



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UNICEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS - FATECS
DISCIPLINA: PROJETO FINAL

SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VAGAS E VEÍCULOS EM ESTACIONAMENTOS

MARIO GOMIDE CARVALHO

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Orientadora: Prof^a M.C. Maria Marony Sousa Farias Nascimento

Brasília – DF, novembro de 2008.

MARIO GOMIDE CARVALHO

**SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VAGAS E
VEÍCULOS EM ESTACIONAMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das atividades para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Computação, do curso de Engenharia de Computação da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas de Brasília – UniCEUB.

Prof^a Orientadora: Professora M.C. Maria Marony Sousa Farias Nascimento
Brasília – DF, 2008

Autoria: Mario Gomide Carvalho

Título: Sistema de Identificação Automática de Vagas e Veículos em Estacionamentos

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das atividades para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Computação, do curso de Engenharia de Computação da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.

Os componentes da banca de avaliação, abaixo listados, consideram este trabalho aprovado.				
	Nome	Titulação	Assinatura	Instituição
1				
2				
3				

Data da aprovação: ____ de _____ de _____.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado às pessoas que acreditaram no meu trabalho e no meu potencial, em especial a meus pais, à minha namorada e aos grandes amigos.

AGRADECIMENTO

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais por terem me suportado na minha escolha profissional e me norteado quanto aos objetivos de vida e ambições. Agradeço também à minha namorada Bárbara Gomide, que durante todos esses anos me ajudou e me inspirou. Agradeço aos meus amigos Luis André Bazzi e Gustavo Maciel pela grande ajuda e suporte, ao meu chefe Marco Antônio Sucupira pela compreensão e oportunidades e à minha orientadora Maria Marony, por ter acreditado e confiado no meu trabalho. Um obrigado especial a todos que me apoiaram e que comigo enfrentaram e superaram as dificuldades durante este curso de Engenharia da Computação.

“Make everything as simple as possible, but not simpler.”

- Albert Einstein

RESUMO

O projeto descrito neste documento propõe uma solução para minimizar problemas encontrados em estacionamentos. Com o uso de tecnologias de detecção e identificação automática, é descrito neste projeto como elaborar um sistema integrado que apresente maior conforto e segurança para os usuários dos estacionamentos dotados de tal sistema.

O objetivo deste projeto é utilizar RFID (identificação por frequências de rádio) para identificar os veículos que entram e saem de um estacionamento e registrar esse evento em um banco de dados. Em seguida, apresentar por meio de um painel (monitor), quais são as vagas disponíveis. Para detecção dos estados das vagas, é utilizado um sistema microcontrolado conectado a um computador central, onde é feita a contabilização.

Este documento apresenta também uma implementação do referido sistema em escala reduzida com equipamentos e metodologias de caráter acadêmico, porém que comprovam a eficácia na utilização das tecnologias indicadas.

Palavras-chave: RFID, identificação automática de veículos (IAV), controle de estacionamentos, controle de vagas, sensores de posição e presença, laço indutivo, microcontrolador, PIC16F877A, middleware RFID.

ABSTRACT

The project described in this document proposes a solution to minimize problems found in car parking areas. By using detection and automatic identification technologies, the project presents details of how to elaborate an integrated system that will offer more comfort and safety to the drivers.

The objective is to use the RFID (radio frequency identification) in order to identify the vehicles that enter and exit a parking area and therefore register this event in a data base. Afterwards, vacant slots will be detected and displayed on an information panel (monitor). For detection of the status of the parking slots, a microcontrolled system is used. This system is connected to a central computer in which the accountancy is carried out.

This document also presents the implementation of the referred system in a reduced scale with equipment and academic methodologies that prove the efficiency of utilizing the above mentioned technologies.

Key words: RFID, automatic vehicle identification (AVI), control of car parking areas, control of parking slots, position and presence sensors, inductive loop, microcontroller, PIC16F877A, RFID middleware.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	13
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Motivação	15
1.2. Objetivos	16
1.3. Metodologia	17
1.4. Estrutura	18
2. TECNOLOGIAS - RFID E TRANSDUTORES	20
2.1. RFID – Identificação por Frequências de Rádio	20
2.1.1. Histórico	23
2.1.2. Exemplos de Sistemas RFID	24
2.1.3. Antenas	26
2.1.4. Identificadores (TAGS)	27
2.1.5. Leitores	34
2.1.6. Middleware	36
2.2. Transdutores	38
2.2.1. Conceitos	38
2.2.2. Elementos	39
2.2.3. Tipos de Transdutores	42
2.2.4. Transdutores de Posição	42
2.2.5. Transdutores de Proximidade Indutivos	43
3. IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VAGAS E VEÍCULOS	45
3.1. Organização em Estacionamentos	45
3.2. IAV (Identificação Automática de Veículos)	46
3.3. RFID em Automóveis	48
3.3.1. Leitor RFID	51

3.3.2.	Middleware RFID	52
3.4.	Transdutores em Estacionamentos	53
3.5.	Sistema Microcontrolado de Identificação.....	55
3.6.	Sistema Contabilizador	57
3.7.	Painel Informativo	58
4.	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	59
4.1.	Camada IAV.....	59
4.2.	Camada Central	62
4.2.1.	Sistema de Registro RFID.....	62
4.2.2.	Banco de Dados <i>bd_rfid</i>	64
4.2.3.	Sistema Contabilizador.....	65
4.3.	Camada PGI.....	67
4.3.1.	Sistema Microcontrolador.....	68
4.3.2.	Circuito Simulador de Vagas	71
5.	TESTES E RESULTADOS OBTIDOS.....	73
6.	CONCLUSÃO	75
6.1.	Integração de disciplinas	76
6.2.	Dificuldades encontradas	77
6.3.	Propostas de projetos futuros.....	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
	ANEXO A – Resolução 212 do CONTRAN (SINIAV).....	83
	ANEXO B - Faixas de Frequência para RFID (Fonte: RFID-Handbook)	90
	APÊNDICE A - Código-fonte da criação do banco de dados do middleware RFID.....	91
	APÊNDICE B - Código-fonte do programa em C do middleware RFID.....	92
	APÊNDICE C - Código-fonte do programa em C do sistema contabilizador.	95
	APÊNDICE D - Código-fonte da criação do banco de dados de vagas.	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	13
Figura 1.2	14
Figura 2.1	21
Figura 2.2	22
Figura 2.3	27
Figura 2.4	28
Figura 2.5	32
Figura 2.6	34
Figura 2.7	35
Figura 2.8	37
Figura 2.9	39
Figura 2.10	41
Figura 2.11	43
Figura 3.1	51
Figura 4.1	60
Figura 4.2	62
Figura 4.3	66
Figura 4.4	68
Figura 4.5	70
Figura 4.6	71
Figura 4.7	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	30
Tabela 2.2	31
Tabela 4.1	61
Tabela 4.2	72
Tabela 5.1	73
Tabela 5.2	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A/D – Analógico/Digital

IAV – Identificação Automática de Veículos

DIP-SWITCH – Dual In-Line Package Switch (Componente de Chaves Comutadoras)

EEPROM – Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory (Memória de Somente Leitura Programável e Eletronicamente Apagável)

EAS – Electronic Article Surveillance (Monitoramento Eletrônico de Artigos)

E/S – Entrada/Saída

HF – High Frequency (Alta Frequência)

IFF – Identifu Friend or Foe (Identificar Amigo ou Inimigo)

LF – Low Frequency (Baixa Frequência)

OCR - Optical Character Recognition (Reconhecimento Óptico de Caracteres)

PGI – Parking Guidance and Information (Informação e Auxílio para Estacionar)

RF – Radio Frequência

RFID – Radio Frequency Identification (Identificação por Frequência de Rádio)

SINIAV – Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos

SQL – Structured Query Language (Linguagem Estruturada de Consulta)

SRAM – Static Random Access Memory (Memória Estática de Acesso Aleatório)

UHF – Ultra-High Frequency (Frequência Ultra-Alta)

USB – Universal Serial BUS (Barramento Universal Serial)

1. INTRODUÇÃO

Baseando-se em sistemas de detecção de presença de veículos, este projeto aborda a implementação de uma solução integrada de identificação de automóveis por “placas eletrônicas”, o registro dos eventos de entrada e saída dos mesmos em banco de dados, a contabilização e a apresentação em painel informativo das vagas disponíveis para motoristas que adentram um determinado estacionamento particular dotado de tal sistema.

Este projeto estabelece as considerações necessárias para a implantação dos sistemas referidos e cada um é descrito de acordo com sua tecnologia.

Na Figura 1.1 é apresentada a organização deste projeto em três camadas. A primeira camada engloba o sistema de Identificação Automática de Veículos (IAV) com a tecnologia RFID (Radio Frequency Identification, ou Identificação por Frequência de Rádio). A segunda camada trata do sistema PGI (Parking Guidance and Information, ou Informação e Auxílio para Estacionar), responsável pela identificação das vagas e seus estados (ocupado ou livre) e a apresentação de informações aos motoristas. A terceira camada integra em um computador central, os sistemas de PGI e IAV.

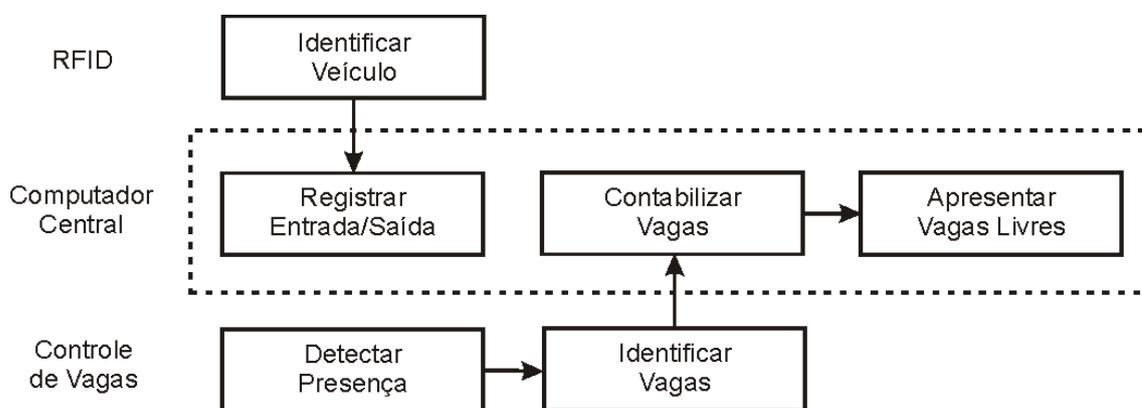


Figura 1.1 – Diagrama de blocos da topologia do projeto. (Fonte: Autor)

A contextualização da solução para ambientes de estacionamentos pode ser visualizada de acordo com a Figura 1.2.

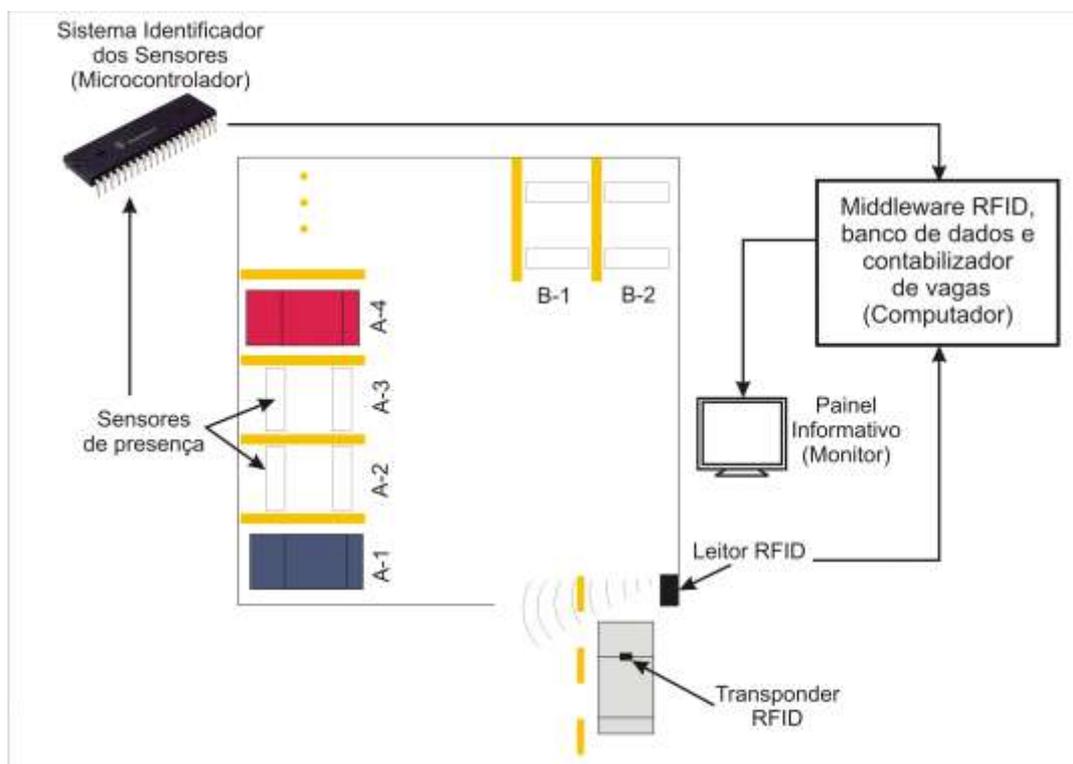


Figura 1.2 – Visão geral do projeto. (Fonte: Autor)

Na Figura 1.2 é apresentada a visão geral do projeto, ilustrando um estacionamento dotado dos sistemas de identificação propostos. Os veículos que entram e saem do estacionamento possuem um identificador RFID anexado, que é lido pelo leitor RFID e este evento é então registrado no computador central. Assim que o motorista entra, ele é informado por meio de um painel quais as vagas disponíveis naquele momento. Cada vaga possui um sensor de presença do tipo laço indutivo conectado a um microcontrolador, onde é executado o sistema identificador dos sensores, que verifica os estados das vagas e transmite as alterações destes estados ao computador central, onde é feita a contabilização e geradas as informações para os motoristas.

Para a implementação deste projeto, foi necessário adotar soluções de cunho acadêmico e demonstrativo, devido aos custos elevados de uma implementação com equipamentos ideais para um ambiente real. Para isso, este projeto utiliza apenas um microcontrolador PIC16F877A, um leitor RFID de curto alcance e um DIP-SWITCH (Dual In-line Package Switch, componente de chaves comutadoras) para simular os estados das vagas substituindo os laços indutivos.

1.1. Motivação

A falta de organização e a contabilização manual das vagas caracterizam falhas no modelo atual de controle de estacionamentos. Estes problemas afetam os usuários em vários aspectos e, como proposta, a implantação de um projeto que automatiza certas tarefas se faz bastante oportuno.

A motivação de elaborar este projeto é, além de abordar uma solução para minimizar os problemas, aplicar conceitos técnicos adquiridos ao longo do curso de Engenharia de Computação. Ou seja, utilizar tecnologias e metodologias de engenharia para solucionar ou aprimorar métodos empregados em uma dada situação problemática.

Com um tema corriqueiro e cada vez mais influente no cotidiano, o emprego de RFID neste projeto é um exemplo do potencial desta tecnologia, em especial para a área automobilística e de gerência de trânsito. Aliando-se a isto, o próprio conceito de adotar placas eletrônicas em veículos para diversos fins, como o projeto SINIAV (Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos), pode, em projetos futuros, gerar uma série de facilidades, entre outros benefícios, para os usuários ou mesmo órgãos fiscalizadores como os DETRANs. Ou seja, a aplicabilidade do RFID em veículos é extensa e as possibilidades de novos projetos são factíveis.

1.2. Objetivos

Este projeto tem por objetivo o intuito de utilizar a tecnologia de IAV por meio de placas eletrônicas, ou seja, uma aplicabilidade para RFID no sistema rodoviário-urbano e, aproveitando o foco em estacionamentos, promover uma maior organização por meio da auto-contabilização de vagas em estacionamentos, trazendo automação para os processos ineficientes de controle manual.

O objetivo principal é apresentar uma proposta de melhoria na organização de estacionamentos que haja, de forma automática, a contabilização de vagas e que as que estão disponíveis sejam indicadas para o motorista. Além disso, o registro dos eventos de entrada e saída de veículos será feita também de forma automática, através da leitura da placa eletrônica por meio de comunicação sem fio RFID. Além disso, pode-se atribuir uma série de outras funcionalidades, como sistemas de tarifação, monitoração, rastreamento, ponto eletrônico, programas de fidelidade e, ainda, publicidade.

Os dois grandes objetivos deste projeto visam, portanto, melhorar a organização dos estacionamentos dotados deste sistema, e agilizar a busca por vagas, modernizando o método de registro de veículos.

Para a implementação física do projeto, será construído um protótipo em escala reduzida, de caráter acadêmico, com tecnologias semelhantes às propostas para ambientes reais, porém com características mais adequadas a um projeto final, como simulação de sensores de presença, algoritmo com número limitado de vagas e equipamento RFID de aproximação, ou seja, de curto alcance. Ao final do projeto, pode-se destacar as seguintes metas propostas:

- Implementar um sistema para identificação de identificadores RFID;

- Armazenar os registros de entrada e saída dos identificadores em banco de dados;
- Estruturar os circuitos para simular os sensores de presença, com chaves liga/desliga e a comunicação com o microcontrolador;
- Desenvolver programa no microcontrolador PIC16F877A para a identificação de sinal proveniente da presença de veículo em vaga;
- Desenvolver programa de contabilização de vagas e apresentação das vagas disponíveis em tela;

1.3. Metodologia

Para o desenvolvimento desta monografia e implementação do projeto, foi utilizada uma metodologia de pesquisas bibliográficas em livros especializados nas tecnologias RFID, sensores industriais, circuitos elétricos e eletrônicos, linguagens de programação, banco de dados e sites especializados na internet, para auxílio na implementação e consulta de equipamentos. Para a implementação do protótipo, foram escolhidos os seguintes equipamentos:

- Kit de desenvolvimento para o microcontrolador PIC16F877A para a identificação de vagas e comunicação com o programa contabilizador localizado no computador central;
- Kit PhidgetRFID de baixa frequência, para distâncias próximas;
- Computador com o leitor RFID e microcontrolador como dispositivos de entrada, contendo programa contabilizador, sistema de registro (incluindo banco de dados) e apresentação de vagas disponíveis.

