadas a tecnologia da identificação.

Table 2-1 Diferentes tecnologias de identificação classificadas por tipo de aplicação [Kärkkäinen 2001]

Tecnologia \ Aplicação	Autenticação	Rastreo	Automação	Gerenciamento de Informação
Código de Barras		X	X	X
RFID	X	X	X	X
OCR			X	
Biometria	X			
Visão Computacional			X	
Tinta Magnética	X		(X)	
Smart Cards	X			X
Memória de Contato			(X)	X
Tiras Magnéticas	X			
Bluetooth	(X)	(X)	(X)	(X)
GPS		X		
Localização por GSM		X		

Na **Error! Reference source not found.**, é apresentado um comparativo de performance das várias tecnologias de identificação, em suas principais aplicações de mercado.

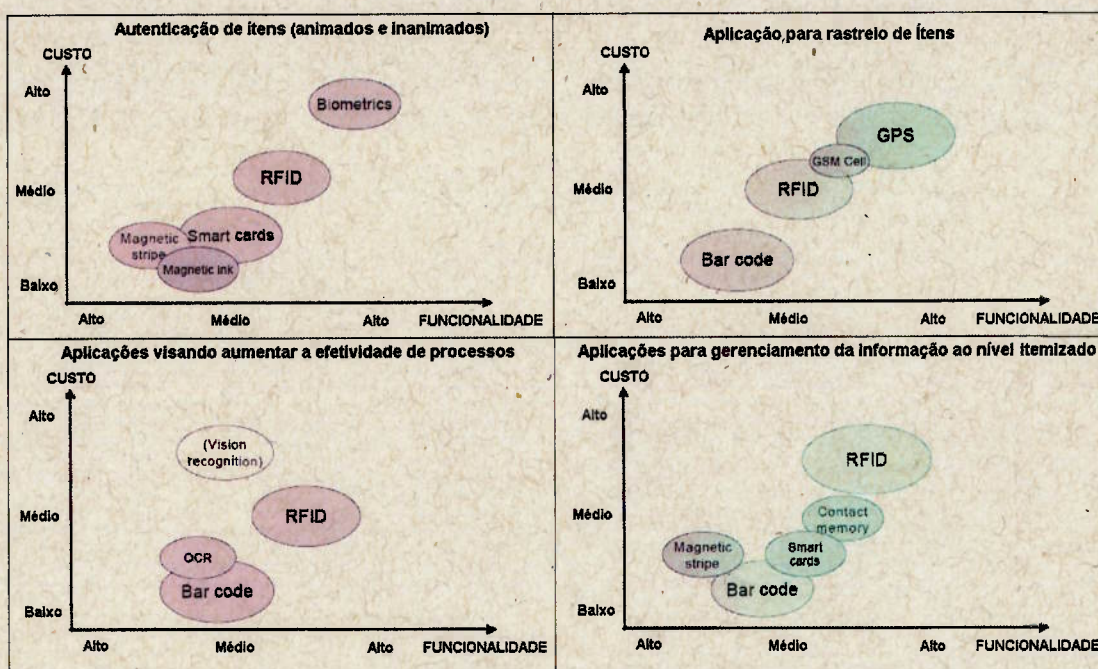


Figure 2-5 Relação de Custo vs Funcionalidade para as principais aplicações do RFID (Kärkkäinen 2001)

2.5.1 Aplicações em Rastreamento de Itens

Todas as aplicações que agregam conhecimento sobre a posição e o itinerário de itens, ou o estado de objetos, são classificadas sob a categoria de aplicações de rastreamento de itens.

As aplicações de rastreamento de itens têm impacto significativo sobre processos de negócios, significativamente na logística, e eles são usados em todo o mundo por transportadoras expressas (como UPS ou DHL) e empresas do setor industrial pesado às forças de defesa de muitos países.

A maior parte de aplicações de rastreamento são usadas para objetos inanimados. Contudo, aplicações para controle de acesso de seres humanos muitas vezes têm características de rastreamento também, bem como para animais domésticos.

A despeito da natureza do objeto rastreado, a lógica das aplicações de rastreamento é uniforme. As aplicações de rastreamento, nas quais é usada a tecnologia da identificação, são baseadas em redes de leitores. Sempre que um objeto rastreado passe por um leitor que pertença à rede, esta passagem é registrada, e normalmente a informação

também é imediatamente enviada a um repositório de dados central, que junta a informação de todos os pontos de leitura. A posição do objeto pode ser consultada do repositório central, e ele responde com a localização do leitor pelo qual o objeto passou (podendo inclusive fornecer o instante do evento). As tecnologias de identificação mais comuns em aplicações de rastreo são os códigos de barra e o RFID. O GPS é uma tecnologia especificamente desenvolvida para rastreo e que não precisa de leitores (baseia-se na triangulação de sinais de satélite), mas ao contrário das duas anteriores, não pode ser utilizada em ambientes cobertos. O GSM possui características semelhantes ao GPS, diferindo pelo sinal ser provido por antenas celulares terrestres.

Na concepção de uma aplicação de rastreo, deve ser decidido se os próprios produtos ou as unidades de transporte nas quais eles estão nas que eles estão é que serão rastreados, embora da perspectiva funcional do sistema exista pouca diferença. Esta seleção influi pesadamente no número de objetos que são equipados com identificadores (assim influência na seleção da tecnologia), e na estrutura dos sistemas de informações usado na aplicação de rastreo.

2.5.2 Aumento de efetividade em processos

Em muitas aplicações, a identificação automática é usada como um componente em soluções que visem aumentar a efetividade de processos. Em soluções de efetividade de processo, a identificação automática é usada para automatizar processos ou partes destes e/ou automatizar a aceção de dados para economia de tempo e redução de erros. A necessidade da automação de processos diferencia-se em fases distintas do ciclo de vida. A automação de processos é a mais comum na manufatura, testes operacionais, entregas e processos comerciais.

As aplicações mais comuns de identificação automática tem sido o uso em aplicações industriais, especialmente em armazenamento e manufatura, e aplicações de varejo, especialmente capturam em pontos de venda e aplicações para gerenciamento de inventário.

Em aplicações, onde todo o processo é automatizado, a tecnologia de identificação é usada apenas como um meio para comunicar a identidade de certos itens (e manusear

suas instruções) para o processo de infra-estrutura. Como as máquinas podem ler as identidades dos objetos sendo processados, e receber instruções relativas à como manipulá-los, todo o processo pode ser automatizado e ganhos significantes em eficiência e redução de erros são obtidos. Exemplos de sistemas para automação completa são os sistemas de ordenação dos carregadores expressos ou os sistemas separação de bagagem nos aeroportos. Também, produtores de carro usam a tecnologia da informação como um viabilizador para linhas de produção automatizadas. As tecnologias mais comuns para esta tarefa são os códigos de barra e o RFID. Via de regra, o código de barra é utilizado em aplicações, onde os identificadores são usados uma única vez, enquanto o RFID em aplicações onde os identificadores são reutilizáveis (frequentemente unidos a peças recicláveis da infraestrutura de logística). Um caso especial de processo de automação baseado no RFID é a construção de sistemas para alimentação automática de animais domésticos. Nestes sistemas, o animal é equipado com um identificador RFID e o sistema de alimentação reconhece o animal que entra na área de alimentação, e libera o tipo e qualidade certa de alimento.

Em aplicações onde a coleta de dados é automatizada, identificadores automáticos são usados para obter dados dos objetos e alimentar um repositório. A identificação automática produz tanto eficiência operacional quanto ausência de erros em condições favoráveis. Aplicações para manipulação de dados são comuns especialmente em armazéns e pontos finais de varejo. Em armazéns, a aplicação usualmente objetiva facilitar a manutenção do inventário. Listas de coleta, locais de armazenagem e frequentemente também containeres são equipados com identificadores. Empregados dos armazéns usam estes identificadores para computar informações relativas ao processo de armazenagem (ex.: quais itens foram estocados e onde, e quais foram retirados) para a database onde as informações pertinentes ao inventário são mantidas. Em aplicações de captura automática de dados, a tecnologia de código de barras é a mais usual. Entretanto, aplicações baseadas no RFID estão emergindo de uma forma mais flexível e efetiva (mais independente de intervenções humanas), embora custe significativamente mais, especialmente em aplicações onde o volume de dados é grande. A tecnologia OCR (*Optical Character Recognition*) também é usada para automatizar a captura e a entrada de dados em ambientes de escritório (com, por exemplo, no registro de cheques bancários).

2.5.3 Gerenciamento da Informação no nível de Itens

Em aplicações de gerenciamento da informação, identificadores são usados para armazenar informações relativas aos objetos aos quais os identificadores estão presos.

Num ponto de vista teórico, as informações a respeito de itens (ID, Tamanho, Estado, Histórico, Instruções) podem ser armazenadas tanto em identificadores como em repositórios. Quando a informação é armazenada num repositório de dados, o identificador é usado como uma referência para a localização do repositório, no qual a informação pode ser encontrada.

Talvez o problema mais essencial em gerenciamento da informação para itens seja definir os diferentes níveis nos quais a informação é gerenciada. A alternativa mais comum para gerenciamento da informação é o gerenciamento da informação no nível de:

- Tipo de produtos - geralmente produtos consumíveis, intercambiáveis, com as mesmas características,
- Nível de lotes - necessário quando diferentes lotes têm características diferenciadas, mas os seus produtos internos são semelhantes. Usualmente utilizado para produtos farmacêuticos e perecíveis de varejo, pelo fato destes terem de ser controlados por uma data de validade.
- Nível de produtos individuais. Utilizado quando os atributos individuais dos produtos são de grande importância (valor do item, sua criticidade, vida útil, complexidade do sistema do qual ele faz parte, requisitos externos). Utilizados em equipamentos complexos (como aeronaves), que pedem por facilidade na manutenção.

2.6 Identificação por Radio Freqüência (RFID)

2.6.1 Descrição da tecnologia

O RFID é meramente um termo mais recente para a família tecnológica de sensoriamento que existe a pelo menos 50 anos. O primeiro uso comumente aceito da tecnologia relacionada ao RFID ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial. Os britânicos instalaram transponders em suas aeronaves de forma a, quando interrogadas, conseguirem responder com um sinal de identificação apropriado. Esta tecnologia não permitia a identificação exata da aeronave, mas era suficiente para distingui-la dos aviões inimigos. Esta tecnologia de transponder, chamada de *Identify Friend or Foe* (IFF), passou por desenvolvimentos e até hoje é utilizada tanto na aviação civil como na militar [Eagle 2002].

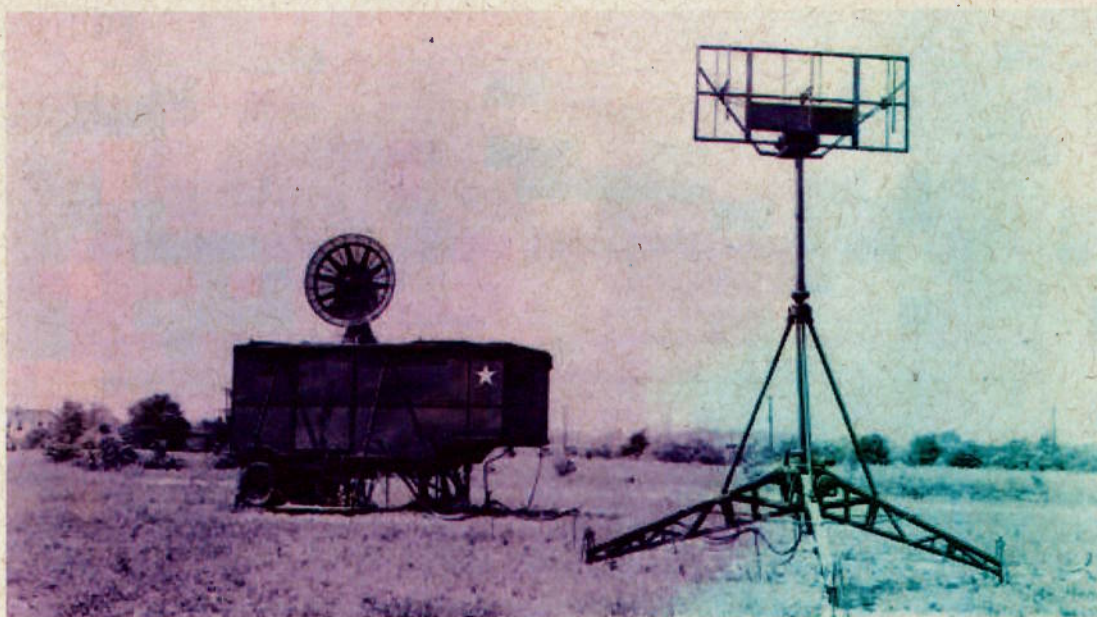


Figure 2-6 Conjunto de Radar + IFF durante a WWII (INFOAGE 2005)

Na Figure 2-6 é mostrada a utilização de campo do IFF (tecnologia precursora do RFID). Na Table 2-2 traz um resumo do histórico de evolução e de adoção.

Table 2-2 Histórico do RFID (Landt 2004)

Década	Eventos
1940 - 1950	Refino e uso do Radar (maior esforço de desenvolvimento da Segunda Guerra Mundial). O RFID é inventado em 1948.
1950 - 1960	Primeiras explorações sobre a tecnologia do RFID, experimentos laboratoriais.
1960 - 1970	Desenvolvimento da teoria do RFID. Primeiras aplicações de campo.
1970 - 1980	Explosão do desenvolvimento do RFID. Os testes são acelerados. Primeiras adoções.
1980 - 1990	Proliferação de aplicações comerciais.
1990 - 2000	Emergência dos primeiros padrões. Implantações em larga escala. O RFID se torna parte do cotidiano diário.

A identificação por rádio frequência (RFID) é uma tecnologia sem fio de identificação automatizada, que permite a leitura sem-contato dos dados, que a torna eficaz para a manufatura e outros ambientes agressivos onde as etiquetas de código de barras podem não se sair bem. As etiquetas de RFID têm o potencial de modernizar e melhorar o gerenciamento de estoques, permitindo aos fabricantes rastrear o fluxo das mercadorias de maneira mais eficiente.

O esquema de funcionamento das tags inteligentes é relativamente simples e composto por dois itens principais: A etiqueta (transponder), que possui um chip embutido chamado de EPC (Código Eletrônico de Produto) e um leitor (interrogador), que consegue recuperar as informações contidas no EPC através de rádio frequência.

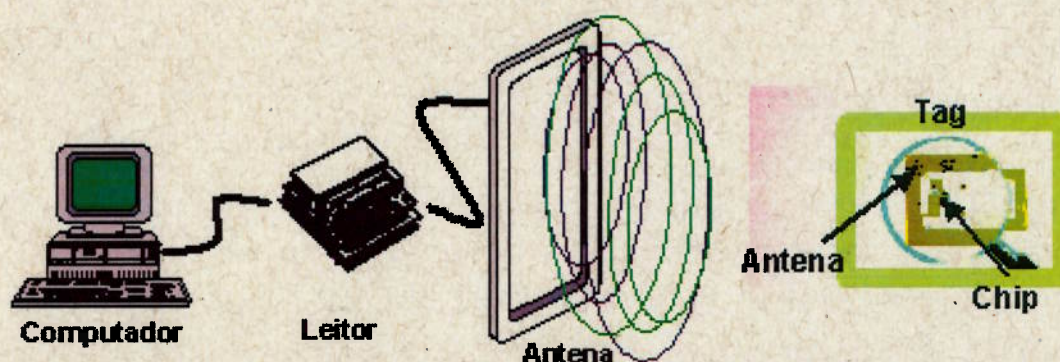


Figure 2-7 Esquema simplificado da tecnologia RFID

Por trás do leitor, entra em ação um computador qualquer com um programa desenvolvido de acordo com as necessidades de cada empresa. Devido ao tamanho reduzido, as EPCs podem ser empregados em um vasto range de aplicações.

A informação armazenada na etiqueta pode variar de tão pouca informação, como um número de identificação, até kilo-bytes de informação dinâmica, como o histórico de temperatura. O MIT Media Lab desenvolveu uma série de dispositivos que usam uma abordagem de RFID sem chip, no qual as etiquetas individuais têm ressonâncias distintas que os leitores próximos podem discernir. Variações no acoplamento magnético de campo podem indicar o movimento das etiquetas. Mais genericamente, o uso de materiais inteligentes pode modificar a frequência de ressonância da etiqueta com base em condições ambientes, permitindo que as etiquetas meçam temperatura, força ou umidade. Infelizmente, o número de ressonâncias distinguíveis disponíveis a essas aproximações de dispositivos sem chip não é suficiente para permitir uma identificação globalmente única. (Philipose 2005)

A fabricante Hitachi desenvolveu um chip integrado RFID de dimensões extremamente reduzidas, como pode ser visto na Figura 2-1. A informação ID é armazenada durante a sua fabricação, impossibilitando falsificações ou que os seus dados de identificação sejam copiados.



Figura 2-1 O μ -chip (0,4 x 0,4mm) possui acesso wireless em 2,45MHz (Takaragi 2001)

Alguns usos questionáveis da tecnologia já começaram a surgir. Os EUA testaram as tags na última guerra do Iraque. Com isso o governo sabia exatamente onde estavam alimentos, suprimentos, etc. e quando iriam chegar ao destino [Brewin 2003]. Mas algumas outras iniciativas, como a mostrada em [Ogata 2004] a está utilizando para fins bem mais nobres, como em atividades de aprendizado de línguas.

2.6.1.1 Particularidades da Tecnologia RFID

Fatores críticos num sistema RFID incluem o range com o qual a comunicação pode ser mantida, o tamanho do espaço ocupado pela informação na tag, a taxa com a qual a comunicação pode ser estabelecida, o tamanho físico da tag, a habilidade do sistema em se comunicar com várias tags ao mesmo tempo e a interferência causada por algo bloqueando o caminho entre as tags e a leitora. Diversos fatores determinam o nível de performance que pode ser atingido. Outras questões incluem os níveis legais ou regulatórios de emissão RF permitida no país de uso, se as tags possuem fonte própria de energia para auxiliar na comunicação com os leitores, e a frequência RF usada no transporte da informação.

O elemento mais significativa na decisão sobre o tipo de sistema RFID é a frequência sobre a qual ele opera. Como os sistemas de RFID emitem ondas de rádio, o seu uso é regulado para evitar impactos negativos sobre outros sistemas de rádio e organismos. Por essa razão, normalmente só é possível o uso de ranges de frequência que foram reservadas especificamente para aplicações industriais, científicas ou médicas. Essas frequências são classificadas no mundo inteiro como frequência ISM (*Industrial-Scientific-Medical*), podendo também ser usadas para aplicações RFID.

Durante as décadas de desenvolvimento do RFID, a indústria desenvolveu várias soluções que contrabalançaram estas restrições de emprego mencionadas anteriormente. A vasta maioria dos sistemas atuais emprega poucas frequências RF, que por sua vez incluem bandas relativamente estreitas nas frequências (o que descreve a escolha das tags e leitoras, como mostrado na **Error! Reference source not found.**):

- 125/134 kHz (LF)
- 13.56 MHz (HF)
- 868/915/950 MHz (UHF)
- 2.45 / 5.8 GHz (microonda)

Table 2-3 Comparativo entre as frequências usadas no RFID

Frequências	LF	HF	UHF	Microondas
Máximo alcance de leitura (tags passivas)	< 0.5 m	1 m	3 m	-1 m
Transmissão de Dados	Lento	←————→		Rápido
Habilidade de leitura próxima a superfícies metálicas ou úmidas	Melhor	←————→		Pior
Dimensões (tags passiva)	Maior	←————→		Pequeno

Além de frequências ISM, o range de frequência abaixo de 135 kHz é também conveniente, porque torna possível trabalhar-se com altas potências de campo magnéticas.

Há quatro frequências principais de sistemas RFID que são globalmente disponíveis; 135 kHz e a baixo; 13,56 MHz, frequências de UHF entre os ranges de 869 MHz a 928 MHz, e a banda de microondas 2,45 GHz. Os sistemas com ranges de frequência de 6,78 MHz também existem, mas não são muito comuns.

Como regra geral, quanto mais alto a frequência, maior será a capacidade de transferência de dados; e quanto mais baixo a frequência, maior será a energia disponível para o transponder dos sistemas indutivos. Nas frequências de microonda, a energia para o transponder não pode ser fornecida por acoplamento indutivo, portanto esses transponders sempre precisam de uma fonte de energia interna para fazer funcionar o chip de memória ou o microprocessador. [Kärkkäinen 2001]

2.6.1.2 Sistemas RFID abaixo 135 kHz

Os sistemas de RFID que funcionam em frequências abaixo de 135 kHz são sistemas de indução acoplada. Com esses ranges de baixas frequências, grandes ranges de operação podem ser alcançados com transponders de baixo custo.

As características básicas de sistemas RFID sobre as variedades de frequência abaixo de 135 kHz podem ser resumidas como:

- Alto nível de energia disponível para o transponder;
- Transponders miniaturizados são possíveis (ID animal) devido à possibilidade de se usar antenas com enrolamentos de ferrite.
- Baixa taxa de absorção ou alta profundidade de penetração em materiais não-metálicos e água (explorada em identificação de animais).
- Obtenção de um range operacional superior a 1 metro.

2.6.1.3 Sistemas RFID de frequência 6,78 MHz

Os Sistemas que operam nesta frequência são acoplados indutivamente e que podem ser usados para transponders de baixo custo e media velocidade. Suas características básicas são:

- Frequência ISM, entretanto não usadas em alguns países;
- Energia disponível é ligeiramente maior que para 13,56 MHz;
- Apenas metade do clock de frequência quando comparada a de 13,56 MHz;

2.6.1.4 Sistemas RFID para frequência 13,56 MHz

Os Sistemas que operam nesta frequência são acoplados indutivamente e podem ser usados para altas e médias velocidades de aplicação. Suas características básicas são:

- Banda disponível em todo o mundo como uma frequência ISM;
- Rápida transmissão de dados (tipicamente 106 kbps)
- Alto clock de frequência, logo funções de criptografia ou um microprocessador poder ser implementados.

- Capacitores paralelos para a antena do transponder (identificação de ressonância) podem ser implementados no chip;
- Ranges de leitura da ordem de 1 metro.

2.6.1.5 Sistemas RFID para frequências UHF

Os Sistemas que operam em frequências entre 869 e 928 MHz são coletivamente chamados de sistemas de ultra-frequência. Oferecem boas funcionalidades, mas a indisponibilidade global de bandas nestas frequências se torna um problema. Suas características básicas são:

- Longas distâncias de leitura (acima de 2-3 metros), o que cobre a maioria das aplicações na cadeia de suprimentos.
- As atuais regulamentações européias só permitem campos de rádio com distâncias de leitura da ordem de 0,7 metros.
- Nenhuma frequência global disponível para sistemas RFID, e a sua viabilização pode levar vários anos;

2.6.1.6 Sistemas RFID para frequências de microondas

A frequência de 2,45 GHz é uma frequência ISM globalmente aceita, a qual também é usada por transmissores de telemetria e sistemas LAN wireless. A harmonização regulatória é o maior problema com este tipo de banda, devido ao limites de radiação na Europa serem dezenas de vezes menores do que nos EUA.

Os sistemas RFID baseados em frequências de microondas são tanto sistemas ativos (com baterias internas), como sistemas passivos (por reflexão das ondas emitidas pelos leitores). O range operacional e as funcionalidades dos sistemas aumentam conforme a fonte de energia, mas os sistemas passivos oferecem custos mais baixos e uma vida-útil maior. As tags passivas são geralmente de curta distância, com ranges operacionais da ordem de 10 m ou menos (Gregori et al 2004).

As suas características principais são:

- A banda de frequência está disponível no mundo inteiro como uma frequência ISM;
- Rápida transmissão de dados (10-15 kbps para tags passivas e 1 Mbps para tags ativas);
- Todos os níveis de segurança necessários estão disponíveis para o transporte de dados;
- Os sinais de microondas são atenuados e refletidos pelo pelos objetos contendo água ou tecido humano, e refletido por objetos metálicos (entretanto, os sinais penetram facilmente em madeira, papel, papelão, roupas, tinta, sujeira e materiais similares);
- Ranges de leitura variam de 0,5 a 12 metros para tags passivas e acima de 30 metros para tags ativas.

2.6.1.7 Princípios de funcionamento dos leitores RFID

Um sistema RFID consiste de um leitor, uma antena e um número de tags dentro do range da antena. Os leitores podem ser configurados para vasculhar constantemente por tags no ambiente, ou somente quando disparado, por exemplo, por um sensor de passagem ou um operador humano. Quando isto ocorre, o leitor distribui um sinal, perguntando por todas as tags que possam ser detectadas e possam responder ao leitor.

Existem duas maneiras das tags se comunicarem com os leitores: por baixas frequências (13.5MHz e mais baixas), os sistemas tendem a usar acoplamento indutivo, onde o campo magnético gerado pelo leitor é modificado pelo circuito das tags para transmitir seu número EPC. O leitor pode então detectar estas mudanças no campo. Os sistemas que utilizam frequências UHF (866 MHz e acima) tendem a usar a tecnologia backscatter (baseada na dispersão e modulação na amplitude das ondas). Nestes sistemas, as tags recebem a transmissão dos leitores e os refletem de volta, modularizando o sinal de retorno para enviar o EPC. Maiores detalhes podem ser consultados em [Cole 2003], [Cole II 2003] e [Scharfeld 2001].

Os leitores primeiramente perguntam para todas as tags para transmitirem seus EPCs. Se mais de uma tag está no range do leitor, elas irão interferir umas com as outras e os números EPCs não podem ser lidos. Neste caso, o leitor precisa adotar um protocolo anti-colisão para os sinais, como o mostrado em [Ho 2003]. O leitor pergunta às tags cujo número EPC bate com uma máscara específica de transmissão (por exemplo, iniciada por 011). Se ainda assim existir colisão, a máscara se tornará mais específica, até que as tags buscadas transmitam seu EPC. O EPC é armazenado e as tags são solicitadas a permanecer em silêncio enquanto o leitor busque pelas restantes, sem interferências. Embora pareça rebuscado, este processo é realizado em frações de segundos e cada leitor pode (em condições ideais) ler centenas de tags adjacentes por segundo.

A Figure 2-8 a seguir mostra a metade inferior do padrão de alcance de um leitor de 13.56 MHz. O leitor em si é uma estrutura retangular plana. Como característica, pode-se perceber que o alcance não é uniforme sobre a área frontal do leitor e que este é particularmente limitado em algumas áreas. Este detalhe não chega a ser um problema para os leitores, dado que as tags normalmente se movem através do campo induzido em velocidades relativamente baixas quando comparadas à taxa efetiva de leitura e das distâncias envolvidas. No esquema fornecido, também é possível verificar a diferença entre as operações de I/O (para etiquetas ativas, o range de gravação sempre é menor que o de leitura, como mostrado na Figure 2-9).

