

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

TIAGO ERNESTO PAHL

**ESTUDO SOBRE A ADOÇÃO DA TECNOLOGIA RFID NA INDÚSTRIA
AUTOMOTIVA**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2012

TIAGO ERNESTO PAHL

**ESTUDO SOBRE A ADOÇÃO DA TECNOLOGIA RFID NA INDÚSTRIA
AUTOMOTIVA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de especialista em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ernesto e Renilda, por todo o apoio e dedicação ao longo desta longa jornada.

Aos amigos André Ruiz, José Cardoso, Pablo Cabral e Rafael Bortoli, sempre dispostos a colaborar e me motivar na elaboração deste trabalho.

Ao orientador Prof^o Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas, pela dedicação dispensada na orientação desta monografia.

RESUMO

PAHL, Tiago E. **Estudo sobre a adoção da tecnologia RFID na indústria automotiva.** 2012. 52 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

Esta pesquisa apresenta as vantagens e desvantagens do uso de sistemas de identificação por rádio frequência (RFID) na logística, linha de montagem e gerenciamento da produção em uma montadora de veículos. Apesar da tecnologia RFID apresentar um maior número de benefícios em relação ao seu predecessor, o código de barras, ela ainda apresenta um custo que muitas empresas consideram proibitivos. As vantagens da tecnologia RFID, tais como redução dos níveis de trabalho e melhora da gestão do estoque podem, no entanto justificar o alto investimento. Além disso, o uso da tecnologia RFID pode trazer um alto nível de monitoramento, trazendo maior eficiência no controle e rastreabilidade da produção.

Palavras-chave: Indústria Automotiva. RFID. Identificação por Rádio Frequência. Código de Barras.

ABSTRACT

PAHL, Tiago E. A The Adoption of RFID Technology on Automotive Industry. 2012. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Graduate Programs in Technology, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2012.

This paper presents the advantages and disadvantages of using Radio-frequency identification (RFID) on logistics, assembly line and production management on the automotive Industry. Although the RFID technology has many advantages over its predecessor, the barcode, it is considered an expensive alternative. The advantages of RFID, such as reduction of handling levels and better management of supply goods can justify the high investment. Besides, the adoption of RFID technology can provide better a high level of monitoring, providing more efficiency to the production control and traceability.

Keywords: Automotive Industry. RFID. Radio Frequency Identification. Barcode.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema RFID composto pelo <i>transponder</i> , antena e mediador.....	15
Figura 2. Arquitetura de sistema para uma aplicação RFID.....	16
Figura 3. Trilhas de um transponder RFID de 13.56MHz.....	17
Figura 4. Trilhas de um transponder RFID de 868MHz.....	18
Figura 5. Sistema RFID interligado por uma rede Ethernet Industrial.....	21
Figura 6. Arquitetura de sistemas voltada a eventos.	23
Figura 7. Informações de eventos na cadeia de processos automotivos.....	25
Figura 8. Camadas em uma arquitetura de software para corporações em tempo real.	26
Figura 9. Estrutura de comunicação EPC-Global.....	27
Figura 10. Principais desafios e riscos da tecnologia RDIF.	37
Figura 11. Transponder RFID utilizado na localização dos veículos na fábrica da BMW em Munic, na Alemanha.....	43
Figura 12. Antenas RFID nos postos de controle de qualidade na Daimler.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo do RFID em relação ao Código de Barras	15
Tabela 2. Contribuição da tecnologia RFID em processos críticos.....	32
Tabela 3 - Motivações e riscos da adoção da RFID	39

LISTA DE SIGLAS

Auto-ID	Auto Identificação
CLP	Controlador Lógico Programável
DMS	Sistema de Gerenciamento de Documentos (<i>Document Management System</i>)
EDI	Troca de Dados Eletrônica (<i>Electronic Data Interchange</i>)
EPC	Código Eletrônico do Produto (<i>Electronic Product Code</i>)
ERP	Planejamento de Recursos Empresariais (<i>Enterprise Resource Planning</i>)
GPRS	Serviço de Rádio de Pacote Geral (<i>General Packet Radio Service</i>)
GSM	Sistema Global para Comunicações Móveis (<i>Groupe Spécial Mobile</i>)
ISO	Organização Internacional para Padronização (<i>International Organization for Standardization</i>)
IT	Tecnologia da Informação (<i>Information Technology</i>)
KPI	Indicador Chave de Desempenho (<i>Key Performance Indicator</i>)
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachussetts (<i>Massachusetts Institute of Technology</i>)
RAN	Rede Automotiva Baseada em RFID (<i>RFID-based Automotive Network</i>)
RF	Rádio Frequência
RFID	Identificação por Rádio Frequência (<i>Radio Frequency Identification</i>)
RTLS	Sistema de Localização em Tempo Real (<i>Real-time Location System</i>)
TAS	Sistema de Ferramenta Assistida (<i>Tool Assistance System</i>)
UHF	Frequência Ultra Alta (<i>Ultra High Frequency</i>)
UMTS	Sistema Universal de Telecomunicações Móveis (<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>)
VIN	Número de Identificação do Veículo (<i>Vehicle Identification Number</i>)
WLAN	Rede Local Sem Fios (<i>Wireless Local Area Network</i>)
XML	Linguagem de Marcação Extensível (<i>Extensible Markup Language</i>)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 TEMA.....	10
1.2 PROBLEMA.....	11
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.4 JUSTIFICATIVA.....	12
1.5 METODOLOGIA.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 A TECNOLOGIA RFID.....	14
2.2 COMPONENTES DO SISTEMA RFID.....	15
2.3 SEGURANÇA DO SISTEMA RFID.....	28
2.4 PADRONIZAÇÃO DOS SISTEMAS RFID.....	29
3. VANTAGENS DA RFID NA PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS.....	30
3.1 DESAFIOS ESTRATÉGICOS DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	30
3.2 IMPORTÂNCIA DA RFID DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	31
4. OBSTÁCULOS PARA A ADOÇÃO DE RFID NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	36
4.1 RISCOS E RESPONSABILIDADES.....	37
4.2 TENDÊNCIAS ATUAIS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA.....	38
4.3 FATORES PARA A DIFUSÃO DA RFID.....	39
5. ESTUDO DE CASOS.....	41
5.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO FLEXÍVEL NA BMW.....	41
5.2 DAIMLER ADOTA A RFID PARA MELHORAR O CONTROLE DE QUALIDADE.....	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o problema atual da indústria automobilística em relação à identificação de itens, a fundamentação e os métodos para a concepção de um sistema de identificação automática por rádio frequência.

1.1 TEMA

Por ser uma das mais competitivas, a indústria automotiva está constantemente buscando aumentar a eficiência na produtividade, reduzir os tempos de ciclo e aumentar a qualidade de seus produtos. Isto significa que os fabricantes devem buscar novas tecnologias para resolver antigos problemas, tais como identificação incorreta de partes e componentes, e também dos veículos nas diversas etapas de produção.

Além da competição, normas governamentais exigem que os fabricantes sejam capazes de rastrear rigorosamente a origem de grande parte das peças utilizadas nos automóveis, bem como as etapas do processo. Sem dúvidas, os sistemas de identificação desempenham um papel muito importante para alcançar este objetivo.

O código de barras e a identificação por rádio frequência (RFID) são dois exemplos de tecnologias de identificação automática. Enquanto o uso do código de barras está consolidado na indústria automotiva, a adoção do RFID está apenas na fase inicial. Em 1974, o primeiro produto comercial foi vendido usando um leitor de código de barras. Desde então, o código de barras contribuiu para grandes mudanças na indústria (NELSON, 2001).

Por outro lado, a tecnologia RFID está despertando um enorme interesse na indústria. Pesquisadores estão observando de perto os desenvolvimentos mais recentes. Empresas de diversos ramos estão buscando soluções para problemas através da RFID, desde o aumento na eficiência dos processos até a melhora na disponibilidade de bens de consumo nas prateleiras. A indústria automotiva não é exceção e está cuidadosamente avaliando a possibilidade do uso da tecnologia RFID. Mas diferente da indústria de varejo, a indústria automotiva está mais relutante em adotar esta tecnologia.

Apesar do otimismo em relação ao RFID, a adoção não seguiu as expectativas nos últimos anos. Segundo MATTA e MOBERG (2006), apesar de toda a atenção que a tecnologia RFID recebeu, a adoção atual pelas companhias de logística permanece baixa.

É difícil prever os desenvolvimentos futuros, uma vez que a adoção da tecnologia não pode ser descrita como um processo linear. Uma descoberta relevante em relação à difusão da tecnologia é o fato de novas tecnologias não serem completamente adotadas pela indústria de uma só vez. Tipicamente é observado um processo gradual de infiltração de tecnologias inovadoras. Isto serve também para a indústria automotiva, portanto a adoção da tecnologia RFID pode levar anos. Uma razão para isto é o fato da falta de consenso na padronização. Organizações de padronização e a indústria ainda estão trabalhando no desenvolvimento de padrões aceitáveis para a tecnologia RFID.

1.2 PROBLEMA

A tecnologia de identificação utilizada pela maioria das montadoras de veículos é a de código de barras, que pode apresentar falhas na leitura causando grandes perdas nos processos que estão associados ao movimento e transporte de mercadorias, desde a matéria-prima até o produto final que é entregue aos clientes e também o retorno do produto para fins de reciclagem. Erros na identificação de peças pode afetar a gestão de inventário, conjunto de controle, processamento de pedidos, distribuição, transporte, controle de qualidade, controle de roubo, anti-falsificação e armazenagem.

Informação imprecisa pode comprometer a capacidade do sistema de estoque em fornecer alta disponibilidade de produtos a um custo de operação mínimo. Mesmo uma taxa pequena de perda de informações sobre o estoque pode levar a imprecisão do inventário, que interrompe o processo de reposição e pode causar falta de peças para a montagem dos veículos.

A falta de rastreabilidade das peças utilizadas nos veículos pode potencialmente trazer problemas de segurança e confiabilidade. Na possibilidade de um *recall* de peças, caso não haja rastreabilidade não é possível identificar quais veículos necessitam ser reparados.

Outro problema recorrente das grandes montadoras é dificuldade na localização dos veículos armazenados no pátio enquanto aguardam o encaminhamento para o transporte até o consumidor final. Há casos em que veículos só são localizados anos após serem fabricados.

1.3 OBJETIVOS

Esta seção apresenta os objetivos gerais e específicos desta pesquisa.

1.3.1 Objetivo Geral

Apresenta as vantagens e desvantagens do uso de sistemas de identificação por rádio frequência (RFID) em relação ao seu predecessor, o código de barras, para o rastreamento de peças e gerenciamento da produção em montadoras de veículos, além de apresentar os principais obstáculos a serem enfrentados na adoção da nova tecnologia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os principais problemas causados devido à má identificação de peças e veículos na indústria automotiva.
- Comparar as vantagens e desvantagens do uso da RFID em relação ao código de barras.
- Apresentar a infraestrutura necessária para implantação de um sistema RFID.
- Apresentar os principais obstáculos a serem superados para a adoção da tecnologia RFID.