Para a implementação, são considerados determinadas premissas e algumas observações, como exceções, regras etc, que são apresentadas nos devidos capítulos.

1.4. Estrutura

Esta monografia está organizada de tal forma que sejam apresentadas as tecnologias envolvidas e, posteriormente, a aplicação e implementação destas para IAV e PGI em estacionamentos. Este tipo de estrutura proporciona ao leitor um acompanhamento linear sobre os objetos de estudo, tendo uma forma natural de compreensão.

A seguir, é apresentada a organização e resumo geral de cada capítulo:

O capítulo 2 é dedicado às tecnologias RFID e transdutores de proximidade indutivos. São expostos os aspectos conceituais e físicos, bem como os aspectos relevantes para a adoção destas tecnologias para o propósito deste projeto.

No capítulo 3 são apresentados os detalhes sobre o projeto final em si. São abordados os principais problemas e os tópicos que compõem a implantação das três camadas propostas, com os requisitos e aspectos técnicos.

O capítulo 4 aborda todos os itens do projeto, a estrutura eletrônica, o desenvolvimento dos softwares e a implementação final. São destacados os dados dos equipamentos utilizados e os processos da implantação.

No capítulo 5 são apresentados uma série de resultados para os variados testes realizados no sistema, bem como considerações sobre os métodos utilizados,

os parâmetros tentados e apresentação de métodos alternativos em caso de falhas no sistema.

No capítulo 7 é feita a conclusão sobre o projeto, a relação entre o objetivo esperado e o alcançado e considerações finais, além de propostas para continuidade do projeto e outras aplicações para RFID no escopo do trânsito.

2. TECNOLOGIAS - RFID E TRANSDUTORES

Este capítulo aborda as características da tecnologia RFID, suas propriedades físicas, o histórico e as aplicações. A variedade de especificações desta tecnologia implica na quantidade de possibilidades, porém são destacadas neste capítulo, as características de cada componente mais relevantes para a implementação de um sistema RFID, em especial para IAV. Também é feita uma abordagem sobre os transdutores, com foco nos de proximidade indutivos.

2.1. RFID – Identificação por Frequências de Rádio

O termo RFID significa, em inglês Radio Frequency Identification que, traduzido significa Identificação por Frequência de Rádio. Os autores Bill Glover e Himanshu Bhatt definiram o termo RFID:

“Este termo descreve qualquer sistema de identificação no qual um dispositivo eletrônico que usa frequência de rádio ou variações de campo magnético para comunicar é anexado a um item.” [Fundamentos de RFID, 2007, pág. 1].

De um modo geral, o uso mais comum para RFID é comparável ao sistema de código de barras, que identifica um item com informações de tipo de produto, marca, lote de fabricação entre outros dados. RFID também identifica itens com informações únicas de tal item. Como se trata de uma comunicação por ondas de rádio, pode-se classificar o RFID como uma tecnologia *wireless*.

O fato de RFID ser uma tecnologia de identificação automática, ela compete com outras, como o código de barras e a biometria. Em verdade, cada uma destas traz um benefício sobre a outra, fazendo com que cada uma se destaque

para um determinado fim, mas em um determinado ponto, possuem um mesmo objetivo. A Figura 2.1 abaixo relaciona quais as áreas em que o RFID é utilizado e sua relação com as outras tecnologias.

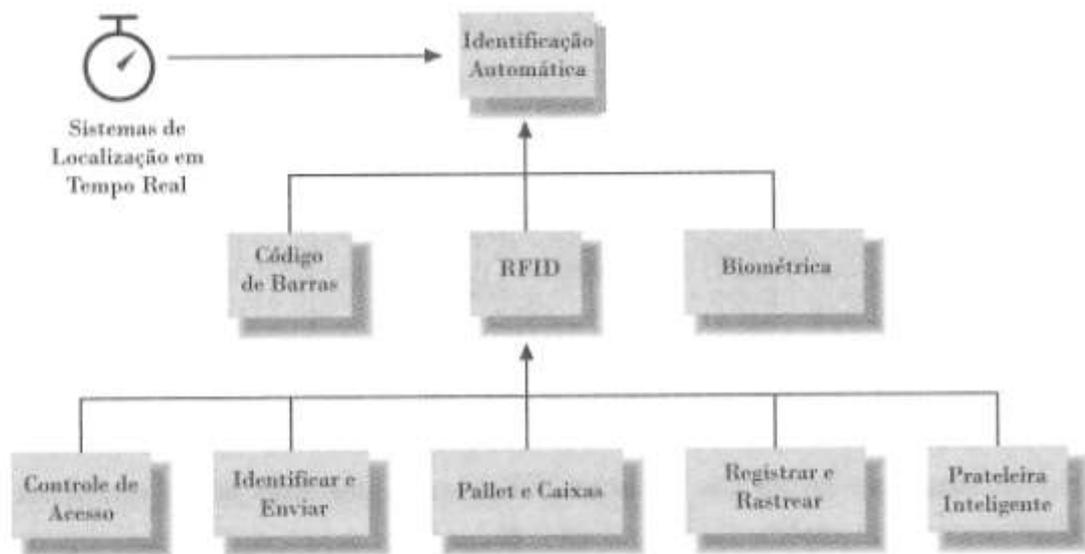


Figura 2.1 – RFID e sistemas de identificação automática (BHATT; GLOVER, 2007)

Antes do surgimento da biometria, imaginava-se que os seres humanos e outros animais seriam rastreados ou identificados por códigos de barras na pele. Hoje, a utilização de RFID em pessoas ainda é um tanto controversa, porém o mesmo não ocorre para animais. Seu uso em sistemas de controle de rebanhos para controle da qualidade e rastreamento dos produtos alimentícios já é uma realidade.

Para compreender melhor as aplicabilidades, se faz necessário a explicação da arquitetura de um sistema RFID.

Um sistema RFID é composto basicamente de:

- Identificador
- Leitor (com antena)
- Middleware

As antenas desempenham o papel de emitir um sinal de rádio de pesquisa, para atingir e 'interrogar' os identificadores. Os Identificadores são anexados aos itens e contém informações de identificação deste item. Também são conhecidos como *tag* e *transponder*. Leitores são dispositivos que recebem o sinal de resposta dos identificadores. O middleware é responsável pela análise ou preparação dos dados recebidos pelo leitor para outros sistemas.

Um sistema RFID pode ser descrito conforme a figura 2.2, que mostra os componentes agindo em conjunto para identificar um produto.



Figura 2.2 – Componentes de um sistema RFID (BHATT; GLOVER, 2007)

O modo e as propriedades de funcionamento de um sistema RFID variam de acordo com as características dos equipamentos utilizados. Pela versatilidade desta tecnologia, é possível empregá-la em vários ambientes e contextos.

Um exemplo de como um sistema RFID funciona pode ser descrito a seguir: O sinal é transportado na onda eletromagnética pelo ar. Ao atingir um transponder, este emite um novo sinal com informações contidas em seu *chip* incorporado. Este sinal de resposta é então recebido pelo transceiver, ou leitor. Para que este sinal seja interpretado e as informações repassadas a outros sistemas, o leitor deve ser conectado a um servidor de middleware.

2.1.1. Histórico

Apesar da tecnologia RFID estar em uma fase de grande expansão e crescente interesse tanto na indústria como no varejo e comércio em geral, suas origens vem da segunda Guerra Mundial. O uso de radares para localização de aeronaves não indicava se tais aviões eram amigos ou inimigos e, para contornar este problema, cientistas ingleses adicionaram um dispositivo sensível às ondas emitidas pelo radar em solo. Este equipamento é conhecido como transponder que, responde aos sinais de rádio, dando uma identificação de amigo para o avião. Este sistema é conhecido como IFF (Identify Friend or Foe) que, traduzido, significa Identificar Amigo ou Inimigo.

RFID foi evoluindo ao longo dos anos no Século XX, porém sua aplicabilidade ainda era muito restrita devido aos custos de produção de identificadores. O setor industrial percebeu que seria de grande valia poder identificar as várias partes em um sistema complexo de produção, armazenamento e logística e, com o avanço da microeletrônica, assim como a crescente preocupação com os métodos de organização industrial, RFID foi aos poucos sendo inserido nas grandes fábricas, especialmente nos setores de logística e transporte.

Além de serem encontrados no varejo e indústria tanto para identificação de partes e equipamentos nos processos de produção, também podem ser identificados itens que não possuem fácil acesso ou que a identificação visual seja impossível, sistemas RFID também são atualmente utilizados em áreas diversas, como controle de acesso a prédios, eventos esportivos, pedágios e estacionamentos, acionamento de mecanismos e sistemas de segurança.

Portanto, se trata de uma tecnologia bastante versátil que, devido às dimensões e formatos variados das tags atuais, tende a crescer e, em um futuro próximo, sistemas RFID serão muito comuns no cotidiano das pessoas.

2.1.2. Exemplos de Sistemas RFID

Um uso bastante comum de RFID é em fábricas. Ao produzirem os produtos, estes, ao serem embalados, devem ser preparados para despacho ou armazenamento e estocagem. Neste processo, os produtos são encaixotados e transportados por máquinas, esteiras etc. Durante este processo, as caixas e contêineres passam por leitores RFID que contabilizam, identificam todos os itens dentro das caixas e assim, fazem por exemplo, o rastreamento dos produtos dentro da estrutura da fábrica, podendo este rastreamento se estender ao mundo exterior, agora se integrando com um sistema de posicionamento global ou rastreamento por satélite para localizar o caminhão ou transportador e, dentro destes, pode ainda haver outro leitor RFID, para garantir que não houve roubo, troca de mercadorias, danificação dos produtos etc.

Nos processos de transporte e estocagem de produtos, efetuar uma contabilização e manter o controle sobre todos os itens de forma manual se faz cada vez mais inviável, especialmente se a fábrica tiver um grau de produção muito elevado. Um controle por RFID é exato e traz a quantidade total de tags encontradas de forma fácil, pois para realizar a leitura de uma tag não é necessário que a tag esteja emparelhada com o leitor, pela natureza das ondas de rádio.

O fato de não haver necessidade de alinhamento entre tag e leitor não é o único benefício de um sistema RFID. Abaixo, pode-se destacar outros fatores:

- Altas velocidades de estoque;
- Variedade de formas;
- Registro em nível de itens;
- Possibilidade de regravação.

De acordo com GLOVER e BHATT (2007, pág. 4), estes fatores representam uma enorme vantagem do RFID sobre outras tecnologias de identificação. A leitura de uma tag é praticamente instantânea (tempo de leitura < 100ms), possibilitando que vários itens sejam lidos e identificados quase que simultaneamente, garantindo maior agilidade e velocidade na contabilização de itens. As tags, pela sua simples estrutura, podem ser encontradas de várias formas. Um dos exemplos mais clássicos é a tag em forma de etiqueta adesiva (forma esta que deu o “apelido” de tag para um transponder), forma de cartão, forma de crachá etc. Uma tag pode ser tão pequena que um determinado modelo chega a ser menor que uma moeda e, inclusive, há tags que podem ser implantadas no corpo humano. Esta versatilidade de formas de tags permite sua utilização em diversos ambientes, itens e finalidades.

Outro benefício a ser considerado é o de que os chips das tag possuem uma memória. Um identificador de 96 bits pode representar de forma única, bilhões de itens. Dependendo do uso da tag e das características do item, a memória da tag pode ser tanto regravável ou apenas gravável uma única vez. Isto significa que determinadas tags podem ser reutilizadas ou reaproveitadas com outra identificação. Na seção sobre identificadores deste capítulo são apresentadas algumas diferenças entre os tipos de tags e como são utilizadas.

2.1.3. Antenas

As antenas fazem parte de qualquer sistema de comunicação via rádio frequência. Antenas, tanto as emissoras assim como receptoras são de igual importância e são equipamentos de alta criticidade.

Os fatores de forma e suas características, tamanho e posição variam de acordo com o objetivo. Antenas para longas distâncias são diferentes de antenas para curtas distâncias, isso se dá devido às características físicas das ondas eletromagnéticas, como o comprimento de onda e frequência.

Estes fatores possuem uma relação inversamente proporcional, em que quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda. A partir deste conceito, as antenas são projetadas de forma que seu funcionamento está totalmente associado ao tipo de sinal que esta emitirá ou receberá. A Figura 2.3 apresenta o espectro de ondas eletromagnéticas e as faixas de frequência para cada aplicação.

As faixas de frequência utilizadas em sistemas RFID estão associadas aos identificadores e os objetivos do sistema. Por exemplo, para identificação utilizando tags em crachás, ou cartões de acesso a frequência utilizada é abaixo de 135 kHz. Tipos de tags e as frequências de sistemas RFID são apresentados mais adiante neste capítulo, na seção de Identificadores.

As antenas, em sistemas RFID são utilizadas para gerar o sinal portador dos dados contidos nos identificadores, especialmente nos passivos, que não possuem fonte geradora de energia para emitir o sinal.

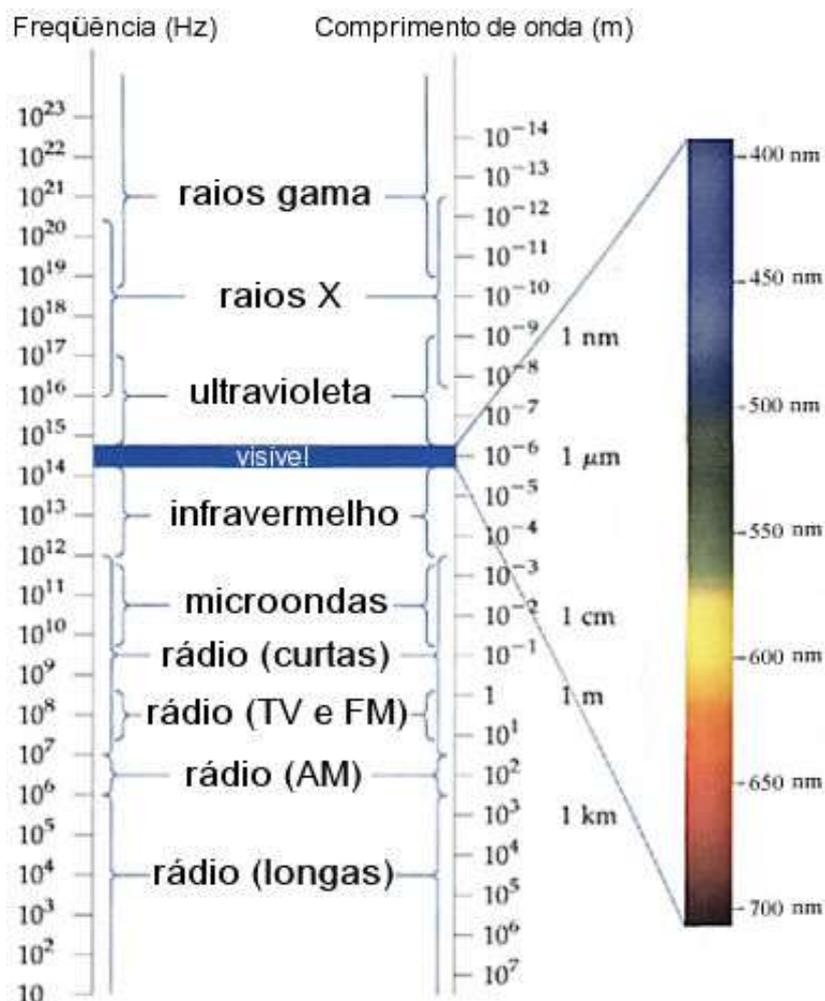


Figura 2.3 – Espectro eletromagnético de ondas. (Fonte:

http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2006-09-17_2006-09-23.html)

2.1.4. Identificadores (TAGS)

2.1.4.1. Conceito

Segundo GLOVER e BHATT (2007, pág. 49), "Identificadores são os elementos de um sistema RFID que são anexados fisicamente aos objetos a serem identificados." Todos os tipos de identificadores possuem um propósito em comum, que é o de tornar um objeto (item) identificável ou, em alguns casos, apenas detectável por um leitor RFID. Além do propósito comum, todos os tipos de

identificadores possuem duas capacidades básicas: ser anexado a um item e comunicar informações por frequência de rádio.

2.1.4.2. Arquitetura

Existem identificadores de alto grau de complexidade lógica e física, porém a arquitetura básica de qualquer identificador é composta de um elemento identificador (microchip ou defletor de ondas) e um elemento comunicador de frequência de rádio (antena ou espiral). A Figura 2.4 apresenta tais exemplos de arquitetura.

Pela sua simples arquitetura, é possível construir um identificador para casar com a finalidade a qual terá e, além disso, os próprios itens a serem anexados possuem formatos, tamanhos, mecanismos de transporte e manuseio diferentes, assim os identificadores devem ser anexados aos objetos de tal forma que não atrapalhe ou interfira nas características físicas ou em sua logística.