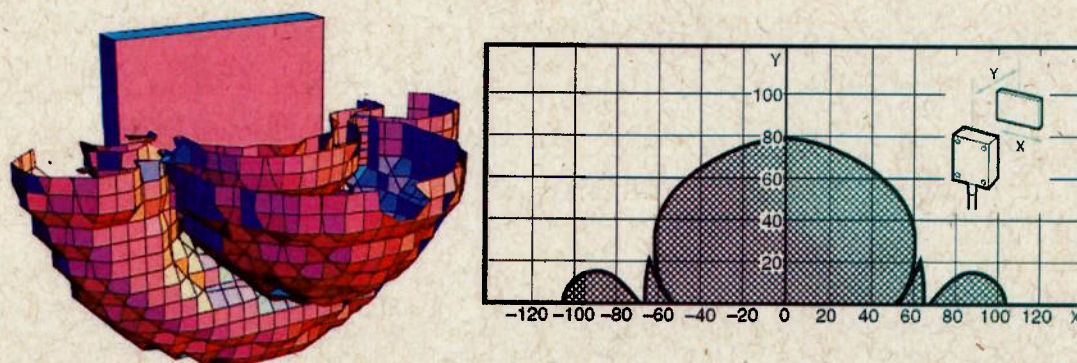


Figure 2-8 Padrão de emissão dos leitores RFID. Adaptado de [IfM 2005]

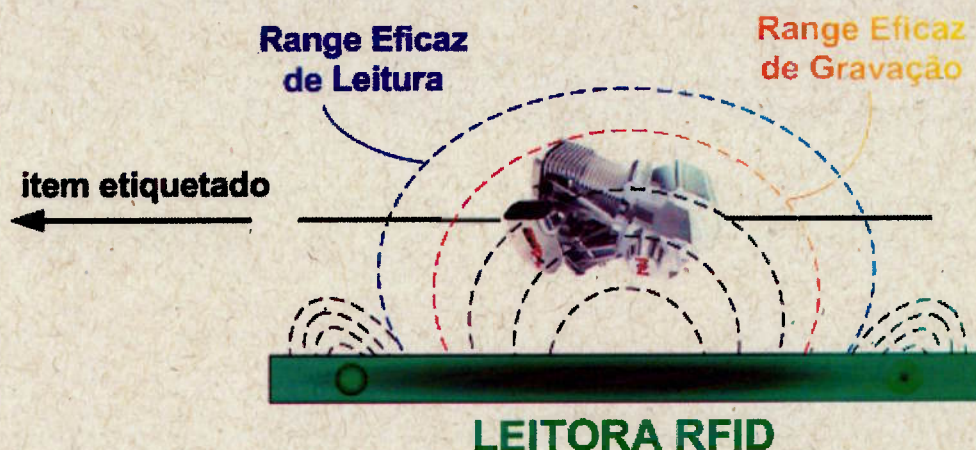


Figure 2-9 Diferença entre o processo de leitura e gravação das etiquetas

2.6.2 Potencialidades gerais dos sistemas RFID

Ao se usar tags RFID, nenhuma linha de sinal com o identificador precisa ser estabelecida para identificar o objeto portador da tag (como ocorre para o código de barras). Os produtos podem ser identificados sem esforço, durante o processamento e sem manuseios adicionais. Dessa forma, o grande benefício esperado é a diminuição ou até a eliminação do manuseio de produtos com a finalidade de identificá-los. As tags RFID podem ser lidas através de materiais não-metálicas e a quantidade de tags que podem ser lidas simultaneamente já é de algumas centenas.

Em Juels 2004 é mostrado a possibilidade de assincronismo na leitura das tags, de forma que muitas delas podem ser lidas simultaneamente, de forma a manter a integridade da informação na cadeia de suprimentos e propiciando uma produção livre de erros.

Fisicamente, as tags RFID são duráveis e resistentes à temperatura e outros fatores ambientais (sua capacidade de leitura não é prejudicada na maioria dos ambientes, particularmente os fabris). As tags RFID podem desse modo, serem usadas em aplicações onde os códigos de barra seriam tecnicamente inviáveis (devido à temperatura ou sujeira). Também devido a sua robustez, as tags RFID podem ser usadas em aplicações onde os itens precisam ser manipulados com frequência.

2.6.3 Deficiências gerais dos sistemas RFID

Os sistemas RFID não são necessariamente infalíveis como tem sido propagado. Tais ocorrências podem dever-se a interferências no ambiente, reflexões, não prevista ou simplesmente uma instalação industrial que não está aderente às peculiaridades da tecnologia, como o excesso de ruídos (IfM 2005).

Uma das suas características (que poderia se tornar uma desvantagem num ambiente populado, caso não houvesse mecanismos anti-colisão) é que, embora dezenas de tags possam ser lidas simultaneamente, não é possível identificar deterministicamente qual delas está sendo lida num dado momento. Também não é possível escrever informações em somente uma de muitas tags dentro da área de leitura sem que alguma inteligência seja embutida nas tags. A tag precisa ser capaz de distinguir os pacotes de dados destinados a ela, ignorando os demais.

Os custos da tecnologia RFID são notavelmente maiores do que os análogos para os códigos de barra (possui custo irrisório restrito ao valor da tinta aplicada nas embalagens).

As estimativas otimistas estabelecendo um preço de \$0,05 para a manufatura em massa, e estimativa um preço da fração de centavos por volta de 2004 não se realizaram, apesar do preço das etiquetas ter caído de \$0.50 em 1999 para \$0,30 neste período (o valor \$0.05 só é atingido para grandes quantidades: $\sim 10^{10}$ etiquetas).

Em geral, o custo das tags tem sido um dos principais inibidores da implementação do RFID. Entre as possibilidades para baratear as tags e os sistemas de leitura, temos:

- A redução no preço do chip com a tecnologia atualmente usada \Leftrightarrow houver redução na quantidade de silício;
- A diminuição da quantidade de informação armazenada no chip;
- Manter no chip somente o ID EPC. Outras informações devem ser armazenadas em repositórios de dados, usando ID EPC como chave primária de referenciamento.

Além do preço, a falta de padrões globais está retendo os investimentos na tecnologia RFID. Existem alguns padrões disponíveis, mas poucos são relativos a frequências significativas. Há algumas áreas com aplicação de padrões específicos, mas a padronização das características mais gerais ainda está em andamento.

Há alguns contribuidores relevantes à padronização global do RFID. O Joint Technical Committee da ISO e IEC é um dos mais importantes nesta área. Há várias dimensões na tecnologia RFID a serem consideradas e por isso, que existem vários grupos examinando estes assuntos dentro da ISO. Os padrões ISO e o seu estado atual são apresentados no Apêndice I

O RFID não é uma tecnologia auto-utilizável, o que significa que se não houver a integração, os sinais não terão significado algum. Isto proporcionará ao mercado de integração de sistemas um potencial muito grande. Estas tecnologias já estão sendo desenvolvidas, algumas já existem, mas entre a disponibilidade e a utilização prática existe um longo caminho.

2.6.3.1 Preocupações para aplicação do RFID na manufatura.

- **Metal:** Tanto os produtos como as carretas usadas para transportá-los em pelo chão de fábrica são feitos principalmente do metal, o que bloqueia ondas de rádio. Além disso, fixar uma etiqueta diretamente sobre o metal pode criar dificuldades na leitura desta. Se as etiquetas forem fixadas interiormente em compartimentos metálicos, vão fornecer mais dificuldades de leitura.
- **Orientação e colocação:** a orientação de etiqueta (com respeito à antena do leitor) e a sua colocação sobre o produto influenciam na capacidade de leitura da etiqueta.
- **Interferência:** apesar do chão de fábrica ser preenchido com outras fontes de ondas rádio, inclusive telefones celulares e dispositivos sem fios 802.11, estes não devem interferir com as etiquetas da rede EPC.
- **Perdas ou falta de leituras:** os leitores devem “enxergar” todas as etiquetas que foram destinadas para serem lidas, sem perder nenhuma leitura.

Há também preocupações secundárias, como determinar de exatidão de leitura e a volume de informação tratada num ambiente de produção, bem como a capacidade de integração com os sistemas de informações corporativos (EIS); [SUN 2003]

2.6.4 Padronização de drivers RFID

Muitos sugeriram que deveria ser criado para o RFID industrial um padrão muito semelhante ao que foi feito para o código de barras. O setor industrial de códigos de barra criou padrões relativos ao código de barra e como este é interpretado (tanto para os padrões de produtos quanto para os padrões de formato de dados). Criar um padrão alterável sem afetar o preço e o desempenho é completamente justificável, como foi o caso do código de barra.

Criar de um padrão que possa afetar o desempenho e impacte no uso de tecnologias é mais difícil, como é o caso com RFID. As diferenças entre fabricantes RFID e a variedade de aplicações não permitirão que um padrão se sobressaia dentro de todo o setor industrial RFID. Os mercados específicos e as aplicações específicas provavelmente criarão padrões pelos quais todas as companhias que desejem participar naqueles mercados tenham de se enquadrar a eles. Esta segmentação também é verdadeira com a atual padronização de código de barra, mas com a exceção que de existe um único padrão globalmente aprovado, o código de EAN/UCC.

Um padrão único baseado numa tecnologia específica para todo o setor industrial RFID é muito improvável. A criação de tal padrão causaria uma padronização de desempenho onde todas as aplicações poderiam não ser aceitáveis ou incorrer em preços excessivos. É mais provável que vários padrões paralelos desenvolvam-se, cada um atendendo às necessidades de algumas aplicações. Uma pergunta importante ainda permanece sem resposta; se um padrão de estrutura global emergirá para acomodar algumas poucas sintaxes padronizadas de dados e tipos padrões de Etiquetas RFID.

A padronização da tecnologia RFID está ainda muito pouco encaminhada. O ambiente de gestão global da cadeia de suprimentos necessita de padrões para produtos, testes, interfaces e de definições de dados para o sistema.

A padronização de produto tem de incluir definições acerca dos tipos de etiquetas que podem ser usadas. A padronização da interface tem de endereçar a escolha da banda de frequência, protocolos e formatos de dados usados. Cada um desses é essencial para que cada sistema seja operacional, muito importantemente numa aplicação globalmente usada e que tem de adequar-se às características de ambientes muito diferentes.

A mais desafiante de todas as decisões é a escolha da frequência, pois ela afeta a capacidade de comunicação do sistema como um todo, além do espectro de rádio já estar quase totalmente alocado para as aplicações atuais. Não só é difícil encontrar frequências ainda não utilizadas, mas o uso das frequências também varia ao redor do mundo. Isto faz da padronização do uso das frequências um problema vital para a aplicação do RFID global.

Para a integração interna de sistemas, um padrão de dados usado para identificação global (como o código de identificação EAN/UCC) tem de ser estabelecido. Além do mais, os campos de dados e a sintaxe têm de ser definidos para assegurar a interpretação unívoca dos dados em qualquer lugar que estes forem lidos.

Além disso, para adquirir uma massa crítica de usuários, a nova tecnologia tem de ser compatível com padrões existentes, particularmente os códigos de barra usados no setor industrial em questão. Caso contrário, o esforço de mudança para o novo sistema pode ser demasiado alto e fazer como efeito colateral que as companhias precisem buscar novas soluções baseadas em sistemas proprietários. De mesmo modo, deve haver uma boa disponibilidade dos equipamentos necessários e a preços razoáveis, de forma a permitir uma rápida adoção do sistema e possibilitar a racionalização da relação custo/eficiência esperada.

O setor industrial mais apto a liderar a adoção das aplicações globais de RFID é a indústria de varejo. Eles têm a experiência com a identificação uniforme de produtos (código de barras EAN/UCC) e o mais importante, os seus volumes de negócio são suficientemente altos para viabilizar a massa crítica de usuários necessária. Isto faz da iniciativa EAN/UCC sobre a tecnologia RFID GTAG um participante significativo neste mercado. Uma característica interessante nessa tecnologia é a escolha da frequência: o GTAG procura funcionar próximo da banda de 900 MHz, a

alocação atual desta frequência está um tanto fragmentada pelo mundo. A melhor aplicação conhecida sobre a mesma banda de frequência é a rede de GSM européia.

Em geral, deve-se acrescentar valor às tecnologias de identificação competitivas. A alta capacidade de dados, melhor durabilidade em ambientes desfavoráveis, e inconstância dos dados são facilitadores a serem considerados como geradores de valor às companhias. Uma etiqueta RFID dificilmente poderá ser tão barata quanto uma de código de barras, mas como os preços globais das transações tendem a ser mais baixos com a nova aplicação, justificam-se os investimentos na nova tecnologia. Esses fatos têm de ser considerado durante a escolha da tecnologia para padronizar o uso global.

2.6.5 Potencial de Mercado

Em 2006, será vendido quase três vezes o volume de etiquetas de RFID vendidos durante os 60 anos anteriores, desde a sua invenção. Primeiramente, isto ocorrerá porque os varejistas e forças militares estão exigindo, pela primeira vez, que os seus fornecedores fixem aos paletes e cases para diminuir custos e melhorar os serviços, mas muitas outras aplicações estarão crescendo muito rapidamente.

A etiquetagem de itens em mercados não varejistas está crescendo fortemente em valor - em 2008 US\$6.8 bilhões de etiquetas serão vendidos para a aplicação em remédios, bagagem, animais, livros, bilhetes e 15.3 bilhões de etiquetas para paletes e cases.

Este crescimento exponencial continuará e, por volta de 2015, o valor das vendas de etiquetas de RFID terá aumentado treze vezes em relação aos valores de 2005. O valor total do mercado, inclusive sistemas e serviço, subirá de 1.95 bilhões de dólares em 2005 para 26.9 bilhões de dólares em 2015. [Harrop 2005]

As tecnologias de emissão e captura de sinais RFID, mesmo levando em conta todas as evoluções recentes, tratam somente de emitir e capturar os sinais. Para que isto seja realmente útil, os fornecedores de tecnologia precisam desenvolver, e as organizações implementar, analisando dois aspectos:

- O Gerenciamento dos sinais – a entrada e saída de objetos, a garantia do fluxo de sinais, a criptografia, quando necessária, e a proteção da rede da empresa.
- Garantir o entendimento do significado dos sinais e integrar com os outros sistemas da empresa.

2.6.6 Aspectos de segurança

A aplicação de tecnologias avançadas baseadas em rede, tais como voz sobre IP (VoIP) e a identificação por rádio frequência (RFID) criam novas vulnerabilidades para as quais as empresas precisam estar vigilantes.

Empresas que adotam tais tecnologias estão expostas às formas de ataque existentes na Internet, pois passarão a estar sensíveis a ataques por vírus (previstos para chegar a rede por volta de 2006) ou ciberataques por força bruta como denial-of-service (por volta de 2007), que podem efetivamente degradar a performance da comunicação entre os compartilhadores de informação. (Younker 2004)

Considerado extremamente seguro e até infalível, o sistema de segurança RFID em chaves de automóveis perdeu sua supremacia técnica ao ter uma falha descoberta pela Universidade Johns Hopkins e os Laboratórios da RSA Security.

Criadas pela norte-americana Texas Instruments, que declara ter o sistema instalado em quase 150 milhões de carros somente nos Estados Unidos, as chaves RFID também equipam alguns veículos brasileiros das marcas Toyota e Ford.

O sistema RFID consiste num sistema passivo (sem necessidade de baterias) que emite resposta a sinais de radiofrequência enviados por um sistema de segurança com um código encriptado para a liberação do sistema imobilizador e parte elétrica do veículo.

Segundo o professor de ciências da computação Avi Rubin da Johns Hopkins, com equipamentos de algumas centenas de dólares foi possível burlar o sistema mais moderno e obter informações para clonar uma chave. A chave-clone permite somente roubar combustível e desativar o alarme, mas não abrir as portas do carro.

O Supervisor de marketing e vendas da Texas Instruments do Brasil, Lincon Rebellato, declara que esta "descoberta" não compromete a segurança do sistema: "Quando o RFID foi lançado, em 1997, foram realizados testes em universidades que conseguiram obter o código da chave. Porém o processo levava muito tempo, utilizava equipamentos que custavam muito mais que os carros e os chips deveriam estar a poucos milímetros do sistema burlador, ou seja, fora da chave".

Rebellato comenta que mesmo assim as chaves RFID são mais seguras que as chaves convencionais e que as montadoras, ao adotarem o sistema, estavam cientes de que estas condições não comprometeriam a segurança dos veículos.

O padrão RFID por permitir monitorar a pós-venda, cria a possibilidade de "vigiar" qualquer pessoa em sua vida privada. Isto fará surgir uma série de questões jurídicas que precisam ser discutidas nacional e internacionalmente. Embora sejam inquestionáveis os benefícios econômicos da tecnologia, o debate judicial e legislativo deve atrasar sua adoção em massa.

2.6.7 Utilização do RFID na manufatura serializada

O processo de RFID ainda é pouco utilizado pelas empresas automotivas no Brasil, mas seu uso já está consolidado em países como Estados Unidos e Alemanha.

A DaimlerChrysler já utiliza o RFID (MDS - Mobilier Daten Speicher / Transponder) para monitorar as diversas etapas da nos processos de produção e logística na fabricação dos veículos Classe A e Classe C, por meio de um chip instalado no chassi. Este chip possui um código que permite identificar todas as informações pertinentes ao modelo fabricado, possibilitando o gerenciamento das partes que devem ser montadas a cada passo da fabricação.

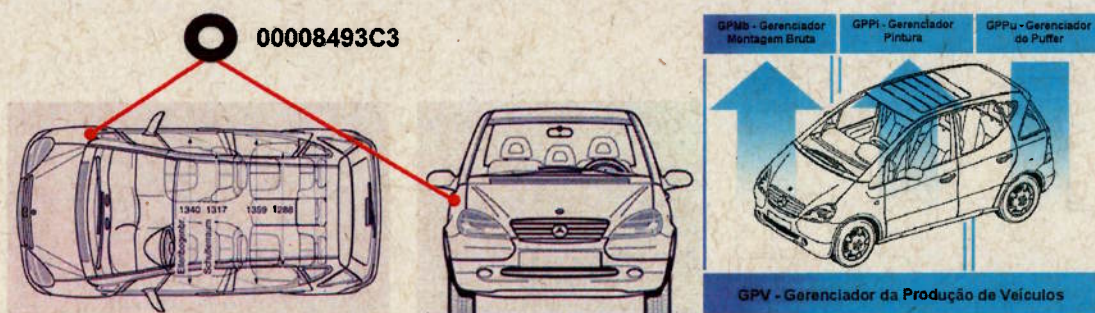


Figure 2-10 Fluxo de controle na Montagem Bruta [Souza 2004]

O GPV (Gerenciador da Produção de Veículos) se comunica com outros GP's transferindo os dados dos pedidos de clientes.

Para o GPMB são enviados os dados de variante de montagem bruta (ex: com ou sem furo de antena) e para o GPPi, a variante e cor de acabamento.

Estes dados são associados em cada etapa do processo ao MDS da carroceria.

Uma vez terminado o processo na pintura os dados das carrocerias disponíveis no puffer, visualizados no GPPu são transferidos para o GPV para o sequenciamento da montagem final.

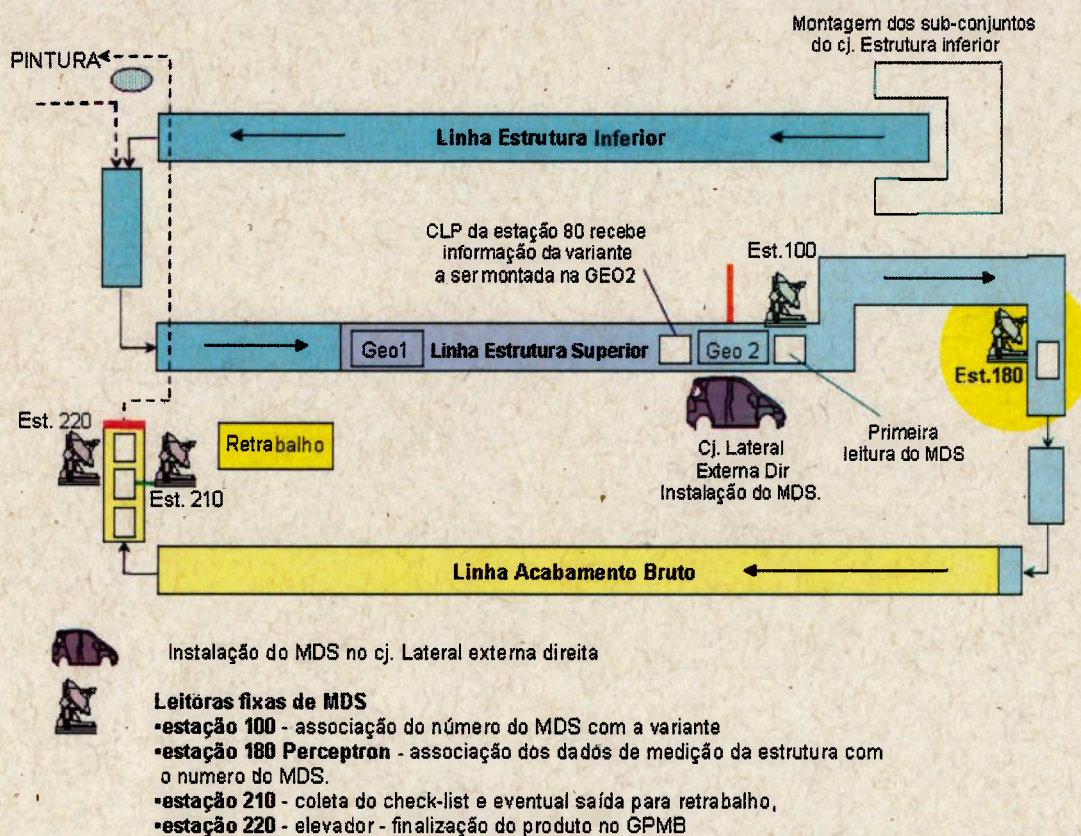


Figure 2-11 Fluxo de controle na Montagem Bruta [Souza 2004].

Quando o carro passa em determinados pontos da linha de montagem, a tag informa ao computador o código do veículo e o Sistema de Gerenciamento de Produção decide qual deve ser a peça utilizada na sua construção, ou mesmo qual será a cor daquele veículo. Além disso, a utilização do chip serve também para que os sistemistas e as empresas de logística acompanhem o fluxo de peças utilizado, ajudando na sua reposição.

Mesmo com custos mais elevados, o sistema de RFID é muito eficiente na linha de montagem e logística. Além disso, o chip permanece no veículo depois de pronto, assim, futuramente, pode ser usado na pós-venda pela concessionária, que terá à mão todas as informações sobre o carro, como por exemplo, se as suas peças são originais ou não. (Souza 2004)

Dos moldes fundidos ao processo de montagem, a Volvo implementou RFID para rastrear e processar 30.000 motores por ano. Pela integração da tecnologia de RFID com os seus PLC's, ferramentas de torque e estações de inspeção a Volvo aumentou

a visibilidade e melhorou a produtividade em todas as partes da sua linha de produção. Em parte pelo assincronismo na captura da informação mostrado em [Juels 2004], o novo sistema baseado no RFID viabilizou o seu novo processo de montagem Poke Yoke (livre de falhas) para reduzir erros e aumentar lucros. [Intermec 2005]

Na Figure 2-1 é mostrado o projeto piloto da Universidade de Cambridge para uma linha de embalagem de produtos totalmente automatizada, onde os dados em tempo real baseados no RFID aprimoram a capacidade e visibilidade da customização em massa (permite alterações tardias orientadas pelo cliente).

Em resumo, o projeto é baseado na arquitetura EPC e a utiliza no processo automatizado de embalagem customizada de produtos. Maiores detalhes sobre o projeto podem ser obtidos em Garcia 2003; Chokshi 2003; McFarlane 2003a, 2002a, 2002b, 2002c, 2003b; Brusey 2003a, 2003b; entre outros.

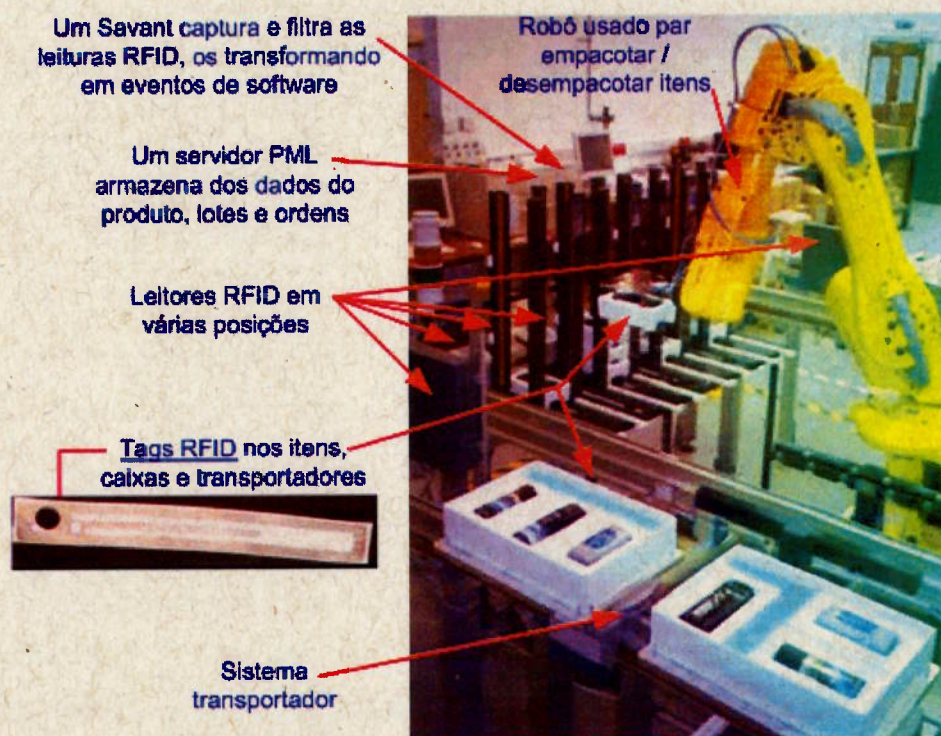


Figure 2-12 Projeto Piloto de Manufatura Informada no IfM da Cambridge University [IfM 2005]

2.7 A rede EPC

*O RFID e a rede EPC vieram "ligar os bits aos átomos".
Dr. Duncan McFarlane – Cambridge University*

2.7.1 Descrição dos componentes da rede

O EPCglobal está liderando o desenvolvimento de padrões industriais relativos ao EPC, baseados na identificação inequívoca de itens individuais (um dos requisitos da customização em massa). As principais atribuições desta rede são:

- Identificação unívoca de itens, viabilizado pelo código EPC (Electronic Product Code)
- Detecção da presença e identidade dos itens, realizada através da tecnologia RFID – (Radio Frequency Identification);
- Representação das características e movimentos dos itens, realizada através do PML – (Physical Markup Language);
- Armazenamento das características e movimentos dos itens, realizado através do EPCIS – (EPC Information Service);
- Compartilhamento de informação pela da rede EPC, viabilizado pelo middleware Savant ou EPC Middleware
- Busca de informações dentro da rede, realizado pelo ONS (Object Name Service).