1.4 JUSTIFICATIVA

Devido a normas governamentais e a necessidade de aumento na eficiência dos processos, a indústria automobilística deve ser capaz de identificar e rastrear rigorosamente a origem de peças utilizadas nos automóveis, bem como ser capaz de rastrear os produtos em cada uma das etapas de produção. O sistema de identificação utilizado atualmente, no entanto, não é capaz de atender de forma eficiente a esta necessidade devido ao fato de apresentar erros de leitura e consumir um alto tempo de ciclo. No entanto, devido aos desenvolvimentos mais recentes, a tecnologia RFID pode solucionar os problemas de leitura e aumentar a eficiência dos processos.

1.5 METODOLOGIA

Visando atingir os objetivos propostos, inicialmente foi realizado um estudo para identificar os principais problemas causados devido à má identificação de peças e veículos na indústria automotiva. A partir do detalhamento do problema foi realizada uma pesquisa tecnológica a fim de se obter meios para a elaboração de uma solução. Nesta pesquisa foram abordados os principais componentes do sistema RFID e seu funcionamento. Também foram apontadas as vantagens desta tecnologia em relação a seu antecessor, o código de barras. Por fim, foi realizado um estudo a fim de constatar os riscos e as principais dificuldades enfrentadas pela indústria na adoção da nova tecnologia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos dos principais conceitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa. São apresentadas as concepções da tecnologia RFID, os componentes necessários para compor o sistema, bem como a infraestrutura IT necessária para interligar o sistema RFID as aplicações corporativas. Neste capítulo também é abordada a questão da segurança e padronização dos sistemas RFID.

2.1 A TECNOLOGIA RFID

A RFID é uma tecnologia para a identificação automática de objetos físicos, tais como containeres industriais, *paletts*, produtos e também pessoas. A lista de áreas que já utilizam a tecnologia é vasta, incluindo controle remoto para veículos, sistemas antifurto em lojas de departamento, controle de acesso por cartões, etc. Uma área típica da aplicação de RFID é a cadeia de fornecimento, onde a tecnologia possibilita controle automático do estoque, proteção contra roubo, rastreamento de produtos, etc. Em muitos setores de mercado, a tecnologia RFID está substituindo o código de barras. Nos supermercados, no entanto, o código de barras continua dominando. Em relação ao código de barras atualmente utilizado para a identificação de objetos, a RFID diferencia-se através da possibilidade de leitura de grandes quantidades, identificação sem contato visual, possibilidade de guardar dados no objeto, robustez e confiabilidade (FINKENZELLER, 2003).

Ao invés de utilizar luz para coletar ou ler números em um código de barras, ondas de rádio são usadas para ler os *transponders* RFID. Isto significa que o *transponder* não necessita estar na linha de visão para poder ser lido e não é necessário que uma pessoa apresente os objetos ao leitor, eliminando desta maneira custos substanciais com mão de obra.

A tecnologia RFID também possibilita a leitura de vários *transponders* ao mesmo tempo. Não é necessário apresentar cada *transponder* separadamente ao leitor como no código de barras. Todos os *transponders* que estão na área de leitura podem ser lidos quase simultaneamente. Além disso, a RFID possibilita que dados sejam escritos no *transponder*, o que não é possível na tecnologia de códigos de barras. A tabela 1 apresenta um comparativo entre as tecnologias RFID e de código de barras.

Tabela 1. Comparativo do RFID em relação ao Código de Barras

Capacidade	Código de Barras	RFID	Benefício do RDIF
Itens precisam estar na linha de visão	Requerido	Não requerido	Não é necessário orientar os itens
Número de itens que podem ser lidos simultaneamente	Um	Múltiplos	Rápida leitura de inventário
Automação e Precisão	Erros manuais ou de leitura	Totalmente automatizado e bastante preciso	Redução nos erros de leitura
Capacidade de armazenamento	Limitado a códigos	Armazena até Kbs de informação	Acesso aos dados em tempo real em qualquer lugar

Fonte: Adaptado de SANTANA (2012)

2.2 COMPONENTES DO SISTEMA RFID

A figura 1 ilustra os componentes de um sistema RFID, que é composto basicamente por:

- **Etiquetas RFID** - formadas por um chip conectado a uma antena.
- **Leitor** - emite sinais de radio frequência e recebe de retorno respostas das etiquetas.
- **Mediador RFID** - interliga o *hardware* RFID as aplicações corporativas.



Figura 1. Sistema RFID composto pelo *transponder*, antena e mediador.

Fonte: Autoria própria

Através de ondas de rádio, a tecnologia RFID propicia comunicação em tempo real com inúmeros objetos, sem contato físico ou visão (GARCIA; ABARCA, 2007). Estas

características avançadas de identificação e comunicação RFID podem melhorar significativamente a rastreabilidade e visibilidade dos produtos. A tecnologia pode aumentar a precisão, eficiência e velocidade nos processos. Pode-se também reduzir os custos de armazenagem, manuseio e distribuição dos produtos.

Os sistemas RFID necessitam de infraestrutura IT extensiva para prover estabilidade e confiabilidade. Neste sistema, funções de aplicação e sistema são geralmente arranjados em diferentes camadas, entre as quais os dados são trocados. Conforme ilustrado na figura 2, os leitores que lêem os *transponders* RFID estão localizados na camada inferior, a de hardware. Os dados lidos são transferidos para o software RFID, que pode ser instalado em um servidor. Nesta camada, os dados são filtrados e somente os eventos e alertas que são importantes para as camadas superiores são transmitidos para o mediador. O mediador é tipicamente instalado no *Data Center*. Este tipo de arquitetura simplifica o processo de desenvolvimento, instalação, operação e manutenção dos sistemas RFID. O Mediador atua como uma ponte entre as aplicações corporativas. Uma infraestrutura é responsável por monitorar e atualizar os componentes.

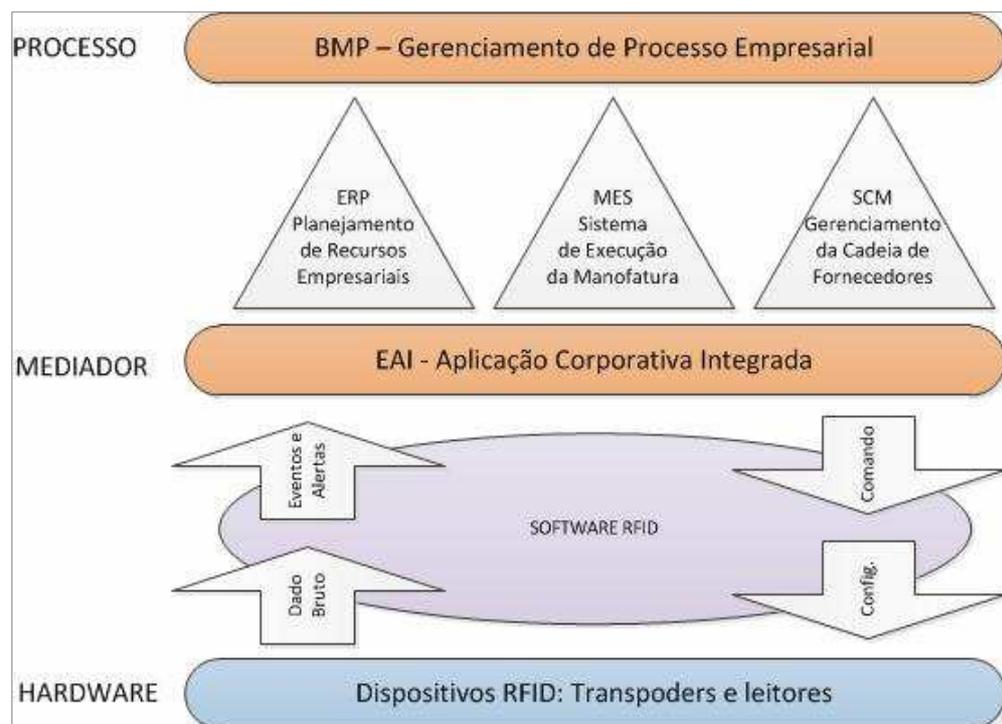


Figura 2. Arquitetura de sistema para uma aplicação RFID.

Fonte: Adaptado de HEINZ (2005)

2.2.1 Transponder RFID

Os *transponders* RFID, também conhecidos como *Tags* ou etiquetas, são compostos por um chip e uma antena. A frequência de operação pode ser desde 125kHz, na faixa de baixas frequências, até 5,8GHz, na faixa UHF. O *desing* da antena depende da frequência de operação.

Os parâmetros de desempenho dos *transponders* são sua distância de leitura, velocidade de transmissão, capacidade de armazenar dados e impacto causado por objetos próximos. A frequência, orientação em relação ao campo de leitura e o tamanho da antena determinam a sua distância de leitura. A frequência e o protocolo de transmissão utilizado determinam a taxa de transmissão. Os *transponders* podem ser ativos, semi-ativos ou passivos. *Transponders* ativos utilizam uma bateria para gerar seus sinais de rádio. Os semi-ativos podem ser estimulados pelo campo de leitura para amplificar a influência do campo. Os *transponders* passivos somente modulam o campo emitido pelo leitor para transferir os dados.

A figura 3 ilustra um exemplo de um *transponder* passivo. As antenas espirais indicam a frequência de operação de 13,56MHz.



Figura 3. Trilhas de um transponder RFID de 13.56MHz

Fonte: SCREENCULUTRESEMERGENTMEDIA (2011)

A figura 4 mostra as trilhas que operam entre 860MHz e 960MHz. Neste caso, as antenas têm formato dipolar para ajudar a estabelecer condições de recepção ótimas em ambientes de trabalho particulares.

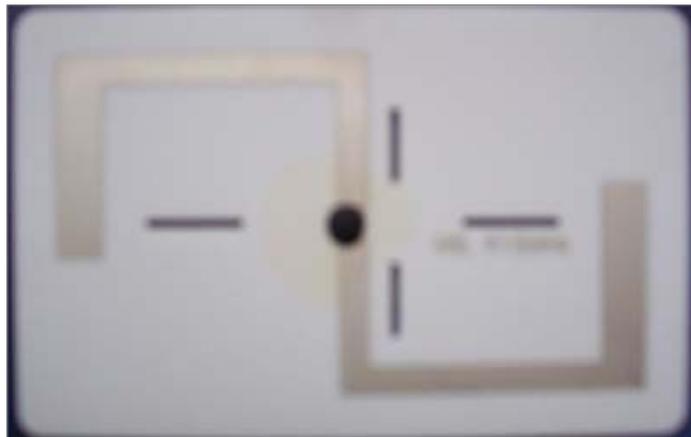


Figura 4. Trilhas de um transponder RFID de 868MHz

Fonte: OURSBIZ (2012)

Quanto à capacidade de leitura/escrita dos leitores, existem três tipos:

- *Transponders* de somente leitura: São produzidos com um número de série único para a identificação. Bancos de dados centrais são utilizados para associar a informação do objeto ao número de série.
- *Transponders* WORM: Permitem somente uma escrita, porém a leitura pode ser feita diversas vezes (Aprox. 100.000 leituras).
- *Transponders* de escrita e leitura: Possuem áreas de escrita. A informação pode ser escrita e alterada. Dados de referência, instruções de manuseio ou processo podem ser guardados. Podem carregar dados de interface entre aplicações e ajudar a prevenir lacunas de integração.

