

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC**

**CURSO DE CIÊNCIA DE COMPUTAÇÃO**

**GUSTAVO CASAGRANDE ARAUJO**

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE  
BASEADA EM TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA**

**CRICIÚMA, NOVEMBRO DE 2009**

**GUSTAVO CASAGRANDE ARAUJO**

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE  
BASEADA EM TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
para obtenção do Grau de Bacharel em Ciência  
da Computação da Universidade do Extremo  
Sul Catarinense.


Orientador: Prof. MSc. Paulo João Martins

**CRICIÚMA, NOVEMBRO DE 2009**

**GUSTAVO CASAGRANDE ARAUJO**

**PROTÓTIPO DE SISTEMA DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE  
VELOCIDADE BASEADA EM TECNOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO POR  
RÁDIO FREQUÊNCIA**

Submetido ao corpo docente do Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense como um dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

  
\_\_\_\_\_  
**Profa. MSc. Ana Claudia Garcia Barbosa**  
Coordenadora do Curso de Ciência da Computação

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. MSc. Paulo João Martins (UNESC)**  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. MEng. Evânio Ramos Nicoleit (UNESC)**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Esp. Fabricio Giordani (UNESC)**

Ao Eduardo (*in memoriam*), o  
“Geada”. Grande amigo que nunca  
vou esquecer.

*"Nunca ore suplicando cargas  
mais leves e sim ombros mais  
fortes"*

*(Phillips Brooks)*

## RESUMO

Os dois métodos mais utilizados atualmente para fiscalização eletrônica de velocidade nas rodovias brasileiras são por tecnologia de campo magnético ou *laser*. Outras tecnologias podem ser adaptadas e implantadas na fiscalização das vias a fim de torná-la mais confiável e prática. A popularização e o avanço da tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID) impulsionam a tendência de sua utilização em diversas áreas de negócio. Redes de sensores são utilizadas para monitorar um determinado fenômeno. A integração dessas redes com a tecnologia RFID, gerou um projeto baseado na utilização de *chips* e sensores para o monitoramento da velocidade de veículos equipados com as etiquetas eletrônicas com armazenamento de dados. O sistema desenvolvido realiza a coleta de dados de um *reader* (sensor), pela porta serial RS232, e faz o tratamento das informações gerando as multas automaticamente no sistema para os veículos que rodaram a uma velocidade média acima da máxima permitida para a categoria do veículo em questão. Além disso, foi realizada a integração das tecnologias RFID e RS232 para um propósito específico.

**Palavras-Chave:** RFID; Redes de Sensores; *Chips*; Radares; Controle de Velocidade.

## **ABSTRACT**

*The two methods more used currently for electronic fiscalization of speed in the Brazilian highways are for magnetic field or laser technology. Other technologies can be adapted and be implanted in the fiscalization of the ways in order to become it more trustworthy and practical. The popularização and the advance of the Radio Frequency Identification technology (RFID) stimulate the trend of its use in diverse areas of business. Sensors nets are used to monitor one phenomenon. The integration, of these sensors nets with RFID technology, generated a project based on the Chips and sensors use for the fiscalization of the speed of vehicles equipped with electronic labels with storage of data. The developed system makes the collection of data of a reader (sensor), through serial door RS232, and makes the treatment of the information automatically generating the fines in the system for the vehicles that had twirled to an average speed above of the maximum allowed for the category of the vehicle in question. Moreover, was made the integration of technologies RFID and RS232 for a specific intention.*

**Key-words:** *RFID; Sensors Nets; Chips; Radars; Control of Speed*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Radar de campo magnético .....	24
Figura 2. Modelo OSI e as sete camadas.....	33
Figura 3. Componentes de um <i>microchip</i> implantado em animais .....	39
Figura 4. <i>Tag</i> RFID.....	39
Figura 5. Componentes do sensor .....	41
Figura 6. A divisão das classes no padrão EPC.....	48
Figura 7. Diagrama de caso de uso.....	54
Figura 8. Fluxo de funcionamento do sistema.....	54
Figura 9. Fluxo de funcionamento do sistema para veículos estrangeiros .....	56
Figura 10. Fluxo de funcionamento do sistema para veículos sem tag operacional .....	57
Figura 11. Tela de cadastro de veículos .....	58
Figura 12. Tela de cadastro de percursos .....	58
Figura 13. Tela de cadastro de pontos .....	59
Figura 14. Tela registro de passagem por um ponto.....	59
Figura 15. Tela de monitoramento .....	60
Figura 16. Relatório de multas .....	61
Figura 17. Fluxo principal de funcionamento do leitor RFID.....	63
Figura 18. Fluxo de trabalho do <i>transponder</i> .....	64
Figura 19. Diagrama de circuito do protótipo .....	66
Figura 20. Protótipo montado.....	67
Figura 21. Detalhe do protótipo.....	68
Figura 22. Estado de espera.....	69
Figura 23. Display exibindo primeira passagem .....	70

Figura 24. Led exibindo primeira passagem .....	70
Figura 25. Display exibindo segunda passagem.....	71
Figura 26. Led exibindo segunda passagem.....	71
Figura 27. Mensagem do software para o hardware.....	73
Figura 28. Mensagem do hardware para o software.....	73
Figura 29. Diagrama entidade relacionamento.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificações de aplicações de redes de sensores .....	27
Tabela 2. Topologias para WSN .....	30
Tabela 3. Códigos e funções dos caracteres especiais.....	37
Tabela 4. Standard EPC do tipo GID-96 .....	40
Tabela 5. Componentes do sensor .....	41
Tabela 6. Aplicações, prós e contras das várias gamas de frequência.....	44
Tabela 7. Protocolos criados pela EPCglobal e ISO .....	44
Tabela 8. Categorias de veículos .....	57
Tabela 9. Função dos componentes do protótipo .....	68
Tabela 10. Funções das APIs.....	72
Tabela 11. Componentes do Data Module .....	74

## LISTA DE SIGLAS

ACK	<i>Acknowledge character</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
APTEEN	<i>Adaptive TEEN</i>
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
BSS	<i>Infrastructure Basic Service Set</i>
CCK	<i>Complementary Code Keying</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CT	<i>Count Time</i>
CTB	<i>Código de Trânsito Brasileiro</i>
DLE	<i>Data Link Escape</i>
DNIT	<i>Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes</i>
DSSS	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>
EEPROM	<i>Electrically-Erasable Programmable Read Only Memory</i>
ENQ	<i>Enquiry</i>
EOT	<i>End of Transmission</i>
EPC	<i>Electronic Product Code</i>
ETB	<i>End of Transmission Block</i>
ETX	<i>End of Text</i>
FCC	<i>Federal Communication Commission</i>
GHz	<i>Gigahertz</i>
HT	<i>Hardware Threshold</i>
Hz	<i>Hertz</i>
IBSS	<i>Independent Basic Service Set</i>

IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPR	Instituto de Pesquisas Rodoviárias
ISO	<i>International Standards Organization</i>
ITB	<i>End of Intermediate Transmission Block</i>
KB	<i>Kilobyte</i>
Kbps	<i>Kilobits por segundo</i>
kHz	<i>Quilohertz</i>
LEACH	<i>Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
MB	<i>Megabytes</i>
Mbps	<i>Megabits por segundo</i>
MHz	<i>Mega Hertz</i>
MIB	<i>Management Information Base</i>
MIMD	<i>Multiple Instruction Multiple Data</i>
MISD	<i>Multiple Instruction Simple Data</i>
NAK	<i>Negative Acknowledge</i>
OFDM	<i>Orthogonal frequency-division multiplexing</i>
OSCAR	<i>Open Source Cluster Application Resources</i>
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
QPSK	<i>Quadratura Phase Shift Keying</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
REV	Redutor Eletrônico de Velocidade
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>

RTLS	<i>Real Time Location System</i>
RVI	<i>Reverse Interrupt</i>
SIMD	<i>Single Instruction Multiple Data</i>
SISD	<i>Single Instruction Single Data</i>
SOH	<i>Start of Header</i>
SSM	<i>Spread Spectrum Modulation</i>
ST	<i>Software Threshold</i>
STX	<i>Start of Text</i>
SYN	<i>Synchronous Idle</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TEEN	<i>Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol</i>
TTD	<i>Temporary Text Delay</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UPC	<i>Universal Product Code</i>
WACK	<i>Wait Before Transmit – Affirmative Acknowledgement</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
1.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.3 JUSTIFICATIVA .....	18
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2 ATUAIS SISTEMAS DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA</b> .....	21
2.1 RADARES MAGNÉTICOS .....	23
2.2 RADARES A LASER.....	24
<b>3 REDES DE SENSORES SEM FIO</b> .....	26
3.1 DIFUSÃO DIRECIONADA .....	28
3.2 REDES BASEADAS EM CLUSTER.....	29
3.2.1 Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH).....	29
3.2.2 Threshold Sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol (TEEN) .....	29
3.2.3 Adaptive Teen (APTEEN) .....	30
3.3 MÉTODOS DE MODULAÇÃO .....	30
3.3.1 DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM .....	31
3.3.2 ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING .....	31
3.3.3 MANCHESTER .....	32
3.4 ARQUITETURA OSI .....	33
<b>4 COMUNICAÇÃO DE DADOS</b> .....	35
4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO .....	36
<b>5 CHIPS E SENSORES</b> .....	38
5.1 CHIPS.....	38