A rede EPC captura e disponibiliza (pela internet e por solicitações autorizadas) outras informações que pertençam a um dado item para solicitantes previamente autorizados (EpcTagData 2004). Essa rede desenvolveu uma estrutura inteligente, que integra os objetos físicos aos sistemas de informações e pessoas relacionadas automaticamente e sincronizadamente (Clark et al. 2003). Um esquema da rede EPC interna a uma empresa está apresentado na Figure 2-13.

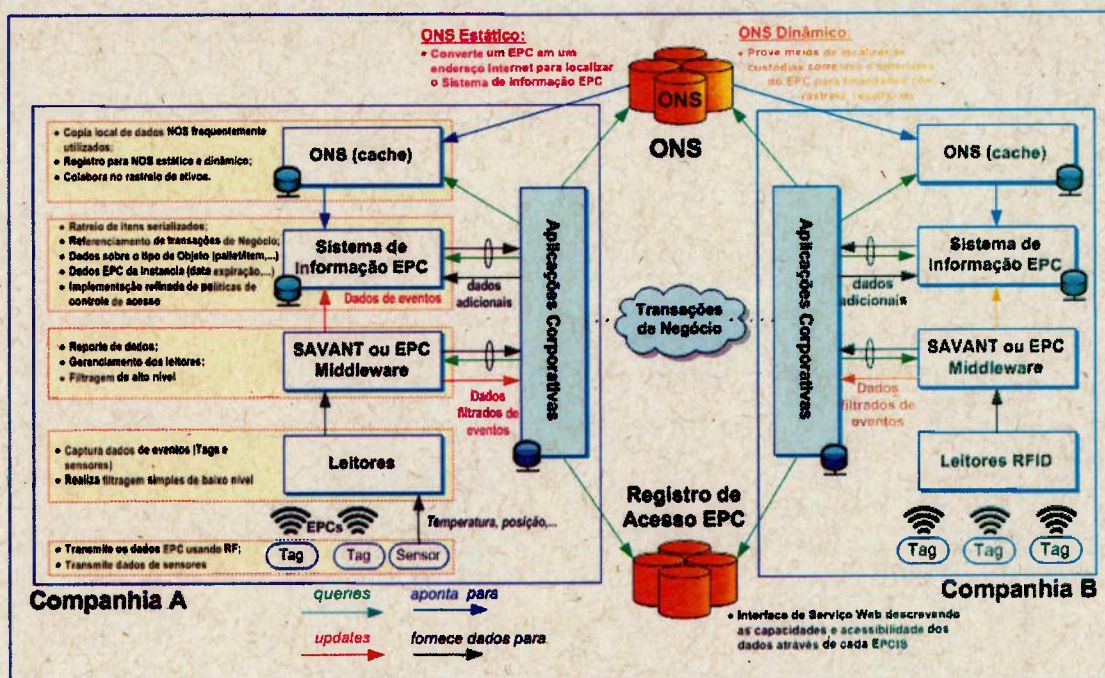


Figure 2-13 Rede EPC

Como descrito em (Mcfarlane 2003), a arquitetura da rede EPC apresenta como principais componentes:

- Uma Tag ou etiqueta inteligente, capaz de armazenar um número de identificação único (através de um chip interno) atrelada ao produto e comunicar esse número por meio de um sistema de comunicação por RFID;
- Leitores de RFID conectados e sistema de processamento de dados capaz de coletar sinais de múltiplas Tag's em alta velocidade, pré-processando os dados de forma a eliminar duplicações e erros de leitura;
- Um ou mais bancos de dados conectados armazenando informações relacionadas aos produtos (dados básicos, histórico para rastreabilidade, instruções de processamento) cujas referências são unicamente atreladas ao número de identificação do produto.
- Um Serviço de Informação EPC, associado ao ONS [Object Naming Server] - um servidor de nomes de objetos.

O uso da rede EPC, principalmente do seu middleware EPC, pode contribuir para a realização de outros ramos tecnológicos como a computação ubíqua e distribuída [Tokunaga et al 2004] [Debaty 2004] baseada em middlewares [Thompson 2004]: o compartilhamento de recursos computacionais e gerenciamento de dados e ações, mediante uma plataforma genérica, visando atingir elevada capacidade computacional / informacional. Um dos principais desafios da computação ubíqua são as aplicações contextuais, que implicam na capacidade de ensinar os computadores sobre o ambiente corrente e como reagir à suas mudanças [Carvalho 2005].

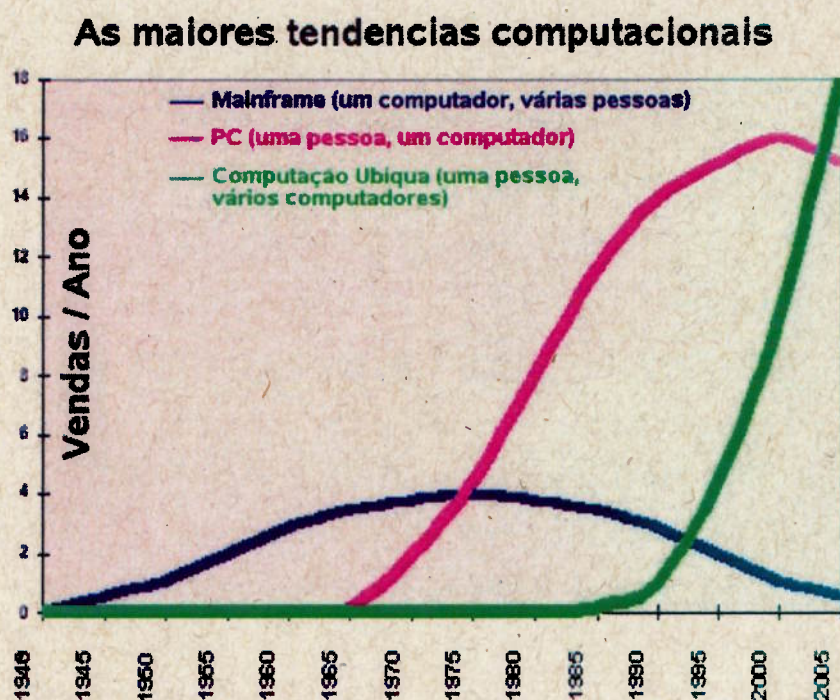


Figure 2-14 As maiores Tendências Computacionais [Liu 2004]

Essa associação tecnológica (RFID alimentando vários sistemas distribuídos) é particularmente relevante em ambientes cuja organização e controle de ativos são críticos, como na manutenção de aeronaves [Lampe 2004], [Nicolai 2005]

2.7.1.1 Tag com Identificação Inequívoca de Produtos

As Tags ou etiquetas inteligentes refere-se a uma família de dispositivos que transferem dados sem uso de fios entre o objeto etiquetado e os leitores eletrônicos.

Quando acoplados a uma rede de leitores, é possível rastrear continuamente objetos físicos identificados.

Um esquema de numeração unívoca para identificação de objetos físicos foi apresentado como sendo o número EPC. Essa numeração é similar ao endereço utilizado no protocolo de internet (IP) (Sarma et al. 2000). Foi definido um identificador geral ou GID como um conjunto de 96 bits compostos por quatro campos: cabeçalho, responsável pela numeração do produto, classe do produto e seu número serial, como mostra a Table 2-4 (EpcTagData 2004).

Table 2-4 Identificador Geral ou GID - 96 bits (EpcTagData 2004)

GID (96 bits)	Cabeçalho	Responsável	Classe	Número Serial
Número de bits	8	28	24	36
Número possíveis de combinações	0011 0101 (valor binário)	268.435.456	16.777.216	68.719.476.736

O cabeçalho é um valor binário que define o tamanho e o formato dos campos dos valores referentes ao responsável, classe e número serial. O responsável identifica uma companhia ou organização que é a entidade responsável por manter os números subsequentes. A classe identifica o tipo de objeto, e o número serial é uma numeração única para cada objeto de um determinado tipo. Maiores informações sobre essa numeração estão disponíveis em (Epc Tag Data 2004).

Esse código numérico é registrado num chip que deve ser atrelado aos produtos individuais e objetos físicos. A Tag pode ser passiva (o estímulo do leitor pode ser necessário para obter as informações) ou ativa (o próprio Tag transmite a informação). Caso exista um chip no Tag, é possível acrescentar dados ativos (registro de novas informações), sensores e memória. Assim, estados correntes, passados ou futuros do produto podem ser armazenados (Chokshi et al. 2003) (Palikad et al. 2003).

Apesar do esquema de identificação EPC e do Protocolo de Internet versão 6 (IPv6) serem muito semelhantes em estrutura e aparência, Engels 2002 mostra que, pela falta de intercambialidade, nenhum dos dois esquemas pode ser usado tanto como identificador único ou como endereço para comunicação via IP.

2.7.1.2 Leitor e Sistema de Coleta de Dados

Leitores são equipamentos que recuperam os dados da Tag e os transferem do mundo físico para os SIs. Esses leitores além de possuir filtros simples para redução do número de dados coletados, também podem realizar gravação de dados (Price et al. 2003).

2.7.1.3 Savant ou EPC Middleware

Muitas companhias estão lutando para compreender como os dados RFID podem ser convertidos em informação que eles possam usar para reduzir despesas e conduzir eficiências. A chave provavelmente não será encontrada nos leitores RFID ou nos sistemas informacionais, mas no middlewares. [Evans 2004]

Para gerenciar os dados a serem transmitidos dos leitores aos SI corporativos foi desenvolvido um componente distribuído chamado Savant ou EPC Middleware. A proposta original do SAVANT é bastante geral e se propõe a tratar o problema da coleta de dados para um sistema RFID em qualquer aplicação (notadamente nas de logística), visando o fluxo de produtos em ambientes como supermercados automatizados e sistemas de containeres em portos.

Este atua como um roteador, efetua operações de monitoramento, transmissão de dados, gerenciamento de tarefas e geração de eventos. Esse componente é responsável pelo gerenciamento dos equipamentos que realizam a captura dos dados por rádio-frequência e pela sua integração com as demais aplicações verticais. Os problemas que o EPC Middleware pretende solucionar estão relacionados com a quantidade de dados capturados e na sua disponibilização.

(Clark et al. 2003) descrevem o EPC Middleware como um software que se situa entre os leitores e as aplicações externas. Uma de suas atribuições é a operação de redução de dados por filtragem e agregação, para posterior disponibilização dos mesmos para aplicações externas. Outra atividade diz respeito à integração com outros componentes como ONS, Sistema de Informação EPC ou até mesmo outros Savants. Um esquema geral do Savant ou EPC Middleware é mostrado **Error! Reference source not found.**

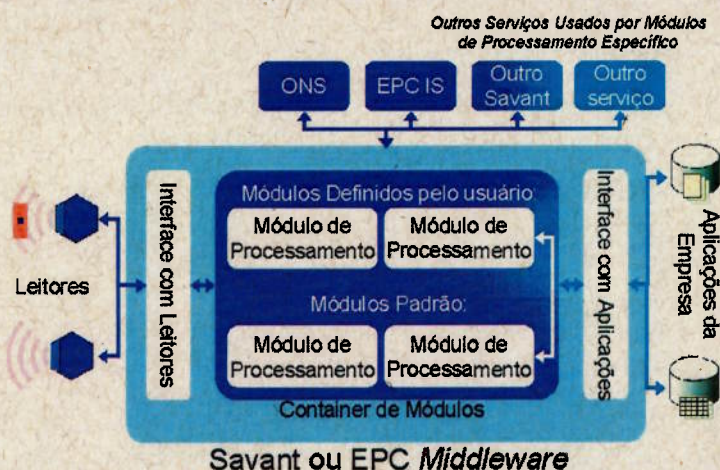


Figure 2-15 Esquema do Savant ou EPC Middleware

Os Savant, ligados a leitores, usarão algoritmos para corrigir possíveis erros (tais como analisar as leituras e eliminar códigos duplicados). O Savant decide quais dados precisam ser enviados para a estratificação informacional superior ou inferior da cadeia produtiva. Outra atribuição do Savant é atualizar um banco de dados de eventos de tempo real e compartilhar apropriadamente estes dados.

Para retirar o máximo de seus sistemas, as companhias terão de implantar tanto um middleware RFID como middlewares de integração convencionais. E a chave para o êxito estará em saber quando e como usar cada um.

Há duas interfaces básicas para leitores e para as aplicações internas das empresas. Os módulos de procedimento padrão são especificados pelo EPCglobal, devem estar disponíveis em todos os EPC Middleware existentes e podem ser classificados em módulos requeridos (que sempre devem ser utilizados) ou opcionais (utilizados ou não conforme identificado pelo usuário). Os módulos de processamento definidos pelo usuário serão utilizados e desenvolvidos conforme a necessidade da aplicação.

Todos módulos de processamento podem interagir entre si, com outros serviços externos via interface específica, ou com outros EPC Middleware.

2.7.1.4 Sistema de Informação EPC (EPCIS)

O Sistema de Informação EPC [EPCIS] disponibiliza dos dados no formato PML [*Physical Markup Language*] para o serviço de subscrição e solicitação de dados

(mostrado na Figure 2-16). Assim como outras linguagens do tipo ML, o PML pode ser convertido para o difundido formato XML, o que possibilita uma fácil tradução e mapeamento das informações EPC em Redes de Petri.

```
<pmlcore:Sensor>  
  <pmluid:ID>urn:epc:1:4.16.36</pmluid:ID>  
  <pmlcore:Observation>  
    <pmlcore:DateTime>2002-11-06T13:04:34-06:00</pmlcore:DateTime>  
    <pmlcore:Tag>  
      <pmluid:ID>urn:epc:1:2.24.400</pmluid:ID>  
    </pmlcore:Tag>  
  </pmlcore:Observation>  
</pmlcore:Sensor>
```

Figure 2-16 Exemplo de Informação em PML

Os dados disponibilizados pelo Serviço de Informação EPC podem incluir os dados lidos da Tag coletados pelo EPC Middleware, por exemplo, para auxiliar a rastreabilidade de números seriais; dados de níveis instanciados como dados de manufatura e outros; e dados de níveis de classe como informações de catálogos de produtos. Em resposta às solicitações, o Sistema de Informação EPC integra uma variedade de fontes de dados internas a uma empresa e os traduz para o formato PML. Quando os dados EPC estão distribuídos ao longo da cadeia de suprimentos, uma indústria pode criar um registro de acesso que atuará como repositório para o Sistema de Informação EPC (Clark et al. 2003).

A Figure 2-17 apresenta o Sistema de Informação EPC inserido na rede EPC.

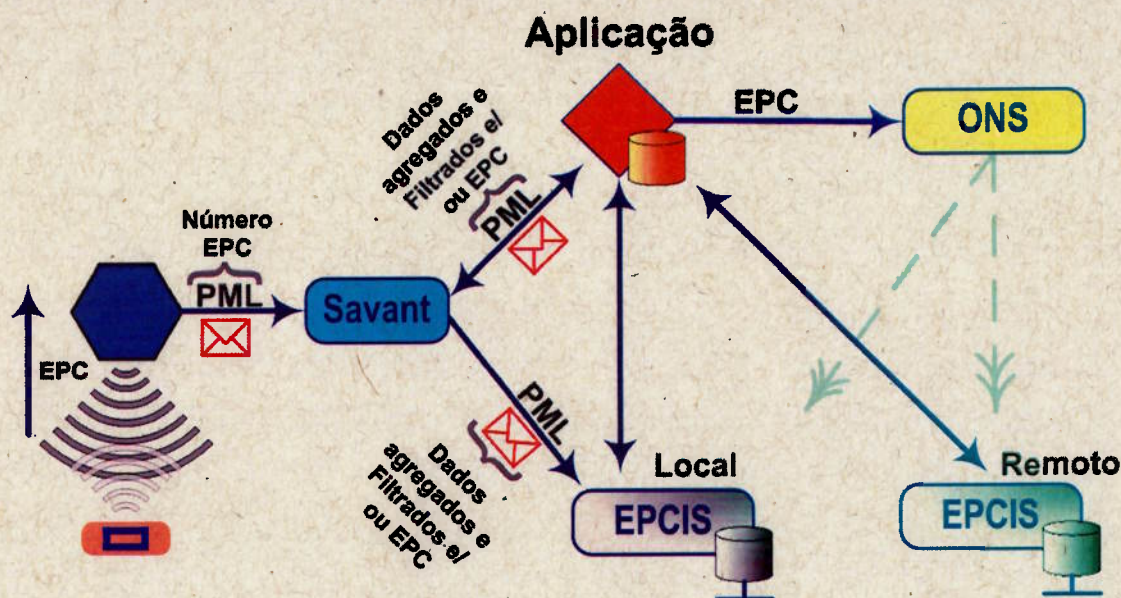


Figure 2-17 Rede EPC

2.7.1.5 ONS - Object Naming Server

O ONS provê um serviço global de busca para traduzir um número EPC em uma ou mais URLs, onde informações adicionais sobre o objeto ou produto podem ser encontradas. Essas URLs freqüentemente identificam um Sistema de Informação EPC, embora o ONS possa também ser utilizado para associar EPCs com sites e outros recursos relevantes da internet para um objeto.

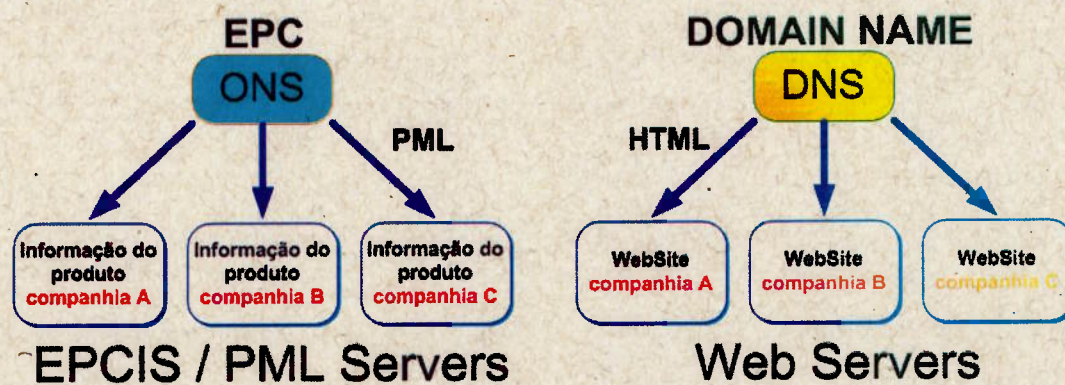


Figure 2-18 A analogia tecnológica EPC vs WEB

ONS possui serviços estáticos ou dinâmicos. Serviços estáticos tipicamente se referem à URL's de informações mantidas pelo fabricante do objeto ou produto. Serviços dinâmicos gravam uma seqüência de informações, como por quais locais um produto passou ao longo de sua vida útil.

ONS foi construído com a mesma tecnologia do DNS [Domain Name Service] ou serviço de nomes de domínios da Internet (Clark et al. 2003).

Está prevista a criação do EPC Discovery Service o qual, essencialmente, é uma chave dos registros efetuados no EPCIS de cada parte ao longo da cadeia (Verisign 2005).

2.7.2 Contribuição da rede EPC para a realização da Manufatura Informada

O próprio EPC não diz muito sobre o que o objeto é, mas como um endereço web, permite encontrar mais informações sobre este objeto usando a rede EPC (Internet de Coisas), realçando a visibilidade das operações na manufatura. Esta visibilidade por sua vez só será útil onde ela influir na tomada de decisão.

Entre algumas motivações para a adoção da rede EPC na manufatura discreta (McFarlaneIII 2004), estão:

- Uma maneira automática e confiável de se transferir é manter atualizadas as informações baseadas nas operações físicas do chão-de-fábrica. Particularmente indicada para controle de processos flexíveis de fabricação, reconhecendo os itens sendo fabricados na linha de produção
- Melhoraria da qualidade da informação disponível para a tomada de decisão;
- Existe uma forte possibilidade da rede EPC se tornar um único sistema para toda a cadeia de suprimentos;
- A tecnologia RFID como um elemento de intensa pesquisa [103 companhias, 7 universidades, \$15M, com um interesse crescente em áreas como a aeroespacial, farmacêutica e elétrica;

- Pode ser considerado o elemento tecnologicamente mais avançado na cadeia de suprimentos;
- Sofisticados sistemas de IT adequados para dados em tempo real;
- Os fabricantes são cada vez mais responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos, onde é muitas vezes o ponto central da cadeia de suprimentos;
- Desacoplamento de assuntos relacionados à privacidade, típicos em outras áreas de emprego da tecnologia RFID.
- Vantagem imediata: motivações relacionadas a adequação e aderência.
- Vantagem a curto prazo, motivações relacionadas aos custos financeiros.
- Vantagem a médio prazo: motivações relacionadas a valor agregado de mercado das soluções.

As Figure 2-19 e 2-20 trazem informações sobre onde e como implantar a tecnologia EPC na manufatura

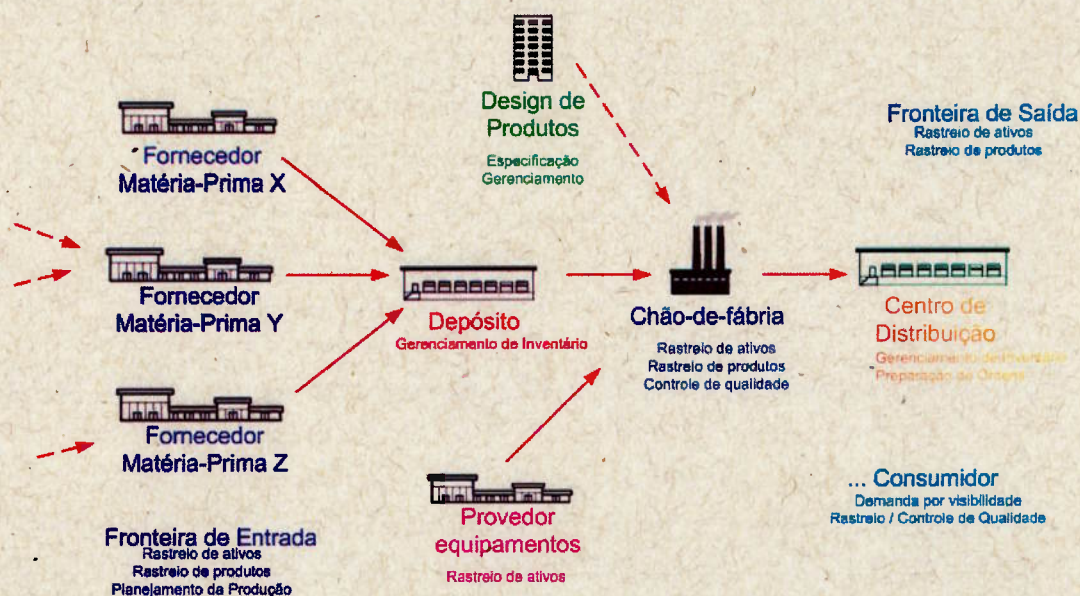


Figure 2-19 Onde Implantar a rede EPC na manufatura [McFarlaneIII 2004]

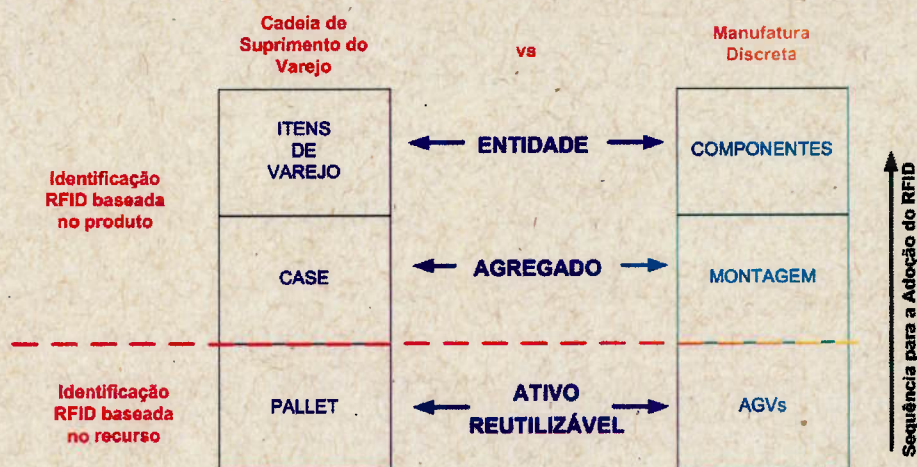


Figure 2-20 Como implantar a rede EPC na manufatura [McFarlaneIII 2004]

Os fabricantes que constantemente experimentam gargalos necessitam de (uma maior) rastreabilidade ou querem reduzir os custos associados à gerência de materiais e reabastecimento, são candidatos a adotar o RFID.

Os produtores, a mecânicos e os técnicos operacionais sabem que nenhum instrumento é único para realizar cada tarefa. O RFID tem de ser examinado de mesmo modo. A etiqueta de RFID é só um componente de um sistema global, que pode combinar códigos de barra, computadores móveis, redes locais sem fios, sistemas de manejo materiais e controles industriais para dirigir materiais e ativos mais efetivamente. Tentar enxergar as potencialidades das etiquetas e tentar ajustá-las às operações não é aconselhável. Em vez disso, o ideal ser conceber uma de solução RFID sob uma perspectiva de processo de negócios, identificando os pontos processuais onde os dados são classificados, agregados, comunicados e onde atuam.

O RFID pode agregar valor em situações em que a rastreabilidade de um processo ou ciclo de vida de item é necessária, onde os custos de trabalho ou dos erros relacionados aos dados de identificação e manejo são altos, quando há restrições de tempo ou de esforço relacionados à identificação de itens, manuseio ou reabastecimento, e qualquer processo de negócio ou aplicação de software que precisem de mais informação sobre um objeto do que os códigos de barra ou outras formas da tecnologia de captura de dados automatizada provêm.

O RFID fornece grande controle para a genealogia e rastreabilidade do ciclo-de-vida, gerenciamento e reposição de materiais (saber se o que a empresa está recebendo dos fornecedores tem a qualidade e a quantidade pela qual a empresa pagou), especialmente em ambientes Kanban e JIT, rastreamento de ativos, gerenciamento de processos em armazéns e pátios.

O rastreamento de RFID é também altamente valioso a organizações que precisam traçar a genealogia dos seus produtos ou fornecer a identificação sobre o histórico de uso de peças. Na indústria de aviação, por exemplo, se a identificação positiva e os registros históricos de serviço não forem disponíveis para uma peça, a aeronave não pode voar. As falhas de identificação e os erros de registro de dados podem potencialmente custar às companhias aéreas milhões de dólares em custos desnecessários de substituição. Por isso a indústria de aviação é a líder no desenvolvimento de padrões de uso e aplicações que utilizem o RFID para rastreamento.

A introdução da rede EPC em Sistemas de Manufatura pode ser vista com uma separação de contextos. O sistema de informação e percepção será realizado pela rede EPC, enquanto o sistema de decisão e atuação será obtido pelos atuadores pertencentes ao processo. A Figura 2-26 apresenta esse modelo.