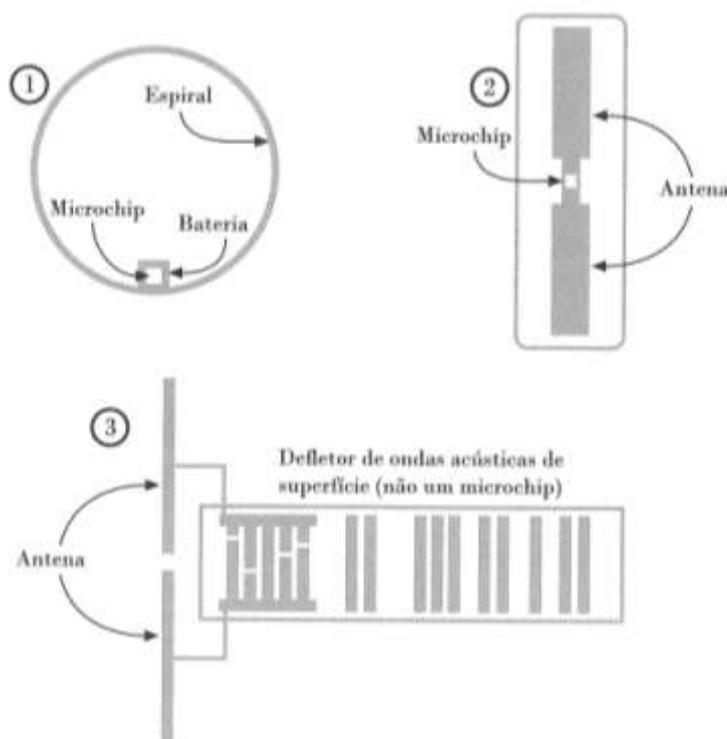


Figura 2.4 – Arquitetura de identificadores. (GLOVER; BHATT, 2007)

Na Figura 2.4, a tag 1 possui sua antena em forma de espiral, conectada ao *microchip* e este, por sua vez, alimentado por uma bateria de tamanho bastante reduzido. A tag 2 não possui bateria, e a antena possui a antena em formato apropriado às dimensões da tag. A tag 3 tem um formato de defletor de ondas acústicas, que permite o armazenamento e transmissão de dados, sem a necessidade de bateria ou *microchip*.

Devido à flexibilidade dos identificadores, estes podem se alojar em diversos materiais, como cartões, crachás, chaveiros, rótulos, etiquetas, cápsulas etc.

Identificadores RFID são comumente chamados de *tags*, pois uma das formas mais comuns é de etiqueta adesiva, sendo facilmente anexados a algum item, sem causar dificuldades para a leitura e para o próprio objeto. Como funcionam à base de comunicação por rádio, são também chamados de *transponders*, por responderem a um interrogador.

2.1.4.3. Alimentação

As tags RFID são classificadas em três categorias, no quesito fornecimento de energia:

Passivas: Não possuem uma fonte de alimentação própria, como uma bateria anexada. Neste caso, a energia para a comunicação é fornecida pelo leitor e esse fator explica a possibilidade de tags de tamanhos e custos reduzidos.

Ativas: Este tipo de tag possui uma fonte própria de energia, normalmente uma bateria com um circuito controlador de alimentação. Estes tipos de tags possuem um custo mais elevado em relação às passivas, porém podem

estabelecer uma comunicação a maiores distâncias, e ainda podem executar funções na ausência de leitor, como comunicação com outras tags ou sensores.

Semi-passivas: São assim chamadas pois são como as tags passivas, ou seja, usam energia do leitor, porém também possuem uma fonte de energia para a comunicação, podendo assim ter uma distância de comunicação maior que as passivas.

2.1.4.4. Frequência Operacional

A frequência operacional de uma tag é a frequência eletromagnética utilizada para comunicação (logo, também para obtenção de energia) e está associada à sua utilização. Por gerarem e irradiarem ondas eletromagnéticas no espaço, sistemas RFID são considerados sistemas de rádio e, portanto devem ser regulamentadas e possuírem faixas de frequência específicas, para não haver interferência com as outras aplicação RF (rádio-frequência) tais como sistemas de televisão, satélite etc. Por este motivo, sistemas RFID estão limitadas às frequências ISM (Industrial Scientific Medical).

Conforme-se vê na Tabela 2.1, as faixas frequência utilizadas em RFID são divididas em frequências baixa (LF), alta (HF), ultra-alta (UHF) e microondas. O Anexo I traz uma tabela mais detalhada com divisões mais específicas.

Nome	Faixa de Frequência	Frequências ISM
LF	30-300 kHz	< 135 kHz
HF	3-30 MHz	6.78 MHz, 13.56 MHz, 27.125 MHz, 40.680 MHz
UHF	300 MHz- 3 GHz	433.920 MHz, 869 MHz, 915 MHz
Microondas	> 3 GHz	2.45 GHz, 5.8 GHz, 24.125 GHz

Tabela 2.1 – Faixas de Frequência RFID (GLOVER; BHATT, 2007)

As várias faixas de frequências possuem diferentes propriedades. As ondas que possuem frequências mais baixas tem um comprimento de onda menor e estas ondas percorrem distâncias mais curtas, porém podem viajar pela água, ao passo que ondas de frequências mais elevadas podem carregar mais informações e percorrem maiores distâncias.

A Tabela 2.2 relaciona as frequências das ondas e suas aplicações em RFID e sua relação com a distância dos elementos do sistema.

Frequência	Faixa máxima típica para identificadores passivos	Algumas aplicações típicas
LF	50 centímetros	Identificação de animais de estimação e leituras próximas de itens com alto conteúdo de água
HF	3 metros	Controle de acesso a prédios
UHF	9 metros	Caixas e caixotes
Microondas	> 10 metros	Identificação de veículos de todos os tipos

Tabela 2.2 – Faixas de leitura por frequência (GLOVER; BHATT, 2007)

2.1.4.5. Acoplamento

O acoplamento é a forma de como um circuito na tag e um circuito no leitor interagem para o envio e recebimento de energia. Dependendo fortemente do tipo de acoplamento, as outras características de um sistema RFID, tais como a frequência das tags, o tipo de alimentação etc, são influenciadas e assim, o acoplamento afeta diretamente a escolha do sistema.

O tipo de acoplamento está diretamente ligado à distância de leitura da tag e seu tipo, assim, o agrupamento de faixas de leitura é definido a seguir:

Próxima: dentro de 1 cm

Remota (de vizinhança): entre 1 cm e 1 m

Faixa longa: mais de 1 m

Os principais tipos de acoplamento são descritos abaixo, sendo os mais comuns:

Acoplamento Difuso de Retorno: Este tipo é mais indicado para frequências mais altas e para as faixas de remota a longa. Utilizado para leitores localizados mais distantes, como é o caso da identificação de veículos (por microondas e UHF).

Acoplamento Indutivo: Baseando-se em como um campo magnético dirige a corrente por indução (como transformadores), também é chamado de acoplamento de transformador. É empregado para a faixa remota e a frequência melhor é na faixa LF ou HF. A Figura 2.5 apresenta como a antena de um leitor interage com a antena (ou bobina) de uma tag pelo campo magnético.

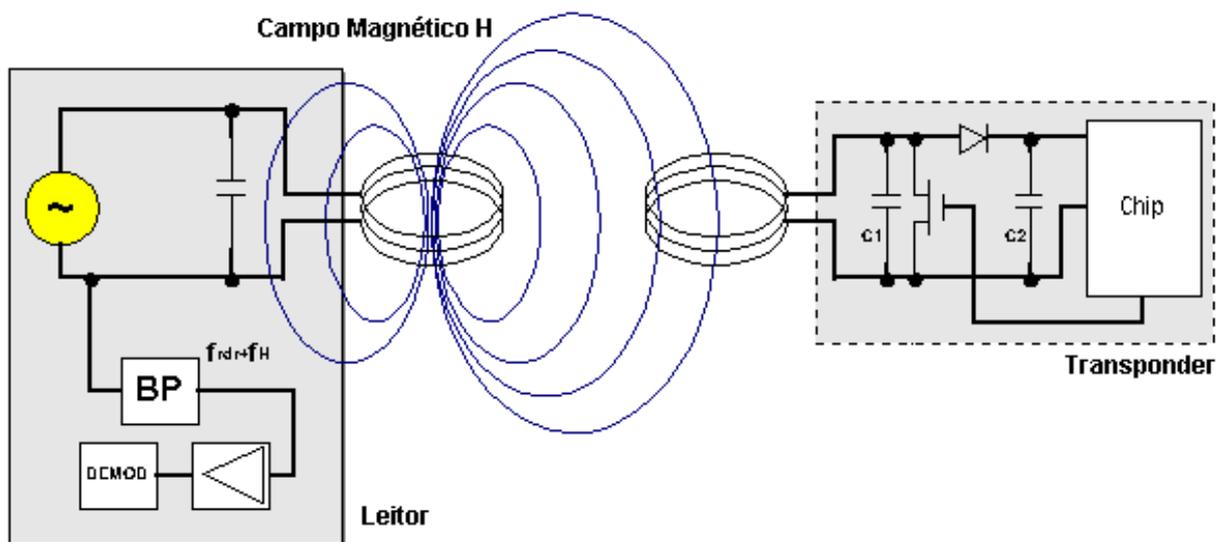


Figura 2.5 – Acoplamento RFID indutivo. (Fonte: www.rfid-handbook.de – Adaptado pelo Autor)

2.1.4.6. Armazenamento

O armazenamento de dados de uma tag RFID está fortemente associado às informações que serão utilizadas pelo sistema. A capacidade de dados contidos em uma tag é dada pela memória que a mesma carrega em seu chip.

A unidade de memória das tags varia de acordo com a fonte de alimentação. A grande maioria dos identificadores passivos utiliza memórias EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory), que não é volátil, ao passo que uma boa parte das tags ativas utilizam memórias com maior capacidade e possuem memórias do tipo SRAM (Static Random Access Memory).

Evidentemente que tags com circuitos de controle de acesso à memória são mais custosas e necessitam de uma fonte de alimentação para esta função, sendo uma característica das tags ativas ou semi-passivas.

A quantidade de dados a serem armazenados depende do objetivo da tag. Por exemplo, se a tag armazenar nada mais que um número identificador único, não é necessário usar mais de 96 bits. Algumas tags devem armazenar as informações de onde aquela tag passou (quais leitoras já a identificaram), ou dados com criptografia e assinaturas eletrônicas, assim, necessitam de mais memórias, como tags de 256 bytes. Tags ativas possuem maior capacidade de armazenamento.

Em um sistema EAS (Electronic Article Surveillance), largamente empregado em lojas de departamento e bibliotecas, as tags possuem apenas 1 bit de armazenamento. O objetivo desse tipo de sistema não é identificar o objeto e sim detectar sua presença. O único bit pode ser “programado” a estar ligado ou desligado. Ao passar pela porta de uma biblioteca, o bit estando ligado será

identificado pelo leitor localizado na porta. Assim, um sistema EAS detecta mercadorias que possuem esta tag à distância.

2.1.5. Leitores

O segundo elemento imprescindível para a caracterização de um sistema RFID é o leitor. Um dispositivo capaz de interagir eletromagneticamente com outros dispositivos de forma que o primeiro detecte a presença do segundo, percebendo a carga no campo magnético entre os dois. O leitor é responsável por alimentar energeticamente tags em seu raio ou cone de emissão de ondas eletromagnéticas e recuperar os dados contidos nas tags.

Analogamente ao transponder em sistemas de RF, o leitor desempenha o papel de interrogador, pesquisando (e interrogando) por outros dispositivos RF. A Figura 2.6 ilustra essa ação.

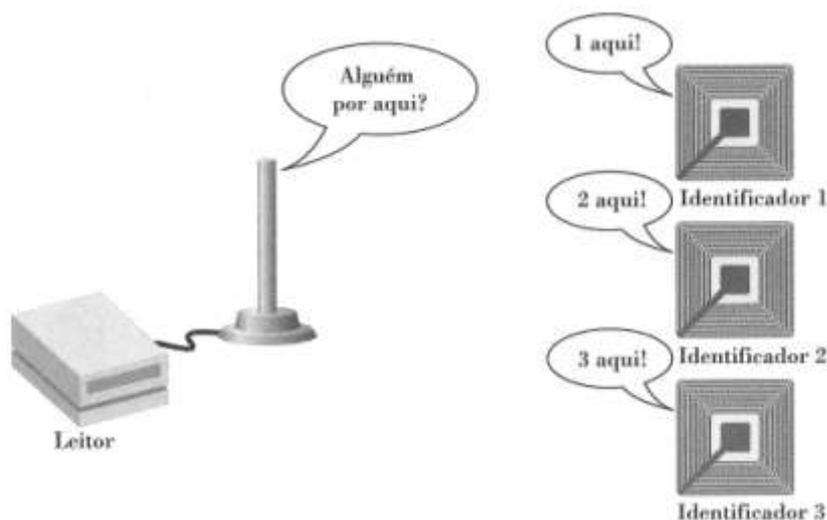


Figura 2.6 – Leitor Interrogando. (GLOVER; BHATT, 2007)

Emitindo energia RF por meio de uma ou mais antenas, o próprio leitor recebe as respostas, ou seja, capta a presença (retorno da energia RF) de uma tag.

Esta percepção é analógica e, portanto, o leitor faz a transformação da energia eletromagnética em energia elétrica, a fim de torná-la processável digitalmente, e assim identificar os dados enviados pela tag.

Pelo fato do leitor se comportar física e logicamente, seus componentes podem ser divididos entre estes comportamentos:

2.1.5.1. Componentes físicos:

Os componentes físicos de um leitor RFID podem ser ilustrados conforme a Figura 2.7

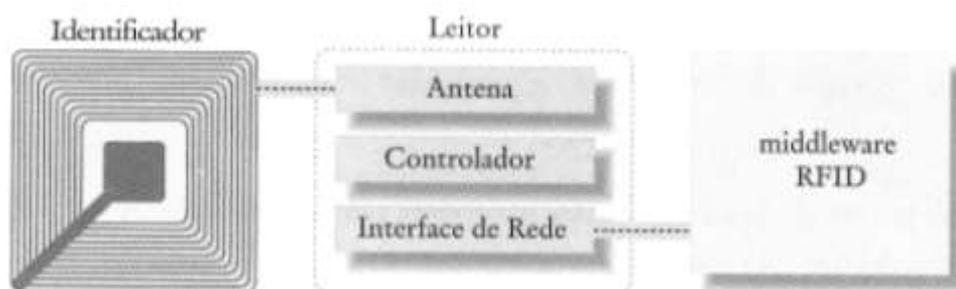


Figura 2.7 – Componentes físicos de um leitor. (GLOVER; BHATT, 2007)

- **Antena:** para transmissão e recepção de sinais RF;
- **Controlador:** para tratamento do sinal e conversão A/D (analógico para digital) e manuseio dos sinais digitais;
- **Interface de rede:** para comunicação com o middleware, que integra os dados RFID aos outros sistemas de negócio.

2.1.5.2. Componentes lógicos:

Os componentes lógicos de um leitor RFID são classificados, como outros sistemas de organização de sistemas lógicos, em níveis ou camadas. Tem-se as seguintes camadas para elementos lógicos de leitores:

- **API do leitor:** conjunto de instruções e atribuições que o leitor terá que obedecer ao transmitir e receber mensagens com as devidas informações do middleware;

- **Comunicador:** elemento responsável pela organização da informação a ser transmitida ou recebida, em níveis de rede. Deve entender e utilizar os protocolos de comunicação;

- **Gerenciador de eventos:** este componente avalia as alterações dos estados observados e reportados pela antena. Ou seja, discerne uma leitura de uma tag de outra anterior, entre outros eventos;

- **Subsistema da antena:** agente responsável pelo controle lógico das antenas no sistema RF, como a utilização dos protocolos de comunicação RX e TX da antena para interrogação de tags;

2.1.6. Middleware

Assim como o identificador, o leitor é apenas um dispositivo que, por fenômenos físicos, percebe uma alteração no campo magnético, recebendo dados de uma tag e, além disso, por instruções lógicas, converte o sinal da onda de rádio em pulsos elétricos (sinal digital). Este sinal digital tem um propósito e deve ser processado e convertido em informação. Este é o papel do middleware RFID.

Este elemento RFID é responsável pelo manuseio da informação obtida dos leitores RFID. Esta informação é então analisada e distribuída para outros sistemas de negócio de uma empresa, conforme é ilustrado na Figura 2.9. Como exemplo, ao se ler uma tag em um sistema de controle de acesso RFID, como em um estacionamento, o middleware é responsável por registrar o evento de detecção

da tag em banco de dados e comparar o valor da tag lida com os valores válidos para acessar o estacionamento, já contidos no banco de dados.

O objetivo de identificar um objeto por RFID é o de registrar ou controlar a logística deste objeto. Ou seja, ao ponto que o identificador apenas armazena e dispõe de dados de identificação e o leitor captura esses dados e os transforma em informação, o middleware disponibiliza esta informação para outros sistemas, seja para controle de estoque ou para acionamento de alarmes.

Sua aplicação e funcionamento caracterizam o middleware como um componente lógico do sistema RFID, portanto normalmente é um *software* de processamento e preparação que deve estar executando rotinas e funções constantemente tanto de análise dos dados obtidos dos leitores, quanto dos protocolos de comunicação com outros sistemas.

Os componentes lógicos de um middleware são apresentados na Figura 2.8. Nesta ilustração, é possível perceber as camadas básicas de interface com leitores, com outros sistemas e seu gerenciador de eventos.

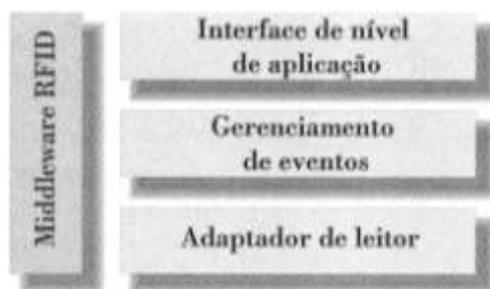


Figura 2.8 – Componentes lógicos de um middleware RFID. (GLOVER; BHATT, 2007)

Pelo próprio conceito de middleware, este elemento serve como ponte entre um tipo de sistema e outro. Middlewares são programas localizados em equipamentos ou dispositivos e possuem uma ou várias interfaces de comunicação,

onde trafegam as informações relevantes a cada sistema. Portanto, normalmente são programas que rodam em servidores de uma rede corporativa, com acesso a outros servidores, bancos de dados, *storage*, clientes, estações de trabalho etc.