O núcleo dos *transponders* é um chip que armazena informações. Este é composto basicamente por:

- Um módulo de alta frequência para processar sinais e extrair a energia necessária do campo elétrico.
- Uma unidade controladora para processar os comandos recebidos.
- Uma unidade de memória.

Um dos parâmetros mais importantes dos *transponders* é o tamanho da memória disponível. O mais simples contém apenas um bit e não possuem chip. Este tipo de *transponder* é utilizado na indústria de varejo nos dispositivos antifurto e contém somente informações do tipo sim/não que pode ser alterada (pago/não pago). Se os *transponders* continuam junto à mercadoria quando o consumidor sai da loja e passa pelas antenas RFID,

uma sirene de alerta toca indicando que o produto não foi pago ou o *transponder* não foi removido no caixa. Estes *transponders* não contêm informações sobre a mercadoria.

De acordo com os padrões EPC-Global, o chip de memória contém um código eletrônico de produto (EPC) que permite a identificação de cada produto de maneira única (BROCK, 2006). Existem atualmente diferentes formatos de EPCs: 64 bits, 96 bits e 128 bits. O EPC de 96 bits é capaz de identificar mais de 268 milhões de fabricantes, mais de 16 milhões de tipos de objetos e quase 69 bilhões de objetos de cada fabricante (BROCK, 2006).

2.2.2 Antena RFID

A antena RFID é a interface entre a onda eletromagnética gerada pelo leitor e o chip presente no *transponder*.

Antenas dipolares são preferidas na faixa de UHF. No entanto, antenas dipolares muito pequenas têm impedâncias de conexão consideráveis e podem apresentar perdas relevantes. Conseqüentemente, dipolos são muitas vezes dobrados para formar estruturas fractais, que oferecem boas características no que diz respeito às propriedades elétricas.

Antenas dipolo são facilmente produzidas por impressoras, tornando-as bastante baratas. Entretanto, a desvantagem é que os parâmetros da antena são alterados radicalmente pelo material junto a antena. Assim, um dipolo sobre uma superfície metálica é ineficaz, mas suas propriedades são diferentes no papel e no vidro.

A estrutura e espessura do material junto ao dipolo afetam consideravelmente as propriedades da antena do *transponder*. Uma superfície metálica junto ao dipolo pode refletir o sinal do leitor de tal forma que a onda é cancelada e o leitor não consegue ler o *transponder*. Isolar o material também pode causar efeitos semelhantes.

Assim, o *design* e seleção das antenas dos *transponders* são críticos para o funcionamento da aplicação RFID.

2.2.3 Leitor RFID

A informação do *transponder* é escrita e lida por uma unidade leitora, compreendendo as antenas e o dispositivo de leitura e escrita. O dispositivo pode geralmente ser conectado a várias antenas para possibilitar uma melhor identificação dos *transponders*. Os leitores podem ser diferentes funcionalmente e tecnicamente de acordo com o propósito e condições do ambiente.

- Leitores de Passagem: Instalados em portões e vias para caminhões e automóveis. Para esta aplicação, a identificação confiável a longas distâncias é bastante importante, então geralmente múltiplas antenas são utilizadas.
- Leitores Compactos: Combinam antena e dispositivo de leitura em uma estrutura compacta. Este tipo de leitor é uma alternativa mais barata em relação ao leitor de passagem, desde que a distância não seja um fator crítico.
- Leitores Móveis: Dispositivos portáteis para uso móvel. Tais dispositivos podem transferir os dados do *transponder* imediatamente através de comunicação via rádio. Podem também coletar dados e guardar na memória até serem transferidos a um computador.

Outros requisitos, tais como grau de proteção necessária, são ditados pela finalidade do dispositivo. Por exemplo, os leitores e antenas presentes nos terminais de carga devem ser bastante tolerantes a temperatura e devem ter proteção contra poeira e umidade. Para serem capazes de se integrar com camadas mais altas da arquitetura RFID, para configuração e diagnóstico, os leitores RFID devem suportar interfaces adequadas, como por exemplo:

- WLAN e Internet
- Conexões Ponto-a-ponto: Comunicação RS232 ou RS422
- Comunicação móvel: GSM, GPRS ou UMTS

Certos leitores também podem possuir opções de conexão para possibilitar controle de mecanismos simples com entradas e saídas de 24V. A conexão a CLPs também é muito comum neste tipo de aplicação conforme mostrado na figura 5. Neste sistema, uma rede Ethernet Industrial interliga os leitores, CLP e camadas superiores de processo. O protocolo das camadas superiores ainda não possui normatização, resultando em tempo e esforços adicionais para integrar os leitores entre os diversos fabricantes.

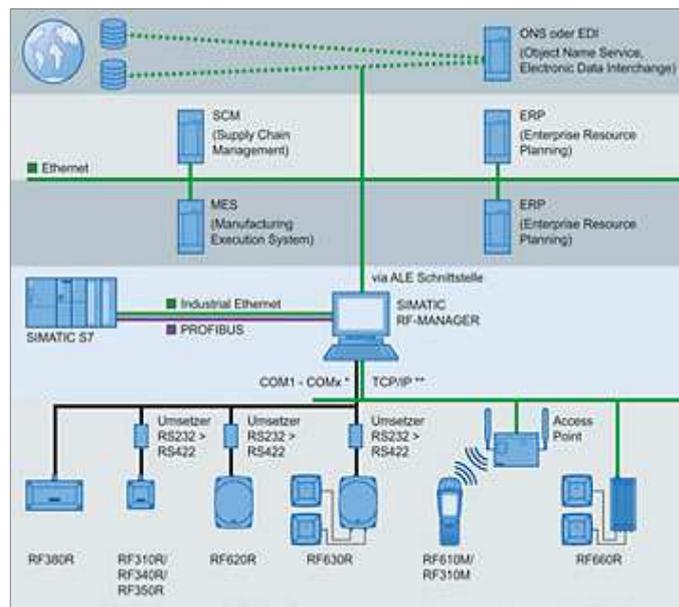


Figura 5. Sistema RFID interligado por uma rede Ethernet Industrial.

Fonte: SIEMENS (2012)

Como requisito funcional, os leitores devem fornecer taxas de leitura e confiabilidade aceitáveis. Este requisito é dependente de parâmetros como o número e orientação das antenas, tipo de *transponders* utilizados, volume de dados armazenados e posição dos *transponders*. Em boas condições, o leitor pode identificar até 100 *transponders* por segundo.

2.2.4 Mediador e Infraestrutura IT

O mediador integra o hardware RFID ao processo de suporte a negócios e possibilita um maior nível de interoperabilidade para o sistema de tecnologia da informação envolvido. Uma infraestrutura IT é responsável por monitorar e atualizar os componentes. Os processos de desenvolvimento, instalação, operação e manutenção do sistema RDIF podem ser simplificados, dependendo da arquitetura utilizada.

2.2.4.1 Nível Intermediário e Arquitetura Orientada a Serviços

A arquitetura orientada a serviços se tornou mais significativa nos últimos anos. Seu objetivo é prover aos usuários sistemas de informação e serviços que são flexíveis e adequados a um baixo custo de manutenção. A arquitetura orientada a serviços também é

responsável por processar os eventos transferidos das operações RFID e usar a Internet como um sistema global de comunicação. Uma ferramenta familiar para este propósito é a linguagem XML, usada para estruturar informações universalmente, independentes da informação nela contida.

No ambiente de arquitetura orientada a serviços, os sistemas de aplicação operacional se comunicam através de serviços de interface ao invés de interfaces bidirecionais. Isto significa que mudanças podem ser feitas para os componentes do software sem afetar outros sistemas e sem a necessidade de testes extensivos.

O nível intermediário conecta o leitor RFID as camadas de negócios. Sua tarefa é processar os eventos RFID e apresentá-los de tal maneira que as aplicações corporativas possam processá-los. Considerando um sistema para gerenciamento de estoque, isto representaria, por exemplo, que itens individuais seriam agregados em grupos antes que os eventos fossem enviados para a aplicação corporativa.

O nível intermediário também monitora o *hardware* RFID. Isto envolve o envio de confirmações e monitoramento de sensores. O nível intermediário sincroniza estes eventos com os resultados de leitura RFID e assegura que leituras duplicadas sejam toleradas ou eliminadas de acordo com as especificações. O número de mensagens geradas na rede deve ser mantido em seu nível mínimo. Nem todos os resultados de leitura RFID devem ser transferidos para as aplicações corporativas.

O *software* pode ser configurado e adaptado para diferentes aplicações para organizar os serviços e atender os requisitos de processo. Para interligar os diferentes serviços é possível utilizar serviços web, XML ou até mesmo enfileiramento de mensagens.

2.2.4.2 Arquitetura Voltada a Eventos

A tecnologia Auto-ID/RFID possibilita a comunicação máquina a máquina e comunicação dirigida a eventos, onde os dados são adquiridos e processados em tempo real. A RFID tem um grande impacto no modo de processamento e *design*. O processo precisa ser otimizado para ser suficientemente transparente, flexível, produtivo e eficiente. Uma arquitetura de eventos possibilita que os dados sejam gravados e organizados. As informações a serem apresentadas são encaminhadas com base nos eventos para as aplicações relevantes para processamento. Este procedimento precisa ser rápido, fácil de integrar e transparente em termos de custos.

Quando a comunicação máquina a máquina é usada e a informação é guardada automaticamente, mensagens de evento e status criadas durante o processo são encaminhadas automaticamente. Nesta arquitetura os serviços de dados são operados pelos sistemas IT e há duas opções para controle de eventos:

- O intermediador controla os eventos e há uma redução no tempo e esforço requerido para a integração e implantação.
- Aplicações ERP são responsáveis por controlar os eventos. É necessário um tempo e esforço considerável para mudar as aplicações existentes e para adaptar e otimizar o processo.

Qualquer decisão deve sempre ser tomada com base na análise custo-benefício. A figura 6 ilustra as camadas e elementos da arquitetura voltada a eventos.