Para a implantação desse sistema dissociado é preciso que a partir da correlação entre a rede EPC e o chão-de-fábrica, seja possível mapear em qual etapa do desenvolvimento do produto houve alguma alteração.

Conforme apresentado, o processo de fabricação do produto é fortemente balizado pelos modelos de engenharia, que nem sempre abordam as restrições inerentes ao chão de fábrica quanto ao uso de determinados equipamentos (como paradas imprevistas para manutenção ou utilização de planos alternativos de fabricação). Frequentemente, essa “fé” nos projetos da engenharia condiciona equivocadamente a interpretações de causa e efeito relativas aos resultados indesejáveis na produção como sendo erros de processo, quando muitas vezes são oriundos de falhas de projeto. Devido a sua natureza ser extremamente complexa (e a despeito da sua importância), este assunto não será endereçado neste trabalho.

Assim sendo, a abordagem pragmática a ser utilizada será atribuir à rede EPC a responsabilidade de realimentar os sistemas correspondentes. Foi visto que a rede EPC propicia a integração dos sistemas internos via a interface “universal” do EPC Middleware. Esse componente terá a missão de viabilizar a comunicação entre os sistemas internos de Controle, Planejamento da Produção, Projeto, dentre outros, propiciando que as informações ali contidas sejam validadas contra as evidências coletadas no chão de fábrica.

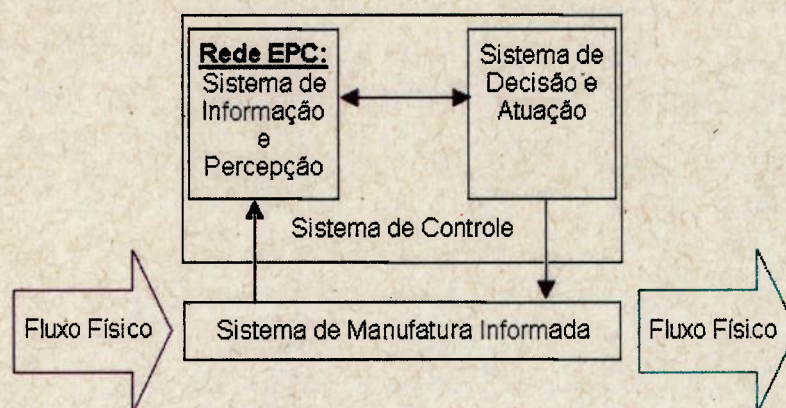


Figure 2-21 Modelo de Controle, Informação e Decisão para um Sistema de Manufatura Informada (Tavares 2000b)

No caso dos dados estarem pulverizados e distribuídos pela cadeia de valor, será através de nós do EPC Discovery Service, integrados aos EPCIS, que as informações relativas ao histórico do produto serão inferidas (com a trajetória percorrida pelo produto passou, por exemplo). Isso irá propiciar a disponibilização de informações específicas do produto para as partes que não as detêm (ou que estão habilitadas a acessá-las).

A integração dos dados advindos de toda a cadeia de valor propiciará a empresa fabricante informações valiosas a respeito do uso, manutenção, consumo e fim-de-vida dos produtos, detalhes estes que são primordiais para que todos os requisitos dos consumidores sejam conhecidos e, futuramente, atingidos.

3 A PROPOSTA DO SAVANT-2

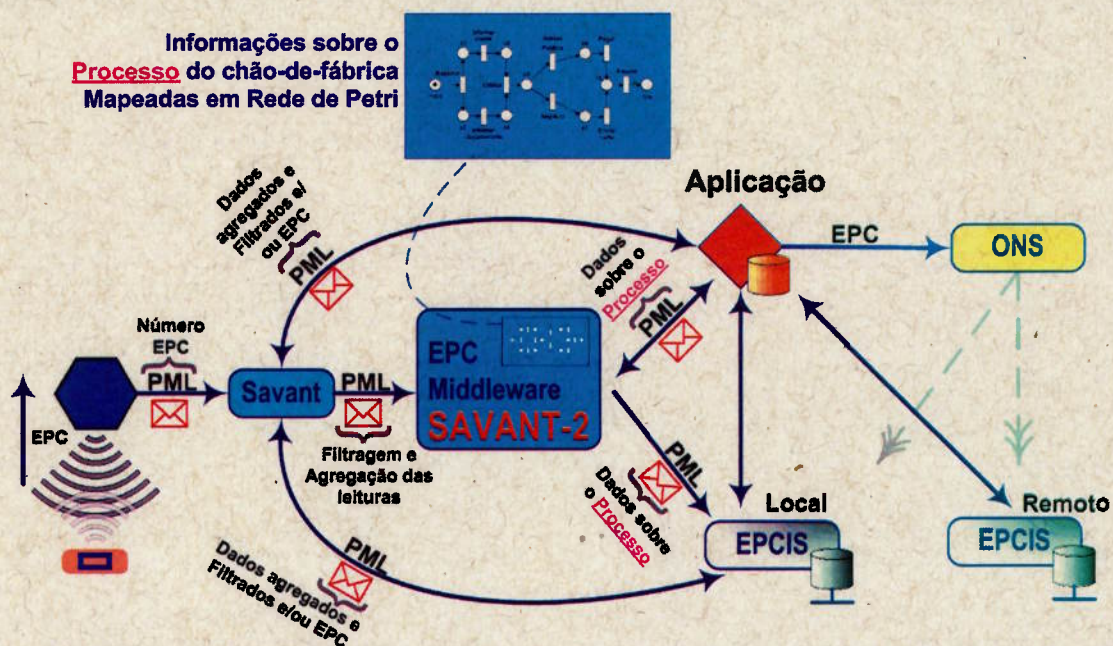


Figure 3-1 Integração do SAVANT-2 dentro da arquitetura EPC

Neste trabalho, estamos propondo uma nova categoria de EPC Middleware, ao qual chamamos de Savant-2. Sua função difere daquela descrita para o middleware Savant original (associada à coleta, agregação e filtragem de informação de um grande número de etiquetas associadas a produtos), pois o SAVANT-2 terá a missão de tratar das informações oriundas do chão de fábrica sobre os processos e seus contextos, através do mapeamento dos mesmos em Redes de Petri. Como nosso trabalho é inovador, não foram feitas comparações com outras fontes de pesquisa, além das que tratam da rede EPC formal (focada para a cadeia de suprimentos).

Uma vez de posse das informações sobre os processos e comportamentos padrões dos produtos no chão-de-fábrica, é possível realizar de maneira mais eficiente o diagnóstico de eventos atípicos que mereçam ser armazenados e/ou repassados aos demais sistemas na hierarquia informacional. Uma análise preliminar do que surge (ou que se perde) no processo pode então ser elaborada, possibilitando que dados inéditos (ou mesmo todo um esquema destes) possam ser armazenados nas bases históricas para posterior uso em análises e rastreio.

3.1.1 Mapeando de Informações através de redes de Petri

Conceitualmente proposto por C. A. Petri em 1962, em sua tese de doutorado, na faculdade de Darmstadt - Alemanha, as redes de Petri surgiram para descrever sistemas de processamento de informações concorrentes, assíncronos, distribuídos e paralelos. Baseados no formalismo matemático das Redes de Petri, surgiram métodos de análise quantitativos do sistema modelado, tais como árvore de alcançabilidade, matriz de incidência, invariantes e equações de estado (Murata 89).

Uma rede de Petri é um grafo bipartido composto por dois tipos de nós: lugares e transições. Lugares são representados por círculos e as transições por barras. Arcos orientados conectam lugares a transições e vice-versa. Uma rede de Petri marcada contém um número inteiro de marcas que são distribuídas entre os lugares. Esta repartição descreve o estado discreto no modelo. A definição formal das redes de Petri ordinárias é apresentada abaixo.

As redes de petri (RP) possuem uma expressiva eficácia para a modelagem (gráfica ou matemática) dos processos da manufatura, ressaltando a sua capacidade de formalização para verificação das propriedades dos sistemas modelados. Essa característica das RP facilita a transformação de tais modelos em rotinas computacionais que auxiliem na tarefa de análise dos processos produtivos.

No contexto deste trabalho, evidencia-se a grande dificuldade em se representar adequadamente eventos inesperados, uma vez que existe pouca (quando nenhuma) diferença perceptível daqueles eventos considerados normais. Entretanto em Del Foyo e Silva 2001, foi proposto uma Rede de Petri orientada à Objeto, onde eventos atípicos são representados em pseudo-boxes (lugares), de uma maneira alinhada ao formalismo da rede

Em Riascos 2002, é proposta uma abordagem em que para situações normais, o processo é representado por redes principais, e para situações atípicas (por exemplo, surgimento e recuperação de falhas) no sistema modelado, são utilizadas sub-redes que podem auxiliar nos diagnósticos dos eventos inesperados.

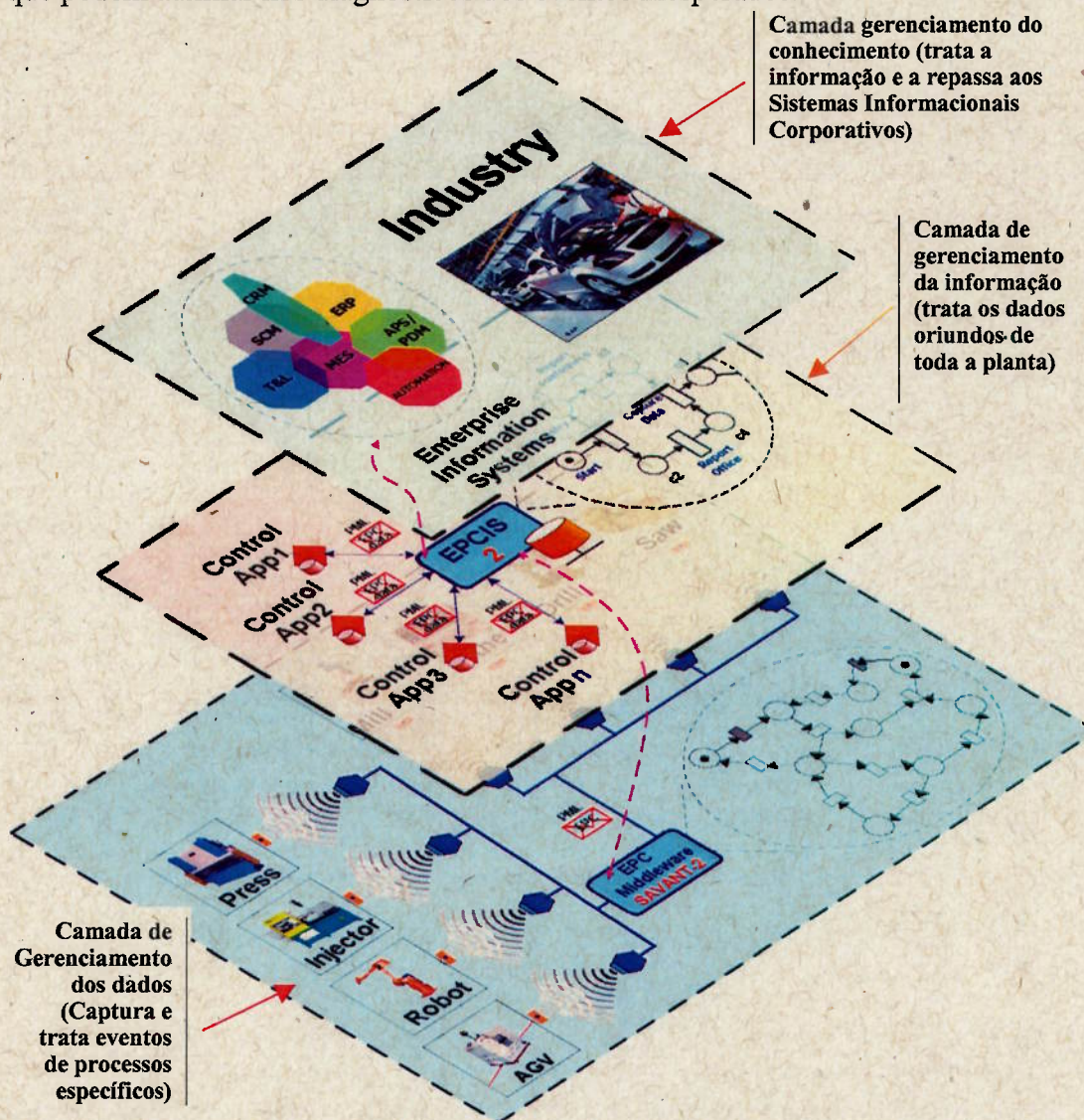


Figure 3-2 O SAVANT-2 e a sua atuação dentro da hierarquia dos sistemas verticais (dos Santos 2005)

3.1.2 Aplicação do modelo na descoberta de perturbações no processo fabril

Uma das principais contribuições da rede EPC é a viabilização do rastreamento de informações entre todos os participantes na cadeia de valor da manufatura. Este é um

avanço relevante para a manufatura (especialmente a automatizada), uma vez que as informações são confiáveis e advindas da síntese dos dados de controle das plantas.

Assim, um tópico importante no processo é o controle on-line das informações, principal objetivo do SAVANT-2. Tais informações podem ser divididas em duas partes:

- A informação sobre o processo de manufatura que poderia ser modelado em Redes de Petri (ou sobre ocorrências atípicas nos processos de manufatura) e
- A informação que está armazenada nas etiquetas associadas aos produtos (o mesmo que está disponível para o EPC-Global).

De posse de ambas as informações, é possível associar eventos atípicos somente aos itens/lotos que (supostamente) foram afetados por tais eventos. Estas seriam potenciais informações a serem disponibilizadas, não para toda a cadeia de valor, mais para acrescentar valor e confiabilidade ao produtor, bem como prover informações para a rastreabilidade interna a empresa. Em (Pradip et al 2004) e (Pradip 2 et al 2004) é mostrado um avaliação do quão eficaz é a arquitetura EPC numa situação hipotética de recall, a partir de uma modelagem matemática que aborda os tempos e esforços envolvidos no processo de rastreio das informações.

Mas essa possibilidade de compartilhamento de informações não deve limitar-se apenas em situações relacionadas a problemas como os recalls. Um potencial uso da arquitetura seria no compartilhamento de informações durante os processos de design e experimentação de soluções na demanda por produtos customizados.

Através da Manufatura Informada é possível a viabilização da arquitetura integrativa de sistemas para apoio à decisão, que provenha perspectivas dedicadas (view-points) sobre os limites técnicos, financeiros e estratégicos a todos os participantes da complexa tarefa de atender os requisitos dos clientes das empresas de manufatura, que desejam um produto customizado. Seria possível que as diversas áreas e profissionais envolvidos (questionados ou questionadores) com a avaliação de viabilidade de um produto customizado pudessem fornecer seus pareceres, baseados em informações seguras, tecnicamente bem fundamentadas e, se possível, em tempo real.

Na atual proposta, o SAVANT-2 trabalha com Redes de Petri clássicas (não temporais), significando que da janela de tempo pré-determinada (pelos designers de processo) onde as atividades da manufatura (ou da corporação) estão suficientemente ajustadas para não permitir serem dissociadas. Nós denominamos esta janela de tempo com atividade dinâmica e a consideramos uma sub-rede de Petri não-temporal. Cada passo nesta sub-rede é monitorado através da leitura dos sinais marcados na rede original através de eventos especiais de controle mapeados pelo SAVANT II.

Em um processo seqüencial, a string de dados gerada na planta deveria estar aderente a sub-string que pode ser lida no modelo de processos, e caso contrário, um evento atípico é iniciado. Mesmo se o processo é recuperado (por uma reinicialização da planta ou alguma outra medida), o resumo do processo devera identificar o fim de uma ocorrência atípica.

Todos os sinais e valores de variáveis do início de uma ocorrência atípica até o seu fim são armazenadas em uma atividade atípica em um repositório de dados que suporte o SAVANT-2 para mais exames. Também o processo envolvido com o evento atípico compõe o dado associado com a atividade atípica, bem como os ID's das peças realmente dentro do range daquela atividade (através da leitura de seu RFID). Os conjuntos de dados poderiam ser enriquecidos com informações sobre o estado dos principais equipamentos automatizados, como mostrado na figura 2-28.

A implementação deste arranjo foi feito em um ambiente UNIX, composto por uma SUN Ultra-2 multi-processada como repositório de dados, rodando Oracle9i, e uma Ultra-10, rodando o sistema SUN Middleware sobre o qual o SAVANT-2 está sendo programado. Por enquanto janelas de tempo estão sendo pré-definidas na rede fornecida com o modelo de processo e, possíveis ocorrências atípicas são tidas como falhas de ocorrência associada ao processo real.

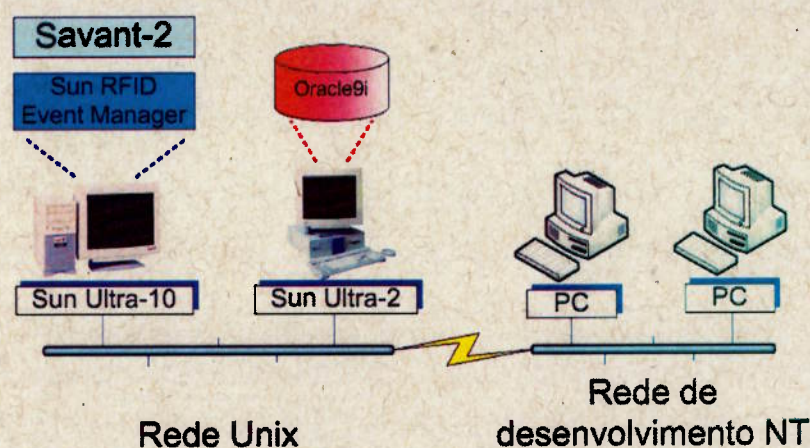


Figure.3-3 Topologia do ambiente SAVANT-2 / SUN

3.1.3 A integração global

Mesmo que não seja implementado no nosso atual experimento, vislumbramos uma nova integração do nosso SAVANT-2 e o nosso EPCIS-2, que analisará a informação do sistema produtivo e as suas ocorrências atípicas de forma integrada aos Sistemas de Informação de mais alto nível, que poderiam analisar a produção de uma fábrica durante um ano, por exemplo. Neste range de tempo mais abrangente, a repetição do processo programado (ou até em uma janela de tempo menor) pode ser pesquisada por padrões de erros, que podem associar-se conseqüentemente com fatores externos como o fornecedor da matéria-prima, o fornecedor de subsistemas, a estação do ano ou temperatura durante a manufatura, e assim por diante. Também, diferentes (ou alternativos) planos de processo podem ser comparados, principalmente aqueles supostamente menos danosos à natureza (que de outra maneira não poderiam ser qualificados como aceitáveis).

Independentemente do tipo da comparação realizada, um aspecto importante é que agora o processo global de negócios (cuja manufatura neste caso é o principal ator) pode ser analisado a partir de um universo confiável de dados, experimentalmente obtidos do chão-de-fábrica, viabilizando a construção de inferências sobre o plano geral de produção e a estratégia de automação. Isto representa um grande avanço em relação a atual disponibilidade de dados e a capacidade de análises na manufatura.

A abordagem proposta neste trabalho também vislumbra a possibilidade de otimizações na integração vertical da informação, juntando dados sobre a síntese dos processos nas plantas e dados sobre gerenciamento ou vendas.

Finalmente ele oferece um diferencial estratégico quanto ao uso dos dados disponíveis pelo uso da tecnologia RFID, melhorando assim o controle integrado dos processos de fabricação (que viabilizam o alcance dos objetivos de negócios, considerando os resultados do processo e não somente o controle do parque de máquinas). Uma visão global do SAVANT-2 é mostrada na Figura 2-28

3.2 A Montagem experimental baseada no SUN Middleware

Como a intenção da pesquisa não é criar um réplica das soluções de mercado para a gestão da cadeia de suprimentos / EPC, decidimos utilizar um solução já validada e que permite a dedicação exclusiva ao tratamento dos dados oriundos do chão de fábrica.

A idéia básica é utilizar o Sun Java System RFID Event Manager, particularmente o seu módulo de geração de dados dummy, para validarmos os experimentos do SAVANT-2, como mostrado na Figura 3-3

3.3 Implementação

Como estratégia geral da implementação, os processo de manufatura serão mapeados em Redes de Petri, representadas por *strings*. O processo de supervisão e ação sobre os eventos na simulação do mundo real da manufatura, foi implementado pela busca e identificação de sub-strings dentro dessas strings representativas do processo padrão. Devido a falta de uma infraestrutura real de geração e captura dos dados para a montagem das sub-strings (o que não foi restritivo para a evolução da pesquisa), foi utilizado o módulo de geração de dados do SUN RFID MANAGER para obtenção de tal construção.

3.3.1 O compartilhamento de informações

Dada a complexidade das aplicações em tempo-real, muitos pesquisadores acreditam que o paradigma da orientação à objetos é o mais apropriado para tratar com tais aplicações. Também se faz necessário o emprego de ferramentas eficazes com base formal para modelar tais aplicações. (Perkusich 2003)

No contexto de sistemas de banco de dados, principalmente no caso de grandes sistemas, a integração é uma capacidade crítica e vital. Dados de diferentes aplicações devem ser integrados com o objetivo de possibilitar a coordenação de aplicações individuais em consonância com os objetivos corporativos.

O conceito de bases de dados distribuídas não é novo. No controle da manufatura, entretanto, aparentemente recebeu bem menos atenção que em outras áreas. É completamente provável que a explosão da informação gerada pelo uso da arquitetura EPC necessitará de alguns meios de empregar bases de dados distribuídas dentro do domínio da manufatura. (Chokshi 2003)

Consistência Lógica de informações

Desta forma, para satisfazer o requisito de integração no contexto de aplicações com grandes volumes de dados e restrições temporais, existe a necessidade da utilização de ferramentas formais na modelagem e implementação do tratamento hierárquico dos dados. Na implementação do SAVANT-2, estão sendo utilizadas as técnicas propostas pelo modelo OMT (Object Modelling Technique) em conjunto com a UML.

É importante lembrar que os sistemas de manufatura frequentemente são baseados em estruturas hierárquicas multi-nível, onde no nível mais baixo estão os controladores de chão de fábrica, e no nível mais alto estão os responsáveis por tomar decisões estratégicas e de planejamento. Em tais sistemas, a necessidade de integração entre os diferentes níveis de abstração torna-se vital, e a disponibilização de dados, tanto de planejamento de engenharia de produção, quanto de controle de processo, é condição necessária para satisfazer os requisitos de produção.

Certamente, uma das contribuições relevantes do SAVANT-2 será prover dinamicamente e sob demanda, os modelos e esquemas dos dados hierárquicos nos repositórios (sejam estes em memória, ou em disco). A cada nova ocorrência ou evento que faça necessário armazenar ou relacionar dados, os módulos automaticamente cuidarão da sua organização, modelagem e integridade referencial.

A propriedade de acessar e correlacionar dados via relacionamentos dinamicamente criados será utilizada para prover os view-points necessários ao processo decisório de atendimento a requisições por produtos customizados.

Uma ponto importante praticado está sendo a avaliação das informações segundo uma visão de camadas (ver Figura 3-2), de forma a identificarmos e obtermos distintos níveis de abstração necessários ao mapeamento das informações dos processos fabris.

3.3.2 Consistência Temporal das informações

Existem situações ao longo do processo de manipulação de dados do processo produtivo que requer a habilidade para definir restrições temporais às transações. Deve-se observar que há casos em que as restrições temporais impostas às transações precisam ser satisfeitas com o objetivo de manter a consistência temporal dos dados. Em algumas situações estas restrições só podem ser satisfeitas se a consistência lógica dos dados for sacrificada, em outras, o inverso também se aplica .

Por exemplo, em um sistema de controle de tráfego aéreo, a posição aproximada de um avião no tempo certo pode ser mais apropriada que o valor exato tarde demais. Geralmente a imprecisão permitida deve ser limitada. No exemplo anterior, a imprecisão na posição do avião deve ser apenas de alguns metros, considerada a posição verdadeira.

Uma vez que estas situações são bastante freqüentes em processos controlados em tempo-real, os resultados produzidos por uma transação não precisam ser totalmente corretos, ou seja, podem ser imprecisos. Portanto as propriedades ACID não precisam ser cumpridas totalmente. Um bom exemplo é o que ocorre em sistemas de controle de tráfego aéreo, onde a posição aproximada de um avião no tempo certo

pode ser mais apropriada que o valor exato tarde demais. Geralmente a imprecisão permitida deve ser limitada. No exemplo anterior, a imprecisão na posição do avião deve ser de apenas alguns metros, considerada a posição verdadeira.

O principal aspecto de temporalidade a ser considerado na implementação do SAVANT-2 é a persistência dos dados armazenados. Uma das queixas dos administradores de base de dados (DBA's) a respeito do uso corporativo dos repositórios orientados a objeto é o difícil controle do seu crescimento e consumo de recursos de armazenamento. Como o SAVANT-2 se predispõe a tratar dinamicamente uma grande quantidade de dados, criando freqüentemente novos esquemas e modelos nos repositório, certamente estes recursos de armazenamento precisarão receber atenção constante para que não sejam onerados desnecessariamente.

Para o tratamento temporal de validade dos modelos, esquemas e dados, está futuramente será implementado um mecanismo de verificação construído em redes de Petri baseadas em objetos, como a mostrada na Figura 3-4.

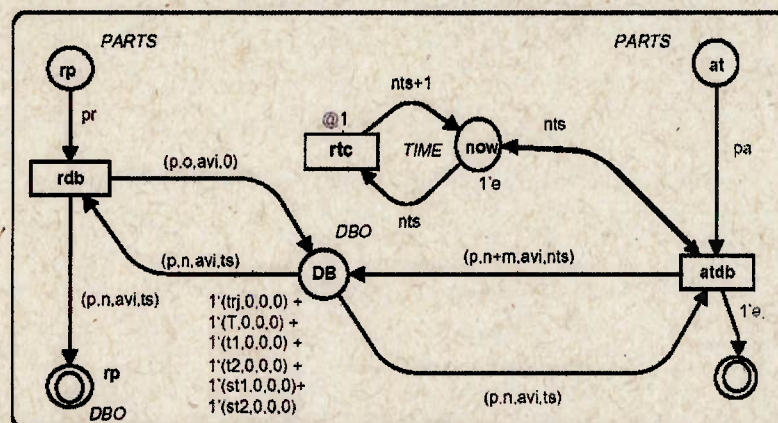


Figure 3-4 Modelo de redes de Petri baseado em objetos denominado EG-CPN (Extended Generalized Coloured Petri Nets) (Perkusich 2003)

Por enquanto, estamos aprimorando a gestão das informações em memória, e o armazenamento em disco seguirá as prescrições tradicionais (e de mercado) do modelo relacional.

3.3.3 Módulo de Gerenciamento dos Dados

Como base para a concepção do tratamento dos dados em memória, está sendo usado um projeto OpenSource chamado Space4J, que se responsabiliza por fazer a gestão dos recursos de memória e realizar a passivação dos objetos (transferência dos dados pouco utilizados para o repositório físico). Essa passivação irá armazenar dinamicamente os eventos no repositório de dados históricos da produção, mesmo que estes ainda não possuam um esquema de armazenamento pré-existente. Isto é possível graças ao uso do SQL dinâmico.