5.2 SENSORES .....	40
<b>6 IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA.....</b>	<b>43</b>
6.1 MÉTODOS DE ACOPLAMENTO .....	45
7 PADRÃO EPC (ELETRONIC PRODUCT CODE) .....	47
7.1 CLASSES DO PADRÃO EPC.....	47
7.1.1 CLASSE 0 .....	48
7.1.2 CLASSE 1 .....	48
7.1.3 CLASSE 1 GEN2 .....	49
<b>8 TRABALHOS CORRELATOS .....</b>	<b>50</b>
8.1 RFID: IMPLANTE SUBCUTÂNEO E RISCOS .....	50
8.2 MADRSSF: UMA INFRAESTRUTURA DE MONITORAÇÃO INTEGRANDO REDES DE SENSORES ADHOC E UMA CONFIGURAÇÃO DE CLUSTER COMPUTACIONAL .....	50
8.3 UM EQUIPAMENTO ELETRÔNICO DE MONITORAMENTO DE VELOCIDADE..	52
9 RADAR RFID .....	53
9.1 CASO DE USO .....	53
9.2 FLUXOS DO SISTEMA.....	54
9.3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA .....	57
9.4 PROTÓTIPO .....	62
9.5 COMUNICAÇÃO PELA PORTA RS232 .....	72
9.6 CÓDIGO FONTE.....	73
9.7 DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO.....	80
9.8 RESULTADOS OBTIDOS .....	82
CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIAS .....	84

ANEXO A – CUSTO DE UM LEITOR RFID .....	87
ANEXO B – CONFIGURAÇÃO DA PORTA SERIAL.....	88
ANEXO C – CONFIGURAÇÃO DE TIMEOUT .....	89

## 1 INTRODUÇÃO

Foi adotada, com o objetivo de garantir mais segurança no trânsito brasileiro, a chamada “lei seca” (BRESCIANI, 2008), à qual foi aprovada em 20 de junho de 2008 como Lei 11.705 do Código de Trânsito Brasileiro. Entretanto, no período de carnaval de 2009, o índice de acidentes nas rodovias federais, conforme a Polícia Rodoviária Federal, cresceu 20% em relação ao mesmo período do ano anterior (JORNAL DO BRASIL, 2009).

Outro método adotado para reduzir o número de acidentes no trânsito brasileiro são os radares de trânsito (TRIBUNA DO BRASIL, 2006). Porém os atuais sistemas rodoviários de fiscalização eletrônica de velocidade possuem algumas falhas, como, por exemplo, deixar de registrar uma ocorrência, além de serem de difícil instalação.

Atualmente existem dois sistemas que são baseados em: campo magnético ou *laser*.

A instalação dos sistemas baseados em campo magnético danifica as rodovias, pois exige que a pista seja perfurada para a inserção dos cabos gerando custos adicionais e transtornos para o trânsito local. Os radares que utilizam *laser* dependem de manipulação humana para serem operados.

Os atuais sistemas de fiscalização eletrônica (de campos magnéticos ou *laser*) são de fácil visualização para os motoristas, pois utilizam câmeras para que a infração seja registrada. Mesmo que sejam discretamente posicionadas, há o risco dos motoristas serem alertados por outros que já passaram pelo radar, seja ele móvel ou fixo.

A utilização de fotos para identificação visual do infrator dá liberdade para o motorista evadir-se de uma punição simplesmente cobrindo a placa do veículo, o qual é um ato proibido e pode ter consequências judiciais. Além disso, como depende de interpretação visual pode gerar erro de digitação ou de interpretação da numeração da placa no momento em que a infração está sendo registrada, visto que esses métodos não armazenam as infrações

diretamente no sistema de multas, e sim por meio de fotos que são interpretadas por operadores do departamento responsável pela cobrança da penalidade.

A fácil identificação dos locais de fiscalização permite que os motoristas saibam onde podem exceder o limite de velocidade sem serem capturados pelo radar, diminuindo a velocidade apenas nos pontos de fiscalização. Diante disso, não há um controle efetivo da velocidade em toda a extensão do local desejado.

Os radares são alvos fáceis de vandalismo por serem de fácil visualização. Isso gera custos adicionais e inoperabilidade no local até que a manutenção seja feita.

Uma alternativa ao problema exposto foi o desenvolvimento de um protótipo de um sistema que simula o registro da velocidade de um automóvel por meio de um *chip* instalado em cada veículo, onde esse seria registrado por dois pontos de detecção. Se um veículo passar abaixo de um determinado tempo pelos dois sensores, significa que o mesmo rodou acima da velocidade máxima permitida para aquele trecho. Mesmo que esse exceda o limite de velocidade em um ponto entre os dois detectores o sistema detectará a infração baseando-se na velocidade média feita no trecho. Caso o veículo passe por apenas um dos sensores de um percurso, os dados para a medição da velocidade são ignorados, ficando os dados de uma passagem por um ponto armazenados para uma possível utilização em geração de estatísticas. Além disso, não há a necessidade de câmeras fotográficas para que a infração seja registrada, pois cada *chip* possui as informações do veículo que o estiver utilizando. Estas informações seriam disponibilizadas em tempo real no sistema de multas.

O sistema simula uma rede de sensores que detecta as informações extraídas dos *chips* e lança as informações em uma central responsável pelo processamento dos dados coletados.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver o protótipo de um sistema de fiscalização eletrônica de velocidade para rodovias com a utilização de *chips* e sensores de rádio frequência baseado na média de velocidade.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever o funcionamento dos *chips* que armazenam dados e sensores;
- b) Entender o atual sistema de registro de infração por excesso de velocidade no trânsito brasileiro;
- c) Desenvolver o protótipo de um sistema para o cálculo da velocidade média ( $\Delta x/\Delta t$ ) feito por um veículo em um determinado trecho mediante simulação das informações proporcionadas por *chips* e sensores;
- d) Realizar a comunicação via RFID e RS232.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O atual sistema de registro de infrações por excesso de velocidade nas rodovias brasileiras não é integrado diretamente com o sistema de multas. É necessária a intervenção humana para que as fotos das infrações sejam interpretadas e registradas no sistema. Fica claro que esse método é ineficiente e pode gerar erros de interpretação.

O protótipo a ser desenvolvido reduz a necessidade de intervenção humana no processo de registro de multas por excesso de velocidade, uma vez que todos os dados

referentes à infração são armazenados automaticamente no sistema mediante a utilização de um *chip* instalado em cada veículo, o qual possui todos os dados deste.

O *transponder* pode armazenar os dados de cada veículo automotor que roda ou venha a rodar nas rodovias brasileiras desde que o dispositivo esteja instalado. Com essas informações, ao passar por um sensor, este, imediatamente, grava os dados da *tag* utilizando a tecnologia de identificação por rádio frequência (RFID). E, mediante essa informação, juntamente com o resultado do cálculo da velocidade média feita pelo veículo no trecho em que os sensores estavam instalados o sistema registra, ou não, uma infração para o proprietário do veículo, diretamente no sistema de multas de trânsito brasileiro.

O sistema pode ser integrado com os atuais sistemas de fiscalização para que os automóveis que não possuam etiqueta sejam flagrados e possivelmente investigados. Se um carro passar por um sensor e nenhum *chip* for detectado, o sistema de fiscalização baseado em campo magnético age fotografando o automóvel para posterior análise, por parte do órgão responsável, do motivo pelo qual este veículo estava transitando sem o dispositivo.

Veículos estrangeiros utilizariam uma *tag* provisória fornecida nas fronteiras brasileira; desta maneira qualquer infração ocorrida no território brasileiro poderia ser analisada antes do veículo deixar o país e ações punitivas poderiam ser tomadas.

As redes de sensores são utilizadas para associar informações referentes a medições em um determinado ponto. Os sensores utilizados nessas redes gravam as informações coletadas em uma central, a qual as processa. Essas redes serão utilizadas a fim de coletar dados em pontos diferentes para uma análise única.

Essas ações aumentariam a eficácia e velocidade quanto ao registro das infrações no sistema.

A eliminação de fotos para a identificação do infrator reduz custos de armazenamento de imagens em um disco rígido e facilita a cobrança das multas por se tratar de um sistema integrado que utiliza apenas transferência de dados entre sensores e servidor.

#### **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No Capítulo Dois serão exibidos conceitos sobre os atuais sistemas eletrônicos de velocidade e os dois tipos mais utilizados atualmente no Brasil.

As redes de sensores sem fio, tratadas no Capítulo Três, expõem o tratamento de dados coletados do ambiente por meio de sensores e o método como os dados são manipulados entre os componentes dessa estrutura. Com relação ao exposto, a comunicação de dados é responsável pela troca de informação entre dispositivos eletrônicos e no Capítulo Quatro, são exibidos os modos como essa transação é efetuada.

*Chips* e sensores comunicam-se a fim de coletar dados do ambiente que podem ser manipulados e gerar o resultado desejado. A maneira como funciona consta no Capítulo Cinco.

No Capítulo Seis, pode-se verificar uma das maneiras com a qual *chip* e sensores interagem. A tecnologia RFID vem crescendo em popularidade e utilização. Neste capítulo se exibe a comunicação e o funcionamento dessa tecnologia.

As *tags* RFID utilizam o padrão *Electronic Product Code* (EPC) de comunicação. No Capítulo Sete são expostas questões sobre esse padrão.

Após isso, três trabalhos correlatos são discutidos, seguidos pelo trabalho desenvolvido e os resultados obtidos no Capítulo Oito.

Por último é exibida a Conclusão sobre o projeto, as Referências Bibliográficas utilizadas e os Anexos.

## 2 ATUAIS SISTEMAS DE FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA

No ano 2006 foram registrados 110391 acidentes de trânsito (somente nas rodovias) no Brasil, segundo estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). Ocorreram 4919 vítimas fatais, às quais geraram um custo de R\$ 6 bilhões ao governo (DNIT, 2008). A necessidade de implantação de um sistema de controle de trânsito, a fim de reduzir ou evitar acidentes, está sendo estudada no Brasil há menos tempo que em países mais desenvolvidos. Diante disso, estudos estão sendo estimulados pelo Governo Federal em parceria com instituições de ensino superior.