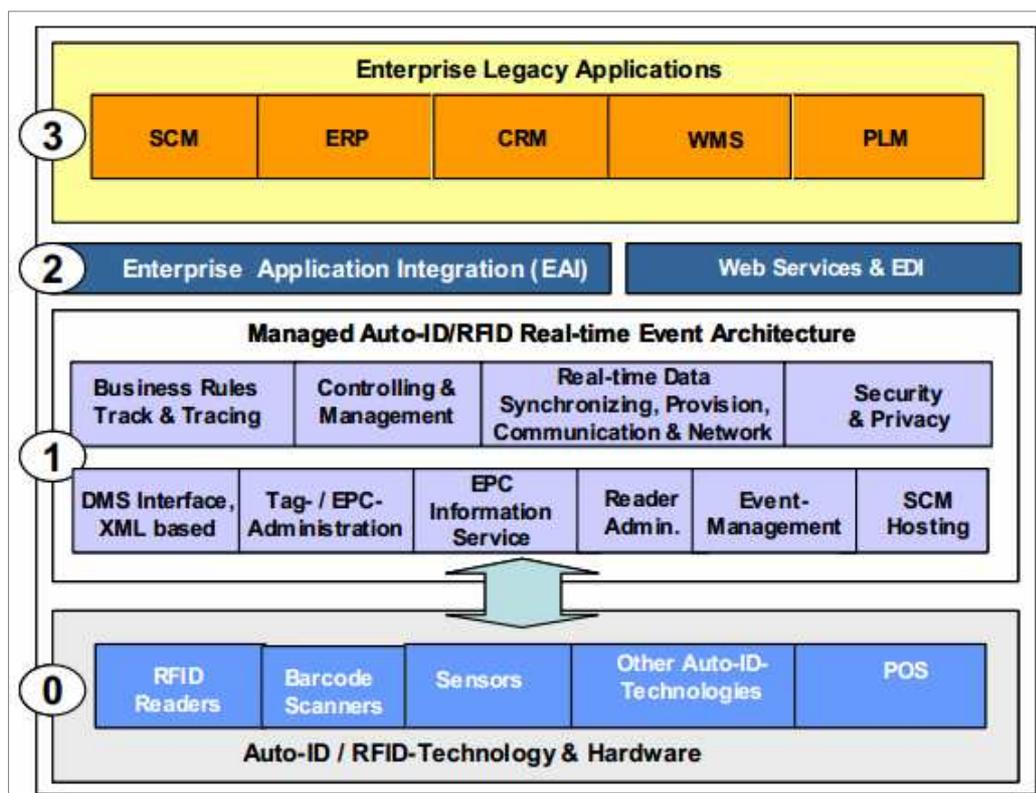


Figura 6. Arquitetura de sistemas voltada a eventos.

Fonte: HEINZ (2005)

A arquitetura voltada a eventos é composta das seguintes camadas:

- **Camada 0**

Dispositivos de entrada de dados para informações Auto-ID

- **Camadas 1 e 2**

Arquitetura de eventos em tempo real Auto-ID

- Interface DMS

A informação usualmente existe na forma de documentos em vez de dados brutos. Uma interface XML pode ser usada para conectar o sistema de gerenciamento de documentos (DMS) ou arquivamento de sistemas, possibilitando que tais documentos sejam guardados de acordo com um critério pré-determinado.

- Administração de Tags

Contém os componentes de administração dos elementos Auto-ID, serviços e bancos de dados.

- Administração de Leitores

É composta pelos elementos de administração dos leitores e interfaces Auto-ID (RFID, código de barras, leitores biométricos).

- Gerenciamento de Eventos

Mecanismo de *scripting* para a criação, gerenciamento e execução automática de eventos.

- Regras de negócios

Mapeamento das funções de negócios (definição das ações para um evento) e para funções de rastreamento de objetos com *tags* RFID.

- Controle e gerenciamento

Provisão de custos de funções para a análise dos processos (Indicadores de Performance KPIs) e gerenciamento compreensivo de funções para a arquitetura e plataforma.

- Sincronização de dados em tempo real, provisão, comunicação e redes

Provisão e sincronização de informações na base das regras de negócios relativas a eventos. Interface de comunicação para aplicações e rede.

- Segurança de acesso e privacidade

Definição de direitos de acesso e dependências para usuários e aplicações. Delimitação de clientes individuais e suas informações/dados.

- **Camadas 3**

Aplicações corporativas: Estas aplicações se comunicam diretamente com a arquitetura voltada a eventos. Como a informação do evento é guardada e processada no nível mediador, os esforços para a integração dos sistemas são mínimos. No entanto, processos de negócios ainda necessitam ser aprimorados nesta camada.

A figura 7 ilustra o processo de produção completo do setor automotivo, abrangendo todo o processo de produção de peças para a montagem do veículo até as vendas. Todo este processo envolve diversas áreas da empresa. Cada ligação nesta cadeia de processos deve funcionar perfeitamente para que o processo alcance seus objetivos. Para possibilitar que os passos individuais do processo sejam monitorados em tempo real, os dados relevantes devem ser coletados automaticamente pelos procedimentos RFID e devem alimentar o sistema de verificação dos processos. Este cenário coloca um fim aos atrasos associados a procedimentos manuais relativos à disponibilidade e integridade dos dados. Este é um grande passo para a criação de uma indústria em tempo real.

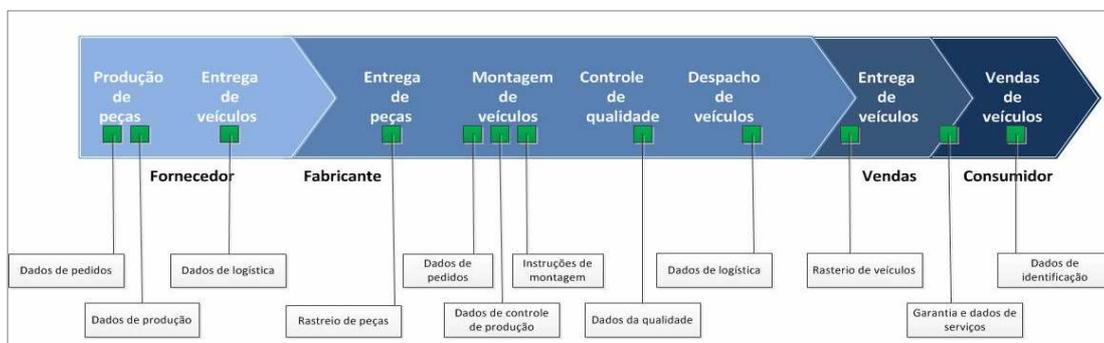


Figura 7. Informações de eventos na cadeia de processos automotivos.

Fonte: Adaptado de FLEISCH; RINGBECK; STROH; PLENGE; STRASSNER (2004).

2.2.5 O Modelo de Camadas para Corporações em Tempo Real

Os modelos de camadas são utilizados para organizar a arquitetura dos sistemas de informação que são compostos por diferentes fornecedores. O número de camadas pode depender da arquitetura do sistema. No entanto, a comparação de diferentes funções revela

um alto nível de congruência. A figura 8 exemplifica as camadas em uma arquitetura de software para corporações em tempo real.

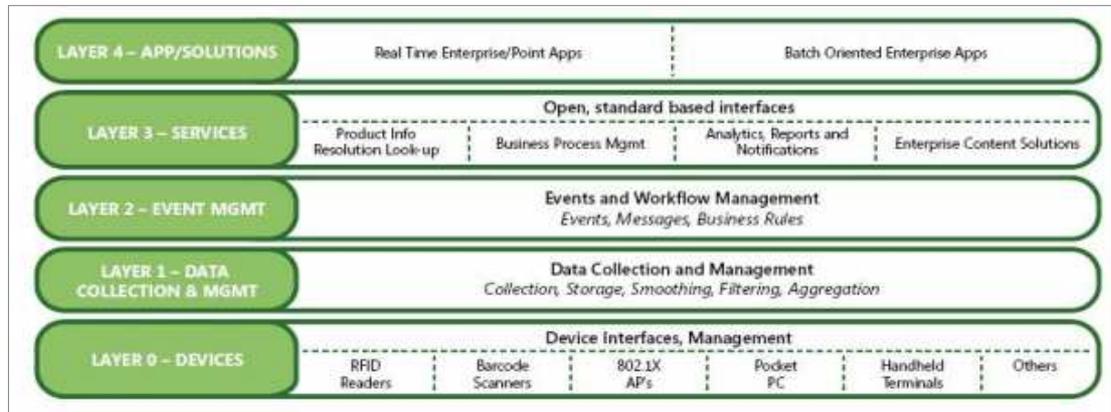


Figura 8. Camadas em uma arquitetura de software para corporações em tempo real.

Fonte: HOLLOWAY (2006)

A arquitetura de software é dividida da seguinte maneira:

- **Camada 0 – Dispositivos**

Hardware: terminais, tais como leitores RFID, impressoras, terminais *Handheld*, entre outros.

- **Camada 1 – Coleta de dados e gerenciamento**

Envolve toda a infraestrutura de *hardware*, sistemas operacionais, redes e outros sistemas de suporte RFID. Mecanismos de filtro que identificam leituras RFID duplicadas e eliminam dados supérfluos.

- **Camada 2 – Gerenciamento de eventos**

Esta camada assegura que os processos de negócios e soluções que usam a informação RFID sejam gerados em tempo real. Esta camada é onde os serviços, parceiros de negócios e rede são integrados.

- **Camada 3 – Serviços**

A camada de serviços pode assumir a forma de um serviço Web, como por exemplo, um serviço de consultas para a extração de informações de produtos de bases de dados situadas na camada dois. Outros serviços presentes nesta camada incluem inteligência de negócios, relatórios e eventos de notificações.

- **Camada 4 – Aplicação**

Contempla aplicações corporativas e sistemas ERP com o objetivo estratégico de suportar corporações em tempo real.

Serviços Web constituem um importante mediador para a interoperabilidade de diferentes sistemas. Algumas áreas necessitam de padronização para assegurar compatibilidade entre fornecedores: Atributos de qualidade de serviços para integração RFID, escalabilidade, entrega de mensagens confiável, tolerância a erros e segurança.

Bancos de Dados

A tecnologia RFID possibilita que as companhias sejam capazes de rastrear e monitorar seus recursos de forma mais transparente e assim sejam capazes de tomar decisões com base em informações em tempo real. Isto somente pode ser feito se os dados extraídos durante os procedimentos RFID sejam armazenados apropriadamente.

O fluxo de dados entre os sistemas IT pode ser bastante complexo, conforme pode ser observado na figura 9, que ilustra a arquitetura EPC-Global. Neste exemplo, os dados RFID alimentam os servidores intermediários da companhia, que então alimentam o *data center* da corporação. Como os dados RFID não podem ser processados por todas as aplicações corporativas, estes são armazenados em um banco de dados.