Dada a natureza das trocas de mensagens (ver Botto 2004) entre os demais módulos da arquitetura EPC e o SAVANT-2, será utilizado um mecanismo assíncrono de requisição do tipo Dispara / Recolhe partindo dos clientes, mostrado na Figura 3-5, onde disponibilização dos dados é disparadas por mais de um objeto ou para mais de um objeto (há uma difusão da mensagem no seu disparo e / ou no seu recolhimento para estes objetos).

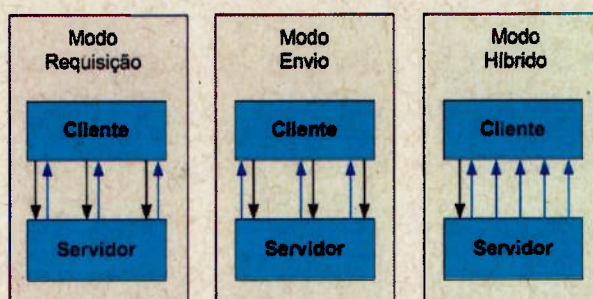


Figure 3-5 Possibilidades de comunicação entre o SAVANT-2 e os sistemas Clientes (Chokshi 2003).

Em seu modo de operação normal ou convencional, verifica-se que os sistemas MES ou gerenciadores de dados operam tanto no modo de requisição como no híbrido (Chokshi 2003). Os clientes aqui podem ser quaisquer das funções MES enquanto os servidores (fornecedores de informação) é o SAVANT-2.

Diferentemente da arquitetura Client/Servidor, onde as informações que os clientes podem obter de um servidor são limitada a quando e o que os clientes sabem

requisitar, na proposta flexível de construção dinâmica de relacionamentos do SAVANT-2, será possível realizar consultas sob demanda.

3.3.4 Módulo de Implementação da Rede de Petri

Inicialmente, estaremos usando para implementar o modelo da manufatura em Rede de Petri a API do projeto OpenSource Bossa. No futuro pretendemos internalizar as funcionalidades necessárias em nosso projeto GHENeSys (General Hierarchical Enhanced Net System) (ver Del Foyo 2001), pois este sistema já fornece como vantagem, permitir facilmente a definição do range de atividades e a manutenção do formalismo da rede.

3.3.5 Aplicação do modelo num caso real de rastreio

3.3.5.1 O Blank Soldado

O blank é um recorte metálico plano de propriedades e forma específicas, que sofre uma operação de conformação para se transforma numa peça acabada. Tradicionalmente é uma peça homogênea, obtida a partir de bobinas de metal, processadas em Centro de Serviços ou máquinas de corte da própria empresa que produz a peça. Se uma peça maior, ao longo de sua extensão, requeresse diferentes propriedades mecânicas, resistência à corrosão, resistência à deformação depois de confeccionada ou conformabilidade optava-se sempre por um material que atendesse a condição mais importante ou a mais severa para a peça, em detrimento das outras qualidades que não poderiam ser atendidas de forma ótima, com o uso de Blank Soldado se obtive uma melhor solução para este problema.

A necessidade de reduzir custos e otimizar produtividade e qualidade intrínseca, levou a industria automobilística a desenvolver o Blank Soldado, que consiste em dividir uma peça antes única, em partes menores, cada uma com características e exigências específicas, e uni-las por meio de solda de alta qualidade (solda por laser, resistência ou indução), formando uma peça única que será conformada inteiramente, sem necessitar de operação de união entre elas na fase de montagem dos carros.

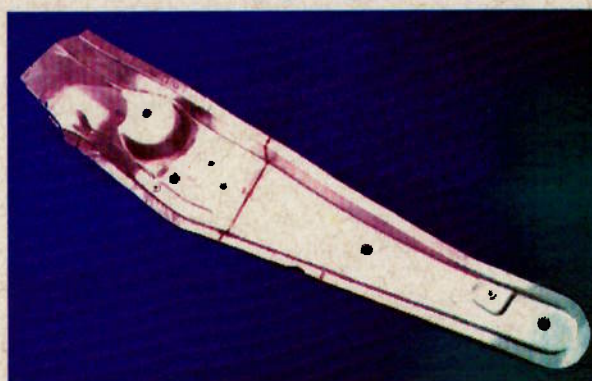


Figure 3-6 Reforço estrutural de um carro de passageiros. - Obtido a partir de um "Tailor Blank" conformado [Tavares 2000].

Por outro lado, permite também agregar numa só peça plana, as partes que antes teriam por sua natureza diferenciada, de ser conformadas separadamente e unidas como peças acabadas, obtendo-se desse modo um número total menor das peças integrantes do carro e conseqüentemente melhorias no estoque das ensambladoras.

A título de ilustração a Figura 3-6 apresenta um Blank Soldado já conformado, o qual é o reforço estrutural de um carro de passageiros [MtlFrmHdbk 1998].

A Figura 3-7 apresenta um blank Soldado complexo usado para fazer o painel lateral externo do veículo do projeto ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) [Pereira99]. Esse blank soldado reúne três diferentes graus de resistência mecânica, além, de cinco diferentes espessuras numa mesma peça embutida.

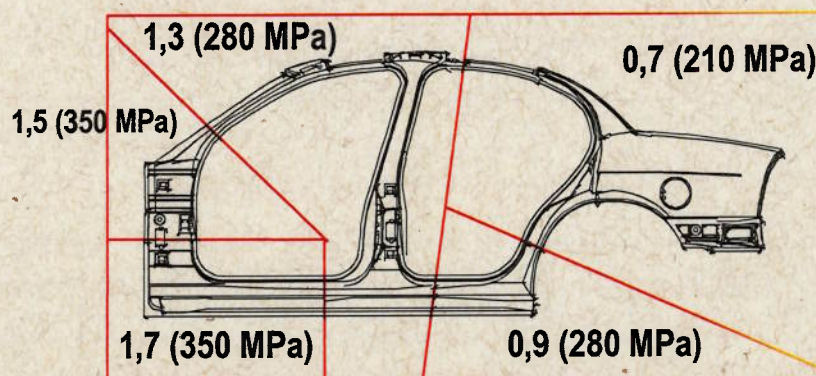


Figure 3-7 Painel lateral externo. - Obtido a partir da conformação de um "Tailor blank" soldado a Laser [Pereira99].

3.3.5.2 Processos de Produção e Conformação do Blank Soldado

Os Blanks Soldados são produzidos em linhas preparadas para o corte e a soldagem de recortes de chapas metálicas. Na primeira etapa, isto é a produção dos recortes por guilhotinas e/ou prensas, a qualidade da superfície do corte (Figura 3-8), exerce uma grande influência sobre a qualidade do cordão de solda, e sobre os ciclos de produção na etapa de soldagem dos recortes.

O plano de controle da etapa de corte para definir os métodos de controle para as falhas potenciais podem ser identificadas na análise dos modos e efeitos de falhas potenciais (FMBA), tais como: ondulações, rebarba, esquadro, guias e outros.

Table 3-1 Fatores do processo de corte que influenciam a qualidade do blank soldado.

- Ausência de material na área de costura.	- Ângulo do corte
- Posicionamento dos recortes (pontos de contato).	- Direção do cisalhado
- Retilidade (fresta)	- Rebarba
- Relação de corte / cisalhamento	

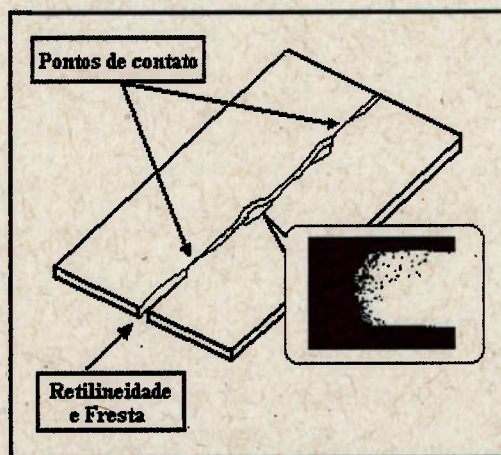


Figure 3-8 Exemplos de defeitos na superfície de corte [Pincinini99].

Visando a etapa de soldagem, os recortes são a seguir empilhados, alinhados, centrados, alimentados e fixados em uma máquina automática de soldagem (Figura 3-9), a qual pode empregar tecnologia de solda com laser, solda com resistência ou solda por indução.

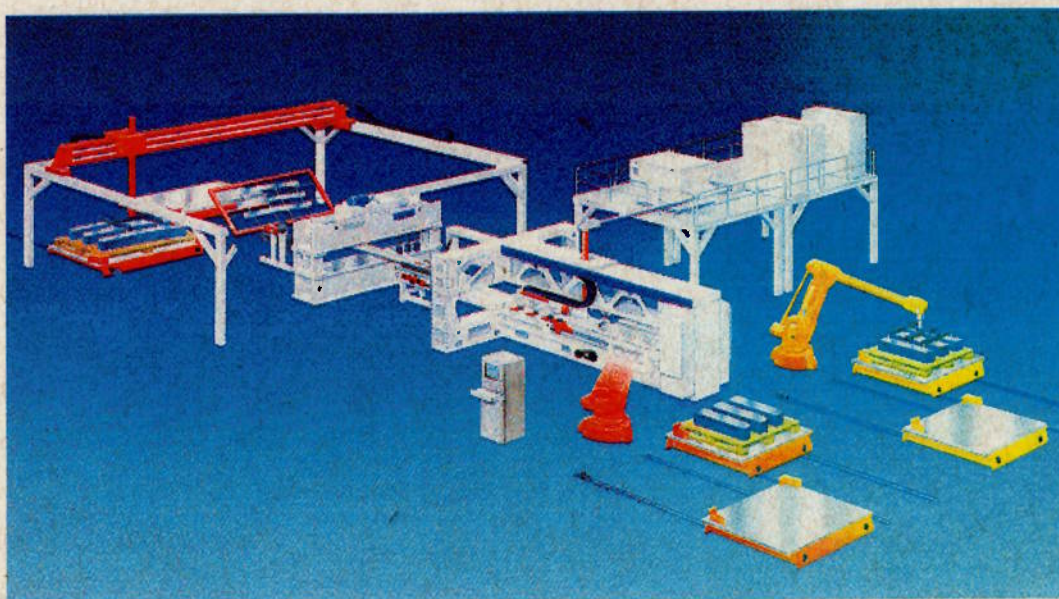


Figure 3-9 Sistema de Soldagem Soulas – Lay-out do equipamento de solda a laser para fabricação dos blanks soldados [Pincinini99].

3.3.5.3 Vantagens do Blank Soldado

Como potenciais vantagens do uso do blank soldado pela indústria automobilística podem ser citadas as seguintes:

- Redução do peso da carroceria, uma vez que maiores espessuras só são usadas onde é necessário (com função estrutural - recebe impacto ou carga)

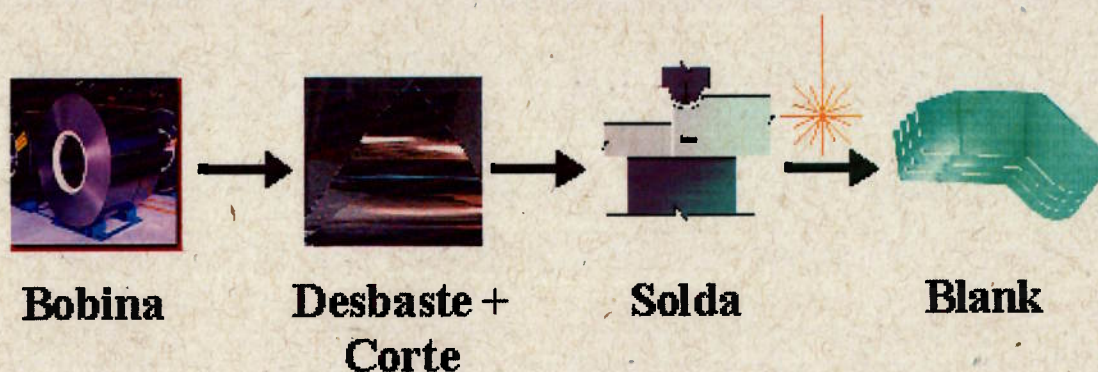


Figure 3-10 Processo de fabricação de Blank Soldado (Tavares 2000).

- Otimização do desenho da peça, permite compor blanks de materiais zincados com laminados a frio ou aço de alta conformabilidade com outro de maior resistência mecânica Redução do número de peças de reforço;
- Melhoria da resistência no teste de impacto.
- Melhoria da rigidez
- Redução do numero de componentes com a redução do número de soldas a pontos, conseqüentemente, também se obtém a redução a susceptibilidade a corrosão
- Sucata: eliminação da perda de grandes vãos (áreas para vidros e portas), através de um plano de montagem de partes adequadas.
- Logística: reduz estoque, diminuindo o número de peças, no caso em que antes eram peças separadas e passou a formar um blank único.
- Produtividade: reduz o numero de operações de estampagem em prensa, diminuindo o tempo de produção em prensa e montagem no carro, e reduzindo estoque intermediário antes da montagem.

3.3.5.4 Modelagem do processo produtivo

Um fato muito comum na manufatura é a utilização de um mesmo conjunto de equipamentos de transformação para vários tipos de entradas. No exemplo da figura

3-11, temos bobinas de chapas metálicas sofrendo algumas operações (desbaste, recorte, transporte e soldagem) até a sua disponibilização para conformação em prensas. Maiores detalhes sobre o problema podem ser vistos em Tavares 2000a.

Neste exemplo, a empresa conta com algumas máquinas específicas para realizar tais tarefas, sendo que existe sobreposição e exclusão no seu uso segundo um critério da entrada da matéria-prima (espessura das chapas). Apesar de existirem tais restrições, frequentemente os equipamentos são usados de forma incorreta (no nosso exemplo, uma tesoura pode ser usada para cortar uma chapa mais espessa do que a sua prescrição), gerando eventos que podem gerar problemas no produto final concebido dentro deste contexto atípico. Ainda é possível, que o problema só gere informação (isto é, percepção de falha nos produtos) após um longo tempo desde a geração da atipicidade no processo fabril.

No exemplo apresentado existem dois equipamentos de desbaste das rebarbas laterais, duas tesouras para corte das chapas, robôs para composição das cargas de chapas a serem transportadas para um equipamento de solda a laser. Há restrição de espessura de chapa para as tesouras, conforme a figura AAA (desenho das espessuras possíveis da tesoura). (Sugiro que o equipamento conjunto de desbaste e corte seja retirado do exemplo)

Havendo três classes de bobinas (B1 - 1mm, B2 - 0,7mm, B3 - 0,5mm) a serem processadas para comporem dois tipos distintos de blanks (Bk1 e Bk2), a rede de petri pré-estabelecida apresentada na figura BBB demonstra no nível das classes quais as opções de planos de manufatura são possíveis, em função dos recursos existentes. (Márcio, precisa ser incluído mais um conjunto semelhante relacionado B1(1 mm) com B3(0,5mm) na RdP pré-estabelecida para B1 e B2 - atenção alterar os valores das espessuras conforme esse documento).

Dado uma sequência de produção de bobinas específicas, e adicionando TAG's apropriados a cada bobina, recorte e blank produzido, além de leitores na entrada de cada equipamento, haverá possibilidade de mapear as informações do PML para os estados previamente estabelecidos na rede de Petri do Figura YYY anterior.

Serão produzidos blanks Bk1 (epc number 2.24.XXX) da composição das bobinas B1 (epc number 2.36.YYY) e B2 (epc number 2.45.ZZZ) e blanks Bk2 (epc number

2.26.TTT) da composição das bobinas B1 (epc number 2.36.YYY) e B3 (epc number 2.45.UUU) onde a 2 identifica a empresa, os dois dígitos consecutivos o tipo de produto e TTT, UUU, XXX, YYY e ZZZ correspondem a identificação do número serial de cada item específico.

A seqüência em rede de petri pré-determinada está apresentado na Figura CCC (descrever uma rede baseada na figura BBB definindo quais recursos utilizar).

Durante a manufatura o SAVANT II averigua que a seqüência pré-definida foi executada. Por fim pode-se gerar redes de petri dos produtos manufaturados, demonstrando a rastreabilidade do processo total, e confrontar esse resultado com as redes de petri pré-estabelecidas.

Um exemplo do resultado em PML obtido pelo processo está descrito a seguir:

- Leitor 1:4.16.36 vinculado a soldadora lendo a informação do Blank Bk1 n.o 1:2.24.400

```
<pmlcore:Sensor>
  <pmluid:ID>urn:epc:id:sgln:4.16.36</pmluid:ID> *identifica o local de leitura*
  <pmlcore:Observation>
    <pmlcore:DateTime>2005-30-06T13:04:34</pmlcore:DateTime>
    <pmlcore:Tag>
      <pmluid:ID>urn:epc:id:sgtin:2.24.400</pmluid:ID> *identific o produto lido - SGTIN*
    </pmlcore:Tag>
  </pmlcore:Observation>
</pmlcore:Sensor>
```

- Exemplo de seqüência de produção do Blank Bk1 2.24.10056 a 2.24.11576 (1550 Blanks Bk1) das bobinas B1 2.36.036 e B2 2.45.164, seria:

```
<INFOPRODUTO>
  <ATIVIDADE> *criação dos fardos de bobina B1*
  <NÚMEROATIVIDADE>1</NÚMEROATIVIDADE>
  <PMLUID:ID>urn:epc:id:sgtin:2.36.026</PMLUID:ID> *Bobina B1 n.o serial 026*
  <MÁQUINAOPERAÇÃO>10</MÁQUINAOPERAÇÃO> *número do plano 10 estabelecido para produção dos
fardos do Bobina B1*
  <OPERAÇÃO>
    <NÚMEROOPERAÇÃO>1</NÚMEROOPERAÇÃO> *desbaste das rebarbas laterais*
    <MÁQUINA>Desbaste1</MÁQUINA>
  </OPERAÇÃO>
  <OPERAÇÃO>
    <NÚMEROOPERAÇÃO>2</NÚMEROOPERAÇÃO> *corte das chapas*
    <MÁQUINA>Tesoura1</MÁQUINA>
  </OPERAÇÃO>
  <OPERAÇÃO>
    <NÚMEROOPERAÇÃO>3</NÚMEROOPERAÇÃO> *criação do fardo de chapas*
    <MÁQUINA>Robot1</MÁQUINA>
    <PLMUID:ID>urn:epc:id:sscc:15.6026</PMLUID:ID> *atribuição automática serial do SSCC 6026 pela
empresa 15 - Prestador de serviços*
  </OPERAÇÃO>
</ATIVIDADE>
<ATIVIDADE> *criação dos fardos de bobina B2*
  <NÚMEROATIVIDADE>2</NÚMEROATIVIDADE>
  <PMLUID:ID>urn:epc:id:sgtin:2.45.164</PMLUID:ID> *Bobina B2 n.o serial 164*
  <MÁQUINAOPERAÇÃO>15</MÁQUINAOPERAÇÃO> *número do plano 15 estabelecido para produção dos
fardos da Bobina B2*
```

```

<OPERAÇÃO>
  <NÚMEROOPERAÇÃO>1</NÚMEROOPERAÇÃO> *desbaste das rebarbas laterais*
  <MÁQUINA>Desbaste1</MÁQUINA>
</OPERAÇÃO>
<OPERAÇÃO>
  <NÚMEROOPERAÇÃO>2</NÚMEROOPERAÇÃO> *corte das chapas*
  <MÁQUINA>Tesoura2</MÁQUINA>
</OPERAÇÃO>
<OPERAÇÃO>
  <NÚMEROOPERAÇÃO>3</NÚMEROOPERAÇÃO> *criação do fardo de chapas *
  <MÁQUINA>Robot2</MÁQUINA>
  <PLMUID:ID>urn:epc:id:sscc:15.6034</PLMUID:ID> *atribuição automática serial do SSCC 6034 pela
empresa 15 - Prestador de serviços*
</OPERAÇÃO>
</ATIVIDADE>
<ATIVIDADE> *criação dos Blanks Bk1*
  <NÚMEROATIVIDADE>3</NÚMEROATIVIDADE>
  <PMLUID:ID>urn:epc:id:sscc:15.6026</PMLUID:ID> *fardos de Bobina B1*
  <PMLUID:ID>urn:epc:id:sscc:15.6034</PMLUID:ID> *fardos de Bobina B2*
  <MÁQUINAOPERAÇÃO>15</MÁQUINAOPERAÇÃO> *número do plano 15 estabelecido para produção dos
fardos da Bobina B2*
  <OPERAÇÃO>
    <NÚMEROOPERAÇÃO>1</NÚMEROOPERAÇÃO> *solda a laser*
    <MÁQUINA>soldadora 1</MÁQUINA>
    <PMLUID:ID>urn:epc:id:sgtin:2.24.10026</PMLUID:ID> *Blank Bk1 n.o série 10026*
  </OPERAÇÃO>
  ...
  <OPERAÇÃO>
    <<NÚMEROOPERAÇÃO>1</NÚMEROOPERAÇÃO> *solda a laser*
    <MÁQUINA>soldadora 1</MÁQUINA>
    <PMLUID:ID>urn:epc:id:sgtin:2.24.11576</PMLUID:ID> *Blank Bk1 n.o série 11576*
  </OPERAÇÃO>
</INFOPRODUTO>

```

Mapeando cada leitura por meio de uma transição na RdP, é possível confrontar se os estados pré-estabelecidos foram encontrados de fato no chão de fábrica.

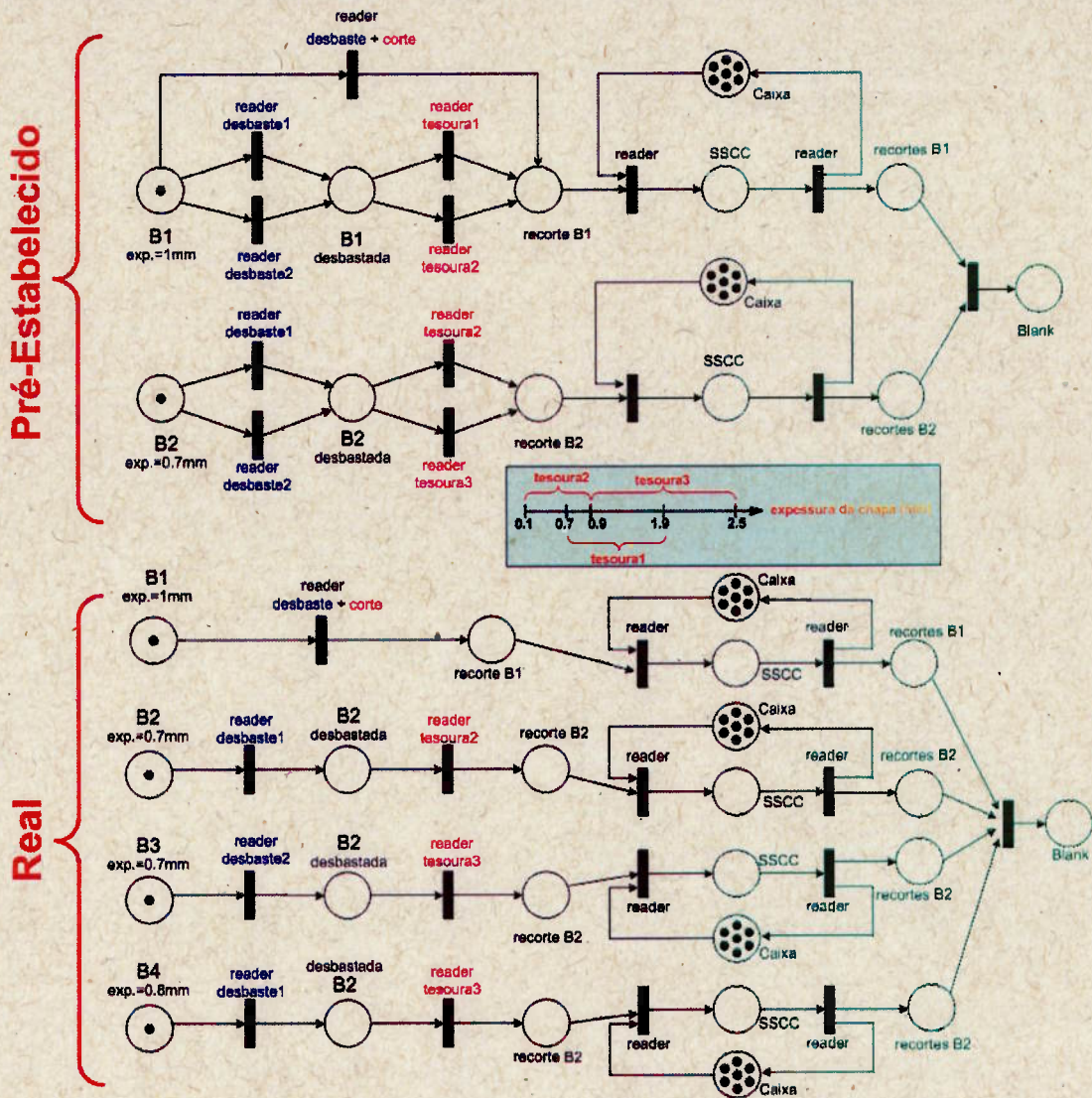


Figure 3-11 Representação da produção de Blank's Soldados.

4 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve o propósito de estudar os conceitos sobre a concepção e implementação da Manufatura Informada.

Ao se uma ligação entre os recursos da rede EPC e os eventos (principalmente os atípicos) surgidos no chão-de-fábrica, será possível obter informações relevantes sobre o comportamento dos processo da manufatura. De posse desse comportamento do processo sendo praticado, será possível confrontá-lo com as informações advindas dos processos anteriores, como o projeto do produto.

A questão principal refere-se não só a quais informações devam ser armazenadas como também como devam ser armazenadas. A quantidade caótica de dados capturados pelos leitores da rede EPC faz com que seja necessário definir quais devam ser registrados.

Da mesma maneira, a forma de armazenar as informações influi diretamente no tempo de busca das informações a serem utilizadas pelo sistema, bem como no tamanho dos banco de dados requeridos.

Outra questão relevante refere-se a generalidade da rede EPC que não foi desenvolvida exclusivamente para atender somente ao processo de manufatura, mas sim focada a cadeias de suprimentos distribuídas

4.1 Contribuições

A principal contribuição da pesquisa é o próprio SAVANT-2 como ferramenta para identificar e correlacionar perturbações nos processo fabris. Dado o seu caráter inédito da proposição e da sua relevância para a manufatura discreta, este trabalho cria um expectativa real de que o esforço acadêmico do D-LAB alcance uma evidência comparável aos das universidades participantes do AUTO-ID Labs.