Os vários fatores envolvidos em um acidente de trânsito: humanos, veículo, via e ambiente, dificultam o estudo e entendimento dos motivos pelo qual esse acidente venha a ocorrer (BRANDÃO, 2006). Com a implantação de radares eletrônicos de controle de velocidade ou Redutores Eletrônicos de Velocidade (REVs), em alguns locais a redução no índice de acidentes chegou a 70% (DNIT, 2008).

Diante da crescente necessidade de organizar o trânsito brasileiro surgiu o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), Lei 9503 de 23/09/1997, o qual passou a vigorar a partir de 22/01/1998 em substituição ao antigo Código Nacional de Trânsito. De acordo com o art. 5º do CTB de 1997:

“(...) o Sistema Nacional de Trânsito é o conjunto de órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios que tem por finalidade o exercício das atividades de planejamento, administração, normatização, pesquisa, registro e licenciamento de veículos, formação, habilitação e reciclagem de condutores, educação, engenharia, operação do sistema viário, policiamento, fiscalização, julgamento de infrações e de recursos e aplicação de penalidades.”.

Desta forma fica estabelecido que as autoridades ficam responsáveis, entre outras funções, por fiscalizar o cumprimento das regras estabelecidas pelo CTB. A fim de auxiliar as autoridades na fiscalização o art. 280 § 2º, prevê a utilização de equipamentos eletrônicos, como os medidores eletrônicos de velocidade (BRANDÃO, 2006). Conforme a Resolução

214, Art. 5º, ao longo da via onde há fiscalização eletrônica é obrigatória a existência de placas de regulamentação de velocidade máxima permitida, assim como a associação dessa placa com a informação de fiscalização de velocidade na via.

Os equipamentos medidores de velocidade dotados de registrador de imagem devem efetuar a identificação do veículo contendo as informações de placa, velocidade medida em quilômetros por hora (km/h), data e hora da infração, velocidade regulamentada para o local da via em km/h, local da infração e identificação do equipamento utilizado mediante numeração fornecida pelo órgão ou entidade de trânsito com circunscrição sobre a via. Antes de entrar em operação os radares devem ter seus modelos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e serem aprovados nos testes metrológicos realizados pelo INMETRO. Além disso, a cada 12 meses, no máximo, esses equipamentos devem passar por testes dessa mesma entidade para que continuem operando (BRASIL, 2003).

Os radares de trânsito podem ser instalados em qualquer tipo de via como: rodovia, expressa, arterial, coletora ou local em regiões que necessitem de um controle de velocidade dos veículos. Os radares fixos precisam de tempo para serem instalados, testados e calibrados. Os testes demoram em torno de duas semanas até que o INMETRO aprove o funcionamento e libere o dispositivo para que as multas sejam registradas.

Tipos estáticos de dispositivos podem ser posicionados em qualquer local apoiado sobre um suporte adequado. Radares móveis podem ser instalados em veículos em movimento, permitindo a fiscalização ao longo da via. E equipamentos portáteis permitem o direcionamento manual para os veículos. Os quatro tipos de radares citados anteriormente operam basicamente de duas maneiras: por campo magnético ou utilizando feixes de raio laser (BRASIL, 2003).

## 2.1 RADARES MAGNÉTICOS

Os radares por campo magnético são utilizados pelos equipamentos fixos visto que requerem instalação na via. São utilizados para: monitoramento de velocidade, avanço de sinal e/ou parada sobre a faixa de pedestres.

Em um radar de trânsito que utiliza esse método, laços de fios de cobre são posicionados ao longo da via perpendicularmente à rodovia, de modo paralelo aos outros cabos e embutidos no asfalto, e por eles passa uma corrente elétrica que gera um campo magnético. No momento em que um veículo passa sobre um desses cabos, a massa metálica desse altera o campo magnético do equipamento gerando uma corrente elétrica pelo fenômeno da indução eletromagnética. Esse sinal gerado é enviado para um computador. No próximo cabo o processo se repete. Com esse sinal gera-se uma medida de tempo para o deslocamento conhecido. O sistema utilizado calcula a velocidade do veículo levando em consideração a distância entre os cabos e o tempo passado entre a geração de um pulso e outro semelhante. Se a velocidade medida for superior à máxima permitida para aquele trecho da rodovia, o sistema registra uma imagem do veículo com a data atual, local, horário, velocidade aferida e velocidade máxima para o trecho monitorado. Essa informação fica armazenada no próprio equipamento e é necessária a coleta dessa para que a infração seja registrada no sistema de cobrança de multas utilizada pelo órgão responsável. O registro das informações é feito de maneira manual, por operadores, por meio de análise das imagens registradas pelo radar (MOUKARZEL, 1999).

A Figura 1 ilustra o funcionamento de um radar de campo magnético que utiliza três lances de cabos.



Figura 1. Radar de campo magnético  
Fonte: CURY, M. (2008).

## 2.2 RADARES A LASER

Os equipamentos de medição de velocidade que utilizam a tecnologia de raios laser são utilizados basicamente para serem manuseados manualmente, visto que são portáteis e não requerem instalação para serem utilizados. Entretanto, assim como os equipamentos que utilizam medição por campo magnético, esses também necessitam de certificação do INMETRO antes de serem utilizados para fiscalização.

A medição é feita através de emissão de raios laser em direção ao objeto a ter a velocidade aferida. O operador aponta o radar em direção ao veículo e esse emite sinais de

raios laser os quais são refletidos pelo carro. Com a diferença entre os tempos de envio e recebimentos dos sinais emitidos pelo dispositivo é feito um cálculo que determina a velocidade atual do objeto medido. A aplicação de multas utilizando esse método tem que ser imediata, pois não há como manter o registro da infração. Esse método permite que influências humanas como desentendimentos, corrupções ou status de um infrator interfiram no cumprimento da penalização (MOUKARZEL, 1999).

Pode-se considerar o sistema de radar por campo magnético como uma rede de sensores, visto que utiliza até três lances de cabos enviando informações para uma central a fim de monitorar um evento. Diferentemente, o sistema a laser é composto por apenas um equipamento responsável por toda a medição.

### 3 REDES DE SENSORES SEM FIO

As redes de sensores ainda são consideradas uma tecnologia emergente, porém desperta interesse por fornecer acesso e dados de lugares inacessíveis ou sem conexões físicas (TURATTO, 2008). Essas redes são formadas por unidades eletrônicas, geralmente de tamanho reduzido, às quais são chamadas de nós da rede que possuem os sensores de acordo com a sua necessidade e a parte eletrônica responsável pelo envio das informações para uma central de processamento que irá tratar os dados desse e de outros nós. Uma característica importante é a baixa utilização de energia por parte dos nós e o baixo custo deste dispositivo, na maioria das vezes (BARROS, 2002).

Sensores e central de processamento utilizam a tecnologia *wireless* para comunicação, ou seja, os dados são transferidos pelo ar. Para minimizar problemas de perda ou distorção de dados no envio das informações, o padrão IEEE 802.11 especifica que todo o quadro da camada de enlace enviado tem que ser confirmado pelo nó destino por meio de um *Acknowledge Character* (ACK), que é um caracter de validação (TURATTO, 2008).

As redes podem ser divididas em *Ad-Hoc* onde as transmissões são feitas entre os nós, não se concentrando em apenas um ponto, também conhecidas como *Independent Basic Service Set* (IBSS) ou rede Infra-estruturada, onde há um ponto único de acesso centralizador das comunicações, também conhecidas como *Infrastructure Basic Service Set* (BSS) (TURATTO, 2008).

As redes sem fio, operando em 2,4 GHz utilizam a modulação *Spread Spectrum Modulation* (SSM); o espalhamento de espectro possibilita uma melhor utilização da frequência de rádio.

A maneira como os nós trocam informações entre si e a central, é chamado protocolo de comunicação. Este determina a eficiência da rede, definindo questões como

tempo de funcionamento das unidades para a transmissão dos dados (REDAÇÃO DO SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2008).

As aplicações podem ser classificadas conforme o modo de fornecimento de dados e conforme a dinamicidade da rede como pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificações de aplicações de redes de sensores

<b>Modelos de Fornecimento de Dados</b>	
<b>Deteção de eventos</b>	Os nós (sensores) alertam sobre acontecimentos pré-definidos
<b>Medidas periódicas</b>	Os nós são programados para informar sobre valores a cada período de tempo previamente determinado
<b>Requisição – Resposta</b>	Os sensores somente enviam as informações mediante solicitação do observador
<b>Híbrido</b>	Os três modelos citados coexistem
<b>Modelos de Dinamicidade da Rede</b>	
<b>Estáticos</b>	Não há movimento do(s) sensor(es) ou do(s) observador
<b>Dinâmicos</b>	Há movimento nos nós ou observador

Fonte: SANZOVO, J. (2007).

Para a questão de economia de energia os protocolos levam em consideração os seguintes tópicos:

- a) colisões: consumo adicional devido a retransmissões e aumenta a latência;
- b) escuta inútil: informações destinadas a outros nós;
- c) *overhead* de controle: aumenta com o aumento no número de nós;
- d) escuta ociosa: informações que nunca chegam.

As principais aplicações de redes de sensores são militar, industrial, aviação, ambiente, tráfego e engenharia.

O dispositivo central da rede é o nó, pois é este que colhe e transmite a informação desejada, além de processá-la em alguns casos.

Os nós apresentam diversos tamanhos e capacidades. Os valores mais comuns são:

- a) processador: 8 bits, 10 MHz;
- b) transceptores: de 1 Kbps a 1 Mbps;
- c) memória: 128 KB a 1MB.