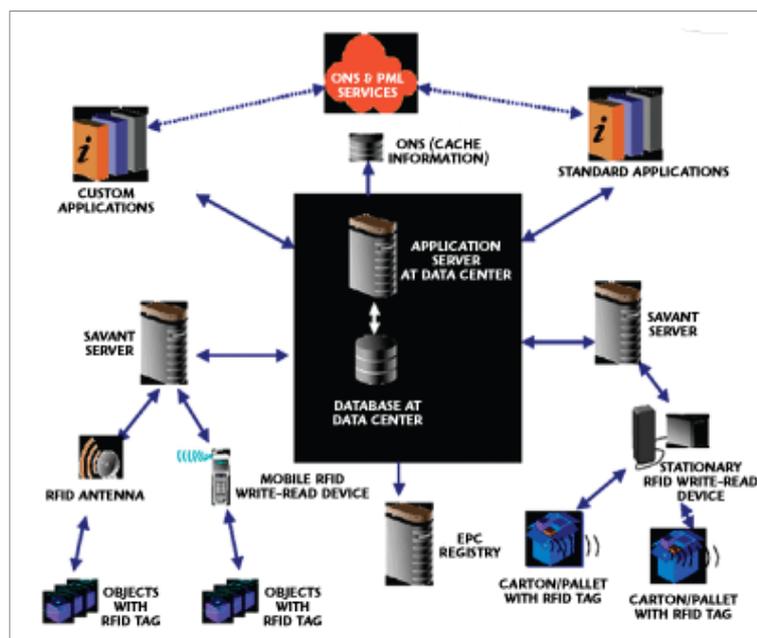


Figura 9. Estrutura de comunicação EPC-Global.

Fonte: MICROWAVE JOURNAL (2009)

O sistema de banco de dados deve atender aos seguintes requisitos:

- Acesso rápido as informações
- Filtro de dados personalizável
- Capacidade de armazenar os dados por um longo prazo.
- Segurança dos dados
- Alta disponibilidade

O banco de dados também auxilia no cumprimento de requisitos de segurança e confiabilidade, assim como no cumprimento de procedimentos internos e auditorias.

2.3 SEGURANÇA DO SISTEMA RFID

A segurança não se limita a somente o sistema RFID, mas também aos aspectos de tudo e todos afetados por este sistema. A grande disseminação dos sistemas de identificação e armazenamento de dados também tem efeitos colaterais e pode levar a novas ameaças a outras áreas e aplicações.

A questão da segurança de RFID deve ser tratada como um processo, não como um evento único. Este processo deve se iniciar na base tecnológica, provendo mecanismos de segurança para aplicações de base. Neste contexto, a informação nas etiquetas deve ser armazenada de uma forma segura. Os protocolos de comunicação devem assegurar que a comunicação seja realizada de forma segura e os sistemas de informação devem usar mecanismos de proteção de última geração.

Embora seja importante analisar a segurança RFID na base do processo de negócios, somente isto não é o bastante devido às características especiais da tecnologia. Para implantar mecanismos de segurança em cada uma das partes do sistema RFID é importante não somente assegurar o processo de negócios, mas também assegurar toda a organização e as pessoas que nela trabalham.

A principal preocupação em relação à RFID é usualmente em relação à leitura indevida das etiquetas. Como as etiquetas podem ser lidas por qualquer equipamento, existe a possibilidade de pessoal não autorizado efetuar a leitura sem respeitar as normas de privacidade e segurança.

2.4 PADRONIZAÇÃO DOS SISTEMAS RFID

Em um ambiente global, a interoperabilidade entre as tecnologias de informação e comunicação é um requisito fundamental. Portanto, as normas RFID - por exemplo, o protocolo de RF, estrutura de dados na *tag*, etc. - são um grande questão para a indústria.

Infelizmente, não apenas normas diferentes coexistem, mas também diferentes agentes com interesses divergentes em relação à normalização. Há duas grandes iniciativas para normatizar a RFID: ISO e EPC-Global. A ISO adota uma perspectiva da indústria com uma abordagem genérica, enquanto EPC-Global adota uma abordagem mais específica do aplicativo, voltada aos usuários finais e suas necessidades.

O gatilho para o interesse elevado em RFID na indústria de varejo ao longo dos últimos anos tem sido as atividades do Auto-ID Center, um projeto fundado em 1999 no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em cooperação com patrocinadores da indústria, para o desenvolvimento de normas RFID. O principal resultado da Auto-ID Center foi o "Código Eletrônico de Produto (EPC)" (SARMA, 2001), um padrão de numeração de bens físicos que deve garantir a interoperabilidade da tecnologia na cadeia de suprimentos. Com base na EPC surgiram especificações para uma série de normas de protocolo para as comunicações entre *transponders*, leitores e sistemas de informação. Desde o término do Auto-ID Center, em outubro de 2003, a tecnologia EPC está sendo comercializada e desenvolvida pela EPC-Global Inc., uma subsidiária da GS1, organização responsável pela padronização da indústria de código de barras (SARMA, 2005). Nos anos seguintes a EPC se tornou a base técnica para as múltiplas iniciativas de RFID de grandes cadeias de lojas como Wal-Mart e Metro.

Por outro lado, as normas ISO são definidas em um nível bastante genérico, concentrando-se predominantemente na interface de comunicação. As normas ISO abrangem as áreas de tecnologia (ISO 18000), dados (ISO 15418), conformidade e desempenho (ISO 18046) e normas de aplicação (ISO 10374). Portanto, as normas ISO podem ser geralmente consideradas independentes em relação aos processos específicos da indústria.

No entanto, EPC-Global está prestes a apresentar suas normas compatíveis com a ISO, com o objetivo de compatibilizar ambos os padrões. O Classe EPC 1 Geração 2, padrão para a interface UHF, por exemplo, corresponde ao padrão ISO 18000-6C.

3. VANTAGENS DA RFID NA PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS

Este capítulo descreve os maiores desafios da indústria automobilística e como a tecnologia RFID pode contribuir para superá-los.

3.1 DESAFIOS ESTRATÉGICOS DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

No atual ambiente de competição global, a indústria automotiva está sujeita a seis grandes desafios em sua cadeia de suprimentos:

- **Cadeia de fornecimento** - Os fabricantes estão alterando seus planos de produção em longo prazo para a produção flexível em curto prazo. Este princípio muda toda a cadeia de fornecimento. Cada cliente realiza os pedidos de acordo com sua demanda atual. Um alto nível de colaboração e troca de informações é necessária entre todos os integrantes da cadeia de fornecimento para se obter eficiência neste processo.
- **Foco no cliente** – A indústria automotiva está procurando maneira de oferecer melhores serviços aos seus clientes, como por exemplo, telemática, entretenimento, financiamento de veículos, serviços de manutenção e reparo, bem como melhorar a disponibilidade de peças de reposição.
- **Descentralização** – As montadoras de veículos estão mais e mais terceirizando atividades para fornecedores e provedores de serviços logísticos. Exemplos desta descentralização incluem: produção de sistemas inteiros ou até mesmo veículos, customização de veículos, logística *in-house*, serviços de tecnologia da informação, serviços de rastreamento, acompanhamento e entrega direta na linha. Isto significa que os fornecedores são responsáveis por uma grande parcela do valor agregado e necessitam de sistemas avançados e informações dos veículos. A integração ao longo da cadeia de fornecedores exige a troca de informações entre os fornecedores e as montadoras de veículos para que estas possam manter a visibilidade e o controle.
- **Customização em massa** – Cada carro é produzido individualmente de acordo com a ordem do cliente. O número de variantes e a complexidade da logística *in-house* e processo de montagem estão aumentando de modelo a modelo. Alcançar alta flexibilidade do processo e manter uma cadeia de fornecimento eficiente para suportar a produção *Just-in-time* é o maior desafio para as montadoras.

- **Gestão da qualidade total** – O alto padrão de qualidade dos automóveis é exigido tanto pelos clientes quanto pela legislação. Para assegurar a segurança dos veículos, as novas leis exigem a documentação de certos processos de fabricação. Deficiências na qualidade podem levar a ações de *recall*.
- **Encurtamento do ciclo de vida** – O ciclo de vida dos veículos está diminuindo. Para a produção de um novo modelo, os processos de produção e logísticas devem ser alterados e estas mudanças podem potencialmente introduzir erros. A diminuição do ciclo de vida dos produtos também é crítica para a disponibilidade de peças de reposição. Assegurar a disponibilidade destas peças de reposição para novos modelos é um grande desafio.

Para superar estes desafios, os fabricantes de automóveis estão buscando a tecnologia da informação para gerenciar seus processos.

3.2 IMPORTÂNCIA DA RFID DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

A tecnologia RFID proporciona melhoras significativas nos processos que são endereçados aos seguintes desafios: Melhorar a eficiência no manuseio através da identificação automática sem a intervenção humana, alta confiabilidade dos dados e leitura em tempo real. A tabela 2 exemplifica como o uso da RFID pode ajudar nos desafios estratégicos da indústria automobilística.

3.2.1 Cadeia de Fornecimento

O maior desafio da cadeia de fornecimento é lidar com ciclos de curta duração. O tamanho dos pedidos depende de planos diretores que são feitos em curtos períodos baseados na necessidade dos clientes. Isto requer flexibilidade do fornecedor para se adaptar as mudanças na demanda em curtos períodos de tempo. Uma solução é manter grandes níveis de estoque, porém isso acarreta em um alto custo. Uma alternativa melhor é utilizar um fornecimento ágil e flexível, porém isto requer eficiência, planejamento confiável, gestão do estoque, da produção e distribuição.

Utilizando-se dados confiáveis sobre o estoque é possível reduzir o risco de falta de peças. Através da habilidade de automaticamente rastrear entradas e saídas nos armazéns, a tecnologia RFID pode ajudar a tornar os dados sobre o estoque mais confiáveis. Um requisito

para o processo de produção flexível é a habilidade de produzir diversas variantes de um produto no mesmo equipamento sem dispendir de um longo tempo para ajustes. A RFID facilita a identificação de partes e ajuda a prevenir a troca de partes por engano. Outro risco que pode ser reduzido com o uso de RFID é a possibilidade de erros de distribuição. Pacotes direcionados ou entregues erroneamente prejudicam o reabastecimento nas instalações do cliente. A RFID pode ser usada na escolha e empacotamento para assegurar que os pacotes sejam entregues corretamente.

Tabela 2. Contribuição da tecnologia RFID em processos críticos.

Desafio estratégico	Processo Crítico	Característica RFID	Contribuição da RFID
Foco no Cliente	- Controle da produção - Distribuição - Manutenção	- Identificação única - Informação em tempo real sobre os produtos	Melhorias no pós-venda.
Cadeia de fornecimento	- Planejamento - Gestão do inventário - Controle da produção - Distribuição - Rastreo e acompanhamento	- Eficiência de manuseio - Precisão dos dados - Informação em tempo real	RFID aumenta a eficiência dos processos, confiabilidade e flexibilidade.
Descentralização	- Rastreo e acompanhamento - Gestão de ativos	- Precisão dos dados - Informação em tempo real	Aumento da confiabilidade do processo
Customização em massa	- Controle da produção - Controle da qualidade	- Identificação única - Sem manuseio	Gestão de complexidade, confiabilidade e eficiência.
Gestão da qualidade total	- Controle da produção - Controle da qualidade	- Eficiência de manuseio - Precisão dos dados	Eficiência na prevenção de erros.
Diminuição do ciclo de vida	- Planejamento - Controle da produção - Rastreo e acompanhamento	- Precisão dos dados - Eficiência de manuseio	Melhoras na operação.