Em seu aspecto tecnológico, destaca-se a modelagem projetada com baixa dependência entre os objetos. Ela propicia flexibilidade de extensão, escalabilidade e facilidade de manutenção, além da possibilidade de melhorias no desempenho, para

as aplicações que nela se orientarem. A utilização de software livre e independente de plataforma na implementação da aplicação é adequada à sua intenção de viabilizar a troca de conhecimento e experiências entre profissionais, mesmo os das instituições com menos recursos disponíveis. A tecnologia adotada torna mais fácil a realização da ferramenta e sua manutenção por uma equipe dedicada, pois se trata de linguagens e técnicas consolidadas, com disponibilidade suficiente de profissionais capacitados.

4.2 Trabalhos futuros

A pesquisa realizada, ilustrada pelo protótipo desenvolvido, pode servir como orientação para o desenvolvimento de outros módulos da rede EPC (EPCIS-2, por exemplo), de forma que estes sejam otimizados para a Manufatura discreta. Os próximos passos incluem a completa integração destas ferramentas sob algum tipo Portal, disponibilizando aos profissionais e corporações já cadastrados o acesso às informações geradas por tais ferramentas.

O trabalho também abre um precedente para a concepção de um sistema supervisorio real baseado em Redes de Petri, a partir da aquisição real dos dados no chão de fábrica.

4.3 Conclusões

Finalmente, deve ser salientado que a nova tecnologia de fazer uma enorme rede para disponibilizar dados de todos os produtos no mercado global não será completa e estabelecida se essas informações não puderem ser associadas de um modo confiável aos processos no chão de fábrica. Naturalmente estas informações não precisam ser disponibilizadas pela rede global, mas sim de uma maneira racionalmente apropriada, da mesma forma que, atualmente, as informações dos respectivos produtos são disponibilizadas. Assim, o compartilhamento da informação global possibilitaria que a vida pós-manufatura do produto (Figura 4-1) possa fornecer pistas sobre como melhorar a sua qualidade e adaptabilidade ao mercado.

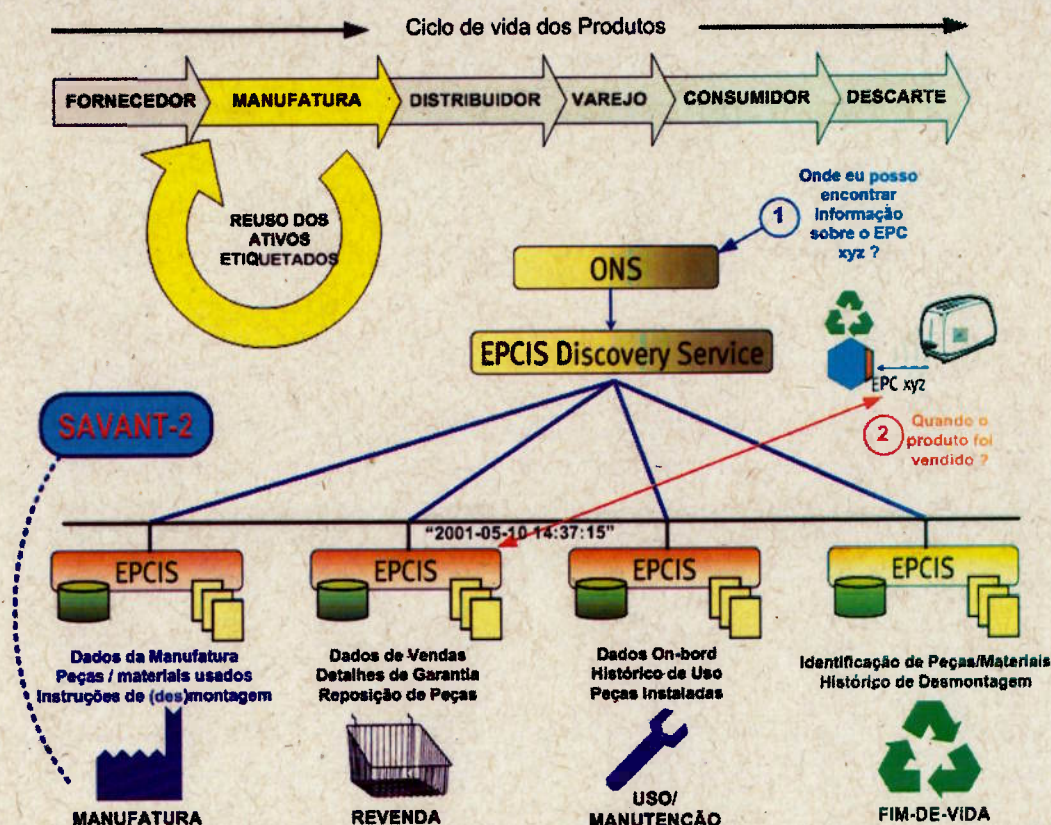


Figure 4-1 Manufatura Informa “Ecologicamente Correta” (adaptado de Mcfarlane 2003)

De modo inverso, os eventuais problemas no uso de tais produtos, devido a eventos imprevistos durante a sua fabricação, podem ser antecipados e conduzir a realização de recalls (muito mais assertivos e menos traumáticos do que os praticados atualmente).

Acerca do nosso trabalho no DesignLab, planejamos continuar com os experimentos de processos mais complexos, incluindo leitores RFID reais e sinais de sensores em nosso atual ambiente computacional. Também planejamos trabalhar com uma Rede de Petri Estendia (projeto GHENeSys), orientada a objeto, que possui uma representação específica a eventos não controlados, como mencionado em dos Santos 2005.

O estudo dos tópicos relacionados aos conceitos e tecnologias para sistemas de objetos distribuídos aplicados à manufatura discreta proporcionou a visualização dos cenários comuns na área, trazendo assim o embasamento para a concepção da arquitetura para a ferramenta colaborativa. Os requisitos levantados para a aplicação

e a modelagem desenvolvida foram utilizados para a implementação do protótipo da ferramenta, que permitiu a avaliação positiva do potencial do sistema a ser incorporado a rede EPC.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, R., "An Integrated Approach to Software Development", New York: John Wiley, 1986
- Angeloni, M. T.: "Elementos intervenientes na tomada de decisão" Ci. Inf., Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-22, jan./abr. 2003. Acessível em <<http://www.ibict.br/cienciainformacao/include/getdoc.php?id=438&article=153&mode=p>>
- Auto-ID Center "13.56 MHz ISM Band Class 1 Radio Frequency Identification Tag Interface Specification: Proposed Recommendation, Version 1.0", Technical Report MIT-AUTOID-TR011, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Auto-ID Center "860 MHz - 930MHz Class O Radio Frequency Identification Tag Protocol Specification Candidate Recommendation version 1.0", Technical Report MIT-AUTOID-TR016, 2003a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Auto-ID Center "860MHz-960MHz Class I Radio Frequency Identification Tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Proposed Recommendation, Version 1.0", Technical Report MIT-AUTOID-TR007, 2002b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Auto-ID Center "Economic Benefits of EPC in Pharmaceuticals", Technical Report CAP-AUTOID-BC001, 2001. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Bigolin, N.M.; Castilho, J.M.V.: "Um estudo sobre ferramentas de apoio para o projeto de sistemas de banco de dados." Anais. VIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software. Curitiba, 25-28 de Outubro de 1994.
- Botto, R ; "Arquitetura corporativa de TI" – Rio de Janeiro: Brasport 2004: pgs 168 – 187.
- Brewin, B.; "Army to test passive RFID tags on food shipments" - COMPUTERWORLD - <http://www.computerworld.com/softwaretopics/erp/story/0,10801,87623,00.html>. Acessado em jun. de 2005
- Brock, D, L.: "The Electronic Product Code (EPC) - A Naming Scheme For Physical Objects", White Paper MIT-AUTOID-WH-002, 2001a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

- Brock, D, L.: "The Physical Markup Language - A Universal Language for Physical Objects", White Paper MIT-AUTOID-WH-003, 2001b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D, L.: "Beyond the EPC - Making Sense of the Data Proposals for Engineering the Next Generation Intelligent Data Networ", White Paper MIT-AUTOID-WH024, 2003a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D, L.: "Smart Medicine - The Application of Auto-ID Technology To Healthcare", White Paper MIT-AUTOID-WH-010, 2002a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D, L.: "The Compact Electronic Product Code - A 64-Bit Representation of the Electronic Product Cod", White Paper MIT-AUTOID-WH-008, 2001c. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D, L.: "The Electronic Product Code (EPC) as a Meta Code", White Paper MIT-AUTOID-WH020, 2003b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D, L.: "The Virtual Electronic Product Code", White Paper MIT-AUTOID-WH-011, 2002b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D, L.; Milne, T.; Kang, Y.; Lewis, B.: "The Physical Markup Language", White Paper MIT-AUTOID-WH-005, 2001c. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D.: "The Virtual Electronic Product Code" White Paper MIT-AUTOID-WH-011, 2002c. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brock, D.; Cummins, C.: "EPC Tag Data Specification", White Paper MIT-AUTOID-WH025, 2003c. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brusey, J.; Fletcher, M.; et al: "Auto-ID Based Control Demonstration - Phase 2: Pick and Place Packing with Holonic Contro", White Paper CAM-AUTOID-WH011, 2003a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Brusey, J.; Floerkemeier, C.; Harrison, M.: "Reasoning about Uncertainty in Location Identification with Auto-ID", White Paper CAM-AUTOID-WH-014, 2003b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

- Carvalho, T.C.M.B.: "É a computação em todo lugar durante todo o tempo" - ITWEB 21/01/2004 Acessível em http://www.itweb.com.br/solutions/automacao/trabalho_remoto/artigo.asp?id=46493 Acessado em Jun. de 2005
- Castilho, J.M.V.; Loh, S.; Trindade, C.S.: "Uma Abordagem Baseada em Regras Heurísticas para Construção de Especificações Diagramáticas de Requisitos". Anais. Workshop Ibero-americano de Engenharia de Requisitos e Ambientes de Software - IDEAS 98. Torres - RS, 1-3 de Abril de 1998.
- César, R.: "ROI ainda é o desafio da gestão em TI" – Revista Computerworld – Ed. 402 - 02/2004.
- Chang, Y.; McFarlane, D.; et al: "Methodologies for Integrating Auto-ID Data with existing Manufacturing Business Information System", White Paper CAM-AUTOID-WH009, 2002. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Chappell, G.; Ginsburg, L.; et al: "Auto-ID on the Line: The Value of Auto-ID Technology in Manufacturing", Technical Report ACN-AUTOID-BC005, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Chokshi, N.; Thorne, A.; McFarlane, D.: "Routes for Integrating Auto-ID Systems into Manufacturing Control Middleware Environment", White Paper CAM-AUTOID-WH026, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- CIMOSA – "Open System Architecture for CIM, ESPRIT Consortium AMICE", Springer-Verlag, Berlin, 1993, (ISBN 3-540-56256-7), (ISBN 0-387-56256-7).
- Clark, S., Traub, K., Anark, D., Osinski, T. 2003. "AutoId Savant Specification – 1.0", Auto-ID Center, MIT. Disponível em <http://www.epcglobalinc.org>
- Clement, J.; Coldwright, A.; Sari, J.: "Manufacturing Data Structures: Building Foundations for Excellence with Bill of Material and Process Information". Atlanta, Oliver Wight, 276p.- 1992
- Cole, P.; Ranasinghe, D.; Jamali, B.: "Coupling Relations in RFID Systems II: Practical Performance Measurements", White Paper ADE-AUTOID-WH003, 2003a. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Cole, P.; Ranasinghe, D.; Jamali, B.: "Coupling Relations in RFID Systems" - White Paper ADE-AUTOID-WH002, 2003b. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>

- Colin, E.C.; Quinino, R.C.; Shimizu, T.: "Manufatura ágil - um novo conceito na produção industrial" Anais da 5a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisadores Nikkeis, 1997
- Côrtes, M.; et al: "Modelos de Qualidade de Software", Editora UNICAMP, 2001
- COVISINT 2005 – Acessível em < <http://www.covisint.com/pob/about/>>
- Davis. A.M.: "Software Requirements Revision: Objects, Functions, & States", P T R Prentice Hall, 1993.
- Debaty, P.; Zee, A.v.d.; et. al., "A Toolkit To Design Adaptable User Interfaces in Ubiquitous Computing Environments", Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'04) - PerWare'04, 2004. pp. 382-391
- Del Foyo, P.M.G., Silva, J.R.; 2001. "Towards a Unified View of Petri Nets and Object-Oriented Modeling". Annals of COBEM 2001, Bauru.
- Di Cesare, F.; Harhalakis, G. Proth, J.M.; Silva M.; Vernadat F.B.: "Practice of Petri Nets in Manufacturing" London: Chapman and Hall. 1993
- dos Santos, M.; Tavares, J. J. P.Z.S., Silva, J.R.: "Management and Collecting Data in the Informed Manufacturing" – (to present in) Proc. of 18th International Congress of Mechanical Engineering - COBEM 2005 November 6-11, 2005, Ouro Preto, MG
- Duray, R., Ward, P.T., Milligan, G.W., Berry, W.L. "Approaches to Mass Customization: Configurations and Empirical Validation" - Journal of Operations Management, v.18, pp. 605-625. 2000.
- Eagle, J.: "RFID: The Early Years" 2002 – Acessível em <<http://members.surfbest.net/eaglesnest/rfidhist.htm>> Acessado em Mar. de 2005
- Eaglesham, M.A.: "A Decision Support System for Advanced Composites Manufacturing Cost Estimation" - Dissertation - Department of Industrial and Systems Engineering of Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998
- Engels, D.: "EPC-256: The 256-bit Electronic Product Code Representation", Technical Report MIT-AUTOID-TR010, 2003a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Engels, D.: "The Use of the Electronic Product Code", Technical Report MIT-AUTOID-TR009, 2003b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

- Engels, D.W.: "Auto-ID Center HF Tag and Protocol Action Group: Scope and Deliverables", Technical Report mit-autoid-tr020, 2003c. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Engels, D.W.: "Auto-ID Center UHF Tag and Protocol Action Group: Scope and Deliverables", Technical Report MIT-AUTOID-TR019, 2003d. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Engels, D.W.: "Micronetwork Interfaces for RFID Tags: A New Paradigm for Reader-Tag Communicatio", Technical Report MIT-AUTOID-TR021, 2001. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Engels, D.W.: "A Comparison of the Electronic Product Code Identification Scheme & the Internet Protocol Address Identification Scheme", Technical Memo MIT-AUTOID-TM-008, 2002a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Engels, D.W.: "The Reader Collision Problem", White Paper MIT-AUTOID-WH-007, 2002b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Epc Tag Data Standard. 2004. Versão 1.1 Revisão 1.26. Novembro 2004. Disponível em <www.epcglobalinc.com>. Acessado em 20 de abril de 2005.
- Evans, N.D. "Middleware Is the Key to RFID" - RFID Journal - April 5 , 2004
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/858/1/82/> - Acessado em maio de 2005
- Fasth, Å.; Johansson, A.; Karlsson, L.: "Application of RFID in the production industry – a field study at Volvo Trucks in Umeå" Master Thesis - IT University of Goteborg 2005.
- Fernandes, P.: "A Framework For A Strategy Driven Manufacturing System Design In An Aerospace Environment – Design Beyond Factory Floor" - These - Department of Aeronautics and Astronautics of MIT - May 25, 2001
- Fleisch, E.; Tellkamp, C.: "The Impact of Inventory Inaccuracy on Retail Supply Chain Performance: A Simulation Stud", White Paper STG-AUTOID-WH003, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Floerkemeier, c.; Koh, R.: "Physical Mark-Up Language Update", Technical MEMO MIT-AUTOID-TM-006, 2002. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

- Floerkemeier,C.; Anarkat,D.; Osinski,T.; Harrison, M.: "PML Core Specification 1.0", White Paper STG-AUTOID-WH005, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- FLÔRES, M.A.H.; SPINOLA, M.M.: "A experiência de implantação de SPI na busca do nível 2 do CMM na Operação de Software da Hewlet Packard do Brasil". In: III SIMPROS Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software, 2001, São Paulo. Anais III Simpósio Internacional de Melhoria de Processo de Software. São Paulo : SENAC, 2001.
- Freeman, L.A.: "Information Systems Knowledge: Foundations, Definitions, and Applications. Information Systems Frontiers" - 3:2, pp. 249-266: Kluwer Academic Publishers. 2001.
- García, A.; McFarlane, D.; et al: "Auto-ID in Materials Handling", White Paper CAM-AUTOID-WH013, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Gartner 20056. Acessível em < <http://www.gartner.com>>. Acessado em Maio de 2005
- Goyal, A.: "Savant™ Guide", Technical Report mit-autoid-tr015, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Gregori, S.; Li, Y.; Li, H.; Liu,J.; Maloberti, F.; "2.45 GHz Power and Data Transmission" - Proceedings of the 2004 international symposium on Low power electronics and design - ACM Press New York, NY, USA – 2004 - Pages: 269 - 273
- Guozhu, J. ; Riis, J.O.: "Development of the integrated design process related to plant layout and its application in a medium enterprise" - The Fourth SMESME International Conference, 2001
- Gzara, L.; Rieu, D.; Tollenaere, M.: "Product information systems engineering: an approach for building product models by reuse of patterns" – Robotics and Computer Integrated Manufacturing – Ed. 19 – 2003 pg (239 - 261)
- Hair, A.: "Analysis and design process based on the viewpoint concept" – Revista de Informática e Tecnologia Aplicada da PUCRS, v. X • n.2 • 2004 - pg 63-75
- Hao, M.; et al: "RFID in China", White Paper FUD-AUTOID-WH002, 2004. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

- Harrison, M.: "EPC Information Service - Data Model and Queries", White Paper CAM-AUTOID-WH025, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Harrison, M.; McFarlane, D.: "Development of a Prototype PML Server for an Auto-ID Enabled Robotic Manufacturing Environment", White Paper CAM-AUTOID-WH010, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Harrison, M.; Moran, H.; et al: "PML Server Developments", White Paper CAM-AUTOID-WH015, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Harrop, P.; Das, R: "RFID Forecasts, Players and Opportunities 2005-2015" – IDTechEx - 2005
- Hartmann, J; Trindade, C. S.; Loh, S, Castilho, J.M.V. "Uma Ferramenta Baseada em Regras Heurísticas para Gerar Especificações Diagramáticas de Requisitos Orientadas a Objeto". Anais. Workshop em Engenharia de Requisitos - WER 98. Maringá-PR, 12 de Outubro de 1998.
- Ho, J.K.: "Solving the Reader Collision Problem With a Hierarchical Q-Learning Algorithm" - Master Thesis - MIT 2003
- Hodges, S.; Harrison, M.: "Demystifying RFID: Principles & Practicalities", White Paper CAM-AUTOID-WH024, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- IEEE-STD 610.12-1990 – "Standard Glossary of Software Engineering Terminology", 1990
- IfM - Institute for Manufacturing of Cambridge Universit - Centre for Distributed Automation and Control - <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/automation/research/RFIDTesting.html> - acessado em jun. de 2005
- Intermec - "Beyond the Tag - Finding RFID Value in Manufacturing & Distribution Applications" - WhitePaper, January, 2004
- Jansson, K.; Kalliokoski, P.; Hemilä, J. "Extended products in one-of-a kind product delivery and service networks" – eChallenges e-2003 - Palazzo Re Enzo, Bologna, Italy. 22-24 October 2003.
- Jones, C.: "Assessment and Control of Software Risks". Englewood Cliffs, N.J.: PTR Prentice-Hall, 1994.

- Joshi, Y.V.: "Information Visibility And Its Effect On Supply Chain Dynamics" Master Thesis - MIT 2000
- Juels, A.: "Yoking-Proofs for RFID Tags" - Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'04) - 2004
- Kärkkäinen, M., Ala-Risku, T., and Kiianlinna, P., (2001), "Item Identification - applications and technologies" - TAI Research Centre, Espoo, Finland, 2001
- Koh,R.; Schuster,E.W.; Lam,N.: "Prediction, Detection, and Proof: An Integrated Auto-ID Solution to Retail Theft", White Paper MIT-AUTOID-WH022, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Kotha, S.: "Mass Customization: Implementing the Emerging Paradigm for Competitive Advantage." - Strategic Management Journal, v. 16, pp. 21-42. 1995
- Lampe, M.; Strassner, M.; Fleisch, E.: "A ubiquitous computing environment for aircraft maintenance". In: ACM Symposium on Applied Computing, Nicosia, Cypress (2004)
- Landt, J.: "Shrouds of Time: The History of RFID". Assn. for Automatic Identification and Data Capture Technologies, 2004. Acessível em <www.aimglobal.org/technologies/rfid/resources/shrouds_of_time.pdf>
- Liu,R.; Yang,H.;et. al., "An Evolutionary System Development Approach in A Pervasive Computing Environment." - International Conference on Cyberworlds, Tokyo, Japan, Nov. 2004
- Loh, S.; Poeta, C.R.; Castilho, J.M.V.: "Automating the Software Requirements Elicitation Process: proposal and prototype." Proceedings. I International Conference on Information Engineering. Buenos Aires, Argentina, 6-8 de dezembro de 1994.
- Marciniuk, M. ; Valle, A. ; Spinola, M.M.; Burnett, R. ; Melhoretto, S.: "CMMI - Atendendo à ISO TR 15504-2". In: XI Conferência Internacional de Tecnologia de Software, 2000, Curitiba. Anais / Conferência Internacional de Tecnologia de Software. Curitiba : CITS, 2000. p. 97-108.
- Mcfarlane, D. 2003a. "The impact of Product Identity on Industrial Control Part 1: "See More, Do More...". White Paper CAM-AUTOID-WH-012, Auto-ID Center, MIT. Disponível em <www.autoidlabs.org>.

- McFarlane, D., Sarma, S. E., Chirn, J. L., Wong, C. Y. and Ashton, K.: "The Intelligent Product in Manufacturing Control and Management," - IFAC World Congress 2002a, Barcelona, Spain, July 21-26, 2002a.
- McFarlane, D.: "Auto-ID Based Control - An Overview", White Paper CAM-AUTOID-WH-004, 2002b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- McFarlane, D.: "Networked RFID in Supply Chain Operations" - October, 2004a - Acessível em www.autoidlabs.org.uk/rfidforummcfarlanecambridge.pdf
- McFarlane, D.; Zaharudin, A.; Wong, C.Y.; et al: "The Intelligent Product Driven Supply Chain", in Proceedings of IEEE SMC - Tunisia 2002c
- McFarlane, M.: "The Impact of Product Identity on Industrial Control - Part 1: See More, Do More", White Paper CAM-AUTOID-WH012, 2003b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- McLean, C.R.; Qiao, G.; Riddick, F.H. "Simulation System Modeling for Mass Customization Manufacturing" - Simulation Conference, Winter , December 8-11, 2002 , San Diego, CA - December 01, 2002
- Mealling, M.: "EPCglobal Object Name Service (ONS) 1.0", White Paper. Acessível em <www.epcglobalinc.org/EPCglobal_ONS_1.0.pdf>
- MESA <http://www.mesa.org/>
- MIT Auto ID center: <http://www.autoidcenter.org>
- MtlFrmHdbk "Metal Forming Handbook / Schuler", Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 1998, pp. 310-313.
- Murata, T. "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications", Proceedings of the IEEE, vol. 77, n° 4, p. 541-580, 1989.
- Nicolai, T.; Sindt, T.; et. al.: "Case Study of Wearable Computing for Aircraft Maintenance" In Otthein Herzog, Michael Lawo, Paul Lukowicz and Julian Randall (eds.), 2nd International Forum on Applied Wearable Computing (IFAWC) 2005, pp. 97-110, VDE Verlag, March 2005
- Ogata, H., and Yano, Y: "Context-Aware Support for Computer-Supported Ubiquitous Learning" - Proc. of IEEE WMTE2004, Taiwan, 2004.
- Ogawa, M.; Umejima, M.; Kokuryo, J.: "Internet and Auto-ID Architecture", White Paper KEI-AUTOID-WH002, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

- Parlikad, A.K., McFarlane, D., Fleisch, E., Gross, S.: "The Role of Product Identify in End-of-Life Decision Making." White Paper CAM-AUTOID-WH-017, Auto-ID Center, MIT 2003a - Disponível em <www.autoidlabs.org>
- Parlikad, A.K.; McFarlane, D.; et al: "The Role of Product Identify in End-Of-Life Decision Making", White Paper CAM-AUTOID-WH017, 2003b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Pereira, j.f.b., de Andrade, s.l., Rosa, l.K. "Projeto ULSAB Ajudando a Construir o Carro do Futuro", In: II WORKSHOP – QUALIFICAÇÃO DE CHAPAS PARA A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, São Paulo, 27 de Abril de 1999, PMC-EPUSP , pp. 20-31.
- Perkusich M.L.B., Turnell, M.F.Q. V; Perkusich, A.: "Modelagem de Bancos de Dados em Tempo-real". In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 1999, Florianópolis. Anais IV Simpósio Brasileiro de Banco de Dados. 1999. p. 253-267.
- Pessôa, Marcelo Schneck De Paula ; Spinola, M.M.: "Uma experiência prática na implantação do modelo CMM". In: XI SBES Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software / WQS'97 Workshop Qualidade de Software, 1997, Fortaleza/CE. Fortaleza : UFC, 1997. p. 49-57.
- Philipose, M.; et. al.: "Battery-Free Wireless Identification and Sensing," IEEE Pervasive Computing, vol. 4, no. 1, pp. 37-45, 2005.
- Pincinini, M.F., Sampaio, A.P., Azambuja, S., Carvalho, J.R., Campbel, C.H., Carvalho, C.C., Suzuki, L.M., Dos Santos, J.C., Venturinnen, C. Desenvolvimento Pioneiro de Blank Soldado na América Latina: O Projeto da CSN para a GMB e a Ford, In: II Workshop – Qualificação de Chapas Para a Indústria Automobilística, São Paulo, Abril 1999, PMC-EPUSP , p. 32-43.
- Porto, A.J.V.; Souza, M.C.F.; Raveli, C.A. Batocchio, A.: "Manufatura Virtual: Conceituação e Desafios" - Gestão & Produção v.9, n.3, p.297-312, dez. 2002
- Pradip, D.; et al: "An RFID Based Technique for Handling Object Distribution and Recalls in Pervasive Transaction Environments" - The 1st IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems October 24-27, 2004a, Fort Lauderdale, Florida, USA.