2.2. Transdutores

2.2.1. Conceitos

Sensores, ou transdutores, são um conjunto de elementos que trabalham de uma forma característica e que agem sobre um outro elemento deste sistema, atuando para alertar, corrigir, acionar etc. Assim, estes elementos possuem funções específicas, e são classificados de acordo com sua participação no conjunto.

Na prática, um sensor é um elemento capaz de detectar (sentir) uma alteração de energia de um determinado meio e, de acordo com esta alteração, é também capaz de representar esta alteração em outro meio. O exemplo mais primordial de um sensor é a pele humana. A nossa pele é caracterizada por ser o mais evidente órgão sensorial do homem pelo sentido do tato e, por isso, é uma espécie de sensor, que, conceitualmente percebe as alterações que ocorrem no ambiente ao seu redor como o ar ou outros corpos, e transmite esta percepção para interpretação por parte do cérebro.

Analogamente ao exemplo acima, um diagrama pode descrever o funcionamento genérico de um sistema de sensores. A Figura 2.9 representa, por diagrama de blocos, os efeitos físicos (que são relacionados a alguma grandeza física específica), e as formas de energia de cada tipo de efeito sensibilizando o sensor e, este por sua vez, traduz o efeito físico para um sinal elétrico de saída que alimentará um sistema de tratamento e/ou análise do ocorrido efeito físico. O autor

Marcelo Werneck define “O transdutor é um sistema completo que produz um sinal elétrico de saída proporcional à grandeza sendo medida.” (WERNECK, 1996)

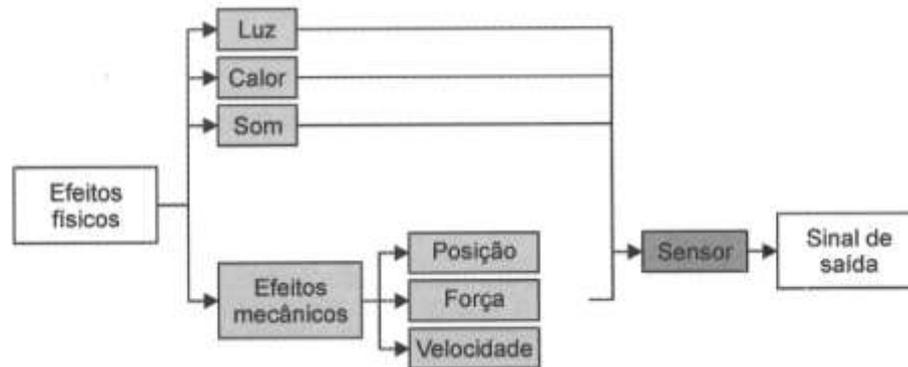


Figura 2.9 – Efeitos físicos como entrada de um sensor. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2007)

2.2.2. Elementos

Cada componente de um sistema de sensoriamento é responsável por uma parcela do processo de transformação de efeito físico em sinal elétrico. Em termos técnicos, podemos classificar os elementos de um sistema de automatização:

- Transdutor
- Sensores (analógicos e digitais)
- Atuadores
- Conversores A/D e D/A

2.2.2.1. Transdutor

Comumente usados indistintamente com os sensores, os transdutores são, na verdade, dispositivos completos, compostos de sensores e circuitos de interface, capazes de, dada uma condição ambiental, traduzir os efeitos físicos sentidos pelos sensores, relacionando-os com grandezas conhecidas.

Pode-se tomar como exemplo de funcionamento: um transdutor sensível à energia térmica emite em sua saída um sinal de tensão ou corrente que, interpretado, informa uma temperatura relacionada àquela energia térmica.

2.2.2.2. Sensores

Sensores são os elementos que possuem uma característica de perceber as alterações energéticas de um meio. Ou seja, é um dispositivo sensível a alguma forma de energia.

Existem sensores de características naturais, ou seja, a natureza físico-química do material componente é capaz de gerar uma saída mensurável em forma de sinal elétrico. Porém, a maioria dos sensores são construídos de tal forma que estes trabalham baseados nos fenômenos físicos e químicos que agem sobre o sistema monitorado.

2.2.2.3. Atuadores

Como o próprio nome já indica, é um elemento que atua sobre o sistema controlado. Normalmente possui comandos específicos ao sistema e age de forma a alterar a variável controlada. Um exemplo de um atuador é em sensores de pressão. Quando a pressão em um determinado ambiente controlado (e obviamente monitorado) atinge um certo ponto, o atuador age, por exemplo, sobre válvulas mecânicas que alteram a pressão do ambiente para o nível desejado.

Exemplos de atuadores:

- Válvulas (pneumáticas, hidráulicas)
- Relés (estáticos, eletromecânicos)
- Motores (motor de passo, syncro, servomotor)

2.2.2.4. Conversores A/D e D/A

Os conversores A/D e D/A são os elementos que possibilitam a tradução de um tipo de sinal para outro.

A transformação de um sinal analógico para digital é chamado de digitalização e é feita com a representação de valores em números binários e isso é feito basicamente, em três processos:

- Amostragem: discretização do sinal analógico no tempo
- Quantização: discretização da amplitude do sinal amostrado
- Codificação: valores das amplitudes do sinal quantizado em números binários.

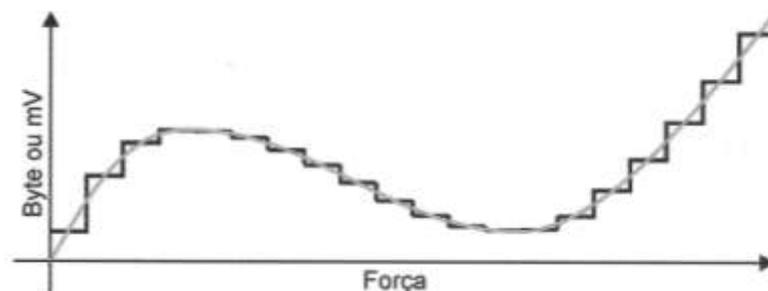


Figura 2.10 – Digitalização e linearização de sinais. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2007)

A Figura 2.10 mostra a relação entre o sinal analógico e digital, ao sofrer digitalização. Percebe-se que a quantidade de bits necessários para representar discretamente os valores contínuos afeta na fidelidade do conversor. Isto é chamado de resolução. Quanto maior a taxa de amostragem, maior a resolução e, assim, maior a definição do sinal, porém, maior a quantidade de bits necessários, aumentando o tempo de transmissão e processamento do sinal digital.

2.2.3. Tipos de Transdutores

Para cada tipo de aplicação de sistemas de transdutores, seja para monitoramento ou controle automatizado, são empregados transdutores específicos, cada um relacionado a um tipo de energia. Por exemplo, para detecção do grau de temperatura, usa-se um transdutor com sensores sensíveis à energia térmica. Praticamente toda forma de energia física tem uma associação a algum transdutor. A seguir, uma lista dos tipos transdutores mais utilizados:

- Transdutores de presença;
- Transdutores de posição;
- Transdutores de temperatura;

A seguir, é detalhado o transdutor de posição, em especial o sensor de proximidade indutivo, utilizado no projeto.

2.2.4. Transdutores de Posição

Os transdutores de posição são utilizados em inúmeras aplicações nos processos industriais ou comerciais e ainda para outras aplicações. O principal emprego deste tipo de transdutor é na fabricação de máquinas e ferramentas ou outros produtos onde as dimensões e formas devem ser precisas, inclusive para precisões em nível micrométrico. Outra utilização importante é o uso deste tipo de transdutor para contabilização de massas metálicas.

Os transdutores de posição funcionam a base de alguns fenômenos físicos e cada tipo de transdutor utiliza um fenômeno de alguma forma. Dessa forma, existem os seguintes tipos:

- Transdutores de proximidade indutivos;

- Transdutores de proximidade capacitivos;
- Transdutores de proximidade magnéticos;

Devido à grande variedade de transdutores de posição, neste documento é apenas detalhado o de proximidade indutivo, devido a aplicação proposta neste projeto.

2.2.5. Transdutores de Proximidade Indutivos

Este tipo de transdutor, como o próprio nome indica, não necessita de contato, pois o funcionamento é baseado na variação da indutância mútua, na auto-indutância ou na impedância de um transformador ou bobina (WERNECK, 1996).

Transdutores de proximidade indutivos são compostos de uma face sensora, uma bobina, um circuito oscilador LC, um comparador de sinal e um chaveador. A bobina tem por função, gerar um campo eletromagnético de alta frequência, o qual é emitido à face do sensor (TOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2007).

A Figura 2.11 ilustra os componentes de tal transdutor.

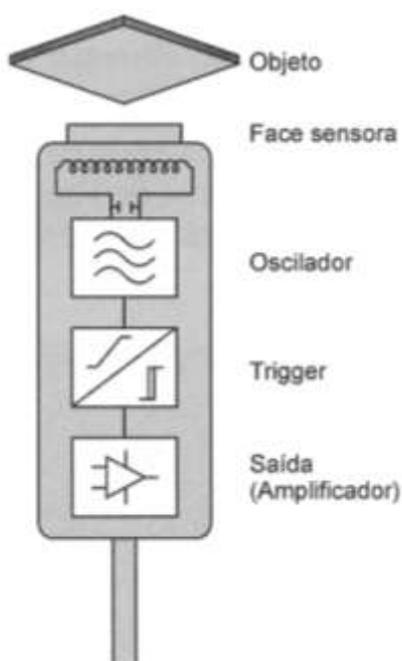


Figura 2.11 – Transdutor de proximidade indutivo. (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2007)

Ao aproximar um objeto (massa metálica) que seja capaz de alterar um campo magnético de frequência de rádio, como um veículo, ocorre uma variação na indutância da bobina. Esta ação causa a indução das correntes de Foucault. Estas correntes são assim chamadas em homenagem a Jean Bernard León Foucault, físico francês que estudou os efeitos indutivos. Esta corrente gerada é tratada e o sinal de saída é então amplificado.

3. IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE VAGAS E VEÍCULOS

Este capítulo trata do sistema que identifica automaticamente vagas disponíveis em estacionamentos e dos veículos que entram e saem destes estabelecimentos. Também são abordados os aspectos técnicos das tecnologias aplicados ao sistema, especificamente sobre IAV (Identificação Automática de Veículos) por RFID, transdutores de proximidade indutivos e middleware RFID.

3.1. Organização em Estacionamentos

O modelo atual de gestão de estacionamentos, em particular os privados, não contempla certas funcionalidades importantes e, devido a isso, muitos problemas são evidenciados, caracterizando um sistema de controle falho e antiquado.

Existem dois grandes problemas relacionados ao controle atual: falta de segurança no registro de entrada e saída, e o mau aproveitamento de vagas.

A maioria dos estacionamentos possui guaritas com uma cancela, que bloqueia o acesso. Em sistemas automatizados, um transdutor de posição (ou presença) detecta a presença de um veículo e então um bilhete é emitido, contendo o horário de acesso, e a passagem é liberada. Em sistemas manuais, um agente humano é responsável por emitir o bilhete, que também contém o horário de acesso, e em alguns casos, a placa e modelo do veículo. No primeiro caso, a falta de segurança é evidenciada pela falta de identificação, o que permite a ação de fraudadores. No segundo caso, há um pouco mais de confiabilidade, porém a utilização de mão de obra gera gastos que podem ser minimizados com a adoção de sistemas automatizados.

O segundo problema é ainda mais crítico e causa uma série de transtornos tanto para os usuários quanto para a equipe de controle dos estacionamentos. Muitos estabelecimentos, quando lotados, não informam aos motoristas dessa situação, o que faz com que motoristas entrem no estacionamento a procura de uma vaga inexistente. Esta procura é normalmente demorada e obriga o motorista a circular inutilmente, gastando muito tempo, o que causa impaciência, aumento de estresse e nervosismo. Além disso, o veículo rodando a baixas velocidades, tem um consumo maior de combustível e emite uma quantidade maior de poluentes, além do desgaste mecânico das peças, pelas condições severas de uso de carros.

Alguns estacionamentos dispõem de funcionários que circulam a procura de vagas disponíveis e manualmente contabilizam as vagas e obstruem o acesso ao setor lotado. Ainda que haja uma certa identificação de vagas disponíveis, este controle manual é impreciso e demorado, o que contribui para a impaciência dos usuários

Outros problemas também podem ser solucionados ou minimizados com a implementação de um sistema IAV, como o modelo de tarifação por uso do estacionamento e a monitoração de vagas especiais, como as de deficientes físicos, idosos ou vagas personalizadas.

3.2. IAV (Identificação Automática de Veículos)

A identificação automática de veículos automotores tem tido um crescimento acelerado nos últimos anos. Diversas empresas oferecem produtos e

sistemas para atender as demandas de instituições de organização, controle e fiscalização de trânsito do mundo todo.

As maiores preocupações deste tipo de instituição são a fiscalização de veículos e motoristas infratores e o monitoramento do tráfego. Com a IAV, é possível ter conhecimento do veículo de forma que dispense a presença de um agente humano para observar e atuar, dada uma situação de infração. A utilização de IAV vai além do objetivo de fiscalização, e pode ser empregada a favor do motorista e/ou proprietário do veículo, como sistemas de identificação de congestionamento, auto-organização de semáforos, identificação de veículos roubados e ainda sistemas de trânsito personalizados.

Dentre as possíveis soluções para IAV, pode-se verificar que umas das mais utilizadas são as baseadas na tecnologia OCR (Optical Character Recognition) que funcionam pelo reconhecimento automático dos caracteres impressos nas placas dos veículos. Esta solução possui duas grandes problemáticas. A primeira é a necessidade de visada direta do identificador com a placa, e a segunda é precisão no algoritmo de interpretação e reconhecimento da imagem adquirida.

As duas situações citadas apresentam pontos de falha em um sistema de IAV, o que pode gerar erros e problemas tanto para o motorista quanto para o órgão fiscalizador.

O objetivo de um sistema de IAV é que, de forma rápida, precisa e útil, dispositivos posicionados em vias de tráfego de veículos, possam identificar os automóveis, registrar os eventos da via e, caso seja do interesse da sociedade ou dos órgãos de trânsito, trazer uma utilidade prática para os motoristas, tais como

auto-organização de trânsito e semáforos, informação de regiões de congestionamento etc.

3.3. RFID em Automóveis

Uma das alternativas para os problemas de sistemas IAV que utilizam OCR é a adoção da tecnologia RFID. Este tipo de sistema possui mais vantagens em comparação ao tipo de sistema citado anteriormente, e é considerada uma forma mais eficaz e segura de identificação de automóveis.

Por ser uma tecnologia que emprega conceitos e equipamentos de radio frequência, RFID não necessita contar com a presença de meio físico para a transmissão de dados. Enquanto que OCR necessita de visada direta entre o leitor e a placa do veículo, RFID necessita apenas que o veículo esteja no raio de alcance da antena do leitor RFID. Outra vantagem deste sistema em relação ao de identificação por reconhecimento de caracteres é maior eficácia na interpretação das informações obtidas. Apesar da tecnologia OCR ter um certo grau de maturidade, os sistemas de leitura, reconhecimento e interpretação de placas exigem algoritmos complexos e altamente dependentes da regularidade física do veículo e do ambiente no momento da fotografia.

Para substituir OCR em sistemas de IAV, RFID vem sendo cotado como uma grande tecnologia. Atualmente, diversos países na Europa utilizam deste tipo de sistema para os mais diversos fins. Desde controle de acesso a estacionamentos a identificação de veículos infratores que ultrapassam a determinada velocidade da via. Apenas os fatos de uma tag RFID poder ser identificada sem a necessidade de

visada direta e várias tags serem lidas simultaneamente, esta tecnologia supre os aspectos negativos de outros sistemas.

A escolha do tipo de tag para sistemas de IAV é um dos fatores mais importantes, pois este item é o mais relevante e define o restante da topologia do sistema. Boa parte dos sistemas de identificação com RFID adota tags e leitores que operam na faixa de microondas, de 2.4 GHz ou 5.8 GHz. Muitos produtos comerciais variam entre 2.438 GHz e 2.457 GHz, dependendo da região e a regulamentação dos sinais de rádio-freqüência. Esta freqüência operacional implica em distâncias de leitura de até 10 metros e, normalmente são usadas tags ativas para amplificar o sinal de retorno.

A utilização de sistemas na faixa dos microondas é mais evidente em vias rápidas e em ambientes abertos, pois estas ruas normalmente possuem mais de uma faixa, podendo a distância entre a antena e as faixas mais distantes ser de mais de 10 metros.

Em estacionamentos, não são necessários mais que 3 a 4 metros de distância para leituras, devido à proximidade da antena do leitor RFID (ao lado da cancela). Este fator caracteriza o emprego da faixa de freqüência UHF variando entre 840 MHz e 960 MHz e a utilização de tags passivas, o que diminui custos de implementação.

A escolha por esta faixa de freqüência implica nos seguintes fatores das tags e do leitor:

- Alcance do sinal a médias distâncias (entre 1 metro e 5 metros): ideal para o posicionamento da antena próximo à cancela;

- Acoplamento difuso de retorno: à médias distâncias, na faixa UHF, este acoplamento é ideal para IAV;

- Tags passivas (ou semi-passivas) que operem na faixa de frequência UHF (a frequência deve ser a mesma da antena do leitor) e que possuam no mínimo 96 bits de armazenamento de dados;

Ao se aproximar da entrada de um estacionamento, a tag anexada no pára-brisa do veículo é identificada pelo leitor e a identificação única da tag é analisada junto às identidades das tags cadastradas no banco de dados do middleware. Dessa forma, é feita a liberação do acesso ao estacionamento.

Para um sistema de identificação de veículos com RFID, os aspectos analisados e as propriedades definidas implicam em algumas premissas a serem consideradas:

- Todos os veículos participantes do sistema devem possuir uma tag RFID compatível com o sistema;

- As tags devem estar posicionadas de tal forma que a estrutura metálica do veículo não comprometa a comunicação;

- As tags devem possuir uma unidade de armazenamento suficientemente grande para conter os dados necessários;

- As informações das tags devem estar previamente cadastradas em banco de dados a fim de que seja possível a utilização pelo middleware;

A localização ideal das tags é no lado interno do pára-brisa, e para o armazenamento de dados, 26 bits são suficientes, mas há sistemas que necessitam de 1024 bits, para conterem todas as informações do veículo e ainda espaço para

outros dados graváveis, como por exemplo, informações de proprietários anteriores ou controle de revisões mecânicas.