Diante das muitas necessidades de aplicação, há duas categorias básicas de redes de sensores: redes próativas e redes reativas. Elas diferem entre si pelo protocolo utilizado e o consumo de energia.

Nas redes próativas os nós trocam os dados coletados entre si periodicamente enquanto nas redes reativas cada nó só reage às modificações no ambiente.

Além disso, há também a questão do roteamento das informações, que podem ser do tipo plano ou hierárquico. No tipo plano, como nós vizinhos podem conter informações semelhantes e pela necessidade de reduzir o consumo por comunicação, deve ser utilizada a técnica de agregação e sumarização de dados. As rotas serão escolhidas de acordo com a demanda ou disponibilizadas para cada nó quando for necessário, ou seja, os dados são enviados entre os sensores até o ponto desejado (BARROS, 2002).

Há algumas técnicas para redes planas e hierárquicas utilizadas como difusão direcionada e redes baseadas em *cluster*.

### 3.1 DIFUSÃO DIRECIONADA

Cada sensor nomeia os dados gerados por ele, envia para todos os outros nós pedidos, expressando interesse, utilizando os atributos dos dados. Os nós intermediários propagam esse interesse por meio de interações locais. No caminho reverso desse interesse gerado pelo caminho de propagação há dados que casam com aqueles de interesse.

Diz-se que a propagação de dados tem um *gradiente* associado, a força do interesse é diferente para diferentes vizinhos e, assim, resulta em caminhos do nó fonte para o *nó sink* com diferentes gradientes, coisa que permite o estabelecimento de caminho único para um *nó sink* ou múltiplos caminhos para vários *sinks*. A coordenação entre nós vizinhos para o estabelecimento deste caminho é alcançada através de reforço de certo caminho, baseado na observação de perdas, variância de retardo, ou mesmo inibindo certos caminhos baseado no baixo nível de energia. Estabelecido o caminho, na medida que dados são propagados, podem ser transformados localmente por processos de agregação, sumarização, correlação, ou podem ser "cacheados" localmente. Da mesma forma, com os valores "cacheados" quando do

estabelecimento do(s) caminho(s), na eventualidade de perda ou falha de nós, pode ser estabelecido novo caminho para as novas condições da rede. (BARROS, 2002).

## **3.2 REDES BASEADAS EM CLUSTER**

### **3.2.1 *LOW-ENERGY ADAPTIVE CLUSTERING HIERARCHY (LEACH)***

Esse método é baseado em agrupamento e, devido à diminuição da comunicação na rede, a dissipação de energia da rede é minimizada. Os nós para os quais os dados de outros sensores são enviados em um determinado grupo, são escolhidos aleatoriamente pelo sistema. Esses nós principais são responsáveis pelo tratamento das informações e envio dessas para o sensor principal da rede. Devido ao maior consumo de energia pelos nós líderes o LEACH faz a alternância entre os nós para definir outros líderes na rede. Com isso a energia é usada uniformemente na rede (SILVA, 2008).

### **3.2.2 *THRESHOLD SENSITIVE ENERGY EFFICIENT SENSOR NETWORK PROTOCOL (TEEN)***

Os nós analisam o meio continuamente, porém a transmissão é menos frequente. Os sensores da rede recebem do nó líder um limiar máximo da grandeza monitorada e outro limiar mínimo para a alteração de valor dessa grandeza o qual irá acionar a transmissão de dados. Ao mesmo tempo em que o limiar máximo mantém o monitoramento dos dados dentro de uma faixa interessante reduzindo assim o número de transmissões, o limiar mínimo diminui o número de transmissões quando ocorre nenhuma ou pouca mudança no ambiente monitorado. Deve-se levar em consideração que se os limites nunca forem alcançados os nós nunca irão transmitir (SILVA, 2008).

### 3.2.3 ADAPTIVE TEEN (APTEEN)

É semelhante ao TEEN, porém os parâmetros acrescidos são os seguintes:

- a) *Schedule* - atribuindo um *slot* TDMA para cada nó;
- b) *CountTime* (CT) - o tempo máximo entre duas transmissões sucessivas.

O APTEEN tenta reunir o melhor das redes proativas e das redes reativas. Com o controle de CT e dos *thresholds*, este sistema oferece flexibilidade ao usuário tanto no sentido do controle do consumo, quanto na escolha da tendência mais proativa ou mais reativa do sistema. No entanto, a desvantagem desta solução é a complexidade. (BARROS, 2002).

A Tabela 2 é um comparativo entre redes de sensores hierárquicos e planos.

Tabela 2. Topologias para WSN

Hierárquica	Plana
escalonamento baseado em reserva	escalonamento baseado em contenção
evita colisões	não evita colisões
" <i>duty cycle</i> " reduzido devido ao adormecimento dos nós	" <i>duty cycle</i> " variável controlando o adormecimento dos nós
agregação de dados nos <i>clusterheads</i>	nós intermediários no caminho <i>multi-hop</i> agrega dados dos vizinhos
roteamento simples, mas não ótimo	roteamento complexo, mas ótimo
requer sincronização local e global	enlaces formados " <i>on-the-fly</i> " sem sincronização
<i>overhead</i> de formação de <i>cluster</i>	rotas formadas apenas nas regiões que tenha dados para transmissão
dissipação uniforme de energia, mas não pode ser controlada	dissipação de energia depende do tráfego
alocação justa de canal	justiça não é garantida
baixa latência já que <i>clusterheads</i> estão sempre disponíveis	latência ao acordar nós intermediários e em estabelecer caminhos <i>multi-hop</i>

Fonte: BARROS, A. (2002).

### 3.3 MÉTODOS DE MODULAÇÃO

As redes sem fio operando em 2,4 GHz utilizam a modulação SSM, que é um espalhamento de espectro e possibilita uma melhor utilização da frequência de rádio.

Há dois tipos de SSM: *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) e *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) (FAGUNDES, E, 2004).

### 3.3.1 DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM

O *Federal Communication Commission* (FCC) determina 11 canais para o uso do *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS) em 2,4 GHz. Esse utiliza o código *Barker*, o qual é a modulação de dados por meio de quebra de sequência. O código contém uma sequência de 11 bits organizados de uma forma conveniente para a modulação de rádio frequência.

Nos dados são executadas operações OR<sup>1</sup> para criar uma série de objetos (*chips*). Com isso, cada bit é codificado por 11 bits do código *Barker* e cada grupo de 11 objetos codificados representa um bit do dado (FAGUNDES, 2004).

É utilizada uma série de técnicas para modular o sinal de rádio. Para transmissão de 1-Mbps é utilizada a técnica *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) e para a transmissão de 2-Mbps é utilizada a *Quadratura Phase Shift Keying* (QPSK). O primeiro utiliza quatro rotações (0, 90, 180 e 270 graus) para codificar 1 bit de informação enquanto o segundo utiliza 2 bits.

A fim de aumentar a taxa de transmissão deve-se alterar a técnica de codificação. Para isso, é necessário substituir o código *Barker* pela sequência *Complementary Code Keying* (CCK). O método utiliza 64 códigos para codificar o sinal e com um símbolo, representa até 6 bits. A técnica QPSK modula o código CCK utilizando a taxa de transmissão de 2 Mbps, possibilitando que 2 bits sejam incluídos em cada símbolo.

O QPSK modula codificando 8 bits em cada símbolo (FAGUNDES, E, 2004).

### 3.3.2 ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING

Essa técnica é utilizada para resolver o problema do DSSS de redução de taxa de transmissão devido a obstáculos. São utilizadas múltiplas portadoras.

---

<sup>1</sup> Operação lógica em dois operandos que resulta em um valor lógico falso se e somente se todos os operandos têm um valor falso.

O canal de transmissão é dividido em vários subcanais onde cada um possui uma portadora diferente. A implementação do *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) separa uma portadora de dados em várias portadoras menores, as quais transmitem em paralelo, porém com velocidade menor.

É usado para codificar 6 Mbps de dados para baixas velocidades o BPSK. Com o QPSK o montante dobra, resultando em 12 Mbps (FAGUNDES, E, 2004).

### 3.3.3 MANCHESTER

O diferencial do método de modulação Manchester é a utilização de dois níveis de sinal para representar um único *bit*. A identificação se dá pela transição do sinal, onde a transição de baixo para alto representa o *bit* 0 e o 1 é representado pela transição do nível de sinal de alto para baixo.

Visto que os 0s e 1s da modulação Manchester resultam em uma transição ao sinal, no receptor o *clock* do sistema pode ser recuperado.

A taxa de *baud*<sup>2</sup>, ou seja, a quantidade de vezes que o sinal muda na comunicação, é o dobro da taxa de *bits*<sup>3</sup> na modulação Manchester, devido às alterações de nível de sinal para representar apenas um *bit* (PETERSON; DAVIE, 2004).

---

<sup>2</sup> Quantidade de vezes que um sinal de um canal de comunicação muda de estado em um determinado intervalo de tempo.

<sup>3</sup> Quantidade de *bits* transmitidos em canal de comunicação em um determinado intervalo de tempo.

### 3.4 ARQUITETURA OSI

O modo de troca de dados entre nós de uma rede pode ser representado por meio de um modelo dividido em camadas. A *International Standards Organization* (ISO) especifica as funções dos componentes da rede e as agrupa em camadas, a qual é conhecida como Interconexão de Sistemas Abertos (OSI), o qual é dividido em sete camadas com pode ser visto na Figura 2.