- Pradip, D.; et al: "An Ubiquitous Architectural Framework and Protocol for Object Tracking Using RFID Tags" - Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services - MobiQuitous-2004b : 174-182.
- Price, J., Jones, E., Kapustein, H., Pappu, R., Pinson, D., Swan, R., Traub, K.: "Auto-ID Reader Protocol Specification 1.0." 2003 Disponível em www.epcglobalinc.com.
- Projeto Open Source Bossa - Acessível em <http://www.bigbross.com/bossa/>
- Projeto Open Source Prevayler - Acessível em <http://www.prevayler.org/wiki.jsp>
- Projeto Open Source Space4j - Acessível em <https://space4j.dev.java.net/>
- Qiao, G.; McLean, C.; Riddick, F. "Simulation System Modeling for Mass Customization Manufacturing" - Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference
- Reynolds, M.; et al: "Multi-Band, Low-Cost EPC Tag Reader", White Paper MIT-AUTOID-WH-012, 2003. Acessível em <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>
- Riascos, L.A.M.: "Metodologia para detecção e tratamento de falhas em sistemas de manufatura através de Rede de Petri". Tese USP - Junho, 2002. pag (29-30)
- Rocha, A.R.C.d.; Maldonado, J.C.; Weber, K.: "Qualidade de software: teoria e prática". 1 ed. São Paulo, 2001, v. , p. 22-28.
- Rozenfeld, H., Oliveira, C.B.M. 1998. "Estruturação e Identificação de Produtos em Ambientes Integrados. Máquinas e Metais" 100-110, Outubro, 1998. Disponível em www.numa.org.br/grupo_numa/grupo_ei/Projetos%20EI/Txtei0045.pdf.
- Salvetti, N.: "Um Método para Implementação do SW-CMM Nivel 2". 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Paulista.
- Santos, E.A., Tavares, J.J.P.Z.S.: "Verificando Requisitos Na Fabricação de Blanks Soldados: Um Estudo de Caso com Redes de Petri", In Proc. of Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Abril de 2005 - Joinville - Brazil.
- Sarma, S., "Towards the 5c tag", Technical Report MIT-AUTOID-WH-006, 2001. <http://www.autoidlabs.org/researcharchive>.

- Sarma, S., Brock, D.L., Ashlon, K.: "The Networked Physical World: Proposal for Engineering the Next Generation of Computing, Commerce & Automatic-Identification". White Paper MIT-AUTOID-WH-001, Auto-ID Center, MIT, 2000. Disponível em <www.autoidlabs.org>.
- Sarma, S.; Engels, D.W.: "On the Future of RFID Tags and Protocols", Technical Report MIT-AUTOID-TR018, 2003a. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Sarma, S.E.; Weis, S.A.; Engels, D.W.: "RFID Systems, Security & Privacy Implications", Technical Report MIT-AUTOID-WH-014, 2003b. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Scharfeld, T.A.: "An Analysis of the Fundamental Constraints On Low Cost Passive Radio-Frequency Identification System Design", MS thesis. Cambridge, MA: Dept. of Mechanical Eng., MIT 2001a.
- Scharfeld, T.A.: "Compliance and Certification: Ensuring RFID Interoperability", Technical Report mit-autoid-tr017, 2003. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Scharfeld, T.A.: "An Analysis of the Fundamental Constraints on Low Cost Passive Radio-Frequency identification System Design" Master Thesis - MIT 2001b
- Secher, J.: "Paradigm Shift in Robot Based Automation through Industrial IT"- Proceedings of the 32nd ISR(International Symposium on Robotics), 19-21 April 2001
- Silva, A. R. Y. "Modelagem de Custos em Sistemas de Manufatura utilizando Redes de Petri" - Dissertação - UFSCAR 2002.
- Silva, S.L.d. ; Rozenfeld, H.: "Uma Proposta de Gestão do Conhecimento no Desenvolvimento de Novos Produtos". In: Workshop Business in the Knowledge Era. CRIE / COPPE / UFRJ, 1998, Rio de Janeiro, RJ. Anais do workshop Business in the Knowledge Era. CRIE / COPPE / UFRJ, 1998.
- Sommerville, I.; Sawyer, P.: "Requirements engineering - A good practice guide", Wiley, 1997.
- Souza, V.W.: de "A utilização de RFID (Radio Frequency Identification) nos processos de produção e logística na fabricação dos veículos Classe A e Classe C, da DaimlerChrysler", 11º Conai (Congresso e Exposição Internacional de Automação) - 2004

- SPIN 2005 (Software Process Improvement Network) – Acessível em
<<http://www.spinsp.com/>>
- SPINOLA, M.M.; "Qualidade e produtividade: Desafios para as empresas de software brasileiras" 2º Seminário Brasileiro de Melhoria da Qualidade em Tecnologia da Informação 16 e 17/03/2005
- Strassner, M.; Fleisch, E.: "The Promise of Auto-ID in the Automotive Industry", Technical Report MLB-AUTOID-BC001, 2003a. Acessível em
<<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Strassner, M.; Fleisch, E.: "The Promise of Auto-ID in the Automotive Industry", White Paper MLB-AUTOID-BC001, 2003b. Acessível em
<<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Sun 2003 - "Improving Manufacturing Operations Efficiency Using RFID" - Estudo de Caso - Newark, Califórnia -12/03. Acessível em
<http://www.sun.com/aboutsun/media/presskits/rfid2004/SunSun_RFID_d1b.pdf>
- Swamy,G.; Sarma, S.: "Manufacturing Cost Simulations for Low Cost RFID systems", White Paper MIT-AUTOID-WH017, 2003. Acessível em
<<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Takaragi, K., et al: "An ultra small individual recognition security chip", IEEE Micro, November-December 2001
- Tavares, J. J. P.Z.S., Batalha, G. F., Silva, J. R.: "Toward The Formalization of the Information System of Material Management in Manufacturing Processes", In: Proc. of the Third World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems, Cambridge, June – 2000b.
- TAVARES, J.J.P.Z.d."S.. Sistemas de informação: estudo de caso no fluxo de materiais para a fabricação de blanks". 2000a. 91 p. (Mestrado) - ESCOLA POLITÉCNICA, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000
- Tavares, J.J.P.Z.S. "Towards Multiagent System of Product Life Cycle Management with Automated Identification System." In: Proceedings of ICPR America 2004a, Santiago, Chile
- Thompson, C. W.: "Agents, Grids, and Middleware," IEEE Internet Computing, vol. 08, no.5, pp. , 97-99, September – 2004b.

- Tokunaga, E.; Zee, A.v.d.; et. al., "A Middleware Infrastructure for Building Mixed Reality Applications in Ubiquitous Computing Environments", In the Proceedings of Mobiquitous2004, 2004. pp. 382-391
- Trindade, C.S.: "Definição de regras heurísticas para extrair diagramas de fluxo de dados a partir de textos". Trabalho de Conclusão - Curso de Bacharelado em Informática, ULBRA. Novembro de 1995.
- Tseng, Mitchell M.; Piller, T.: "The Customer Centric Enterprise: Advances in Mass Customization and Personalization" - New York / Berlin: Springer 2003.
- Ubiquitous ID center: <http://www.uidcenter.org>
- Utterback, J. M.: "Mastering the Dynamics of Innovation", Harvard Business School Press, Boston, MA -1994
- Verisign, 2005. "The EPC Network: Enhancing the Supply Chain". White paper. Available in <www.verisign.com/static/002109.pdf>. Accessed on 9/05/2005.
- Weber, K.C.; Rocha, A.R.C.d.; Nascimento, C.J.d "Qualidade e produtividade em software". 4 ed. São Paulo, 2001, v. , p. 15-19.
- WONG, C.Y.: "Integration of Auto-ID Tagging System With Holonic Manufacturing Systems", White Paper CAM-WH-001, 2001. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Wonham, WM, "Supervisory Control of Discrete-Event Systems: An Introduction", Proc. IEEE Intl. Conf. on Industrial Technology 2000 (ICIT2000), Goa, India
- Wortmann, J.C.; Mustslag, D.R.; Timmermans, P.J.M.: "Customer Driven Manufacturing". Chapman&Hall, 464p. 1997.
- Yunker, E.; Das, R,,: "Management Update: Predicts 2004 and Critical Infrastructure Protection" – (IGG-01212004-03) – Gartner Group - Research Products - 2004
- Zaharudin, A.A.: "Product Driven Supply Chains", White Paper CAM-WH-002, 2001. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>
- Zaharudin, A.A.; Wong, C.Y.; et al: "The Intelligent Product Driven Supply Chain", White Paper CAM-AUTOID-WH-005, 2002. Acessível em <<http://www.autoidlabs.org/researcharchive>>

APÊNDICE I

RESUMO SOBRE A PADRONIZAÇÃO DOS SISTEMAS RFID

RFID ISO / IEC JTC1 / SC31 / WG4 RFID para Gerenciamento de Itens

Este grupo de trabalho concentra-se na gestão da cadeia de suprimentos, rastreamento de ativos, controle de estoques e vigilância de artigos eletrônicos, que o faz um grupo particularmente interessante na busca por uma implementação global do RFID em propostas para a gestão da cadeia de suprimentos. Outras áreas do interesse deste grupo de trabalho são a padronização de formatos, sintaxe, estruturas e criptografia de dados, e tecnologias para processar a captura e a identificação automática de dados. Outras áreas para as quais outros comitês de ISO existem, são enumeradas a seguir.

Os Padrões ISO produzidos ou atualmente em concepção são: 15418, 15434, 15459, 15960, 15961, 15962, 15963, 18000, e 18001. Todos os padrões ISO/IEC de código de barras de também foram produzidos por grupos de trabalho deste sub-comitê, inclusive padrões que especificam métodos de teste para os códigos de barra.

O padrão mais relevante deste grupo é o 18000, que se concentra na padronização da interface aérea do RFID. Ele terá partes específicas para a parametrização da comunicação sobre cada uma das frequências de 135 kHz, 13.56 MHz, 2.45 GHz e 5.8 GHz.

ISO/IEC JTC1 / SC17 – Identificação de cartões e serviços associados

Este sub-comitê concentra-se em questões relacionadas a cartões de identificação, inclusive cartões de circuito integrados sem contatos. As principais áreas desta padronização são identificação e documentos relacionados, cartões e dispositivos associados com o seu uso em aplicações entre as indústrias e permutas internacionais.

Padrões ISO de interesse em aplicações RFID: 7812, 7816, 10536, 14443, e 15693.

ISO TC 104 / SC4 – Contêineres para frete

Este sub-comitê está concentrado na codificação, identificação e marcação de containeres de frete. Um pouco desse conhecimento pode ser utilizado em outras aplicações de RFID.

Padrões de ISO associados: 6364 e 10374

ISO TC 204 Sistemas de controle e transporte de informação

Este comitê técnico concentra-se em identificação automática de equipamentos e veículos, bem como taxação automática e cobrança em pedágios.

Padrões ISO associados: 14813, 14815, 14816, 14904, 14906, e 15624.

ISO TC 23 / SC19 / WG3 - Eletrônicos para a Agricultura

Este grupo de trabalho desenvolveu padrões da identificação automática de animais usando bandas de baixa frequência.

Padrões ISO associados: 11784 e 11785

Padrões ETSI genéricos relativos a de dispositivos de curto alcance SRD (Short Range Devices)

O ETSI publicou padrões que discutem a radiação máxima permitida, entre outras coisas, sobre diferentes bandas de frequência. Essas vastas regulamentações européias podem ser encontradas com os nomes:

I-ETS EN 300330 (para 9 kHz - 30 MHz)

I-ETS EN 300220 (para 25 MHz - 1000 MHz)

I-ETS EN 300440 (para 1 GHz - 25 GHz)

Atividades de padronização ANSI

A ANSI NCITS 256-1999 é um padrão destinado a viabilizar a compatibilidade e estimular a interoperabilidade de produtos RFID dentro dos Estados Unidos.

Time de projeto RFID EAN-UCC

Embora não seja um corpo oficial de padronização, o consórcio industrial EAN-UCC persegue uma aplicação globalizada de aplicações RFID para as necessidades de cadeia de suprimentos. Para esta proposta, eles possuem a sua própria proposta de projeto chamado GTAG. Como autor da tecnologia de identificação de produto globalmente mais aceita até aqui (o código de barras EAN/UCC), os seus esforços são de muito peso na competição por um padrão global do RFID.

ETIQUETAS CODIFICADAS POR RADIO FREQUÊNCIA <i>Transportador de dados (por banda de frequência)</i>	PADRONIZAÇÃO	
	A - Abertos F - Finalizado	Leitores Servidores
125 kHz (LF) <ul style="list-style-type: none"> Distância de leitura acima de um metro Nenhuma licença necessária em todo o mundo Maior energia disponível; vantagem com tags passivas Sem protocolos anti-colisão (sem possibilidade para microchips) Bom disponibilidade de chips (para as tags) nesta frequência 	ISO 18000; RFID para gerenciamento de Itens (A) Part 1: Parâmetros genéricos para interface aérea Part 2: Comunicação abaixo de 135 kHz	
	FDX B: Rastreamento de Animais	
	ETSI EN 300 330	
13.56 MHz (HF) <ul style="list-style-type: none"> 1 m na UE (0.8 m nos EUA US FCC) Nenhuma licença necessária em todo o mundo, níveis da banda são menores nos EUA. Philips Semiconductors, Texas Instruments, Gemplus, Microchip Aplicações Globais e abundância de dados Melhor campo do que as LF Transponders necessários para fatores de alta qualidade (c.50) Sistemas remotos sem chave para acesso a veículos Alguns fabricantes fornecem 10% de modulação para redução no comprimento do sinal 	Frequências ISM (Industrial, Scientific and Medical)	
	ISO 14443; Wireless smart cards (F) (requer protocolo Mifare)	
	ISO 15693; Padrão para Vicinity Card (F)	
	ISO 18000; RFID para gerenciamento de Itens (A) Part 1: Parâmetros genéricos para interface aérea Part 3: Comunicação abaixo de 13.56 MHz	
	RP 1740C (IATA); Manuseio de embalagens (baseado na ISO 15693)	
	ETSI EN 300 330	
862-928 MHz (UHF) <ul style="list-style-type: none"> Longas distâncias de leitura Somente 868 - 872 MHz para SRD na Europa 	EAN-UCC GTAG (O): 862-870 MHz Estendido para 928 MHz em 08/01 Frequência para cadeias de suprimentos. Não Global	
	ISO 18000; RFID para gerenciamento de Itens (A) Part 1: Parâmetros genéricos para interface aérea Part 6: Comunicação (868 MHz, UHF)	
	Frequências ISM (Industrial, Scientific and Medical) nos EUA: 902-928 MHz	
	ETSI EN 300 220	
2.45 GHz (UHF - Frequência de Microonda); <ul style="list-style-type: none"> A banda é absorvida pela água Causa interferência nos sistemas de LAN Chuva, neve ou umidade prejudicam a performance na leitura Baixa sensibilidade de orientação nas tags Máximo de 4 watts nos EUA; 0.4 watts na Europa 	Frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical) no mundo todo	
	ISO 18000; RFID para gerenciamento de Itens (A) Part 1: Parâmetros genéricos para interface aérea Part 4: Comunicação para 2.45 GHz	
	ETSI EN 300 440	
5.725 - 5.875 GHz <ul style="list-style-type: none"> Disponível em todo o mundo como uma frequência ISM 	Frequência ISM (Industrial, Scientific and Medical) no mundo todo	
	ISO 18000-3; RFID para gerenciamento de Itens (A) Part 1: Parâmetros genéricos para interface aérea Part 5: Comunicação para 5.8GHz	
	ETSI EN 300 440	

Figura I-1 - Resumo da atual padronização sobre as frequências usadas em RFID [Kärkkäinen 2001]

APÊNDICE II

PARALELO DE USO ENTRE O SAVANT E OS SISTEMAS MES

Definição de um sistema MES

A idéia de usar sistemas computadorizados para auxiliar na operação da produção remonta aos anos 80. Inicialmente denominada Computer Integrated Manufacturing (CIM), mas como o escopo destes sistemas aumentou e a padronização destes produtos tornou-se disponível, surgiu a definição de sistemas de gerenciamento da produção MES (Manufacturing Execution System).

O termo MES nasceu com o desenvolvimento e refinamento de sistemas de logística, definido pelo Advanced Manufacturing Research (AMR) da Universidade de Cambridge, para descrever um sistema que ao invés de focar em medições sobre uso de material ou controle de processos, é centrado no produto conforme este se movimenta através da planta em direção ao cliente.

Para pessoas diferentes trabalhando em indústrias diferentes, um MES pode ser encarado de maneiras distintas, mas a definição comum às diversas implementações é que um MES é um link em tempo real entre os sistemas de controle no chão de fábrica (orientados a evento) e os sistemas de mais alto nível como ERP, CRM, SCM, etc. (orientados à transação).

De acordo com a MESA (Manufacturing Execution System Association), MES referencia uma categoria de software industrial para chão de fábrica, que provê as companhias com a capacidade de monitorar suas atividades com grande resolução. Os MES's são requisitados para otimizar o planejamento e fluxo de produtos dos sistemas de manufatura dentro do framework do SCM (Supply Chain Management). Eles foram inicialmente concebidos para lidar com sistemas produtivos locais, mais já estão disponíveis para empreendimentos entendidos. Outras funcionalidades precisam ser desenvolvidas para lidar com a virtualização das fábricas e propiciar maior integração sistemas de gerenciamento da manufatura.

Modelo funcional do MES

Uma solução MES pode ser composta de diversos elementos constituintes, que podem ser executados em qualquer instalação customizada. Em algumas instalações, funções particulares podem já ser executadas por um outro sistema, ou alternativamente a funcionalidade associada não é uma exigência para aquela planta ou aquele setor industrial.

O modelo mostrado na Figura II-1 identifica as principais funções gerenciais e de um MES. Outras potencialidades funcionais podem ser requeridas para cobrir outras funções não essenciais da operação de manufatura, por exemplo, àquelas relacionadas à manutenção da planta. Além disso, o MES pode ser requisitado para interfaciar com outros sistemas tais como LIMS para fins de gerência da qualidade.

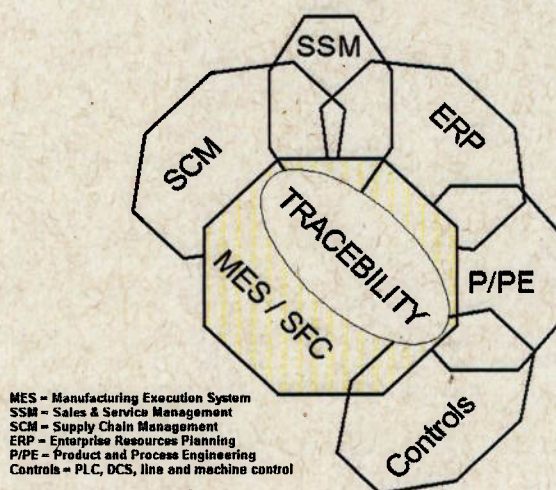


Figura II-1– Overlaps entre o sistema MES e outros sistemas da manufatura

Em alguns aspectos, o MES pode ser visto como um repassador de informações, que realiza a ligação a algum, e às vezes, entre todos estes sistemas.

As funcionalidades do MES se sobrepõe as de outros tipos do sistema de manufatura, que por sua vez também podem sobrepor-se uns aos outros. Por exemplo, Programação da produção (scheduling) pode aparecer tanto no MES como nos sistemas SCM; gerenciamento de pessoal tanto no MES como nos ERP; gerência de processo tanto no MES quanto em Controles do Equipamento e da Maquinas (EMC). Os graus de sobreposição variam entre os tipos de indústria e de implementação.

Tabela II-1 - Principais funcionalidades do MÊS

1. Execução das ordens de produção	Função que controla o fluxo das unidades de produção em forma de trabalhos, ordens, lotes, etc. O envio de informações é realizado na seqüência em que o trabalho necessita ser feito e as mudanças necessárias ocorrem em tempo real, simultâneos aos eventos do chão da fábrica. O sistema pode alterar a programação prescrita na planta e controla a quantidade de trabalho em processo em qualquer ponto com <i>buffers</i> de gerenciamento.
2. Status e alocação de recurso	Função que controla recursos incluindo máquinas, equipamentos, ferramentas, habilidades dos trabalhadores, materiais e as outras entidades tais como documentos que devem estar disponíveis para que o trabalho inicie. Fornece histórico detalhado dos recursos, assegura que o equipamento está ajustado corretamente para processar, e fornece status em tempo real. O gerenciamento destes recursos inclui as correções no processo para atingir os objetivos programados.
3. Operação/ Detalhamento da programação	Função que fornece o sequenciamento baseado em prioridades, atributos, características, e/ou em planos associados às unidades de produção específicas que, quando programadas na ordem correta, minimizam os tempos de configuração. Reconhece as alternativas e operações sobrepostas / paralelas a fim calcular em detalhe, os instantes exatos de carga dos equipamentos ajustados aos padrões de deslocamento.
4. Rastreo dos Produtos	Função que fornece a visibilidade temporal do andamento e da disposição do trabalho. O status da informação pode incluir quem está trabalhando no que; os componentes, os materiais por fornecedor, o lote, o número de série, as condições atuais da produção, e todos os alarmes, o retrabalho ou outras exceções relacionadas ao produto. A função on-line cria registros históricos que fornecem o rastreo dos componentes e o uso de cada produto final.
5. Aquisição e Armazenagem de dados	Função que fornece uma interface para obtenção da produção interoperacional e parametrização de dados que populam os formulários e registros atrelados à unidade de produção. Os dados podem ser coletados do chão da fábrica manualmente ou automaticamente, em tempo real.
6. Gerenciamento de Processo	Função que monitora a produção e automaticamente corrige ou fornece a suporte de decisão aos operadores para corrigir e melhorar atividades em processo. Estas atividades podem ser interoperacional e focadas especificamente nas máquinas ou equipamentos sendo monitorados e controlados, como também intraoperacional, que acompanha o processo de uma operação até a seguinte. Pode incluir gerenciamento de alarmes para certificar-se de que o pessoal da fábrica está ciente das mudanças processuais que estão fora das tolerâncias aceitáveis. Fornece interface entre os equipamentos inteligentes e o MES, possivelmente através de aquisição e levantamento de dados. Fornece análise em tempo real das medidas coletadas da manufatura para assegurar o controle de qualidade apropriado do produto e para identificar os problemas que requerem atenção. Pode recomendar ações para corrigir problemas, incluindo correlacionar sintomas, ações e resultados para determinar a causa e pode incluir o controle estatístico do processo.
Análise de desempenho	Função que provê relatórios dos resultados reais das operações de manufatura, com comparação ao histórico passado e os resultados esperados de negócio. Incluem medidas como a utilização e disponibilidade de recursos, tempo de ciclo do produto, aderência à programação e aos padrões de desempenho. A análise de desempenho demonstra a informação recolhida das diferentes funções que as operações de medida parametrizam. Estes resultados podem ser preparados como relatórios periódicos ou consultas on-line da avaliação atual de desempenho.

Complementaridade entre o SAVANT e o MES

Muitas empresas investiram em ERP's com intuito de integrar seus processos de negócio. Com essa integração (baseado num repositório único e centralizado de dados) dos processos logísticos, financeiros, de produção, de administração, de RH, de contabilidade entre outros, as empresas ganharam em velocidade e acuracidade de informação. Porém, muitas empresas se frustraram ao adquirirem um ERP, imaginando que estavam obtendo uma solução única e especialista em todas as áreas, pois nem todos os sistemas ERP conseguem integrar todos processos, principalmente os mais específicos.

À medida que os profissionais envolvidos com as soluções ERP começam a entender melhor suas potencialidades, deficiências e limites, estes perceberam que existe um grande vazio entre os sistemas de planejamento corporativo e a sua efetiva execução no chão-de-fábrica. São comuns as situações onde o planejamento de vendas considera uma capacidade de produção teórica baseada em índices de eficiência que não se verificam na prática. Nesta típica situação de empresas que não possuem um sistema de gestão das operações do chão-de-fábrica, muitas vezes o serviço ao cliente fica comprometido em função de uma "incapacidade" da produção que poderia ter sido identificada com bastante antecedência, através de um ferramental computacional mais preciso.

Um outro motivador para a adoção de um sistema de gerenciamento da produção é a performance de sincronia e qualidade das informações. A gestão da cadeia de abastecimento baseia-se numa realidade onde ocorra o produto ou serviço certo, no local, hora, quantidade e custos certos. Isso significa que as atividades na cadeia de abastecimento precisam estar sincronizadas para que as necessidades não sejam administradas através dos estoques. As soluções MES asseguram a qualidade da informação coletada no chão-de-fábrica em tempo real, viabilizando a sincronia operacional, já que as empresas precisam considerar que as respostas fornecidas por sistemas de planejamento corporativo são compatíveis com a qualidade de informações que entram no sistema. Ou seja, alimentados com dados sem acurácia, os Enterprise Application, orientados à transação e não a eventos, processarão dados

irreais e fornecerão como resultado final, dados inverossímeis ao processo de tomada de decisão.

A integração dos sistemas de MES trabalha como suporte e coordenação da maioria dos outros sistemas que o complementa o gerenciamento da cadeia produtiva (SCM, CRM, APS, entre outros). Como representante da área de Produção, tem como objetivo suprir as deficiências, potencializando o sistema de negócios com informações precisas, confiáveis e em tempo real do processo, garantindo uma dinâmica empresarial segura e tomada de decisões fundamentadas.

A proposta do SAVANT-2 de ser um agente integrador de informações entre os sistemas que controlam o chão de fábrica e os sistemas de alto nível também está disponível na maioria das implementações MES. A principal diferença é que o caráter das informações tratadas pelos sistemas de gerenciamento da produção é estático. Isto é, o acesso, armazenamento ou envio das informações são feitos segundo uma modelagem pré-definida, sendo que qualquer ocorrência inédita de dados (surgimento ou requisição por) ficará sem seu devido registro ou tratamento.

Certamente a integração das funcionalidades dinâmicas de tratamento e abstração de dados do SAVANT às ferramentas MES trará um grande avanço para o domínio dos eventos ocorridos no chão-de-fábrica, uma vez que dispensa o desenvolvimento de interfaces para adequação e integração dos diferentes projetos desenvolvidos com base em ferramentas diferentes. Essa integração propiciará uma rastreabilidade sem precedentes para esta camada da cadeia produtiva.

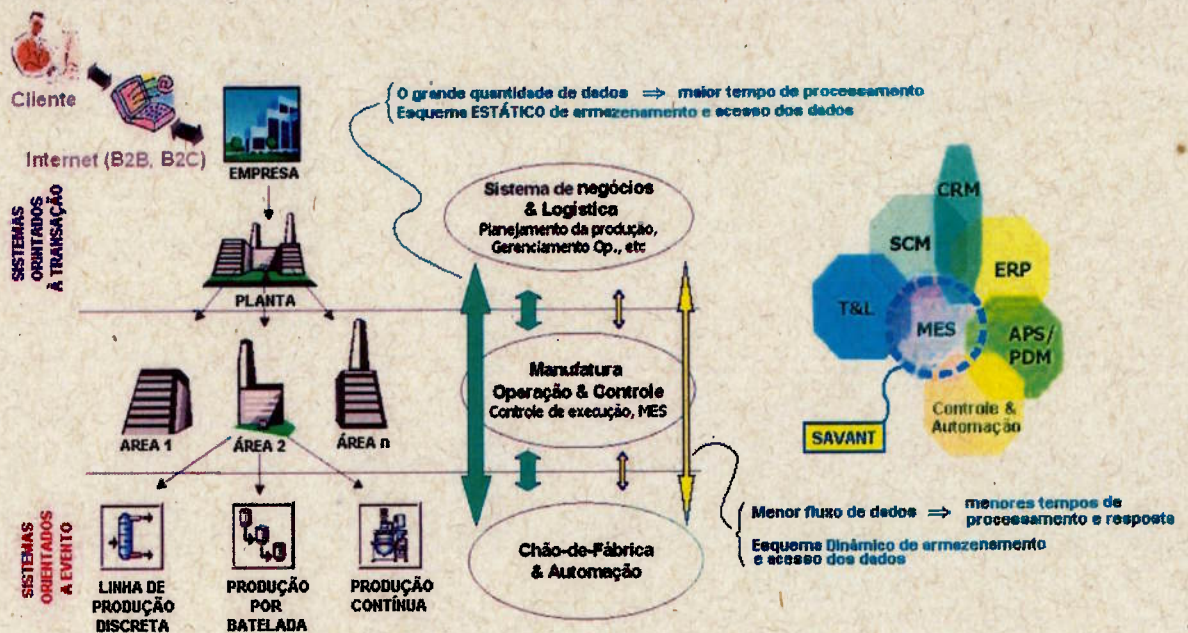


Figura II-2 – Sobreposição (ou complementação) entre o sistema SAVANT-2 e o sistema MES.