Um sistema de IAV em atual fase de estudo e testes de implementação é o SINIAV (Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos). Este sistema é o objeto de aplicação da resolução 212 do DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). Esta resolução se encontra disponível no Anexo II, e apresenta uma proposta para utilização de RFID em todos os veículos do território nacional, com o objetivo de monitorar o trânsito, em busca de carros roubados, ou que tenham sido utilizados em alguma infração, além de várias outras implementações tanto de segurança, como de conforto e análise de tráfego.

3.3.1. Leitor RFID

Os leitores RFID em estacionamentos devem ser capazes de receber os dados das tags e, se for de interesse da administração do estabelecimento, atuar sobre uma cancela. Outra característica importante de um leitor RFID é a capacidade de se comunicar com um sistema de controle de tags. Desta forma os leitores, além de estarem conectados à antena leitora, devem possuir saídas tanto para o servidor de middleware quanto para atuadores.

O posicionamento do dispositivo leitor depende da frequência operacional e do tipo de alimentação da tag utilizada. Porém o que de fato é relevante é a posição da antena do leitor. Uma implementação de leitor adequada é a instalação da antena nas proximidades da entrada e saída do estacionamento.

A antena do leitor deve ser direcional e apontada para a área de passagem dos veículos, criando um cone de alta densidade e amplitude de sinal,

evitando assim, leitura de tags fora da área de entrada e de saída de automóveis. A Figura 3.1 ilustra um exemplo de implementação da antena do leitor.

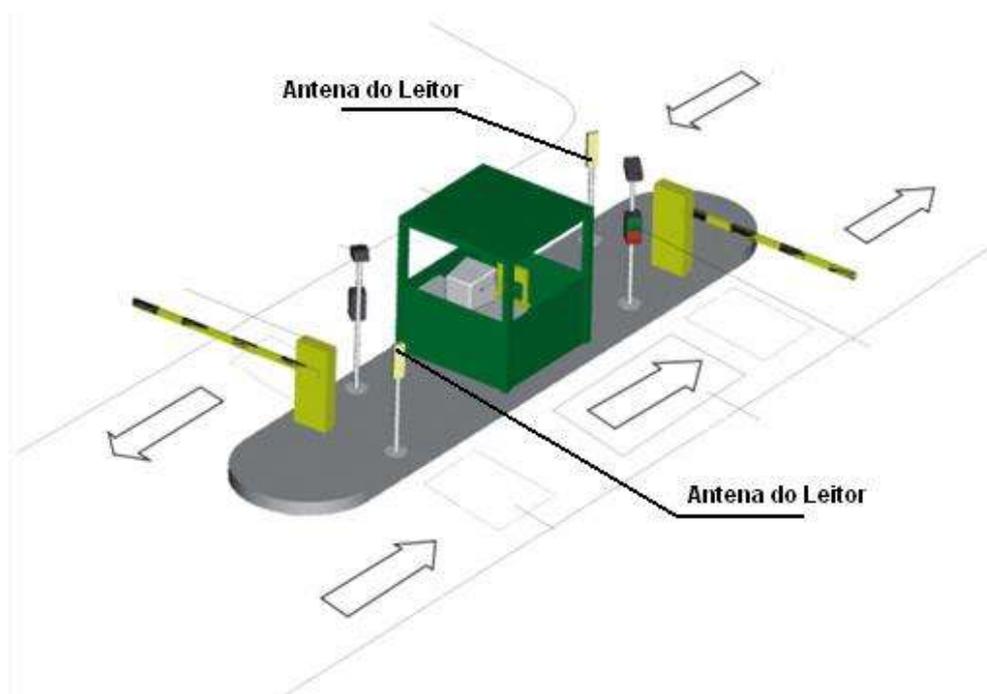


Figura 3.1 – Localização da antena do Leitor. (Fonte: parking.gaorfid.com/ - Adaptado pelo autor)

A comunicação do leitor com o servidor de middleware pode ser realizada com diferentes tecnologias e padrões de interface e transmissão. Os produtos comerciais usualmente oferecem como interfaces de comunicação as saídas seriais nos padrões RS232, RS485 e Wiegand.

3.3.2. Middleware RFID

Um dos elementos mais importantes de um sistema de IAV com RFID é o middleware. Este componente é um sistema lógico capaz de utilizar os dados obtidos pelo leitor.

Em estacionamentos, um middleware é composto de um software responsável por:

- Registro de eventos de uma tag, como entrada e saída;

- Comparação da tag com os identificadores cadastrados no sistema;
- Lógica de controle de acesso, ativando sistema externo, como o controle da cancela;
- Comunicação com outro sistema que utilizará a informação das tags, como por exemplo, um aplicativo de tarifação por uso do estacionamento entre outros;

O fato de um middleware ter de se comunicar com um outro sistema, como por exemplo, um programa que registra eventos RFID em um banco de dados, se faz necessário que todas as tags participantes do sistema sejam cadastradas previamente no bando de dados. Isto significa que as tags RFID de um sistema de um estabelecimento não são utilizáveis por um outro sistema, exceto quando tais sistemas compartilham a mesma base de dados.

Esta característica implica numa amarração dos veículos aos estacionamentos participantes, sendo uma solução interessante para controle de ponto e acesso a empresas, centros comerciais, condomínios, clubes etc, que possuem usuários que utilizam o estabelecimento com uma certa frequência.

3.4. Transdutores em Estacionamentos

Para a identificação das vagas de um estacionamento, diversos métodos podem ser utilizados. Os recursos sensoriais para este objetivo são vários, se destacando os transdutores de presença e os de posição, como os ópticos, de peso, ultra-sons e indutivos.

O objetivo do transdutor em estacionamentos é oferecer um dado para definir o status da vaga. Tais transdutores devem ser instalados em cada vaga do

estacionamento a fim de se garantir a contabilização exata das vagas. Dessa forma, cada vaga possui uma forma de ser identificada.

O tipo de transdutor a ser empregado neste projeto é o de proximidade indutiva, mais especificamente o laço indutivo. Este tipo de transdutor é amplamente utilizado em sistemas de trânsito, sendo utilizados em conjunto com sistemas de IAV por OCR, como os “pardais” que detectam se um veículo ultrapassou a velocidade máxima permitida na via.

O funcionamento físico de um laço indutivo é descrito no capítulo 3. Neste capítulo são tratados apenas os aspectos de instalação e utilização.

O laço indutivo deve ser instalado no chão do estacionamento, individualmente em cada vaga. A geometria do laço pode variar de acordo com o objetivo do sistema, mas para a utilização pretendida, utiliza-se a forma retangular de forma que o laço abranja a largura da vaga. Outras geometrias, como em “8” ou retângulos inclinados em 45° , são utilizados para situações específicas, como para evitar interferências, detecção de objetos em movimento ou para massas metálicas menos expressivas, como bicicletas.

Devido à variedade de modelos de laços, as características e sensibilidade variam, fazendo com que haja uma variação nas especificações do equipamento e sua instalação. Porém, de uma forma geral, o laço indutivo deve estar embutido no chão a uma profundidade de 3 a 5 centímetros e ter de 5 a 8 milímetros de espessura. A largura do laço retangular deve ser de aproximadamente 1 metro, variando de acordo com o número de voltas do laço, e seu comprimento não deve ser maior que a largura do veículo, para garantir maior precisão do sistema sensor e um laço não pode estar mais próximo que 10 cm de outro laço.

Algumas características devem ser observadas para a instalação dos laços indutivos e melhor aproveitamento sensorial:

- O número de voltas não implica no aumento da sensibilidade. Há uma relação entre número de voltas e o perímetro do laço: maior ;

- O perímetro do laço influencia na intensidade da variação do campo eletromagnético (quanto maior o perímetro, menor a intensidade);

- Veículos menores, com menor densidade, tais como motocicletas, causam aproximadamente 1% a 2% de variação em relação a um carro comum;

- A distância da altura do veículo em relação ao laço afeta a variação do campo.

Cada laço se conecta com o restante do transdutor, que possui um oscilador, gerando um sinal entre 20 kHz e 100 kHz, conhecida como a frequência de ressonância. O transdutor é então, conectado em sua interface de saída a uma das portas de entrada de um microcontrolador, que tratará logicamente o sinal enviado pelo transdutor. Este sinal pode representar o estado de ligado ou desligado, ou seja, se a massa metálica do veículo (chassis, eixos etc) causa a variação no campo eletromagnético, há a presença de um veículo, significando o estado ligado. Os estados da vaga são representados logicamente pelos bits 1 (ligado) e 0 (desligado).

3.5. Sistema Microcontrolado de Identificação

Um microcontrolador é um circuito integrado que, em um único dispositivo, contém todos os circuitos necessários para realizar um completo sistema digital programável. Este dispositivo é capaz de executar algoritmos escritos em

linguagem de baixo nível como Assembly e linguagens de alto nível, como C. Os algoritmos são implementados no microcontrolador por programação do mesmo, ou seja, incluindo o código do algoritmo em sua memória interna *flash*.

Os sistemas microcontrolados são capazes de permitir uma inteligência e autonomia a um circuito elétrico, pois com estes dispositivos é possível analisar os dados lógicos (bits) do circuito e determinar uma ação a ser tomada.

A ligação de transdutores indutivos às portas de entrada de um microcontrolador confere ao sistema uma automação no sentido de que o microcontrolador monitora as suas portas de entrada e saída (E/S ou I/O) verificando o estado de cada uma delas. Ou seja, o microcontrolador é capaz de receber e analisar o estado das vagas, transmitido pelos transdutores conectados a ele.

Deve ser programado no microcontrolador, um algoritmo capaz de associar uma porta a um identificador e determinar qual o estado do sinal em cada porta (que está conectada a um transdutor). Assim que os dados do sinal são adquiridos, estes são transformados em informação útil para a tomada de ação ou outra análise.

A quantidade de portas de um microcontrolador limita o número de vagas que podem ser conectadas a este dispositivo. Como um microcontrolador possui um número baixo de portas (no caso do PIC16F877A, são 33 portas de E/S) em relação ao número de vagas de um estacionamento, se faz necessária a implementação da técnica de multiplexação, que é a combinação de um conjunto de sinais de entrada para um único sinal de saída.

No caso do sistema de identificação de vagas tratado neste projeto, o microcontrolador é responsável por receber os dados dos transdutores, identificar de

qual vaga se originou o sinal e repassar a informação para um outro sistema, que fará a contabilização das vagas.

3.6. Sistema Contabilizador

Para efetuar a totalização e as outras operações de análise da situação de um estacionamento, deve existir um sistema centralizado, que receba as informações do sistema microcontrolador. O algoritmo deste sistema contabilizador executa uma varredura na entrada de dados e analisa a situação das vagas identificadas previamente e, de acordo com o total de vagas conhecido, é possível estabelecer a quantidade de vagas vazias (disponíveis) e as vagas ocupadas. Um exemplo de algoritmo pode ser visto no Apêndice II.

Os dados de entrada oriundos do sistema microcontrolado são processados pelo programa e as informações instantâneas podem ser armazenadas em arquivo ou em banco de dados para outros propósitos, como geração de dados estatísticos, tabelas e gráficos de utilização. Após a contabilização e análise da situação das vagas, as informações são então disponibilizadas em um painel informativo.

O programa deve ser capaz de distinguir os setores de um estacionamento, de forma que as vagas sejam agrupadas por localidade. A distinção de setores é feita com o conhecimento prévio da localização de cada vaga e a estipulação de quantidade de vagas por setor. Assim, ocorrendo a situação de haver muitas vagas disponíveis espalhadas pelo estacionamento, serão informados apenas os setores, para não causar um excesso de informações para quem lê o painel.

Este sistema é um software localizado no computador central, podendo estar no mesmo servidor middleware do sistema RFID de IAV.

3.7. Painel Informativo

O painel informativo é a interface entre o sistema de identificação de vagas e o motorista que adentra o estacionamento. O painel pode ser uma tela, um monitor ou um *display* composto de LEDs (Light Emitting Diodes), como placares eletrônicos.

A localização do painel é um aspecto fundamental para a sua eficácia. Portanto, este deve ser instalado na entrada do estacionamento, de forma que os motoristas que entram no estabelecimento logo vêem as informações das vagas. Outra possível instalação do painel é na área externa do estacionamento, próximo de onde veículos passam antes de entrar no estacionamento. Dessa forma, os motoristas são avisados com antecedência da situação das vagas, o que lhes permite decidir antecipadamente se devem desistir do estacionamento, trazendo maior agilidade ou se devem decidir a entrar.

As informações a serem enviadas ao painel são as possíveis:

- Caso todas as vagas estejam ocupadas: “ESTACIONAMENTO LOTADO!”
- Caso haja um número alto de vagas disponíveis, configurado em 10, por exemplo, indicar os setores que possuem vagas: “Setor A: 6 vagas / Setor B: 12 vagas etc”
- Caso haja poucas vagas disponíveis (menos de 10), será indicado a identificação de cada vaga: “VAGAS: A-1, A-2, C-4, E-10”
- Caso o painel esteja localizado em área externa, apenas duas informações são úteis: “ESTACIONAMENTO LOTADO!” ou “VAGAS DISPONÍVEIS!”

4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo são descritos os processos de implementação do projeto do sistema de identificação automática de veículos e vagas em estacionamentos. São apresentados como foram utilizadas as ferramentas e tecnologias para elaboração do projeto.

Por se tratar de um projeto de cunho acadêmico, muitas das tecnologias sugeridas para a implementação num ambiente real foram substituídas ou simuladas de tal forma que o foco do projeto não seja prejudicado ou diminuído, que é oferecer um mecanismo de identificação automática de vagas e veículos, este último por RFID.

O projeto foi desenvolvido em três camadas, de acordo com o emprego de cada tecnologia. Cada camada possui características e elementos de hardware e software São estes:

- Camada IAV;
- Camada PGI;
- Camada Central;

4.1. Camada IAV

Esta parte do desenvolvimento do projeto trata do conjunto de recursos utilizados para o sistema IAV, baseada na identificação de tags RFID. Esta camada engloba portanto, apenas hardware, representado pelo leitor e tags RFID.

Foi adquirido um kit RFID da marca Phidgets que, devido à sua simplicidade, é ideal para estudos e pequenas implementações, como os de *hobby*.

Este kit é composto de um leitor contendo uma antena em espiral e uma variedade de tags passivas, em vários formatos, como cartões, chaveiros, pequenas placas e etiquetas adesivas.

Cada tag possui um código identificador único de 40 bits, representados por 10 dígitos em hexadecimal. Estes códigos devem ser lidos e armazenados no banco de dados do middleware.

As tags RFID são consideradas como sendo os veículos, uma vez que, como premissa para uma implementação, todos os automóveis devem possuir uma tag anexada no lado interno do pára-brisa. Portanto, assume-se que cada tag representa um veículo.

A Figura 4.1 apresenta o kit adquirido para desenvolvimento deste projeto, onde é possível ver o leitor (canto superior esquerdo) e tags em formato de crachá, chaveiros e plaquetas.



Figura 4.1 – Kit PhidgetRFID. (Fonte: www.phidgets.com)

Apesar de haver uma grande variedade de produtos desta categoria, a escolha pelo kit PhidgetRFID se deu devido ao seu baixo preço, em relação aos outros produtos de outras marcas. Além disso, uma característica interessante é a interface de comunicação do leitor com o middleware ser USB (Universal Serial Bus), um diferencial entre os outros produtos da mesma categoria. A Tabela 4.1 contém as especificações técnicas do leitor.

Antenna Output Power (max, far field)	< 10 μ W
Antenna Resonant Frequency	125kHz - 140kHz
Communication Protocol	EM4102
Read Update Rate	30 updates / second
External +5V Supply Voltage	5VDC
External +5V Supply Current Limit	400mA
External LED Supply Voltage	5VDC
External LED Supply Current Limit	16mA
External LED Output Resistance	250 Ohms
Recommended Terminal Wire Size	16 - 26 AWG
Terminal Wire Strip Length	5 - 6mm (0.196" - 0.236")
USB-Power Current Specification	500mA max
Device Quiescent Current Consumption	16mA
Device Active Current Consumption	100mA max
Typical Read Distance - Credit Card Tag	11cm (5")
Typical Read Distance - Disk Tag	6cm (3")
Typical Read Distance - Key Fob Tag	7cm (3.5")

Tabela 4.1 – Especificações técnicas do leitor, (Fonte: Manual de Instruções PhidgetRFID)

De acordo com as referências da Tabela 4.1, é possível verificar que o leitor trabalha com a frequência operacional na faixa de 125kHz a 140kHz e, pela baixa potência do sinal de saída (menor que 10 μ W), fica estabelecida uma relação entre a potência, a frequência e as distâncias de leitura das tags.

A Figura 4.2 apresenta o leitor conectado ao computador utilizado na programação do middleware.



Figura 4.2 – Leitor conectado ao computador. (Fonte: Autor)

4.2. Camada Central

A camada central é caracterizada por englobar no mesmo hardware (computador central) os sistemas IAV e PGI, ou seja, é um computador que centraliza e contém os softwares de middleware RFID, o sistema contabilizador de vagas e a interface com o motorista (painel informativo)

4.2.1. Sistema de Registro RFID

O middleware RFID foi elaborado utilizando a linguagem de programação ANSI C. A utilização desta linguagem se deu pela facilidade e experiência com a mesma. O kit PhidgetRFID oferece uma série de APIs de desenvolvimento em várias linguagens de programação e várias plataformas, porém a plataforma utilizada foi o sistema operacional GNU/Linux Ubuntu 8.04, pela facilidade e experiência.

O software desenvolvido para o middleware recebeu o nome de “rfid.c” e consiste de um algoritmo que é executado em plano de fundo, em execução contínua, até que seja apertada alguma tecla de escape. O programa executa uma rotina de escuta da porta USB, conectada ao leitor RFID.