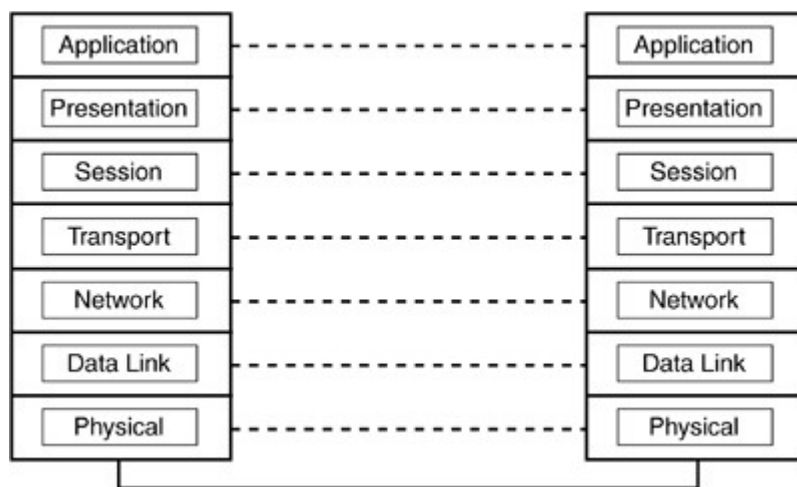


Figura 2. Modelo OSI e as sete camadas  
Fonte: FARIAS, P. (2006).

A comunicação ocorre quando os dados a serem transmitidos são encapsulados, à medida que percorrem as camadas, no sentido da camada de aplicação para a física, no lado de envio e são desencapsulados da camada física até a de aplicação, no lado da recepção.

As redes *wireless* implementam apenas as camadas; física e enlace.

O padrão 802.11 especifica uma subcamada MAC (responsável por dispor a maneira como os nós compartilham o meio físico), a qual está incluída na camada de enlace, que fornece funções para as operações em WLANs. A responsabilidade dessa subcamada é gerenciar e manter a comunicação entre os nós, controlando o acesso ao meio.

As camadas físicas referem-se à tecnologia utilizada. Por exemplo, para o DSSS há as camadas: 802.11a, b e g (FARIAS, 2006).

Deve-se levar em consideração a comunicação de dados nas redes de sensores sem fio.

## 4 COMUNICAÇÃO DE DADOS

Da mesma forma que pessoas se comunicam, os dispositivos eletrônicos também trocam informações. Há regras que os computadores devem seguir, como não enviar e receber simultaneamente, ou seja, não transmitir enquanto está recebendo dados (TAFNER; LOESCH; STRINGARI, 1996).

Pode-se utilizar a transferência paralela ou serial para realizar a comunicação entre dois sistemas. Na transmissão paralela, os *bits* de uma representação são enviados simultaneamente utilizando um meio físico, ou seja, em paralelo. No modo serial os *bits* são enviados um após o outro por um único caminho (TAFNER; LOESCH; STRINGARI, 1996).

O sentido de transmissão também deve ser considerado na comunicação de dados. Essa pode ocorrer de forma *Simplex*, *Half-Duplex* e *Full-Duplex*, onde:

- a) *Simplex*: as informações são enviadas somente em um sentido, do emissor para o receptor. O canal de comunicação é unidirecional.
- b) *Half-Duplex*: os dados podem ser enviados bilateralmente, porém não de forma simultânea. O canal de comunicação é bidirecional.
- c) *Full-Duplex*: difere em relação ao *Half-Duplex*, pois permite o envio e recebimento de dados simultaneamente. Há dois canais unidirecionais (BIONDI; ESPINOSA, 1996).

Há dois modos de transmissão utilizados. Na transmissão Assíncrona são utilizados elementos que indicam o início e fim do caractere. Com o *bit* de início o receptor prepara o seu *clock* para receber os dados corretamente. Na transmissão Síncrona, o transmissor envia ao receptor uma configuração para que ambos tenham a mesma fase. Com isso a detecção de falhas na transmissão é mais eficiente (SILVEIRA, 1991).

## 4.1 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Regras são necessárias para que a comunicação ocorra de forma sincronizada e ordenada. Para isso são utilizados os protocolos.

Os protocolos especificam modo de comunicação entre os dispositivos, montagem da mensagem, verificação de erros, entre outros aspectos da comunicação.

Os modos de operação dos protocolos seguem o mesmo tipo de classificação, ou seja, síncrono e assíncrono (TAFNER; LOESCH; STRINGARI, 1996).

Em relação aos controles durante a comunicação, há os protocolos orientados a caracter e orientados a *bit*.

Nos protocolos orientados a caracter são utilizados caracteres especiais para controlar a comunicação. Na Tabela 3 são exibidos os caracteres utilizados.

Tabela 3. Códigos e funções dos caracteres especiais

Caracter	Código (hexadecimal)	Função
SOH ( <i>Start of Header</i> )	01	Identifica o início do cabeçalho.
STX ( <i>Start of Text</i> )	02	Identifica o início do texto e o fim cabeçalho. Também serve para zerar o BCC.
ETX ( <i>End of Text</i> )	03	Fim do texto. É sempre transmitido como último caractere. Também indica que logo após segue o BCC.
EOT ( <i>End of Transmission</i> )	37	Indica o fim da transmissão.
ETB ( <i>End of Transmission Block</i> )	26	Fim de um bloco. Iniciado com um SOH ou um STX.
ENQ ( <i>Enquiry</i> )	2D	Obter resposta de uma estação remota. Ou seja, pede uma resposta em X segundos à estação, ou requer uma retransmissão da última mensagem.
ACK0 e ACK1 ( <i>Acknowledge</i> )	1070 e 1061	Reconhecimento positivo da mensagem recebida e está pronto para receber outra mensagem.
NAK ( <i>Negative Acknowledge</i> )	3D	Reconhecimento negativo da mensagem recebida, ficando para a estação transmissora a função de uma retransmissão.
DLE ( <i>Data Link Escape</i> )	10	Troca o significado de um número. Esse caractere é sempre o primeiro de uma sequência de dois <i>bytes</i> .
SYN ( <i>Synchronous Idle</i> )	32	Mantém o sincronismo entre o transmissor e o receptor.
ITB ( <i>End of Intermediate Transmission Block</i> )	1F	Caracter usado para dividir o texto da mensagem transmitida em blocos.
WACK ( <i>Wait Before Transmit – Affirmative Acknowledgement</i> )	106B	Esse sinal indica que o terminal não está preparado para receber mensagens.
RVI ( <i>Reverse Interrupt</i> )	107C	Esse sinal pode ser usado como resposta positiva, além dos sinais ACK0 e ACK1. Contudo, pede o término da atual transmissão para enviar uma mensagem para a estação transmissora.
TTD ( <i>Temporary Text Delay</i> )	022D	A estação transmissora usa este sinal quando deseja reter a linha mas não está pronta para enviar qualquer mensagem no momento.
PAD ( <i>PAD Character</i> )	FF	Usado como caracter de preenchimento.

Fonte: TAFNER, M; LOESCH, C; STRINGARI, S. (1996).

Os protocolos orientados a *bit* não utilizam caracteres especiais, e sim combinações binárias bem definidas, as quais possuem funções específicas.

## 5 CHIPS E SENSORES

### 5.1 CHIPS

Os *chips*, ou *tags* e etiquetas como também são chamadas, utilizam a tecnologia identificação por rádio frequência (RFID). Esta técnica já é antiga, porém tornou-se barata o suficiente para ser utilizada nas mais diversas áreas; custa entre 20 e 40 centavos de dólar (MAIA, 2005).

Utilizando ondas eletromagnéticas como meio de transmissão, as *tags* armazenam dados e utilizando eletromagnetismo para fornecimento de energia, transmitem esses dados para um dispositivo que os interpreta.

Os *chips* do tipo passivo não transmitem informação, apenas armazenam dados e, portanto, não utilizam baterias ou fonte de energia interna, precisando de um agente externo para efetuar a leitura dos dados, também utilizando ondas de rádio (MCGRATH).

Conforme a Figura 3, um *microchip* implantado em animais possui aproximadamente o tamanho de um grão de arroz e é composto por um *microchip* de silício, capacitor e uma antena. Todos esses componentes estão envoltos por uma cápsula de vidro.

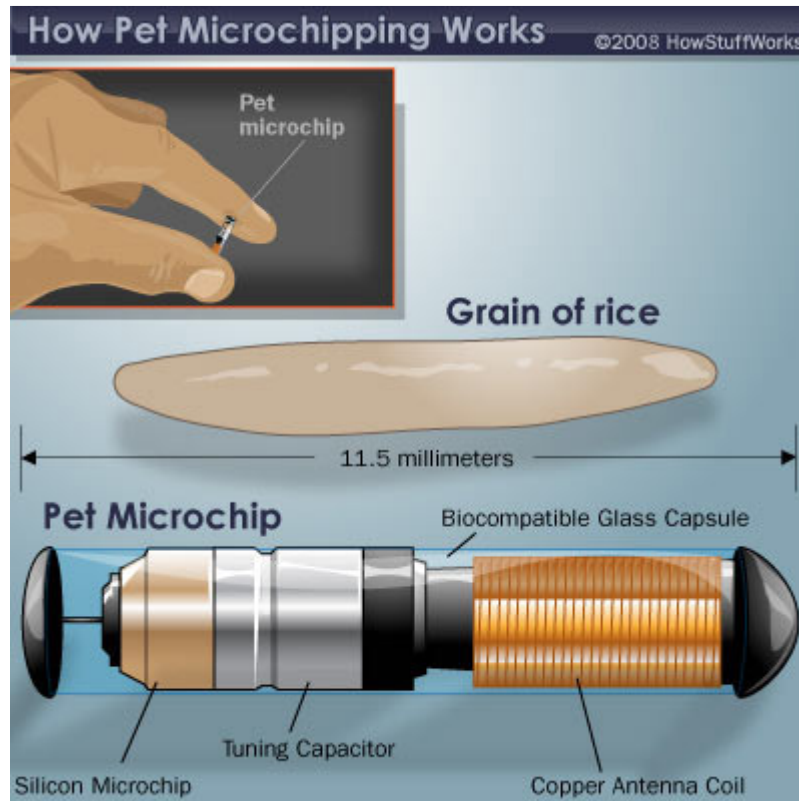


Figura 3. Componentes de um *microchip* implantado em animais  
 Fonte: MCGRATH, J.