Fonte: Adaptado de FLEISCH; RINGBECK; STROH; PLENGE; STRASSNER (2004).

3.2.2 Foco no Cliente

Incrementar o valor agregado com os consumidores requer uma melhor identificação das necessidades do cliente bem como a oferta de novos serviços. Uma cadeia de fornecedores com um processo de entregas confiável é o primeiro passo na direção de uma

boa prestação de serviços ao cliente. O próximo passo para melhor entender as necessidades dos clientes no pós-vendas é ter o conhecimento sobre o produto que foi comprado. Por exemplo, os fabricantes de veículos devem guardar as configurações sobre os veículos vendidos. Melhor seria se os fabricantes guardassem as informações sobre todo o ciclo de vida dos produtos. Baseando-se nestas informações os fabricantes são capazes de oferecer melhores serviços de manutenção. Muitas partes eletrônicas, por exemplo, necessitam ser programadas individualmente para uma configuração específica. Partes que são etiquetadas com RFID oferecem a possibilidade de serem automaticamente gravadas com seu número de série durante a montagem. Mais tarde, durante a manutenção, as informações de configuração podem ser atualizadas nas concessionárias.

3.2.3 Terceirização

A terceirização aumenta as chances de problemas de qualidade nos processos descentralizados. Contratos de serviços bem elaborados podem minimizar este risco. Por esta razão, os fabricantes estão interessados em monitorar o desempenho de seus prestadores de serviços. Com a habilidade de rastrear processos automaticamente, a RFID, como uma extensão da infraestrutura IT existente, ajuda os fabricantes a manter a visibilidade e também a controlar os processos descentralizados. Assim, a tecnologia RFID reduz o risco da terceirização. Quanto maior o nível de automação e independência de interação humana, mais fácil é a terceirização do processo para os prestadores de serviços. A gestão de ativos é um exemplo de um processo que pode ser terceirizado. Os prestadores de serviços são capazes de prover o mesmo ativo para diferentes clientes e usar a tecnologia RFID para melhorar a eficiência de seu processo.

3.2.4 Customização em massa

O desafio para a customização em massa é a montagem eficiente de diferentes variantes do mesmo produto, na mesma linha de produção de acordo com o pedido do cliente. Quanto mais variantes são montadas na mesma linha, maior é o risco que as partes sejam misturadas. O risco é ainda maior se por alguma razão uma determinada peça seja perdida e por consequência as demais peças que são entregues *just-in-time* sejam misturadas. Isto requer esforço adicional para a identificação precisa de peças, comparação cuidadosa com as variantes da lista de peças e verificações de qualidade. Carros montados incorretamente

necessitam ser reparados ou até mesmo demolidos. A RFID pode facilmente identificar as peças que correm o risco de serem misturadas. Os chicotes elétricos são exemplos de peças que já utilizam RFID para a identificação automática em algumas fábricas de veículos.

3.2.5 Gestão da qualidade total

O objetivo da gestão da qualidade total é a produção com erro zero. Altos níveis de qualidade são necessários para alcançar os requisitos dos clientes. Alta qualidade é esperada como um serviço básico e também é um requisito da lei. Conseqüentemente, os fabricantes enfrentam processos judiciais quando um produto apresenta falhas. Por este motivo os fabricantes utilizam verificações de qualidade para prevenir que erros na montagem dos carros cheguem até o cliente. O custo das inspeções de qualidade representa um impacto significativo no custo total de produção. Assim como para a customização em massa, a identificação automática de peças durante a montagem pode ser usada para melhor integrar o processo de controle de qualidade na linha de montagem para prevenir erros. O uso de etiquetas RFID anexadas às peças pode tanto guardar informações, quanto o status de montagem e qualidade, ou conter um número de identificação da peça, que está ligado a um banco de dados central onde estas informações são armazenadas. Desta forma, informações sobre os passos de montagem necessários estão disponíveis em tempo real. Os passos de montagem executados e as inspeções de qualidade são gravados automaticamente.

Alguns erros no processo de produção são descobertos somente após a entrega do veículo. Neste caso, o veículo em questão necessita passar pelo *recall*. Na maioria das vezes, os *recalls* são causados por erros de *design* do produto ou defeitos de qualidade de componentes. No caso de um *recall* é necessário agir de forma rápida e precisa. Informações precisas sobre quais produtos foram afetados podem ajudar a limitar os custos de *recall* abordando somente os clientes afetados. As informações gravadas através da RFID durante a produção podem ser usadas para tratar tais *recalls*.

3.2.6 Encurtamento do ciclo de vida

A redução do ciclo de vida aumenta a necessidade de uma cadeia de fornecimento flexível. A tendência de evolução de novos modelos sempre desafia a gestão de processos de fornecimento e produção. Neste estágio é importante estabelecer processos confiáveis. Como

o planejamento de novos processos deve ser feito cuidadosamente, a tecnologia RFID pode suportar a execução.

Outro desafio se aplica a distribuição de peças. Como as peças necessitam estar em estoque por pelo menos 10 anos após o modelo de saída de linha, o número de peças que precisam ser gerenciadas é enorme. O encurtamento no ciclo de vida também se aplica as partes eletrônicas do veículo, que representam aproximadamente 30% de um carro médio. Se estas partes não são fabricadas, as montadoras de veículos necessitam estocá-las para uso posterior. O conhecimento da configuração dos carros vendidos pode ser usado para prever a quantidade de peças necessárias.

Embora a cadeia de fornecimento da indústria automotiva tenha a reputação de ser bastante eficiente se comparada a outras indústrias, a visibilidade e precisão das informações ainda está longe de ser perfeita. As montadoras de veículos dependem de um grande número de peças e componentes de seus fornecedores. Devido a esta dependência, a visibilidade da cadeia de fornecimento é mais crucial.

4. OBSTÁCULOS PARA A ADOÇÃO DE RFID NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Nos últimos 15 anos, uma extensa reorganização da cadeia de suprimentos automotivos pôde ser observada. A constante necessidade de reduzir custos, tempo de ciclo e necessidade de aumentar a eficiência tiveram múltiplos resultados, trazendo abordagens mais modernas e inovadoras. Em relação ao mercado, os fabricantes de veículos tiveram que olhar para as novas fontes de produção e desenvolvimento contínuo do produto. Em relação à tecnologia, o crescimento rápido da complexidade dos processos de manufatura tornou a cadeia de fornecimento da indústria automotiva uma das mais intensas no gerenciamento de processos.

No início dos anos 1990, os fabricantes de veículos começaram a reestruturar suas cadeias de suprimentos e suas próprias operações relativas aos processos internos, contando também com a colaboração com os fornecedores. Os principais objetivos destes esforços foram: (a) reduzir o número de fornecedores de transporte direto, (b) estabelecer uma hierarquia nova em cadeia de fornecimento que divide fornecedores em camadas, (c) terceirizar funções que não são mais vistas como potencialmente essenciais, e (d) estender o controle estratégico em toda a cadeia de abastecimento para estabelecer uma "rede" real.

A indústria automotiva percebeu a necessidade de ligações mais apertadas e uma cooperação mais estreita entre todos os parceiros da cadeia de suprimentos. Como consequência, ser capaz de controlar o sistema como um todo requer a capacidade para trocar informações com um grau de velocidade, integridade e precisão muito maior que no passado. Uma mudança das ferramentas clássicas de transmissão de dados (ex. folhas de papel, telefone, etc.) em direção a um sistema mais completo e integrado. Isto foi feito através dos sistemas de Troca de Dados Eletrônicos (EDI) e Planejamento de Recursos Corporativos (ERP) na indústria automotiva, que em combinação com a tecnologia de código de barras, conduziu para um significativo aumento na qualidade da troca de informações (VOPATO; STOCCHETTI, 2002).

Uma década depois, a indústria automotiva continua constantemente buscando tecnologias inovadoras para melhorar a qualidade dos dados de processo e consequentemente a qualidade de suas operações. A tecnologia RFID tem um potencial para a captura e processamento de dados, aumentando a visibilidade dos suprimentos, e significativamente reduzir os tempos de ciclo. A indústria automotiva utiliza a tecnologia RFID desde os anos 1990s. Mas a adoção nos processos de fabricação e logística está só no começo. Isso abrange

todos os processos que estão associados com o movimento e transporte de mercadorias desde a matéria-prima até o produto final que é entregue aos clientes, bem como o retorno do produto para fins de reciclagem, ou seja, gestão de inventário, conjunto de controle, processamento de pedidos, distribuição, transporte, controle de qualidade, controle de roubo, anti-falsificação e armazenagem (FLEISCH; RINGBECK; STROH; PLENGE; STRASSNER, 2004).

4.1 RISCOS E RESPONSABILIDADES

A indústria automotiva é tecnicamente avançada e tem a capacidade de integrar tecnologias inovadoras como a RFID para melhorar seus processos. Devido ao fato de a cadeia de suprimentos automotivos ser bastante colaborativa, a decisão de adotar RFID pelas montadoras irá obrigar os fornecedores a também adotar a tecnologia.

Entretanto, as montadoras de veículos ainda encontram um número grande de desafios e riscos que precisam ser tratados antes da adoção da tecnologia. A figura 10 ilustra os principais desafios para a adoção da tecnologia.

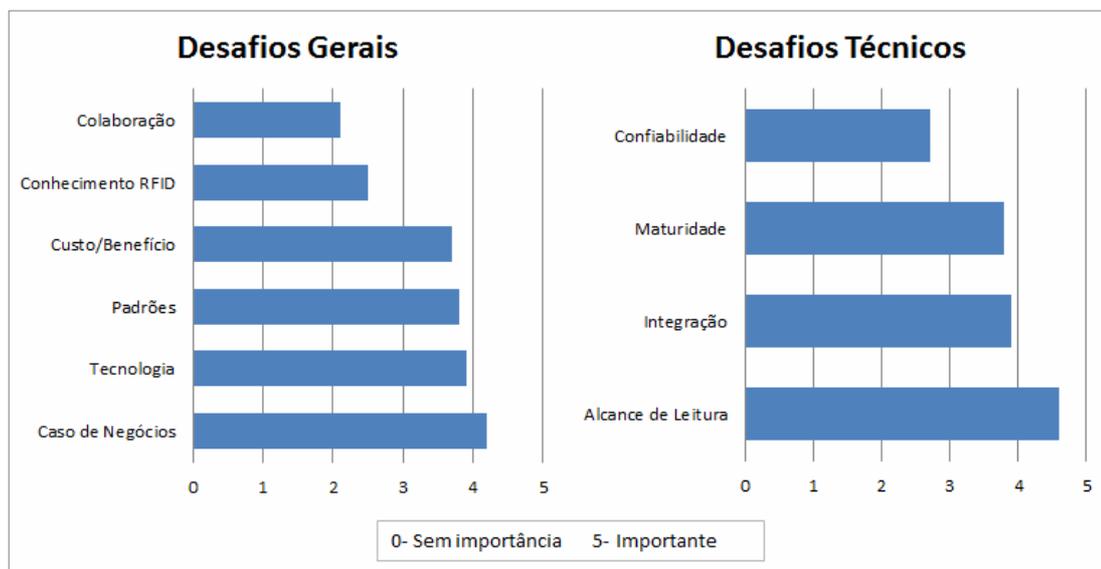


Figura 10. Principais desafios e riscos da tecnologia RDIF.