Uma série de funções são utilizadas, porém as principais são a de detecção de leitura de alguma tag e a de registro do evento no banco de dados. A primeira função foi desenvolvida pelo fabricante e é chamada ‘TagHandler’, porém foi alterada de forma que, ao detectar uma entrada na porta serial, esta função faz uma chamada à função ‘registra’, desenvolvida pelo autor, conforme o trecho a seguir:

```
int TagHandler(CPhidgetRFIDHandle RFID, void *usrptr, unsigned char *TagVal)
{
    CPhidgetRFID_setLEDOn(RFID, 1);
    sprintf(ID_tag,"%02x%02x%02x%02x%02x",TagVal[0],TagVal[1],TagVal[2],TagVal[3],TagVal[4]);
    registra(ID_tag);
    return 0;
}
```

A função ‘sprintf’ atribui à variável *ID_tag* a *string* com os valores do vetor *TagVal*, que contém o código identificador da tag. A variável *ID_tag* é um tipo *char*.

A função ‘registra’ possui um objetivo básico: Registrar eventos de entrada ou saída no banco de dados e, para isso, deve receber como parâmetro a variável *ID_tag*.

Apesar do objetivo simples, uma série de instruções e testes devem ser feitos como a conexão com banco de dados de nome ‘bd_rfid’ que, no caso, está na mesma máquina e utiliza o usuário *root*, com senha ‘root’. Os parâmetros necessários para a conexão:

```
#define HOST "localhost"
#define USER "root"
```

```
#define PASS "root"  
#define DB "bd_rfid"
```

A função efetua o registro do valor da tag lida, o horário da leitura e o evento (entrada ou saída). Este procedimento é feito com a seguinte consulta (query SQL – Structured Query Language):

```
INSERT INTO tb_registro(ID_tag,evento) VALUES('%s','%d');
```

Onde %s e %d são as máscaras para o valor da variável *ID_tag* e *evento*, respectivamente. A variável *evento* é um valor inteiro, representando 1 para entrada e 0 para saída. Para saber qual é o tipo de evento, a função testa o evento anterior da tag. Se o evento anterior foi uma saída, logo o evento atual é uma entrada, e vice-versa. Este teste é feito com a resposta da consulta:

```
SELECT evento FROM tb_registro WHERE ID_tag = '%s' ORDER BY TS_datahora DESC LIMIT 0,1;
```

Esta consulta seleciona apenas o último registro da tag lida.

O código-fonte do programa 'rfid.c' encontra-se no Apêndice A.

4.2.2. Banco de Dados *bd_rfid*

Foi utilizado o SGBD MySQL 5.0 localizado na mesma máquina do middleware RFID. Foi criado um banco de dados composto por duas tabelas com o nome 'bd_rfid'. Cada tabela possui os seguintes campos:

tb_registro

id – É o campo de auto-incremento com a identificação única de cada registro;

ID_tag – Campo destinado aos códigos das tags lidas;

TS_datahora – Possui o valor *timestamp* (exato momento) do registro;

Evento – Campo de valor inteiro: 1 - entrada, 0 - saída.

tb_tags

id – É o campo de auto-incremento com a identificação única de cada tag;

habilitado – Campo que indica se determinada tag está habilitada ou não.

Encontra-se no Apêndice B, o código-fonte para a geração do banco de dados 'bd_rfid'.

4.2.3. Sistema Contabilizador

Foi desenvolvido um software na linguagem C com o nome 'leserial.c' na plataforma GNU/Linux Ubuntu 8.04. Este programa é executado em plano de fundo (execução contínua) e possui as seguintes funções:

- Receber a entrada de dados na porta serial;
- Gravar os estados das vagas em banco de dados;
- Enviar para a tela a informação do painel.

Como o sistema microcontrolado envia como saída para a porta serial apenas os eventos (alteração dos estados das vagas), o programa contabilizador recebe na porta serial essas informações e realiza um tratamento, para identificar quais vagas sofreram alteração e as grava no banco de dados. Logo em seguida, este programa exibe em tela as vagas disponíveis, de acordo os estados atuais de cada vaga no banco de dados.

A Figura 4.3 apresenta o fluxograma da função principal do programa.

Após se conectar ao banco de dados de vagas de nome 'bd_vagas', o programa faz chamada à função *contabiliza()*, que consulta no mesmo banco de dados por vagas que o estado seja disponível pela *query*:

```
SELECT CD_vaga FROM tb_vagas WHERE estado = '0';
```

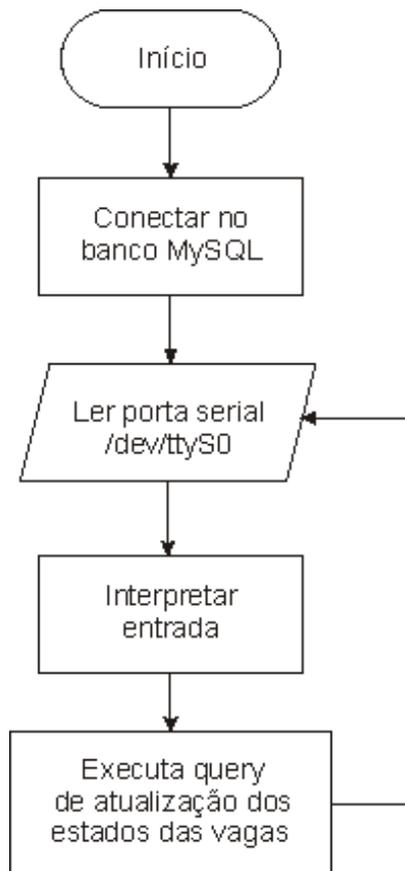


Figura 4.3 – Fluxograma leserial.c (Fonte: Autor)

A contabilização é feita com a seguinte lógica: Se esta consulta não retornar resultados, é devido à falta de vagas disponíveis e então é emitido para a tela: “ESTACIONAMENTO LOTADO!!!”. Caso a consulta retorne algum resultado, este é exibido em tela.

A função de interpretação da entrada é necessária pois a saída do sistema microcontrolador é no formato “pino-estado”, ou seja, é necessário atribuir o nome da vaga ao pino lido. Esta interpretação é feita pela estrutura de teste:

```

switch(*id_vaga)
{
    case '0': id_vaga="a1"; break;
    case '1': id_vaga="a2"; break;
    case '2': id_vaga="a3"; break;

```

```
case '3': id_vaga="b1"; break;
case '4': id_vaga="b2"; break;
case '5': id_vaga="c1"; break;
case '6': id_vaga="c2"; break;
}
```

Após a gravação em banco de dados e exibição do resultado em tela, o programa retorna para o início, onde é feita a leitura da porta serial. Como o sistema é executado na plataforma GNU/Linux, a porta serial pode ser lida como um arquivo, neste caso, a porta serial é o arquivo “/dev/ttyS0”.

Os códigos-fonte para o programa ‘leserial.c’ e a geração do banco de dados das vagas encontram-se no Apêndice C e D respectivamente.

As vagas foram consideradas de acordo com o circuito simulador de vagas, onde cada vaga possui uma identificação própria. Como o circuito simulador dispõe de 7 chaves (DIP SWITCH), este é o número de vagas, agrupadas em setores, conforme abaixo:

Setor A: A-1, A-2, A-3

Setor B: B-1, B-2

Setor C: C-1 e C-2

Os detalhes do circuito simulador são apresentados na seção 4.3.2

4.3. Camada PGI

A camada PGI é caracterizada por conter os sistemas relacionados à identificação de vagas e a interface com o motorista. Logo, engloba o sistema microcontrolador, o circuito simulador de vagas e a tela do monitor (painel de informações).

4.3.1. Sistema Microcontrolador

O sistema microcontrolador de identificação de vagas é composto por um microcontrolador PIC16F877A. Para o desenvolvimento neste dispositivo, foi adquirido o kit de desenvolvimento MultiPIC. Este kit dispõe de uma placa eletrônica com uma série de recursos de entrada e saída de dados como chaves de acionamento, display de 7 segmentos, display LCD, porta de comunicação serial RS232 entre outras funcionalidades.

A Figura 4.4 ilustra o diagrama de blocos representando a conexão do microcontrolador com os periféricos da placa.

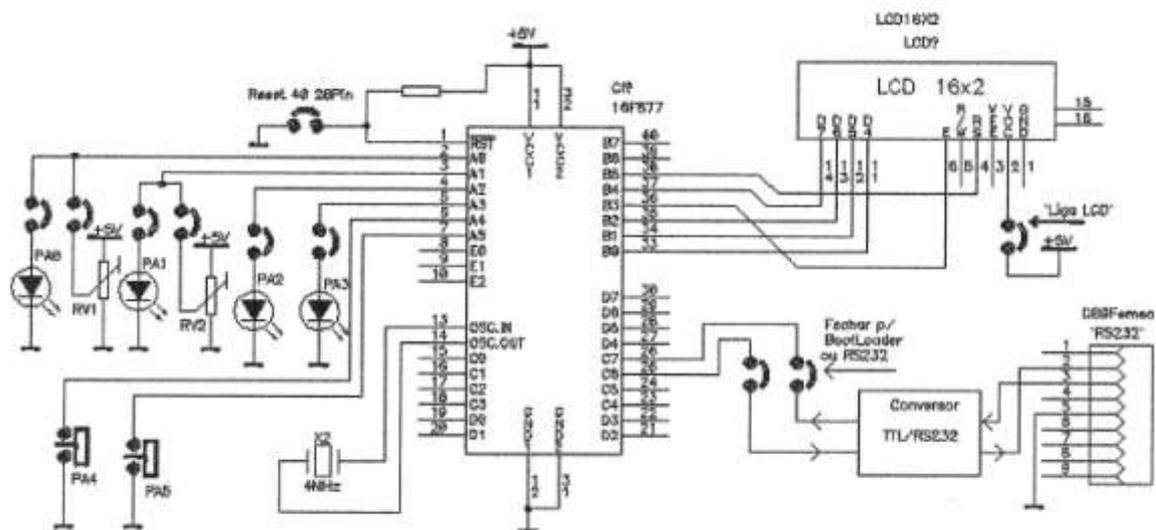


Figura 4.4 – Diagrama de blocos do kit MultiPIC. (Fonte: Manual de Instruções kit MultiPIC)

Para a programação do PIC16F877A, foram utilizados os seguintes softwares de desenvolvimento, compilação e programação:

- Desenvolvimento: Bloco de notas;
- Compilação: CCS PIC-Compiler;
- Programação: IC-Prog;

O PIC16F877A possui 40 pinos, sendo que 33 deles podem ser utilizados como portas de entrada e saída de dados. Foi desenvolvido um programa em ANSI C com o nome 'pic_vagas.c' para verificação dos estados lógicos das portas. Cada pino do microcontrolador está conectado a uma chave do DIP SWITCH, representando os laços indutivos, conforme apresentado na Tabela 4.2.

O código-fonte do programa pode ser visto a seguir:

```
#include <16f877a.h>
#include <delay.h>
#define delay(clock=4000000)
#define fuses HS,NOWDT,PUT,NOBROWNOUT,NOLVP
#include <rs232.h>
#define rs232(baud=19200, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)
#include <stdio.h>

#define a1_0 PIN_D0 // Vaga 0
#define a2_1 PIN_D1 // Vaga 1
#define a3_2 PIN_D2 // Vaga 2
#define b1_3 PIN_D3 // Vaga 3
#define b2_4 PIN_D4 // Vaga 4
#define c1_5 PIN_D5 // Vaga 5
#define c2_6 PIN_D6 // Vaga 6

void main(void) {
    int i = 0;
    int pinos[10];
    int vagas[10];

    while(1) {
        pinos[0] = !input(a1_0);
        pinos[1] = !input(a2_1);
        pinos[2] = !input(a3_2);
        pinos[3] = !input(b1_3);
        pinos[4] = !input(b2_4);
        pinos[5] = !input(c1_5);
        pinos[6] = !input(c2_6);

        for(i=0 ; i<= 6 ; i++) {
            if((pinos[i]!=vagas[i])) {
                printf("%d-%d\r\n",i,pinos[i]);
                vagas[i]=pinos[i];
                delay_ms(300);
            }
        }
    }
}
```

Percebe-se no algoritmo que é feita a relação de vagas com os pinos, pela instrução *define*.

A instrução *while(1)* indica que o programa roda em uma condição eterna, ou seja, não possui condição de saída, sempre repetindo as instruções de varredura dos pinos, conhecido como *polling*.

Para cada pino, é feita uma comparação do estado do pino com seu estado anterior. Se houve alguma alteração, a função `printf` imprime na saída padrão, no caso a porta serial, a informação da vaga e seu estado no formato “pino-estado”. A função a seguir realiza o teste de alteração de estado:

```
if((pinos[i]!=vagas[i]))
```

A Figura 4.5 apresenta o fluxograma da função principal do programa.

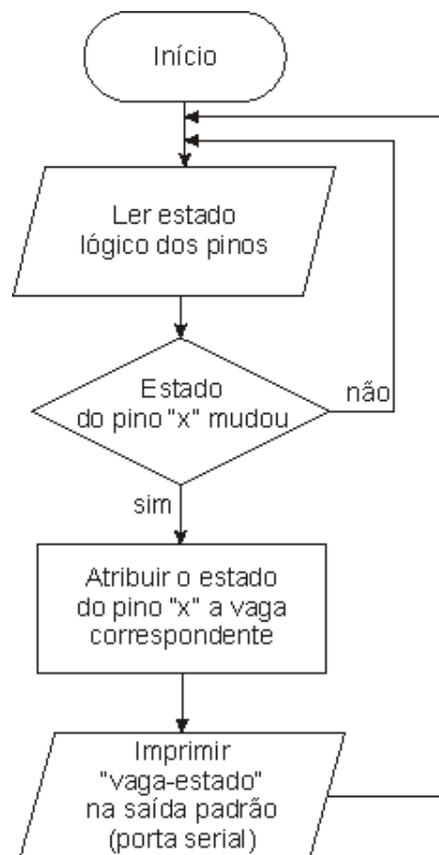


Figura 4.5 – Fluxograma da função principal do pic_vagas.c (Fonte: Autor)

4.3.2. Circuito Simulador de Vagas

Como o objetivo do projeto é identificar as vagas e veículos, com o uso de métodos e equipamentos de cunho acadêmico, o mecanismo de representação de veículos ocupando vagas foi simulado em função da impossibilidade de se instalar um transdutor de proximidade com laço indutivo. A simulação de veículos foi realizada utilizando um circuito de chaves para indicar: ligado (vaga ocupada) e desligado (vaga disponível).

O esquema lógico do circuito é representado pela Figura 4.6.

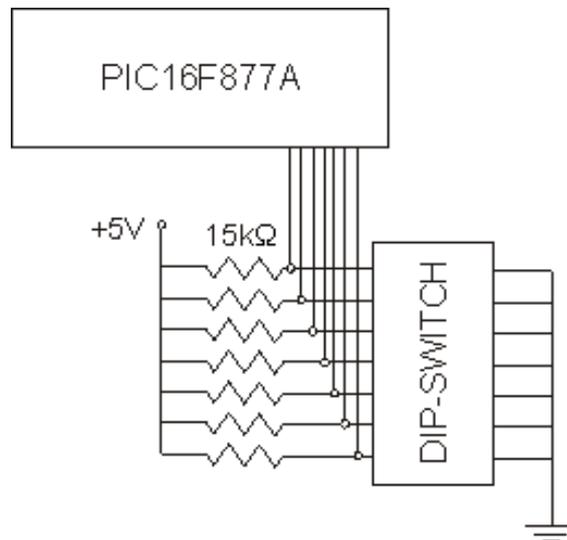


Figura 4.6 – Esquema elétrico do circuito simulador. (Fonte: Autor)

A montagem física do circuito em comunicação com o kit MultiPIC é apresentada na Figura 4.7.

Pode se observar que o circuito foi montado em uma placa de protótipos eletrônicos (Protoboard) utilizando resistores de 15 kΩ e um DIP SWITCH de 7 chaves. A chave estando ligada, representa um veículo ocupando a vaga e, no caso de estar desligada, representa que não há veículos na vaga. A ligação terra do circuito e a alimentação de +5V vem da própria placa do MultiPIC.