Figura 4. Tag RFID  
 Fonte: BONSOR, K

Pode-se observar na Figura 4 um exemplo de etiqueta eletrônica.

Na Tabela 4 observam-se como as informações são organizadas em uma *tag* configurada no padrão *Electronic Product Code* (EPC) o qual irá substituir o *Universal Product Code* (UPC), usado pelo código de barras (SYBASE, 2007).

Tabela 4. *Standard EPC* do tipo *GID-96*

	Cabeçalho	Empresa	Classe do Objeto	Serial
Número de bits	8	28	24	36
Números possíveis		268.435.455	16.777.215	68.719.476.735

Fonte: SYBASE (2007).

O novo EPC utiliza o *General Identifier* (GID-96) da empresa EPCglobal. Com as informações organizadas conforme o proposto, podem ser criados 30.939.155.745.879.204.468.201.375 números únicos (SYBASE, 2007).

## 5.2 SENSORES

Sensores são equipamentos eletrônicos que respondem a estímulos físicos e são utilizados para monitorar uma grandeza.

Existem vários modelos e tipos de sensores utilizados em equipamentos eletrônicos como: mecânicos, *Reed-Switch*, fotoelétricos, imagem, indutivos, gases, capacitivos, térmicos, entre outros. Esses sensores indicam a um circuito eletrônico sobre um determinado evento externo sobre o qual é destinado (BRAGA, 2008).

Conforme o modelo, os componentes de um sensor podem ser processador, transceptor, sensor, fonte e memória. A fonte é a responsável pelo maior volume no dispositivo, como pode ser observado na Figura 5 (*Thick film battery*), que também possui os dispositivos citados.

## Smart Dust Components

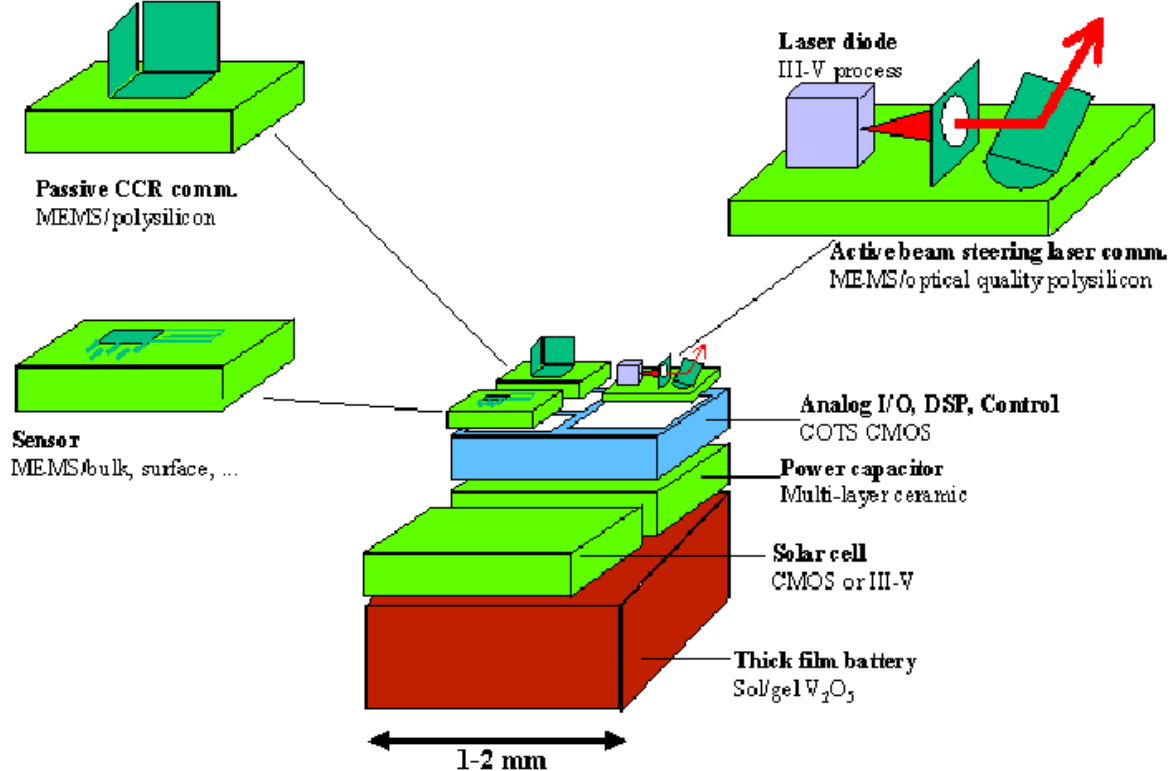


Figura 5. Componentes do sensor  
Fonte: BARROS, A. (2002).

Pode-se também subdividir o sensor em quatro componentes principais, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Componentes do sensor

Componentes	Características
Controlador	Núcleo responsável pela captura dos dados.
Memória	Memória EEPROM para armazenar a rotina a ser executada, RAM para o processamento e Flash para casos de falta de energia ou para uma capacidade maior de armazenamento.
Dispositivo de comunicação	Responsável pelas trocas de informações. Maior parte por RFID.
Bateria	Fonte de energia do sensor.

Fonte: Adaptado de SANZOVO, J. (2007).

Sensores de identificação RFID, ou *readers* como são chamados, possuem uma antena que é utilizada para emitir ondas eletromagnéticas. Quando um *chip* entrar no campo sensível do dispositivo de leitura, utiliza a energia recebida pela antena e envia o seu sinal. O

sinal capturado e transferido ao *reader* é tratado para que a informação da *tag* seja utilizada como desejado pelo utilizador (SYBASE, 2007).

## 6 IDENTIFICAÇÃO POR RÁDIO FREQUÊNCIA

A tecnologia de identificação por rádio frequência, também chamada de *Radio Frequency Identification* (RFID) vem sendo cada vez mais utilizada nas diversas áreas de negócios como rastreamento de bens e mercadorias e podendo um dia substituir os códigos de barras.

A identificação automática feita pela tecnologia em questão é por meio de ondas de rádio (SYBASE, 2007).

Uma onda rádio é uma onda eletromagnética, estas ondas são criadas por *eletrons* em movimento e consiste na oscilação de campos elétricos e magnéticos, que permitem transportar energia de um ponto para o outro, propagando-se através de vários tipos de materiais. Em física, comprimento de onda é a distância entre valores repetidos num padrão de onda sinusoidal. Chama-se a uma oscilação completa da onda, um ciclo de onda. O tempo em que uma onda demora a fazer este ciclo é chamado o período de oscilação, e o número de ciclos num segundo chama-se frequência. A frequência de uma onda é medida em *hertz* (abreviado [Hz]=Ciclos/segundo). Nome dado em honra ao físico alemão Henrich Rudolfg Hertz. A amplitude é a altura do pico da onda. (SYBASE, 2007, p. 9).

O código de barras exige, em alguns casos, que a leitura da etiqueta seja feita manualmente, enquanto a tecnologia RFID permite o envio das informações a um sistema sem a intervenção humana (MAIA, 2005).

Na Tabela 6 são exibidas as diversas frequências utilizadas pela tecnologia RFID, suas vantagens, desvantagens e aplicações.

Tabela 6. Aplicações, prós e contras das várias gamas de frequência

Banda de frequência	Benefícios	Problemas	Aplicações Típicas
100-500 kHz	- Baixo custo - Melhor penetração por objetos não metálicos	- Baixo a médio alcance de leitura - Velocidade de leitura baixa	- Controle de acessos - Controle de inventário
10-15 MHz	- Baixo a médio alcance de leitura - Velocidade de leitura média	- Apresenta custos superiores à da banda inferior	- Controle de acessos - <i>Smart cards</i>
850-950 MHz	- Alto alcance de leitura - Velocidade de leitura alta	- Dispendioso em termos de HW	- Identificação de veículos e sistemas de controle de entradas
2,4-5,8 GHz	- Alto alcance de leitura - Velocidade de leitura alta	- Dispendioso em termos de HW	- Identificação de veículos e sistemas de controle de entradas - RTLS – Geração 802.11 de WLAN

Fonte: Adaptado de SYBASE (2007).

A EPCglobal e a *International Standards Organization* (ISO) definiram vários protocolos para a comunicação RFID. Alguns exemplos encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Protocolos criados pela EPCglobal e ISO

Protocolo	Capacidades
EPC Generation 1 – Class 0	“ <i>Read-Only</i> ”, pré-programado
EPC Generation 1 – Class 1	“ <i>Write-Once</i> ”, “ <i>Read-Many</i> ”
EPC Generation 2.0 Class 1	“ <i>Write-Once</i> ”, “ <i>Read-Many</i> ”, versão aceita globalmente.
ISO 18000 Standard	“ <i>Read-Only</i> ”, pode conter memória para que dados do utilizador possam ser escritos. Este protocolo é composto por diferentes secções dependendo da frequência usada e da intenção de uso.
ISO 15963	<i>Unique Tag ID</i>
ISO 15961	Protocolos de dados: Regras de codificação dos dados e funções lógicas de memória.
ISO 15962	Protocolos de dados: interface da aplicação.

Fonte: SYBASE (2007).