Fonte: Adaptado de FLEISCH; RINGBECK; STROH; PLENGE; STRASSNER. (2004).

A tecnologia é vista como o segundo maior obstáculo. As montadoras de veículos reclamam da falta de maturidade, confiabilidade, integração e alcance limitado para a leitura

das etiquetas. Estas observações são baseadas em experiências de diversos projetos pilotos, especialmente com a tecnologia RFID passiva (FLEISCH; RINGBECK; STROH; PLENGE; STRASSNER, 2004). Existe inclusive a possibilidade da perda de eficiência nos processos devido às falhas da tecnologia. Da perspectiva operacional, a melhora no processo não justifica o risco da possibilidade de perda de eficiência, visto que o processo operacional já possui um desempenho aceitável.

Embora não apontado pelos fabricantes, a estrutura organizacional também é um importante fator de risco para adoção da tecnologia RFID. A tabela 3 resume as motivações e riscos da adoção da tecnologia.

Tabela 3 - Motivações e riscos da adoção da RFID.

Motivo	Risco
<ul style="list-style-type: none"> - Eficiência Operacional - Necessidade estratégica - Colaboração - Vantagens sobre o código de barras - Liderança tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto Custo - Risco organizacional - Tecnologia: maturidade, confiabilidade, alcance de leitura, etc. - Padronização - Integração

Fonte. FLEISCH; RINGBECK; STROH; PLENGE; STRASSNER. (2004).

A análise dos riscos da tecnologia RFID mostra que a adoção não está tão avançada quanto deveria estar em vista dos benefícios e oportunidades estratégicas oferecidas. Do ponto de vista externo, a maior dificuldade para a ampliação da tecnologia é a falta de uma gestão central e definição para o ambiente corporativo. Assim como na indústria de varejo, a instalação de um time estratégico para definir as estratégias de implantação de RFID poderia ampliar a penetração da tecnologia.

Um fator importante na indústria automotiva é o fato de que o conhecimento existente sobre a tecnologia pode ser usado para a ampliação desta na cadeia de fornecimento. Como tal conhecimento está ausente em outras indústrias, o risco de se afastar dos planos da instalação de RFID devido aos desafios é maior do que aqueles enfrentados na indústria automotiva.

4.2 TENDÊNCIAS ATUAIS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Enquanto sistemas de malha fechada estão consolidados na indústria automotiva, sistemas de malha aberta são raros. A principal característica de um sistema de malha aberta é

que o *transponder* permanece no objeto e deixa o processo ou produção por um longo período de tempo ou não é mais usado no mesmo processo. Exemplos incluem etiquetas em partes específicas, módulos, histórico de manutenção, etc. Já nos sistemas de malha fechada, os *transponders* são reutilizados de tempos em tempos dentro da organização.

A indústria de varejo geralmente trabalha com sistemas abertos, onde os *transponders* são descartados junto com as embalagens. Já nas fábricas de veículos, os sistemas de malha aberta não são muito difundidos devido à alta taxa de perda de dados, *transponders* com custo elevado, necessidade de ampla infraestrutura e falta de um padrão apropriado para a indústria automotiva. (GHILARDI, 2003).

4.3 FATORES PARA A DIFUSÃO DA RFID

A difusão da teoria da inovação fornece conceitos bem desenvolvidos e uma grande quantidade de resultados empíricos que são úteis para o estudo da avaliação e adoção da tecnologia. Isto fornece ferramentas qualitativas e quantitativas para a avaliação da taxa de difusão de uma nova tecnologia e para identificar vários fatores que facilitam ou impedem a adoção ou difusão da tecnologia. Portanto, é natural que a difusão da inovação tornou-se uma teoria de referência muito popular para a pesquisa das tecnologias da informação e comunicação (FICHMAN, 1992).

A maioria dos estudos sugere diferentes fatores responsáveis pela difusão da inovação, tais como características tecnológicas, organizacionais e ambientais, cada uma incluindo fatores e variáveis independentes. Características tecnológicas, por exemplo, incluem variáveis tais como vantagem, complexidade, compatibilidade e observação. Características organizacionais incluem suporte gerencial, estrutura organizacional e tamanho da organização. Características ambientais incluem pressão externa, competição e influência. Estas características fizeram surgir um novo paradigma: Quanto mais as organizações estiverem bem posicionadas em relação a estas variáveis, mais a inovação vai ser adotada. (FICHMAN, 2004).

Entre 1992 e 2003 diversos estudos foram publicados focando na identificação dos fatores que promovem a adoção e difusão de novas tecnologias. A amostra inclui 135 variáveis independentes, oito variáveis dependentes e 505 relações entre variáveis

dependentes e independentes. Foram identificados como os fatores mais importantes para a adoção de novas tecnologias nas organizações o suporte gerencial, pressão externa, profissionalismo e fontes de informação externa. No estudo da adoção de novas iniciativas, BRANDFORD e FLORIN (2003) encontraram a compatibilidade tecnológica, complexidade e reengenharia dos processos de negócios como sendo as variáveis de característica tecnológica. Para a classe de características organizacionais, foi enumerado o suporte gerencial, a estratégia, o consenso nos objetivos da organização, o treinamento e a pressão competitiva como os fatores mais importantes.

Em 1994, PREMKUMAR, RAMAMURTHY e NILAKANTA apresentaram um estudo mais específico lidando com a adoção da troca de dados. Os autores identificaram como variáveis independentes a compatibilidade, complexidade, vantagem relativa e custo como os fatores principais para a difusão de sistemas de informação.

5. ESTUDO DE CASOS

Neste capítulo são apresentados dois casos em que a tecnologia RFID foi empregada na resolução de problemas de rastreabilidade dos veículos na linha de montagem para a correta colocação das peças e também para o controle de qualidade dos veículos.

5.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO FLEXÍVEL NA BMW

A RFID é uma tecnologia chave para a indústria de manufatura quando se trata dos conceitos de produção flexível. Uma das maiores vantagens nesta área é o fato de os transponders não serem suscetíveis à poeira e condições rigorosas do ambiente. Alguns transponders são capazes de suportar temperaturas superiores a 200°C. A possibilidade de salvar dados em tempo real também possibilita a utilização de diversas arquiteturas de sistemas diferentes.

Sabendo disto, a BMW instalou em sua planta em Regensburg, na Alemanha, um sistema de localização em tempo real (RTLS) baseado na tecnologia RFID. O propósito deste sistema é combinar o carro sendo montado com as ferramentas necessárias para realizar o trabalho, automatizando assim o sistema que fornece a cada veículo a sua montagem específica, baseada no número de identificação do veículo (VIN). O sistema de localização em tempo real possibilita ao fabricante saber a localização de cada veículo sendo montado com uma precisão de 15 cm ao longo dos 2 km de sua linha de montagem.

Devido ao fato de os clientes da BMW usualmente requisitarem carros customizados, cada veículo é montado de acordo com os requisitos individuais de cada cliente, com interiores específicos, bancos e partes do motor únicas para cada pedido. Providenciar aos operadores da linha de montagem instruções específicas de instalação se provou ser bastante difícil. A cada posto ao longo da linha de montagem, por exemplo, são concedidos apenas 50 segundos para a montagem das peças antes que o próximo carro assuma o posto. Os operadores devem saber rapidamente que peça deve ser instalada em cada carro e também aplicar o torque apropriado de acordo com a particularidade de cada peça.

A empresa testou diversas soluções, incluindo sistemas de RFID ativos e passivos, sistemas de identificação por infravermelho e códigos de barra para ajudar os operadores a determinar rapidamente quais peças cada carro necessita quando chega à linha de montagem. Recentemente, a BMW havia estabelecido uma solução em que etiquetas de códigos de barra eram anexadas à carroceria dos carros. Os operadores utilizavam de leitores de códigos de

barra *handheld* para ler cada código, que era então enviado a outro sistema que fazia a ligação entre o número de identificação do veículo e os requisitos de montagem. Após a leitura, o operador deveria deixar o *handheld* sobre uma mesa e pegar sua ferramenta, que receberia instruções de aplicações de software automaticamente. Estas instruções eram programadas para realizar as tarefas específicas de cada veículo, tais como torque específico para a colocação de parafusos. Este sistema, no entanto, consumia muito tempo e estava suscetível a erros. Em alguns casos, as etiquetas de código de barras simplesmente não eram lidas por que o operador esquecia ou simplesmente não tinha tempo para efetuar a leitura.

O departamento de qualidade frequentemente identificava peças instaladas incorretamente nos veículos e os enviava para retrabalho. O custo anual devido a tais erros chegava a €1 milhão, segundo Richard Green, CEO da Ubisenses.

De acordo com Richard Green, a Ubisenses desenvolveu o Sistema de Assistência a Ferramenta (TAS), que combina software de controle de ferramenta com a tecnologia de localização em tempo real para ajudar o fabricante a localizar e identificar os ativos de produção, veículos e ferramentas de torque em 120 postos de trabalho, onde aproximadamente 1000 veículos são montados todos os dias.

O sistema, que foi totalmente desenvolvido em 2009, possibilita a BMW identificar cada veículo conforme este se move pela linha de montagem, e reconhecer não somente sua localização, mas também todas as ferramentas usadas em cada veículo. Precisão extrema foi necessária para apontar a localização, visto que cada veículo na linha de montagem se situa a aproximadamente 30 centímetros um do outro e usualmente cinco ferramentas são usadas ao mesmo tempo em cada veículo.

Quando a carroceria vazia entra na linha de montagem, um operador codifica o número de identificação do veículo em um *transponder* RFID e este é afixado ao capô magneticamente. O *transponder* então transmite a identificação do veículo em uma série de sinais entre 6GHz e 8GHz. Aproximadamente 380 leitores RFID estão instalados na linha de montagem para a localização de cada carro, conforme ilustra a figura 11.



Figura 11. Transponder RFID utilizado na localização dos veículos na fábrica da BMW em Munic, na Alemanha.

Fonte: SIEMENS (2006)

Após a leitura do *transponder*, os leitores transmitem a informação para o sistema mediador, que envia as instruções apropriadas para as ferramentas sendo usadas no veículo em questão.

A empresa também pode utilizar os dados para outros propósitos, como a localização do veículo para serviços ou ajustes depois que a montagem já foi realizada. Após a aprovação do departamento de qualidade da fábrica, o *transponder* é removido do veículo e o emblema da BMW é colado no capô. O *transponder* então é reutilizado em outro veículo.

De acordo com Green, o maior desafio na concepção do sistema foi garantir que os *transponders* pudessem ser lidos de forma confiável em um ambiente onde há bastante peças metálicas, visto que o metal pode potencialmente interferir no sistema. A habilidade de localizar com precisão as ferramentas e veículos foi possível devido ao grande número de leitores instalados na linha de montagem (SWEDBER, 2009).