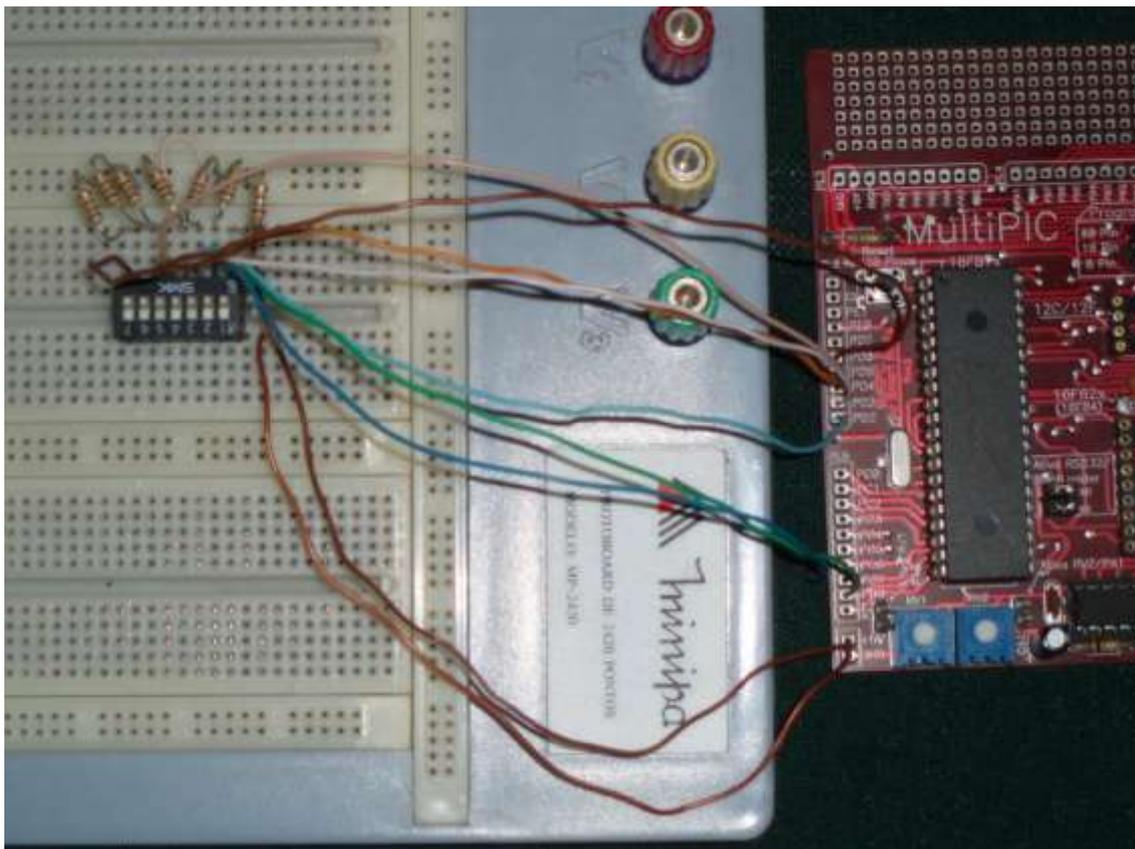


Figura 4.7 – Circuito simulador de vagas. (Fonte: Autor)

A comunicação das chaves de acionamento com o PIC16F877A é feita por fios comuns de laboratórios eletrônicos. As chaves, de 1 a 7 são ligadas na PORTA D do microcontrolador, na disposição de acordo com a Tabela 4.2.

Chave (vaga)	Porta	Pino
1	D0	19
2	D1	20
3	D2	21
4	D3	22
5	D4	27
6	D5	28
7	D6	29

Tabela 4.2 – Ligação das chaves e pinos do PIC16F877A. (Fonte: Autor)

5. TESTES E RESULTADOS OBTIDOS

A implementação deste projeto exige que sejam executados uma série de testes tanto de funcionalidade como de eficácia. São analisados uma série de situações específicas que envolvem o comportamento dos motoristas e as possíveis conseqüências para a organização do estacionamento.

Os quadros a seguir representam essas situações e o resultado obtido pela resposta das identificações automáticas.

A Tabela 5.1 mostra os testes das possíveis situações na camada RFID. A relação de tag e veículo, neste ponto é automática, ou seja, ao se referir a veículo, se entende a leitura de sua tag.

Situação	Registro
Veículo entra no estacionamento	Registro da tag, hora, data e evento (entrada)
Veículo sai do estacionamento	Registro da tag, hora, data e evento (saída)
Veículo permanece no estacionamento por tempo indeterminado	Sem ação. Último registro: Entrada
Veículo nunca mais retorna ao estacionamento	Sem ação. Último registro: Saída

Tabela 5.1 – Testes na camada RFID. (Fonte: Autor)

A Tabela 5.2, apresenta algumas situações possíveis para a ocupação das vagas e o resultado no painel informativo, supondo um total de 7 vagas identificadas (que é o total de chaves no circuito utilizado).

Situação	Resultado no Painel
Todas as vagas disponíveis	VAGAS DISPONÍVEIS!!!
Todas as vagas ocupadas	ESTACIONAMENTO LOTADO!!!
4 vagas disponíveis	Vagas Disponíveis: 4 Setor A: a1, a2 Setor B: b1 Setor C: c1
2 vagas disponíveis	Vagas Disponíveis: 2 Setor A: a1, a2 Setor B: Setor C:

Tabela 5.2 – Resultados do painel informativo. (Fonte: Autor)

6. CONCLUSÃO

Ao final deste projeto, pôde-se verificar o emprego de duas tecnologias de detecção automática no contexto de um estacionamento. Após estudos de cada tecnologia, foi proposta uma aplicação para cada uma, de forma que se integram e solucionam um problema comum dos grandes centros urbanos.

O uso de RFID para identificação de veículos é altamente promissor, sendo a tecnologia usada para IAV mais utilizada no mundo. Diversos países como os Estados Unidos e a França já adotam RFID para controle de tráfego e outros sistemas de tarifação de estacionamentos públicos e privados. Veremos, nos próximos anos, a implementação do SINIAV em âmbito nacional e de caráter obrigatório.

Por ser uma tecnologia que não é vista ou sentida, a implementação de sistemas RFID gera muita polêmica entre a sociedade e as comunidades científicas, pois servirá para monitorar e rastrear uma quantidade de itens sem que as pessoas percebem isso, causando protestos contra a invasão de privacidade e também contra políticas e eficácia no que se refere à segurança da informação.

A tecnologia dos transdutores de proximidade indutiva para confirmar presença e posição é largamente utilizada no meio industrial e já é uma tecnologia consolidada e madura, que traz uma grande precisão para os sistemas em que é empregado. No contexto veicular, o seu emprego também é notório, sendo ideal para a detecção de veículos que ocupam uma vaga, apesar de vantagens de outros tipos de transdutores.

Além de apresentar as principais tecnologias envolvidas, este trabalho sugere uma integração, conseguida através do emprego de outras tecnologias não

menos importantes para o contexto, mas que desempenham um papel coadjuvante, como o sistema microcontrolado que utiliza o PIC 16F877A e as aplicações desenvolvidas em linguagem C, tanto para o middleware quanto para o sistema contabilizador.

6.1. Integração de disciplinas

Para a realização deste projeto, foi indispensável a utilização de conhecimentos que não foram detalhados, como por exemplo, a instalação do sistema operacional GNU/Linux Ubuntu 8.04 e as configurações necessárias para a compilação e execução dos programas desenvolvidos, porém estes conhecimentos não podem ser desconsiderados e devem ser levados em consideração para a implantação do sistema proposto.

É possível relacionar as disciplinas do curso de Engenharia de Computação que mais tiveram impacto, de acordo os conhecimentos utilizados:

- Microcontroladores e microprocessadores;
- Sistemas Distribuídos;
- Linguagem Técnica de Programação I e II;
- Teleprocessamento
- Circuitos Eletrônicos;
- Circuitos e Máquinas Elétricas;
- Lógica Digital;
- Física III e IV;

Entre os conhecimentos externos, adquiridos fora do ambiente de graduação, pode-se destacar:

- Experiência com o sistema operacional GNU/Linux;
- Estudos sobre RFID e transdutores específicos;
- Tópicos avançados de programação em C;
- Estudos aprofundados sobre o PIC 16F87x e linguagem C;

6.2. Dificuldades encontradas

Para a realização deste projeto, as dificuldades encontradas foram de vários tipos e intensidades, umas de fácil resolução, outras mais complexas.

A primeira dificuldade foi a definição do escopo do projeto, como seria a estrutura do sistemas e as tecnologias específicas a serem utilizadas. Com o avanço nos estudos e tentativas de implementação, idéias foram surgindo e aos poucos, a forma final foi sendo definida.

A escolha dos equipamentos foi uma dificuldade de rápida resolução. Como o objetivo era demonstrar como RFID pode ser utilizado para registros em estacionamentos, o hardware era um requisito secundário e logo se optou por um equipamento de proximidade (PhidgetRFID), cuja a aquisição em si representou uma dificuldade, pois os sites de venda de produtos RFID não tinham um bom sistema de relacionamento com clientes.

Uma das maiores dificuldades foi a implementação dos circuitos simuladores e sua comunicação com o microcontrolador PIC. Com o auxílio do manual de instruções do kit MultiPIC e de estudos sobre o PIC e sua programação em C, foi possível estabelecer o circuito e implementar o código.

A escolha dos softwares de compilação dos programas do microcontrolador também representou uma certa dificuldade. Após alguma pesquisa e indicações da orientadora, foi possível definir o ambiente de trabalho para programação no PIC16F877A.

A compreensão dos códigos de exemplo e das APIs do kit PhidgetRFID também se tornou uma dificuldade, que logo foi superada através de estudos mais aprofundados da linguagem C.

Provavelmente a maior dificuldade foi estabelecer um escopo para a implementação de IAV. Inicialmente baseado no SINIAV, o projeto mudou para focar um sistema fechado, pelo fato do SINIAV possuir um conjunto de regras que impossibilitariam a integração com outros sistemas, como é o caso de estacionamentos particulares.

6.3. Propostas de projetos futuros

Neste ponto é interessante ressaltar que existe uma enorme variedade de aplicações das tecnologias expostas para outros contextos. Com a mesma topologia (ou com algumas diferenças), é possível que um engenheiro ou projetista desenvolva sistemas totalmente diferentes e/ou mais completos. A seguir, são apresentadas propostas para projetos futuros tanto para RFID, transdutores e IAV.

RFID

- Controles de acesso em geral;
- Integração com atuadores, como travas para portas e veículos, motores e outros tipos de acionamentos;

- Criptografia e segurança de dados em sistemas RFID.

Transdutores de Proximidade Indutiva

- Estudos de caso industriais;
- Integração de detectores com outros sistemas;
- Sistemas controladores de ambiente.

IAV (com RFID)

- Controle de tráfego em geral;
- Semáforos inteligentes;
- Detecção de região de congestionamento;
- Sistema de tarifação por uso de estacionamentos;
- Sistemas de controle de infrações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Pedro U. B.; THOMAZINI, Daniel. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Érica, 2007.

Amal Graafstra. **Amal Graafstra's RFID Page**. Disponível em: <<http://amal.net/rfid.html>>. Acesso em setembro de 2008.

Bircher America. **Installation of Inductive Loop**. Disponível em: <<http://www.bircheramerica.com/industrial-door/documents/04-00BIAMDO-LD-installationofinductiveloop-page5to8.pdf>>. Acesso em outubro de 2008.

DAMAS, Luís. **Linguagem C**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

DOBKIN, Daniel M. **RFID Basics: Electromagnetic Waves, Signal Voltage, and Power**. Disponível em: <http://www.rfidtribe.com/home/index.php?option=com_content&task=view&id=419&Itemid=102>. Acesso em: setembro de 2008.

DOBKIN, Daniel M. **UHF RFID Readers: RFID Receivers**. Disponível em: <http://www.rfidtribe.com/home/index.php?option=com_content&task=view&id=502&Itemid=102>. Acesso em setembro de 2008.

DUBOIS, Paul. **MySQL (Chapter 7: Writing MySQL Programs Using C)**. Disponível em: <<http://www.kitebird.com/mysql-book/ch07-4ed.pdf>>. Acesso em novembro de 2008

GLOVER, Bill; BHATT, Himanshu. **Fundamentos de RFID**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007.

Microchip. **PIC16F87XA Data Sheet.** Disponível em:

<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>>. Acesso em setembro de 2008.

Ministério das Cidades; Conselho Nacional de Trânsito. **RESOLUÇÃO Nº 212 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006.** Disponível em:

<http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_212.rtf>.

Acesso em setembro de 2008.

MoreRFID. Disponível em: <<http://www.morerfid.com/index.php?display=RFID>>.

Acesso em outubro de 2008.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC – Programação em C.** 7ª ed. São Paulo: Érica, 2005.

Perkons. **Lombada Eletrônica – Funcionamento.** Disponível em:

<http://www.perkons.com/interna.php?id_area=3&id_conteudo=31>. Acesso em novembro de 2008.

Phidgets. **1023 – PhidgetRFID Product Manual.** Disponível em:

<<http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1023.pdf>>. Acesso em outubro de 2008.

PIC RS232 IO. Disponível em: <<http://www.piclist.com/techref/microchip/rs232.htm>>.

Acesso em novembro de 2008.

RFID-Handbook. Disponível em: <<http://rfid-handbook.de/index.html>>. Acesso em

setembro de 2008.

SANTANA, Sandra R. M. **RFID - Identificação por Radiofrequência**. Disponível

em:

<http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_01.html>. Acesso em setembro de 2008.

SINIAV – Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos. Disponível

em: <<http://www.vonbraunlabs.com.br/siniav/port/index.html>>. Acesso em setembro de 2008

Software House. **Nedap® Automatic Vehicle Identification (AVI) System**.

Disponível em: <http://www.swhouse.com/products/readers_NedapAVI.aspx>.

Acesso em novembro de 2008.

Solbet Microcontroladores e Robótica. **Notas de Aplicação**. Disponível em:

<<http://www.solbet.com/downloads.php>>. Acesso em novembro de 2008.

SOUZA, David José; LAVINHA, Nicolás César. **Conectando o PIC – Recursos**

Avançados. 4ª ed. São Paulo: Érica, 2006.

THORNE, Alan. **The Physics Behind RFID**. Disponível em:

<http://www.rfidjournal.net/live05/sunday/RFIDU_1230pm_thorne.pdf>. Acesso em outubro de 2008.

WERNECK, Marcelo Martins Werneck. **Transdutores e Interfaces**. 1ª ed. Rio de

Janeiro: LTC, 1996.

ANEXO A – Resolução 212 do CONTRAN (SINIAV)



MINISTÉRIO DAS CIDADES CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO

RESOLUÇÃO Nº 212 DE 13 DE NOVEMBRO DE 2006.

Dispõe sobre a implantação do Sistema de Identificação Automática de Veículos – SINIAV em todo o território nacional

O CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelo art. 12, da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, e conforme o Decreto nº 4.711, de 29 de maio de 2003, que trata da coordenação do Sistema Nacional de Trânsito;

Considerando o disposto no art. 114, do CTB, que atribui ao CONTRAN dispor sobre a identificação de veículos;

Considerando as atribuições conferidas ao CONTRAN pela Lei Complementar nº 121, de 9 de fevereiro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Prevenção, Fiscalização e Repressão ao Furto e Roubo de Veículos e Cargas e dá outras providências;

Considerando a necessidade de empreender a modernização e a adequação tecnológica dos equipamentos e procedimentos empregados nas atividades de prevenção, fiscalização e repressão ao furto e roubo de veículos e cargas;

Considerando a necessidade de dotar os órgãos executivos de trânsito de instrumentos modernos e interoperáveis para planejamento, fiscalização e gestão do trânsito e da frota de veículos;

Considerando as conclusões do Grupo de Trabalho instituído pela Portaria nº 379, de 28 de julho de 2006, do Ministro de Estado das Cidades, publicada no D.O.U. nº 145, seção 2, de 31 de julho de 2006, e o que consta no processo 80000.014980/2006-61

RESOLVE:

Art. 1º Fica instituído em todo o território Nacional o Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV, baseado em tecnologia de identificação por rádio-freqüência, cujas características estão definidas no anexo II desta Resolução.

Parágrafo único. O SINIAV é composto por placas eletrônicas instaladas nos veículos, antenas leitoras, centrais de processamento e sistemas informatizados.

Art. 2º Nenhum veículo automotor, elétrico, reboque e semi-reboque poderá ser licenciado e transitar pelas vias terrestres abertas à circulação sem estar equipado com a placa eletrônica de que trata esta Resolução.

§1º A placa eletrônica será individualizada e terá um número de série único e inalterável para cada veículo.

§2º Os veículos de uso bélico estão isentos desta obrigatoriedade.

Art. 3º Cada placa eletrônica deverá conter, obrigatoriamente, as seguintes informações que, uma vez gravadas, não poderão ser alteradas:

- I - Número serial único;
- II - Número da placa do veículo;
- III - Número do chassi; e
- IV - Código RENAVAM.

Parágrafo único – A placa eletrônica de que trata este artigo deverá obedecer também o mapa de utilização de memória constante do Anexo II desta Resolução.

Art. 4º O SINIAV deverá estar implantado em todo o território nacional conforme o cronograma constante do Anexo I desta Resolução.

Art. 5º Cabe aos Órgãos Executivos de Trânsito dos Estados e do Distrito Federal a responsabilidade pela implantação e operação do SINIAV no âmbito do seu território.

Parágrafo único. Fica facultado aos Órgãos Executivos de Trânsito dos Estados estabelecerem convênios com os Municípios visando à implantação do SINIAV.

Art. 6º - As antenas leitoras e as placas eletrônicas deverão ser homologadas pelo DENATRAN, de acordo com as características técnicas especificadas no Anexo II desta Resolução.

Art. 7º As informações obtidas através do SINIAV e que requeiram sigilo serão preservadas nos termos da Constituição Federal e das leis que regulamentam a matéria.

Art. 8º O descumprimento do disposto no artigo 2º desta Resolução sujeitará o infrator à aplicação das sanções previstas no Art. 237, do Código de Trânsito Brasileiro .

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, observado o cronograma fixado no artigo 4º .