Os principais componentes de um sistema RFID são o leitor, também chamado de *reader*, e a etiqueta (*tag*). Esta é formada por uma antena conectada a um microchip. O leitor,

que pode possuir uma ou mais antenas, é responsável pela coleta das informações da *tag* e envio para um sistema computadorizado (MAIA, 2005).

O sistema de *software* e integração entre este e o *hardware*, é composto pelo controlador, Interface Edge, *Middleware*, Interface EBE e EBE.

O controlador é responsável pela comunicação com o *reader* e seu controle. A Interface Edge integra a aplicação com o *hardware* RFID. Essa interface obtém informações do *reader* além de filtrar leituras duplicadas de sensores diferentes, permitem que sejam definidos *triggers*, providenciar funções inteligentes e gestão remota do leitor e do sistema Edge.

O *Middleware* se localiza entre a Interface Edge e a Interface EBE. Suas principais funções são partilha de dados em qualquer local da empresa, manutenção de grande quantidade de dados gerados pelo sistema RFID; facilita a integração com uma grande variedade de *softwares* e interliga a interface Edge e EBE.

A interface EBE e o EBE implementam a lógica de negócio do sistema. A Interface EBE efetua a integração entre o *Middleware* e o EBE enquanto este incorpora todo o sistema da empresa propriamente dito, como os processos de negócio e banco de dados (SYBASE, 2007).

## 6.1 MÉTODOS DE ACOPLAMENTO

Os dados das *tags* podem ser lidos pelo leitor por meio de acoplamento indutivo. Os indutores das antenas do *chip* e do *reader* criam um campo magnético o qual tem a energia captada pela *tag*. Utilizando essa energia o circuito deste dispositivo altera a impedância da antena. A mudança é detectada pelo leitor, que as converte em código binário para que seja entendido pelo computador.

No acoplamento de propagação não há formação de campo magnético. A antena do leitor gera energia eletromagnética. A *tag* absorve esta energia possibilitando que o *microchip* altere a impedância da antena da etiqueta e reflita o sinal alterado (MAIA, 2005).

## **7 PADRÃO EPC (*ELETRONIC PRODUCT CODE*)**

Durante os primeiros anos da utilização do RFID, as aplicações que utilizavam essa tecnologia possuía os seus padrões próprios, fazendo com que seus utilizadores ficassem “reféns” de um fabricante.

Devido à popularização da tecnologia, aumentou a necessidade da padronização dos padrões de comunicação com as *tags* e a estrutura de memória, a fim de garantir que dispositivos de fabricantes diferentes pudessem se comunicar.

Diante dessa necessidade, vários padrões surgiram e, para controlá-los, foi passada a tarefa para a ISO.

O EPC surgiu como padrão para a tecnologia RFID, a qual opera na faixa de *Ultra High Frequency* (UHF).

Além de definir as regras de comunicação entre *chips* e leitores, o EPC determina uma nova estrutura de comunicação entre a cadeia de logística mundial e a tecnologia RFID e faz toda a conversão da tecnologia de código de barras para o EPC.

Como havia mais de uma tecnologia que apresentava resultados satisfatórios, o EPC foi dividido em classes. Foi desenhada uma rede onde a informação irá transitar de um elo da cadeia para outro de forma imediata e simultânea (LIMA JUNIOR, 2006).

### **7.1 CLASSES DO PADRÃO EPC**

Na Figura 6, pode-se observar a divisão das classes do padrão EPC.

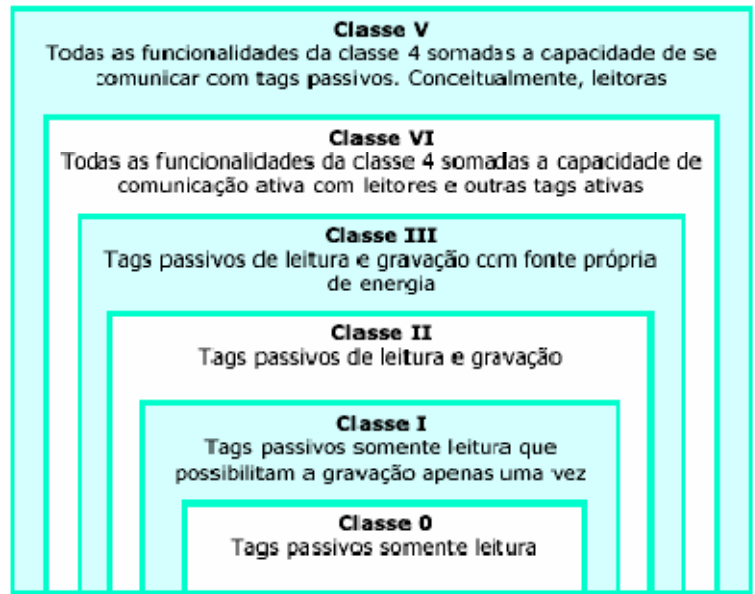


Figura 6. A divisão das classes no padrão EPC  
 Fonte: LIMA JUNIOR, L. (2006).

### 7.1.1 CLASSE 0

As *tags* utilizadas são apenas de leitura, ou seja, os dispositivos já vem com suas numerações únicas cadastradas do fabricante e não é possível alterar. São *tags* de alto desempenho de leitura e com alcance de até 10 metros.

### 7.1.2 CLASSE 1

Com um desempenho de leitura e alcance menor (8 metros), o protocolo possui a sua vantagem na possibilidade de uma gravação na *tag* de uma informação definida pelo usuário.

### 7.1.3 CLASSE 1 GEN2

Diante da necessidade do mercado de um protocolo com baixa interferência entre leitores, maior velocidade de leitura, padrão único e capacidade de leitura e escrita infinitas, surgiu a Classe 1 Geração 2 ou GEN2.

Entre suas características estão a distância para leitura de até 10 metros, possibilidade de operação com leitores próximos, padrão mundial adotado por todos os fabricantes, alta capacidade de leitura (até 1600 *tags* por segundo), leitura e gravação infinitas e capacidade de memória da *tag* de até 400 bits.

Gradativamente os dispositivos que utilizam as classes 0 e 1 deverão ser trocados por equipamento GEN2 (LIMA JUNIOR, 2006).

## **8 TRABALHOS CORRELATOS**

### **8.1 RFID: IMPLANTE SUBCUTÂNEO E RISCOS**

O estudo analisa o uso da tecnologia RFID, citando as suas vantagens e cuidados necessários na sua utilização. Buscando o aumento da eficiência na organização, com a tecnologia bem aplicada pode-se conseguir economia de tempo, rastreabilidade de produtos, atualização no banco de dados sem intervenção humana. A tecnologia pode ser usada também para controle de acesso, rastreamento de seres vivos, porém deve-se considerar o risco de perda de identidade nos casos de identificação por rádio frequência. A tecnologia deve repassar confiança aos seus usuários. O trabalho visa mostrar as várias faces da tecnologia e as possíveis consequências do seu uso e como utilizá-la considerando-as (KERN, 2008).

### **8.2 MADRSSF: UMA INFRAESTRUTURA DE MONITORAÇÃO INTEGRANDO REDES DE SENSORES ADHOC E UMA CONFIGURAÇÃO DE *CLUSTER* COMPUTACIONAL**

O trabalho aborda a integração entre redes de sensores sem fio e computadores, a fim de garantir maior poder computacional e de tratamento de dados. O pacote *Open Source Cluster Application Resources* (OSCAR) foi usado para facilitar o manuseio do ambiente de computadores.

O objetivo do trabalho é a integração de redes de sensores *wireless* e *clusters* computacionais. *Clusters* computacionais buscam, basicamente, aumentar a eficiência do sistema. A taxonomia *Flynn* concentra-se na quantidade de instruções realizadas *versus* os dados processados. As divisões são:

- a) *Single Instruction Single Data* (SISD): realiza uma instrução de cada vez;
- b) *Single Instruction Multiple Data* (SIMD): realiza uma instrução de cada vez, mas sobre múltiplos dados;
- c) *Multiple Instruction Simple Data* (MISD): esta arquitetura se propõe a executar múltiplas instruções sobre um fluxo de dados único;
- d) *Multiple Instruction Multiple Data* (MIMD): a arquitetura mais encontrada em sistemas multicomputados, realiza diferentes instruções sobre diferentes fluxos de dados, gerando o paralelismo real de processamento.

O objetivo da inclusão de conjuntos de computadores no trabalho é proporcionar o processamento de tarefas complexas de forma paralela a fim de melhorar a performance da rede. Entre algumas formas de grupos de computadores estão sistemas dedicados e sistemas não dedicados.

Como redes de sensores sem fio geram grandes quantidades de dados, um computador não seria suficiente para tratar dados de uma rede com milhares de sensores. Diante disso, surgem os agregados para efetuar esse processamento de maneira distribuída.

O trabalho permite controle de resultados e envio de alarmes a dispositivos móveis em caso de leitura de dados fora de uma faixa determinada. Esse pode ser considerado um sistema de alto desempenho para monitoramento.

Os componentes usados são: Nodo Sensor Mica2, Placa do sensor MTS300 e placa de programação MIB510.

Sensores foram programados para monitorar a temperatura do ambiente, os dados são enviados até o mestre do agregado de computadores onde são computados e disponibilizados.

O histórico criado pelo MADRSSF pode ser utilizado para realizar um estudo sobre o ambiente monitorado. Como os dados são armazenados em um servidor, esses podem ser acessados remotamente e em casos de valores disformes, há o alerta (FERREIRA, 2008).