5.2 DAIMLER ADOTA A RFID PARA MELHORAR O CONTROLE DE QUALIDADE

Durante testes conduzidos em sua área de controle de qualidade em uma planta na Alemanha, a montadora Daimler descobriu que pode utilizar *transponder* RFID UHF, em

combinação com leitores e antenas, para obter um sistema de rastreamento em tempo real que fornece a localização dos veículos Mercedes Classe S.

Os testes foram parte de um projeto de três anos lançado em 2010 chamado de *RFID-based Automotive Network* (RAN), com um orçamento de €45 milhões, envolvendo três grandes montadoras: Daimler, BMW e Opel. Além das montadoras, o projeto conta com a participação de fornecedores de peças, software e organismos de pesquisa e é suportado pelo ministério de economia e tecnologia alemão.

O projeto RAN engloba sete casos de uso, um deles para rastrear os veículos se movendo através do processo de controle de qualidade. A figura 12 ilustra um dos 16 postos de controle de qualidade monitorado pelas antenas RFID.

Após o processo de montagem ter sido finalizado, o veículo entra a seção de avaliação de qualidade na planta da Daimler. Os carros são movidos através de várias estações de testes, onde seus motores, componentes eletrônicos, dirigibilidade e carroceria são avaliados. Se um veículo reprova no teste de qualidade, este é levado para a zona de garantia de qualidade. Se, a qualquer momento estas zonas estiverem cheias, os carros são temporariamente guardados em uma zona de transição.

Considerando todas as movimentações dos veículos na montadora, o rastreamento manual através das zonas de transição e de garantia de qualidade pode ser dispendioso e pode necessitar de bastante tempo. Um dos principais objetivos da Daimler foi desenvolver um sistema capaz de rastrear automaticamente os veículos em tempo real, sem custos associados à mão de obra e atrasos nos processos de negócios. A empresa também deseja reduzir o tempo gasto pelos administradores para monitorar a área de garantia de qualidade. Atualmente, os administradores precisam caminhar através de cada uma das zonas para assegurar que os processos de testes estão funcionando corretamente e de acordo com o cronograma. No futuro, será possível realizar esta tarefa através de um mapa eletrônico de carros.



Figura 12. Antenas RFID nos postos de controle de qualidade na Daimler.

Fonte: O'CONNOR (2012)

Na concepção do projeto foi utilizado um leitor conectado a 16 antenas. Foram avaliados 12 modelos de *transponders* UHF passivos utilizando esta infraestrutura. De acordo com Werthmann, pesquisador envolvido no projeto, a Daimler teve diversos critérios para a seleção da tecnologia RFID. As tecnologias foram testadas em veículos Classe S dentro das zonas de garantia de qualidade na fábrica de Sindelfingen, em Stuttgart na Alemanha. O sistema deveria ser capaz de identificar *transponders* localizados a 3 metros ou menos um do

outro para que a empresa pudesse distinguir os carros nos postos adjacentes. Os *transponders* também deveriam ser capazes de fornecer informações confiáveis, apesar do ambiente rico em componentes metálicos, que poderiam causar interferência.

A fim de simular cenários do mundo real, a empresa testou o processo de leitura das etiquetas passivas enquanto as portas do carro estavam sendo abertas ou fechadas, enquanto os veículos estavam em movimento e enquanto os trabalhadores usavam equipamentos eletrônicos operando na mesma frequência de rádio (868 MHz). Em todos esses cenários, apenas houve interferência quando havia equipamentos RFID de outras marcas operando na mesma frequência.

A empresa também testou vários posicionamentos para os *transponders* e descobriu que o melhor lugar para colocá-los era atrás do espelho retrovisor, especialmente nos carros que possuem espelhos com invólucro de plástico.

O próximo passo é testar sistemas mediadores diferentes. Estes testes são focados na filtragem e qualidade de dados e também na integração com os sistemas de informação da Daimler. Além disso, a empresa está realizando testes de interferência eletromagnética a fim de determinar se as etiquetas RFID podem ser incorporadas ao espelho retrovisor de um veículo durante a fabricação, eliminando assim a necessidade de um passo subsequente para a fixação da etiqueta no espelho retrovisor (O'CONNOR, 2012).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito desta monografia foi examinar a adoção da tecnologia RFID na indústria automotiva, listando as vantagens e desvantagens em relação a outras tecnologias de identificação automática, como o código de barras. A pesquisa identificou as principais dificuldades encontradas pelos fabricantes de veículos na adoção da nova tecnologia e também a necessidade da padronização da RFID, mostrando os motivos pelos quais o código de barras e a RFID ainda irão coexistir.

6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Existem diversas tecnologias de identificação automáticas sendo utilizadas em conjunto na indústria. O código de barras continua tendo um papel importante tanto na indústria quanto no comércio, seja ajudando a controlar o inventário de peças ou nos pedidos nos caixa de supermercados. Entretanto, devido às qualidades da RFID, tais como eficiência de manuseio e precisão dos dados, a indústria está adotando a tecnologia com um papel complementar as demais técnicas de identificação automática.

Neste contexto, foram identificados os fatores mais importantes para facilitar a adoção da tecnologia RFID na indústria automotiva. Iniciando pela identificação dos principais conceitos da tecnologia RDIF, arquitetura, infraestrutura e componentes do sistema e também dos aspectos de segurança do sistema e dos processos afetados por ele. Em relação à padronização, foram apresentadas as iniciativas do padrão EPC-Global e ISO visando à compatibilidade e interoperabilidade entre os componentes.

O resultado da análise dos diversos estudos, bem como dos estudos de casos da produção flexível na BMW e do controle de qualidade na Daimler, revela que apesar de a indústria automotiva utilizar a tecnologia RFID desde dos anos 1990s, ainda são enfrentadas dificuldades devido à falta de maturidade, confiabilidade, integração e alcance de leitura limitado da RFID. Entretanto, devido ao aumento da competitividade, a indústria automotiva está sendo obrigada a melhorar seu controle de produção, distribuição, rastreamento de ativos e controle da qualidade e está utilizando a tecnologia RFID para alcançar tais objetivos. Em contraste a outros estudos de difusão da tecnologia, os fatores mais importantes em relação ao uso da tecnologia RFID na indústria automotiva são os fatores tecnológicos, como a compatibilidade, complexidade e reengenharia dos processos; e os fatores organizacionais, como o suporte gerencial, estratégia e consenso nos objetivos da organização. O motivo para

isto é o fato da adoção e difusão da RFID ainda estar em um estágio preliminar e questões básicas de implantação ainda precisam ser resolvidas. Apesar destas questões, a indústria automotiva está sendo capaz de alavancar o poder do código de barras e RFID para alcançar novos níveis de eficiência, tanto internamente quanto em sua cadeia de fornecedores, para poder enfrentar os desafios da customização em massa, compensação do ciclo de vida dos produtos e controle de qualidade dos veículos.

REFERÊNCIAS

BRANDFORD, M.; FLORIN, J. **Examining the Role of Innovation Diffusion Factors on the Implementation Success of Enterprise Resource Planning Systems**. International Journal of Accounting Information Systems, 2003.

BROCK, D. L. **The electronic product code (EPC): a naming scheme for physical objects**. MIT Auto-ID Center, 2006.

FICHMAN, R.G. **Information Technology Diffusion: A Review of Empirical Research**. Proceedings of the Thirteenth International Conference on Information Systems (ICIS), 1992.

FICHMAN, R.G. **Real Options and IT Platform Adoption: Implications for Theory and Practice**. Information Systems Research, 2004.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification**. John Wiley & Sons, 2003.

FLEISCH, E.; RINGBECK, J.; STROH, S.; PLENGE, C.; STRASSNER, M. **From Operations to Strategy: The Potential of RFID for the Automotive Industry**. Mobile and Ubiquitous Computing Lab, 2004.

GARCIA, Y.; ABARCA, C. A. **RFID enhanced MAS for ware-house management**. International Journal of Logistics: Research and Applications, 2007.

GHILADI, V. **The importance of international standards for globally operating businesses**. Journal of IT Standards & Standardization Research, 2003.

HEINZ, B. **RFID White Paper: Technology Systems and Applications**. Britkom, 2005.

HOLLOWAY, S. **RFID: An Introduction**. 2006. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479355.aspx>. Acesso em: 08 de março de 2012.

MATA, V.; MOBERG, C. **The Development of a Research Agenda for RFID**. Adoption and Effectiveness in Supply Chains. Revista Information Systems, 2006.

MICROWAVE JOURNAL. **EPC global oriented RFID applications and communication structure**. 2009. Disponível em: <http://www.microwavejournal.com/articles/7632-rfid-the-next-generation-auto-id-technology>>. Acesso em: 12 de maio de 2012.

NELSON, J. E. **Scanning's Silver Celebration**, Twenty-Five Years Behind Bars. London: Harvard University Wertheim Publications Committee, 2001.

O'CONNOR, M. C. **Daimler Sees Potential Benefits of Using RFID to Track Quality-Control**. 2012. Disponível em <<http://www.rfidjournal.com/article/view/9421/1>>. Acesso em 20 de março de 2012.

OURSBIZ. UHF 868MHz or 915MHz Ceramic RFID Tag. 2012. Disponível em: <http://www.oursbiz.com/Company/52607/Uhf_868mhz_Or_915mhz_Ceramic_Rfid_Tag_Uhf_Car_Glass_Tag.aspx>. Acesso em: 08 de maio de 2012.

PREMKUMAR, G.; RAMAMURTHY, K.; NILAKANTA, S. **Implementation of Electronic Data Interchange**: An innovation diffusion perspective. Journal of Management Information Systems, 1994.

SANTANA, S. **RFID – Identificação por Rádio Frequência**. 2012. Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_04.html>. Acesso em: 01 de março de 2012.

SARMA, S. **A history of the EPC**. Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, 2005.

SARMA, S. **Towards the 5¢ Tag**. Auto-ID Center, MIT, Cambridge, MA, 2001.

SCREENCULTURESEMERGENTMEDIA. **RFID Tags**. 2011. Disponível em: <<http://screencultureemergentmedia.blogspot.com.br/2011/01/rfid-tags.html>>. Acesso em: 08 de maio de 2012.

SIEMENS, **Die neue Software SIMATIC RF-MANAGER**. 2008. Disponível em: <<http://www.automation.siemens.com/mcms/identification-systems/de/rfid-systeme/software/Seiten/default.aspx>>. Acesso em: 04 de março de 2012.

SIEMENS, **Success Stories Automotive Industry**. 2006. Disponível em : <<http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/automotive-manufacturing/references/pages/default.aspx>>

SWEDBER, C. **BMW Finds the Right Tool**. 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/5104/1>>. Acesso em: 16 de março de 2012.

VOLPATO, G.; STOCCHETTI, A. **Managing information flows in supplier-customer relationships**: issues, methods and emerging problems. MPRA Paper, University Library of Munich, Germany, 2002.