Alfredo Peres da Silva

Presidente

Fernando Marques de Freitas
Ministério da Defesa – Suplente

Rodrigo Lamego de Teixeira Soares
Ministério da Educação – Titular

Carlos Alberto Ferreira dos Santos
Ministério do Meio Ambiente – Suplente

Valter Chaves Costa
Ministério da Saúde – Titular

Edson Dias Gonçalves
Ministério dos Transportes – Titular

Anexo I – Cronograma de implantação do SINIAV

1. O processo de implantação do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos – SINIAV deverá estar iniciado em todo o território Nacional, dentro do prazo de até 18 (dezoito) meses da publicação desta Resolução e ser concluído no prazo de até 42 (quarenta e dois) meses, após o início da implantação.
 - 1.1. Findo o prazo determinado neste item, nenhum veículo poderá circular se não forem atendidas as condições fixadas nesta Resolução e em seus Anexos.
2. Para efeito do cumprimento desta Resolução, será considerada que a implantação do SINIAV estará iniciada em determinado Estado ou no Distrito Federal quando forem cumpridas, as três condições abaixo:
 - 2.1. Quando somente ocorrer o primeiro licenciamento de veículos novos com a colocação do equipamento descrito no artigo 2º desta Resolução.
 - 2.2. Quando ocorrer novo registro ou licenciamento dos veículos em circulação com a colocação do equipamento descrito no artigo 2º desta Resolução.
 - 2.3. Quando existir, no mínimo, uma antena leitora instalada em cada unidade do DETRAN ou Circunscrição Regional onde seja realizada a vistoria de que trata a Resolução nº 05/98 do CONTRAN;
3. Para efeito do cumprimento desta Resolução, será considerado que a implantação do SINIAV estará concluída em determinado Estado ou no Distrito Federal quando:
 - 3.1. Todos os veículos registrados no Estado ou no Distrito Federal só puderem ser licenciados se efetuada a colocação do equipamento descrito no artigo 2º desta Resolução;
 - 3.2. Existirem, no mínimo, antenas leitoras instaladas, operantes e conectadas a um sistema informatizado de registro dos dados da placa eletrônica, por sua vez conectado ao Sistema RENAVAL, em todas as unidades do DETRAN ou Circunscrição Regional onde seja realizada a vistoria de que trata a Resolução nº 05/98 do CONTRAN;

ANEXO II – Especificações Técnicas

1. O Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV, baseado em tecnologia de identificação por rádio-frequência (RFID), é composto por placas eletrônicas instaladas nos veículos, antenas que recebem e transmitem dados às placas eletrônicas instaladas nos veículos no momento da passagem dos mesmos pela área de abrangência das antenas e por sistemas de apoio como transmissão e processamento de dados.
2. Entende-se por antena, para fins desta Resolução, o dispositivo responsável e capaz de ler e escrever informações na placa eletrônica com as seguintes características:
 - 2.1. Deve possibilitar a operação integrada com outros equipamentos de campo, através de interface aberta e conhecida como interface serial, paralela, USB ou ethernet.
 - 2.2. Deve ter desempenho de leitura de pelo menos 99,90% (noventa e nove vírgula noventa por cento) das passagens dos veículos equipados com as placas eletrônicas.
 - 2.3. Deve ter capacidade de leitura e gravação de dados nas placas eletrônicas a uma distância mínima de 5 metros.
 - 2.4. Deve permitir a leitura de dados nas placas instaladas em veículos que estejam trafegando até 160 km/h, no mínimo.
 - 2.5. Deve permitir a gravação de dados nas placas instaladas em veículos que estejam trafegando até 80 km/h, no mínimo.
 - 2.6. Deve resistir a intempéries climáticas e poder funcionar a céu aberto, com proteção física mínima de IP 65 conforme a norma NBR 9883 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).
3. Características das Placas Eletrônicas:
 - 3.1. Devem ter capacidade mínima de armazenamento de 1024 bits de informação, sem limite máximo de memória;
 - 3.2. Devem possibilitar sua fixação nos veículos de tal forma que se tornem fisicamente inoperantes quando removidas da sua localização original;
 - 3.3. Devem ser fixadas no lado interno do pára-brisa dianteiro dos veículos, conforme janela de comunicação de dados informada pelo fabricante do veículo;
 - 3.3.1. Na ausência desta informação, deverão ser fixadas no lado interno do pára-brisa dianteiro dos veículos, conforme determinações do órgão executivo de trânsito do Estado, ou do Distrito Federal, onde estiver registrado o veículo;
 - 3.3.2. No caso de veículos que não possuam pára-brisa, a placa eletrônica deverá ser fixada em local que garanta o seu pleno funcionamento.
 - 3.4. Devem ter capacidade de serem lidas em qualquer condição climática, sem prejuízo da confiabilidade de 99,90% (noventa e nove vírgula noventa por cento) de identificação do veículo;
 - 3.5. A unicidade numérica das placas eletrônicas fornecidas deve ser garantida através de processo controlado pelo DENATRAN;
 - 3.6. Devem ter capacidade de atender, no mínimo, aos requisitos do mapa de memória constante da tabela 1 a seguir:

TABELA 1 – Mapa de Utilização de Memória

APLICAÇÃO	DADO		BITS
BASE\FABRICANTE	NUMERO SERIAL ÚNICO	Tag	64
	CONTROLE DE MANUFATURA	Tag	32
	MEMÓRIA PROGRAMÁVEL	Tag	928
	TOTAL (MÍNIMO)		1024
APLICAÇÃO	DADO	TAG	BITS
	PLACA ELETRONICA		
PLACA ELETRONICA	IDENTIFICAÇÃO DO EMISSOR (Pais,Estado)	Tag	64
	NUMERO DE MATRICULA DO AGENTE	Tag	32
	DATA HORA DA APLICAÇÃO	Tag	16
	PLACA	Tag	88
	NÚMERO DO CHASSI	Tag	128
	RENAVAM	Tag	36
	CODIGO DA MARCA MODELO DO VEICULO	Tag	16
	Aplicações Governamentais	Tag	164
	Sub Total		544
	Bloco 1		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	Bloco 2		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	Bloco 3		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	Bloco 4		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	Bloco 5		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	Bloco 6		
CONTROLE DO VEICULO	Uso pela Iniciativa Privada	Tag	64
	SUB TOTAL 2		384

4. O SINIAV terá as seguintes características de segurança:

- 4.1. Segurança de integridade de dados da placa eletrônica: os dados de identificação da placa eletrônica nela gravados por seu fabricante, bem como os dados de identificação do veículo gravados pelo órgão executivo de trânsito do Estado ou do Distrito Federal, onde estiver registrado o veículo, conforme determina o Artigo 3º desta Resolução, devem possuir características de gravação tais que seja impossível alterá-los.
 - 4.2. Segurança dos dados entre a placa eletrônica e antena leitora: devem ser utilizadas chaves de criptografia para autenticação da comunicação entre as placas eletrônicas e as antenas leitoras, ou outro meio que garanta a segurança necessária destes dados.
 - 4.3. A arquitetura do SINIAV deve garantir a segurança das informações protegidas pelo sigilo de dados, nos termos da Constituição Federal e das leis que regulamentam a matéria.
5. O SINIAV terá as seguintes características gerais:
- 5.1. A faixa de potência e a frequência utilizada pelas antenas leitoras e placas eletrônicas, devem estar de acordo com a regulamentação brasileira descrita no plano de canalização da ANATEL.
 - 5.2. As características técnicas de funcionamento das placas eletrônicas e antenas leitoras devem garantir a interoperabilidade dos diversos equipamentos integrantes do sistema.
 - 5.3. O protocolo utilizado para comunicação entre as placas eletrônicas e as antenas deve ser aberto e de domínio público, a fim de atender ao disposto no artigo 6º desta Resolução e garantir a interoperabilidade do Sistema em todo Território Nacional.
 - 5.4. O sistema a ser adotado pelo SINIAV deve ter aproveitamento nas operações de leitura e/ou gravação de, pelo menos, 99,85% (noventa e nove vírgula oitenta e cinco por cento) dos veículos equipados com a placa eletrônica que passarem sobre a área de abrangência das antenas.

Os dados contidos no SINIAV, assim como as formas de comunicação para leitura e/ou gravação de dados, devem ser garantidos através de códigos criptográficos que possibilitem a integridade, sigilo e confiabilidade das informações nele armazenadas.

ANEXO B - Faixas de Frequência para RFID (Fonte: RFID-Handbook)

Frequency ranges for RFID-Systems		
frequency range	comment	allowed fieldstrength / transmission power
< 135 kHz	low frequency, inductive coupling	72 dB μ A/m max
3.155 ... 3.400 MHz	EAS	13.5 dB μ A/m
6.765 .. 6.795 MHz	medium frequency (ISM), inductive coupling	42 dB μ A/m
7.400 .. 8.800 MHz	medium frequency, used for EAS (electronic article surveillance) only	9 dB μ A/m
13.553 .. 13.567 MHz	medium frequency (13.56 MHz, ISM), inductive coupling, wide spread usage for contactless smartcards (ISO 14443, MIFARE, LEGIC, ...), smartlabels (ISO 15693, Tag-It, I-Code, ...) and item management (ISO 18000-3).	60(!) dB μ A/m
26.957 .. 27.283 MHz	medium frequency (ISM), inductive coupling, special applications only	42 dB μ A/m
433 MHz	UHF (ISM), backscatter coupling, rarely used for RFID	10 .. 100 mW
865 .. 868 MHz	UHF (RFID only), Listen before talk	100 mW ERP Europe only
865.6 .. 867.6 MHz	UHF (RFID only), Listen before talk	2W ERP (=3.8W EIRP) Europe only
865.6 .. 868 MHz	UHF (SRD), backscatter coupling, new frequency, systems under development	500 mW ERP, Europe only
902 .. 928 MHz	UHF (SRD), backscatter coupling, several systems	4 W EIRP - spread spectrum, USA/Canada only
2.400 .. 2.483 GHz	SHF (ISM), backscatter coupling, several systems,	4 W - spread spectrum, USA/Canada only
2.446 .. 2.454 GHz	SHF (RFID and AVI (automatic vehicle identification))	0.5 W EIRP outdoor 4 W EIRP, indoor
5.725 .. 5.875 GHz	SHF (ISM), backscatter coupling, rarely used for RFID	4 W USA/Canada, 500 mW Europe

APÊNDICE A - Código-fonte da criação do banco de dados do middleware RFID.

```
--
-- Banco de Dados: `bd_rfid`
--
CREATE DATABASE `bd_rfid` DEFAULT CHARACTER SET latin1 COLLATE
latin1_swedish_ci;
USE `bd_rfid`;

-----

--
-- Estrutura da tabela `tb_registro`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `tb_registro` (
  `id` int(5) NOT NULL auto_increment,
  `ID_tag` varchar(30) NOT NULL,
  `TS_datahora` timestamp NOT NULL default CURRENT_TIMESTAMP on update
CURRENT_TIMESTAMP,
  `evento` int(1) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1 AUTO_INCREMENT=35 ;

--
-- Extraindo dados da tabela `tb_registro`
--

-----

--
-- Estrutura da tabela `tb_tags`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `tb_tags` (
  `id` varchar(30) NOT NULL,
  `habilitado` int(1) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1;
```

APÊNDICE B - Código-fonte do programa em C do middleware RFID.

rfid.c – Modificado do original (RFID-simple.c) que acompanha o kit PhidgetRFID.

```
#include <stdio.h>
#include <phidget21.h>
#include <string.h>
#include <mysql/mysql.h>

#define HOST "localhost"
#define USER "root"
#define PASS "root"
#define DB "bd_rfid"

MYSQL conexao;
MYSQL_RES *resp;
MYSQL_ROW resultado;
MYSQL_FIELD *campos;

char ID_tag[20];

int registra(char *ID_tag)
{
    int ult_ev, evento;
    my_ulonglong num_resp;
    char query1[1000];
    char query2[1000];
    char query3[1000];
    sprintf(query1,"SELECT evento FROM tb_registro WHERE ID_tag = '%s' ORDER BY
TS_datahora DESC LIMIT 0,1;",ID_tag);

    mysql_init(&conexao);
    if (mysql_real_connect(&conexao,HOST,USER,PASS,DB,0,NULL,0))
    {
        mysql_query(&conexao,query1);
        resp = mysql_store_result(&conexao);
        if (resp)
        {
            if((num_resp=mysql_num_rows(resp))==0)
            {
                evento = 1;
                sprintf(query3,"INSERT INTO tb_registro(ID_tag,evento)
VALUES('%s','%d');",ID_tag,evento);
                mysql_query(&conexao,query3);
                printf("\n-----\n");
                printf("\nTag: %s",ID_tag);
                printf("\nPrimeiro Registro: ENTRADA\n");
            }
            else
            {
                while ((resultado=mysql_fetch_row(resp)) != NULL)
                {
                    ult_ev = atoi(resultado[0]);
                    if(ult_ev == 0)
                    {
                        evento = 1;
                        sprintf(query2,"INSERT INTO tb_registro(ID_tag,evento)
VALUES('%s','%d');",ID_tag,evento);
                        mysql_query(&conexao,query2);
                        printf("\n-----\n");
                        printf("\nTag: %s",ID_tag);
                        printf("\nUltimo Evento - SAIDA: %d",ult_ev);
                        printf("\nEvento Atual - ENTRADA: %d\n",evento);
                    }
                    else if(ult_ev == 1)
```

```

        {
            evento = 0;
            sprintf(query2,"INSERT INTO tb_registro(ID_tag,evento)
VALUES('%s','%d');",ID_tag,evento);
            mysql_query(&conexao,query2);
            printf("\n-----\n");
            printf("\nTag: %s",ID_tag);
            printf("\nUltimo Evento - ENTRADA: %d",ult_ev);
            printf("\nEvento Atual - SAIDA: %d\n",evento);
        }
    }
}

    mysql_free_result(resp);
    mysql_close(&conexao);
}

else
{
    printf("Conexao Falhou\n");
    if (mysql_errno(&conexao))
        printf("Erro %d : %s\n", mysql_errno(&conexao), mysql_error(&conexao));
}
return 0;
}

int AttachHandler(CPhidgetHandle RFID, void *userptr)
{
    int serialNo;
    const char *name;

    CPhidget_getDeviceName (RFID, &name);
    CPhidget_getSerialNumber(RFID, &serialNo);

    return 0;
}

int DetachHandler(CPhidgetHandle RFID, void *userptr)
{
    int serialNo;
    const char *name;

    CPhidget_getDeviceName (RFID, &name);
    CPhidget_getSerialNumber(RFID, &serialNo);

    return 0;
}

int ErrorHandler(CPhidgetHandle RFID, void *userptr, int ErrorCode, const char
*unknown)
{
    printf("Error handled. %d - %s\n", ErrorCode, unknown);
    return 0;
}

int OutputChangeHandler(CPhidgetRFIDHandle RFID, void *usrptr, int Index, int
State)
{
    if(Index == 0 || Index == 1)
    {
        //printf("Output: %d > State: %d\n", Index, State);
    }
    return 0;
}

int TagHandler(CPhidgetRFIDHandle RFID, void *usrptr, unsigned char *TagVal)
{
    CPhidgetRFID_setLEDOn(RFID, 1);
}

```

```

sprintf(ID_tag,"%02x%02x%02x%02x%02x",TagVal[0],TagVal[1],TagVal[2],TagVal[3],TagVal[4]);
    registra(ID_tag);
    return 0;
}

int TagLostHandler(CPhidgetRFIDHandle RFID, void *usrptr, unsigned char *TagVal)
{
    CPhidgetRFID_setLEDOn(RFID, 0);
    return 0;
}

int rfid_simple()
{
    int result;
    const char *err;
    CPhidgetRFIDHandle rfid = 0;

    CPhidgetRFID_create(&rfid);
    CPhidget_set_OnAttach_Handler((CPhidgetHandle)rfid, AttachHandler, NULL);
    CPhidget_set_OnDetach_Handler((CPhidgetHandle)rfid, DetachHandler, NULL);
    CPhidget_set_OnError_Handler((CPhidgetHandle)rfid, ErrorHandler, NULL);
    CPhidgetRFID_set_OnOutputChange_Handler(rfid, OutputChangeHandler, NULL);
    CPhidgetRFID_set_OnTag_Handler(rfid, TagHandler, NULL);
    CPhidgetRFID_set_OnTagLost_Handler(rfid, TagLostHandler, NULL);
    CPhidget_open((CPhidgetHandle)rfid, -1);

    if((result = CPhidget_waitForAttachment((CPhidgetHandle)rfid, 10000))
    {
        CPhidget_getErrorDescription(result, &err);
        printf("Problema aguardando por conexao com o leitor: %s\n", err);
        return 0;
    }

    CPhidgetRFID_setAntennaOn(rfid, 1);

    printf("Leitor Conectado.\n");
    printf("Lendo.....\n");
    printf("\nA qualquer momento, pressione qualquer tecla para finalizar\n");
    getchar();

    printf("\nFechando...\n");
    CPhidget_close((CPhidgetHandle)rfid);
    CPhidget_delete((CPhidgetHandle)rfid);
    return 0;
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    rfid_simple();
    return 0;
}

```



```

if (fp==NULL)
{
    printf("Impossivel abrir arquivo out.txt\n\n");
    exit(2);
}

while ((ch=fgetc(fp))!='\n')
{
    vagas[numchars++] = (char) ch;
}

vagas[1]='\0';
vagas[3]='\0';
id_vaga=vagas;

switch(*id_vaga)
{
    case '0': id_vaga="a1"; break;
    case '1': id_vaga="a2"; break;
    case '2': id_vaga="a3"; break;
    case '3': id_vaga="b1"; break;
    case '4': id_vaga="b2"; break;
    case '5': id_vaga="c1"; break;
    case '6': id_vaga="c2"; break;
}

fclose(fp);

char query1[1000];
sprintf(query1,"UPDATE tb_vagas SET estado = %s WHERE CD_vaga =
'%s';",vagas+2,id_vaga);
printf("query1: %s\n",query1);

if (mysql_query(&conexao,query1))
    printf("Erro: %s\n",mysql_error(&conexao));
}

mysql_close(&conexao);
}

else
{
    printf("Conexao Falhou\n");
    if (mysql_errno(&conexao))
        printf("Erro %d : %s\n", mysql_errno(&conexao), mysql_error(&conexao));
}

return 0;
}

```

APÊNDICE D - Código-fonte da criação do banco de dados de vagas.

```
--
-- Banco de Dados: `bd_vaga`
--
CREATE DATABASE `bd_vaga` DEFAULT CHARACTER SET latin1 COLLATE
latin1_swedish_ci;
USE `bd_vaga`;

-----

--
-- Estrutura da tabela `tb_vagas`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `tb_vagas` (
  `id` int(3) NOT NULL auto_increment,
  `CD_vaga` varchar(3) NOT NULL,
  `estado` tinyint(1) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`id`)
) ENGINE=MyISAM DEFAULT CHARSET=latin1 AUTO_INCREMENT=8 ;

--
-- Extraindo dados da tabela `tb_vagas`
--

INSERT INTO `tb_vagas` (`id`, `CD_vaga`, `estado`) VALUES
(1, 'a1', 0),
(2, 'a2', 0),
(3, 'a3', 0),
(4, 'b1', 0),
(5, 'b2', 0),
(6, 'c1', 0),
(7, 'c2', 0);
```