APÊNDICE III

O RFID E SUAS APLICAÇÕES

A identificação por rádio frequência (RFID) é uma tecnologia sem fio de identificação automatizada, que permite a leitura sem-contato dos dados, que o torna eficaz para a manufatura e outros ambientes agressivos, onde as etiquetas de código de barras podem não se sair bem.

As etiquetas de RFID têm o potencial de modernizar e melhorar o gerenciamento de estoques, permitindo aos fabricantes introduzir mais eficientemente e rastrear o fluxo das mercadorias.

Segundo o Gartner, em 2006 será vendido quase três vezes o volume de etiquetas de RFID vendidos durante os 60 anos anteriores, desde a sua invenção.

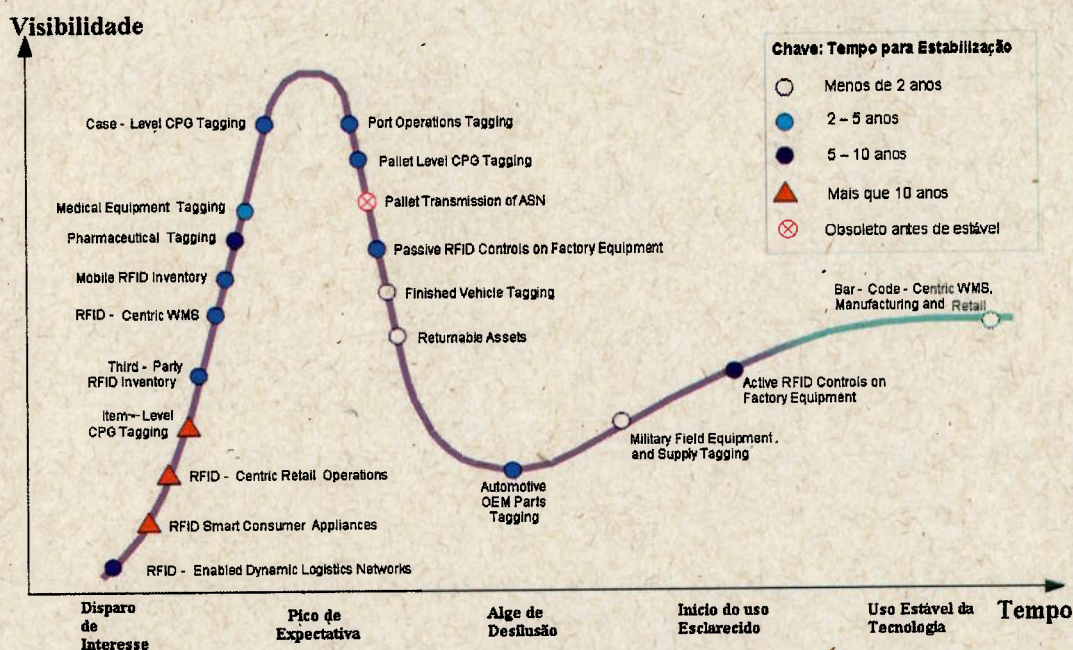


Figura III-1 – Panorama de Aplicação da Tecnologia RFID. (Gartner 2005)

Primeiramente isto ocorrerá porque os varejistas e forças militares estão exigindo, pela primeira vez, que os seus fornecedores fixem aos paletes e cases para diminuir

custos e melhorar os serviços, mas muitas outras aplicações estarão crescendo muito rapidamente. Este crescimento exponencial continuará e, antes de 2015, o valor de vendas de etiquetas de RFID terá aumentado treze vezes em relação aos valores de 2005. O valor do mercado total, inclusive sistemas e serviço, subirá de 1.95 bilhões de dólares em 2005 para 26.9 bilhões de dólares em 2015. Principalmente, isto será conduzido por outro desenvolvimento novo e dramático. A etiquetagem de itens de alto volume - notavelmente mercadorias para o consumidor final, medicamentos e pacotes postais - a pedido de varejistas, forças militares e autoridades postais e por razões legais. Nesses casos, os benefícios complementares primários buscados serão mais abrangentes, reduzindo crimes, melhorando a segurança e o serviço ao cliente.

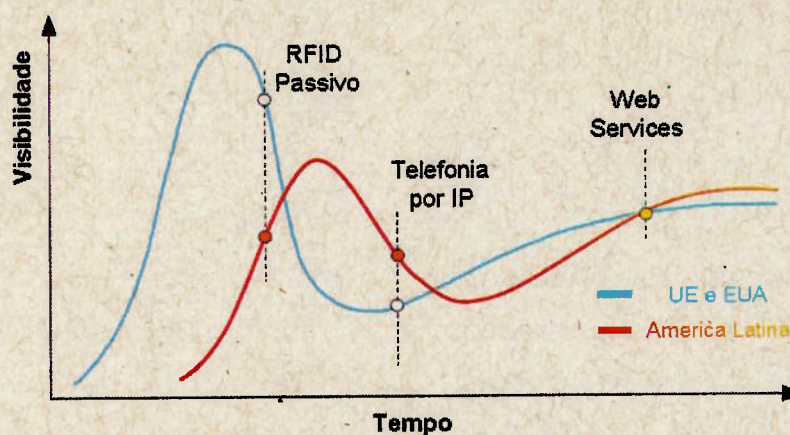


Figura III-2 – Adoção da tecnologia RFID na AL. (Gartner 2005)

O uso de RFID no controle industrial existe a quinze anos, na maioria de casos como um complemento aos códigos de barra. Muito similar às aplicações de varejo, com o uso de sensoriamento RFID no controle da manufatura espera-se aliviar as preocupações com os Códigos de barra devido à disponibilidade do mecanismo de sensoriamento remoto. Isto permite também-escanear ou filtrar Tags múltiplos de acordo com padrões específicos.

As aplicações chaves de RFID, independentes daquelas dos códigos de barra incluem:

Recuperar e rastrear informações de agregados tais como paletes ou carregamentos unitários,

Armazenando de instruções operatrizes em tags para assegurar a consistência entre diferentes centros ou estações da manufatura (em aplicações automobilísticas), e

Facilitar o controlar de sistemas AS/RS, etc.:

A seguir são mostradas algumas aplicações gerais para o RFID:

Identificação em metais



Até a alguns anos, o uso de RFID em metais era considerado inviável sob o ponto de vista técnico. Hoje este uso se tornou tecnicamente possível e é uma das mais promissoras áreas para o uso de RFID em grande escala.

Esta tecnologia é baseada no uso de transponders convencionais de baixo custo (frequência padrão de 125KHz) e que funcionam no e sobre o metal (aço, alumínio, titânio, cobre, etc.). A incorporação dos transponders no metal traz muitas vantagens, sendo a principal à proteção mecânica natural do tag.

Veja abaixo algumas possíveis aplicações para metais:

Derivados do Aço	Produção do aço, lingotes, molas, trilhos, etc.
Ferramentas	Ferramentas industriais em geral, cilindros para indústria gráfica, etc.
Moldes	Moldes metálicos
Peças	Autopeças, peças de reposição para aeronaves, tratores, barcos, etc.
Equipamentos mecânicos	Impressoras, máquinas de venda direta, etc.
Transporte	Engradados metálicos, paletes, containeres e caixas, barris e cilindros de gás.
Veículos	Autos, motocicletas, caminhões, barcos, tratores, etc.
Alumínio	Lingotes, peças e ferramentas.
Manutenção	Válvulas, canos e bombas.

Outros produtos	Dispositivos elétricos residenciais, ferramentas, computadores, eletrônica em geral.
Construção	Pontes, tratores, estruturas metálicas, vigas mestras e moldes de concreto.
Exército e polícia	Armamentos, munição e armas de fogo em geral (em substituição da numeração facilmente adulterável).

Cilindros de Gás

A segurança é a principal preocupação no setor industrial de gás, tanto para o GLP atmosférico como para os gases regulares. Para proteger e estocar gases inflamáveis, é necessário guardá-los em um cilindro normalmente metálico, para o transporte e venda ao consumidor final. Usualmente esses cilindros têm algum valor e não são descartáveis, razões estas que motiva a necessidade destes serem identificados.



Esta identificação é muito importante para o controle produtivo, logístico e de manutenção. A utilização de rótulos com códigos de barra é ineficaz, uma vez que estes se soltam facilmente pelo manuseio e inviabiliza a tarefa de repintar o cilindro, um processo muito comum no ciclo de vida de cilindro.

A solução por RFID já está sendo adotada em alguns países. Esta consiste em incorporar tags aos cilindros de modo a permitir uma identificação automática em esteiras transportadoras nas estações de reabastecimento e/ou identificação manual no transporte e descarga dos caminhões.

Manutenção e Inspeção

Este é o campo vasto para o uso do RFID. Equipamentos e máquinas precisam de um controle preciso da manutenção preventiva e corretiva. O uso de tags RFID permite não só a identificação, mas também o armazenamento de informações sobre peças modificadas, a data da última visita, o técnico responsável, etc.

Entre a mais habituais, algumas se destacam como as aplicações chaves: máquinas de auto-atendimento(ATM), check-outs, telefones públicos, hidrantes de água, elevadores, máquinas copiadoras, computadores, transformadores, bombas de água, containeres, vagões e motores de trem, tratores e empilhadeiras.

Transporte de minério

As esteiras transportadoras de minério possuem uma grande pré-disposição a falhas. Isto se reflete em grandes danos para o processo de mineração, devido ao tempo e despesas para se rastrear a origem do problema (geralmente estas esteira possuem grandes comprimentos e muitas peças móveis), além do preço da reparação.



Tags especiais RFID incorporadas ao longo da esteira são monitoradas por leitores dispostos em pontos estratégicos no trajeto do transportador. Quando o material da esteira se desgasta, os tags se danificam, interrompendo a transmissão de dados e permitindo ao leitor identificar o lugar exato onde o dano ocorreu. A grande vantagem, além da localização precisa da falha, é que a manutenção preventiva obtida com o uso de RFID evita reparos corretivos, trazendo uma economia considerável de recursos e tempo.

Outra aplicação possível para esta área é a identificação das carretas de transporte de minério em minas subterrâneas, que podem ser identificadas automaticamente colocando leitores ao longo dos trajetos.

Centros de Distribuição

Ao longo dos anos, os distribuidores tornaram-se operadores logísticos. É sabido que o gerenciamento logístico dessas companhias é uma grande excelência competitiva. As grandes cadeias comerciais e indústrias operam os seus próprios centros de distribuição, uma parte essencial na gestão da cadeia de suprimentos. O uso do código de barras tornou-se predominante em muitos desses centros, mas devido às limitações operacionais que se intensificam gradualmente com a complexidade da operação desenvolvida.

O RFID é uma forma de identificação que permite o controle totalmente automático, uma vez que não necessita de intervenção humana. Em outras palavras, ele aumenta a velocidade e a confiança no processo de pedidos e no trânsito de mercadorias. A identificação automática de paletes e caixas está para tornar-se a chave que irá revolucionar o sistema de gestão da cadeia de suprimentos nos próximos anos. Depois do passo, as iniciativas da EAN e UCC para a adoção de um padrão comum para este mercado foram um fator encorajador para uma rápida difusão do RFID nos Centros de Distribuição.

A adoção de larga escala do RFID no setor comercial é uma questão de tempo. Quando passa pelo check-out em uma loja, todos os produtos no carrinho serão lidos ao mesmo tempo dentro de segundos e o valor total poderá ser automaticamente debitado da conta corrente ou cartão de crédito do cliente, este último também identificado por uma tag de RFID em formato de cartão, relógio ou chaveiro. Sem filas ou desperdício de tempo.

Identificação de Paletes



O palete, de madeira, plástico ou metálico, é um ativo anônimo da companhia. Ele é um bom investimento em muitos casos - o problema é que o seu vai e vem entre fornecedores e clientes, torna o seu rastreamento é uma tarefa difícil. Os códigos de barra são freqüentemente usados, mas com pouca eficiência.

Devido ao fato de ser um item que precisa de extremo manuseio, é muito comum identificar os paletes com rótulos que são facilmente perdidos ou cujos dados de identificação são facilmente danificados por sujeira ou atrito. Uma tag de RFID, disponíveis em diferentes formas e tamanhos, pode ser incorporada no palete, e desde que estes não necessitem de um campo visual para leitura, podem ser identificados sem qualquer problema mesmo quando ocultos, embutidos, sujos, molhados ou congelados.

Identificação de pneumáticos



Do ponto de vista da segurança, o pneu é um dos componentes mais críticos em um veículo. O seu rastreamento tornou-se muito importante no caso dos recalls (troca de produtos incorretos) ou mesmo pela manutenção ou controle das recauchutagens.

O desafio: um sistema de identificação com o preço viável e que possa suportar as condições extremas as quais o pneu é submetido, além da possibilidade de leitura sem um desmonte da roda. A solução: a tag de RFID preenche totalmente a essas

exigências e funciona como um ID permanente, invisível e extremamente eficiente para o pneu.

Identificação de Ferramentas



As ferramentas são ativos que, geralmente, precisam de rastreio. O uso de Tags de RFID muito pequenas como cápsulas embutidas ou discos permitem a identificação e o rastreamento de quase qualquer ferramenta.

As industriais usam milhares de ferramentas e frequentemente falham em rastrear todas elas, o que causa perdas consideráveis devido a uma manutenção desajustada, roubo ou imperfeições no controle de estoques.

Setor industrial gráfico



O setor industrial gráfico é um setor que possui muitos ativos, como cilindros de impressão e máquinas. Os profissionais gráficos reconhecem a dificuldade na identificação de cilindros de aço usados em impressoras de rotogravura e flexográficas. Estes são ativos importantes e é fundamental localizá-los rapidamente para uma execução dinâmica dos trabalhos. Também, não há nenhuma vantagem na

utilização de etiquetas de código de barras para identificá-los, devido à sua estrutura, uso e particularidades de manutenção.

Uma etiqueta de RFID formada como uma pequena cápsula pode ser incorporada em cada cilindro, permitindo a sua identificação e reduzindo erros drasticamente comuns na troca. Os leitores também podem ser unidos às máquinas e programados para identificar os cilindros corretos de cada emprego de impressão.

Containeres



Os containeres são usados no mundo inteiro para mover grandes volumes de mercadoria dentro e entre os países (importação e exportação). Eles são ativos em constante movimento, passando por operadores logísticos, portos e depósitos.

Rastreamento deles, na maior parte dos casos, depende da identificação escrita fora de cada container, que é sujeito ao erro humano.

O uso tags de RFID ativos (grande variedade) ou passivos tornou-se muito comuns nesta área. Numa operação típica, quando da introdução de um operador logístico, o container recebe uma identificação única (uma tag fixa de RFID) que acompanha o container ao longo do seu trajeto. O maior benefício adicional é a possibilidade de associar cada container a um endereço no depósito para uma localização imediata quando necessária.

Controle de Ativos

O controle de ativos é uma necessidade em cada companhia, em uma multinacional, uma instituição financeira, seguradora ou uma pequena companhia familiar. As chapas metálicas, inicialmente com a identificação visual e depois com o código de

barra foram largamente usadas. Contudo, ambas possuem uma vida curta, uma vez que a identificação impressa pode desgastar-se com o tempo.

As tags de RFID em rótulos ou cápsulas são uma excelente opção para esta aplicação. Com o uso de tags de RFID, muitos ativos podem ser identificados de forma invisível ou muito discreta, sem danificar o seu design ou as suas características. Os computadores e seus periféricos, por exemplo, podem ter tags de RFID incorporadas dentro de peças, embaixo dos monitores ou dispositivos de entrada e saída. A mesma aplicação pode ser usada para a mobília, máquinas e veículos. Os rótulos podem se auto-destruir em caso da tentativa da remoção da identificação. A identificação invisível é um dos grandes benefícios complementares desta aplicação.

Um benefício adicional alcançado com o uso dos tags de RFID: proteção segura contra roubos ou furtos. Quando o ativo é identificado de maneira não-visível (um notebook, por exemplo), o furtador não irá se preocupar em remover a identificação. O tag de RFID tem um código único, possibilitando que o bem seja identificado por uma assinatura única. Dessa maneira, no caso de danificação do bem segurado, este terá uma evidencia inequívoca de propriedade.

Indústria Petrolífera

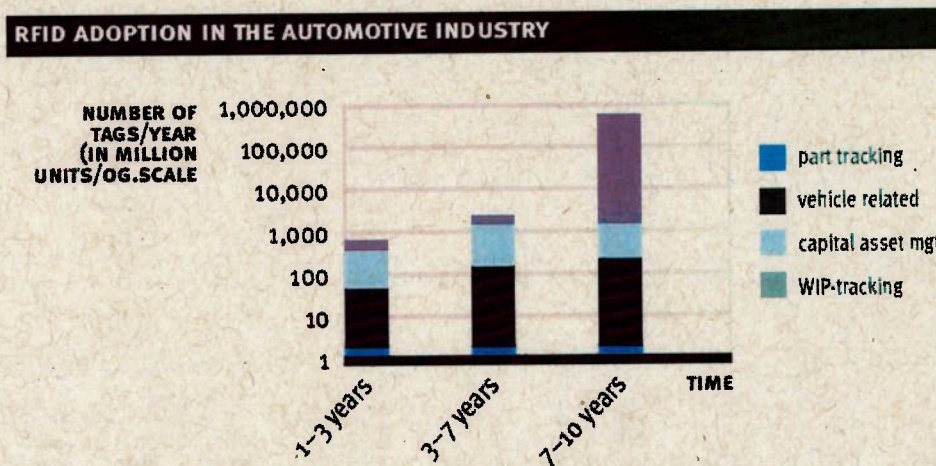
Existem muitas aplicações para o RFID neste setor. Começando com a identificação de ativos, que são muitos, passando pelo controle da manutenção das tubulações e válvulas, completa identificação dos cilindros de gás GLP até o gerenciamento de bombas de combustível em postos de gasolina e frotas de caminhões tanque.

Leitores especiais de RFID concebidos para ambientes sob risco de explosão podem ser usados de muitos casos.

O controle de ativos, tais como ferramentas e máquinas, pode ser feito de uma maneira eficiente com a adoção de tags de RFID em vários tamanhos e formatos, tais como etiquetas, cápsulas ou pequenos discos.

É uma grande preocupação para a indústria petrolífera confiar na correta manutenção preventiva dos tubos e válvulas. Deste modo, é sábio usar de um método de identificação digno de confiança para evitar imperfeições. Etiquetas de RFID muito pequenas identificam essas instalações permanentemente. Os empregados providos de coletores de dados de RFID portáteis podem registrar corretamente cada etiqueta, não dependendo da informação on-line.

Setor industrial automotivo

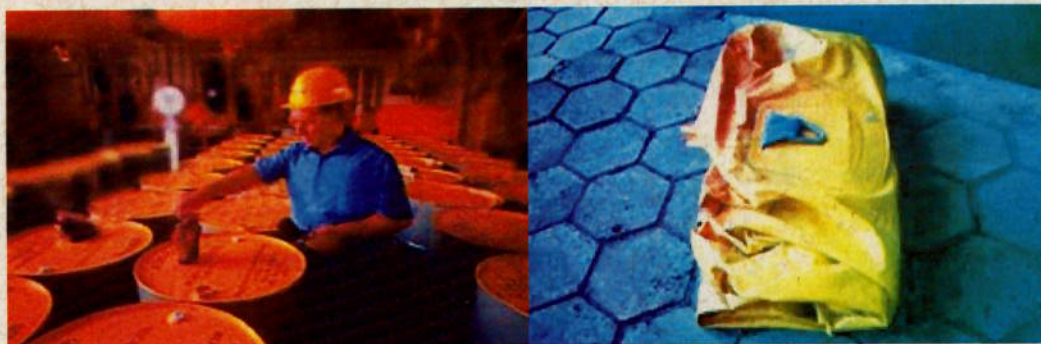


Definitivamente o RFID é útil em muitas etapas da montagem de veículo nas plantas. Entre as razões principais está a necessidade da identificação dos ativos (veículos e peças) e rastreando o desde a linha de montagem e o pátio até o cliente final (concessionários) e acima de tudo, pelo fato que o código de barra - basicamente empregado para esta finalidade - não preenchem todos os requisitos de aplicação.

Durante as etapas do seu processo de fabricação, um veículo atravessa uma série de áreas extremamente degradativas, como a de pintura (onde as temperaturas podem chegar a 300 ° C) e a de soldagem. Deste modo as tags RFID, naturalmente mais resistentes a tais condições, são a melhor opção para identificação e rastreio.

Além de suportar tais condições extremas do uso, as tags de RFID podem ser programadas com informações ao longo do processo de montagem, permitindo que o sistema seja independente de uma conexão on-line.

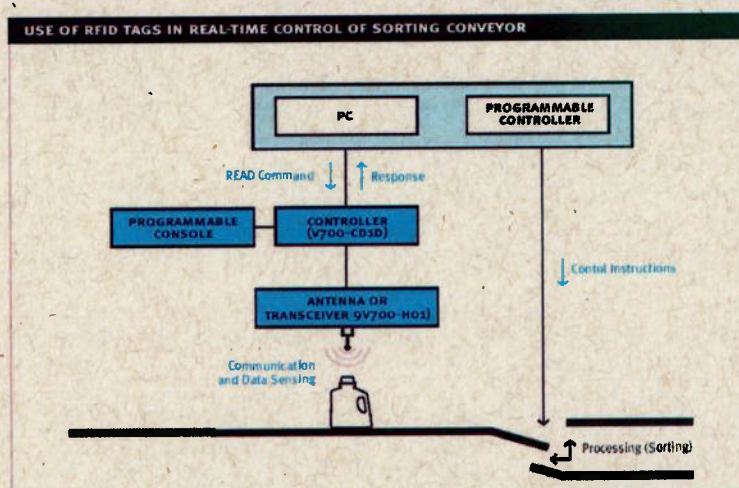
Produtos químicos



Os produtos químicos em geral e a matéria-prima da manufatura plástica, como o PVC, são normalmente armazenados em sacos de alta resistência ou barris, muitas vezes reutilizados. A utilização de etiquetas com o código de barra não é uma boa opção para esta aplicação, porque eles não podem resistir ao contato com muitos produtos químicos.

Uma etiqueta de RFID embutida no barril ou saco significa a grande confiabilidade na identificação dos seus conteúdos, bem como a data de fabricação, vencimento, etc. A etiqueta também permite a identificação automática com o uso de esteiras transportadoras.

A figura a seguir descreve um exemplo de interação entre um leitor de RFID e um controlador programável da lógica ou um computador pessoal responsável pela implementação de uma rotina de controle. Os leitores de tags rotineiramente fornecem de volta informação de identificação do produto ao PLC, baseado em qual PLC decide por quais ações de controle devem ser tomadas e como devem ser executadas. Perceba que, a mesma infra-estrutura poderia também ser usada para um mecanismo de detecção baseado em código de barras.



Ambos os leitores código de barra e de RFID fornecem normalmente a informação do tag como uma string ASCII. Isto conduziu ao interfaceamento de ambos os tipos e leitores diretamente com os módulos ASCII dos PLCs. A informação detalhada do tag poderia então ser extraída usando "string" que processa instruções dentro da lógica ladder ou usando linguagem de "texto estruturado". Alguns fornecedores suportam também o uso de linguagens de alto-nível tal como BASIC (Omron) ou C/Java (Rockwell Automation) para tais finalidades.

Um exame das ferramentas industriais de RFID sugere que a exigência de uma comunicação confiável e determinística conduziu os vendedores de RFID a fornecer ferramentas padronizadas de comunicação tais como o uso de protocolos Fieldbus (por exemplo, Devicenet, Profibus) para comunicação entre os leitores de RFID e PLCs. Outra tendência tem sido fornecer um módulo de hardware separado que coubesse na placa traseira de PLCs (sistemas de RFID EMS, Balogh e Omron). Tais módulos conectam-se a mais de um leitor e fornecem aos PLCs a informação de identificação do produto numa forma estruturada de memória que possa diretamente ser acessado dentro da lógica ladder ou instruções programáveis similares.

Ao contrário das aplicações de varejo, tem havido pouca pressão até o momento em aplicações de RFID industriais para reduzir o custo das tags de RFID em contraste com a possibilidade de incorporar maiores quantidades de informação nos tags e/ou para aumentar seu range de leitura por meio de alimentação a baterias. Em aplicações automobilísticas [15], tais tags carregam informações de montagem do produto sobre quais peças devem ser montadas nas carrocerias quando estas passam por uma

operação específica de montagem. O sistema de RFID detectaria o Tag e interagiria subsequente com os controladores tempo-real para dirigir adequadamente as ações de controle. Em uma aplicação de empacotando de produtos, foi sugerido também o reuso das tags uma vez que os paletes ou produtos deixassem o depósito.

Uma vez que o uso convencional do RFID tem sido limitado somente à informação do nível de produto, a quantidade de informação gerada em uma aplicação espera-se permanecer restrita a variedade dos produtos manipulados num dado momento. Além disso, as estratégias convencionais para despacho de produtos ao longo das rotas da produção não aconselham a mistura de múltiplos produtos ao longo do ciclo de vida da produção. Isso significa que em um ciclo típico da produção, WIP ou itens terminados passariam em lotes ou sub-lotes e observariam operações de processamento exatamente similares dentro de cada lote ou sub-lote. Como resultado, detectar a identificação dos agregados, como paletes ou unidades de carga, garantiria automaticamente que todos os itens dentro de tais agregados têm as características similares àquelas do palete como um todo deveria possuir. Esta lógica explicaria em parte a observação do porque o uso da tecnologia de RFID no controle da manufatura permaneceu esporádico quando comparada ao uso dos códigos de barra. Talvez esta também seja a razão pela qual a tecnologia de RFID recebeu muito menos investimento em termos da sua integração aos ambientes industriais de controle, por exemplo, a provisão das instalações para processar e filtrar as informações do Tag, etc. não tem se apresentado ainda como uma questão relevante.

Enfim, os benefícios e problemas que esta tecnologia traz são bastante claros e a troca dos códigos de barras será natural, mas ainda existem questões técnicas, jurídicas e sociais que precisam ser discutidas, podendo levar décadas para o surgimento de um supermercado que seja totalmente automatizado.

APÊNDICE IV

DIAGRAMAS E CÓDIGO FONTE