### **8.3 UM EQUIPAMENTO ELETRÔNICO DE MONITORAMENTO DE VELOCIDADE**

O monitoramento da velocidade de um veículo pode ser feito de diversas maneiras. Entre elas, a técnica mais usada é de laços magnéticos, onde sensores são instalados sob o asfalto. Porém alguns tipos de veículos de pequeno porte não são detectados e há a dificuldade de manutenção na via para a instalação do equipamento. Nesse contexto, o trabalho propõe o cálculo da velocidade de veículos por processamento de imagens.

Para tal, é necessário conhecimento dos conceitos das técnicas atualmente usadas, os equipamentos disponíveis no mercado e o método de aferição dos equipamentos utilizado pelo INMETRO.

O estudo apresenta os principais fundamentos relacionados ao processamento digital de imagens e detecção de bordas, para que a nova técnica proposta possa calcular a velocidade a partir de um único quadro. Objetiva-se aqui apresentar o “Pardalzinho” como uma nova técnica para aplicação de um sistema que implementa a idéia citada na prática (FÉRIS, 2003).

## 9 RADAR RFID

O sistema desenvolvido é composto pelo *software* responsável pelo tratamento das informações que são enviadas pelo *hardware*, o qual também é parte do projeto.

A simulação é feita mediante a utilização de um ponto de detecção de passagem de uma etiqueta RFID os quais representam, respectivamente, o ponto de registro de passagem de um veículo por um trecho de uma rodovia e o próprio veículo dotado do dispositivo de rádio frequência.

Diferentemente da maioria das redes de sensores, a comunicação entre os sensores (nós) e a central de processamento se dá por meio com fio. Entretanto essa prática é utilizada na comunicação entre os sensores e o evento no ambiente (passagem do dispositivo RFID).

### 9.1 CASO DE USO

O diagrama de caso de uso, Figura 7, demonstra que há quatro tipos de usuários diretos do protótipo proposto no trabalho; o usuário do sistema; responsáveis pelos cadastros que possuem também acesso aos relatórios, o administrador do sistema que possui os mesmos acessos do usuário e que, entretanto, tem permissão para incluir uma informação, desde que todas as alterações fiquem registradas.

O ator “TAG RFID” do diagrama representa os veículos que possuem os *chips* RFID que são detectados pelo leitor e tem os dados armazenados no sistema.

O relatório de multas pode ser acessado pelo órgão responsável pela aplicação da penalidade aos motoristas infratores.

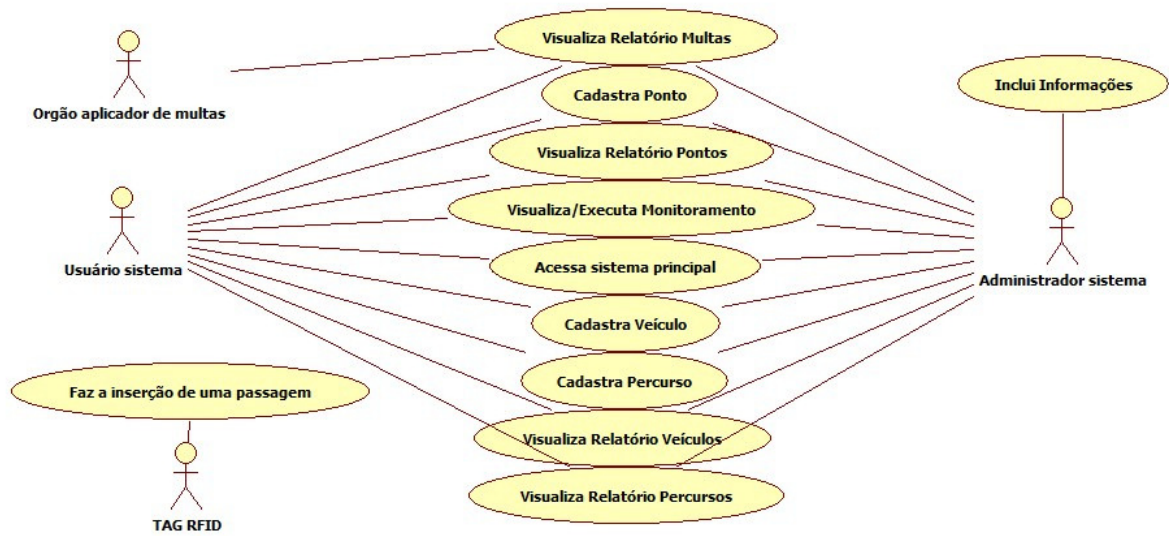


Figura 7. Diagrama de caso de uso

## 9.2 FLUXOS DO SISTEMA

O sistema desenvolvido é composto por cadastros, relatórios, tela de monitoramento, uma tela de registro de passagens de veículos pelos sensores e o leitor RFID.

Na Figura 8 pode-se observar o fluxo completo do sistema sugerido com todos os passos do funcionamento ideal.



Figura 8. Fluxo de funcionamento do sistema

O fluxo padrão, onde o veículo recebe a *tag* na montadora do veículo, mostra que o veículo já recebe a etiqueta na linha de montagem com um código único especificado pelo

órgão responsável pelo trânsito brasileiro. O dispositivo deve ser instalado em um ponto de difícil acesso e lacrado, a fim de evitar violação, modificação ou exclusão de seu conteúdo.

Ao ser emplacado, a placa atribuída ao veículo deve ser associada com o código existente no *chip* já instalado no veículo, no sistema de registro de multas.

Quando o veículo passa por um trecho monitorado com o Radar RFID o sistema registra a passagem deste pelo local e armazena essas informações como data, hora, minuto, código da *tag* e código do ponto.

É necessário executar a tela de monitoramento para que as velocidades registradas sejam medidas, essa calcula e grava todas as velocidades registradas e multas, se existente.

Se não for registrada infração para o veículo, o sistema mantém a velocidade aferida gravada no sistema e o fluxo encerra-se. Se for constatada a infração do veículo, além da velocidade, a multa é registrada no sistema para que o órgão responsável possa tomar as medidas punitivas necessárias.

Há também a necessidade de controlar a velocidade praticada por veículos estrangeiros que entram pelas fronteiras brasileiras e não possuem as *tags*. Para isso propõe-se o procedimento descrito na Figura 9.

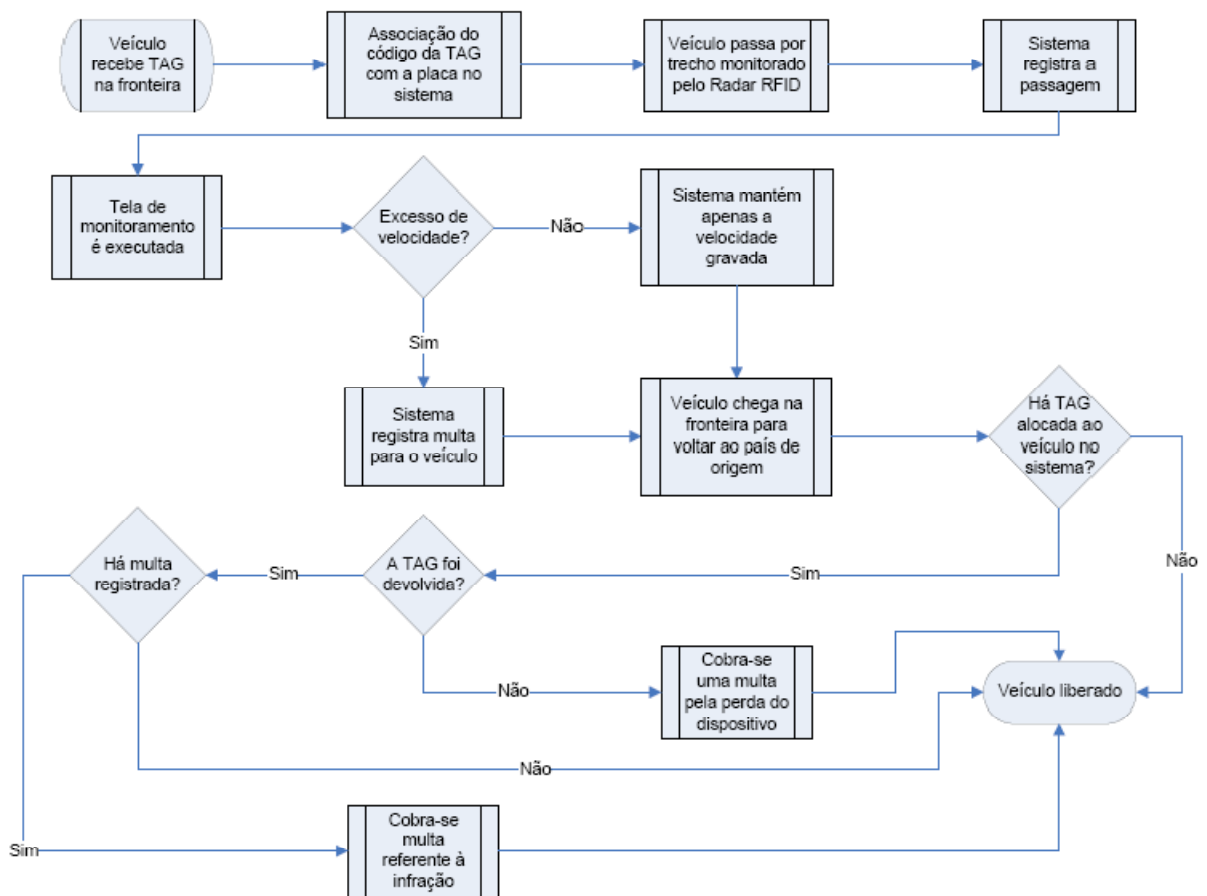


Figura 9. Fluxo de funcionamento do sistema para veículos estrangeiros

Ao chegar à fronteira para entrar no Brasil os veículos estrangeiros recebem uma *tag* a qual tem seu código associado com a placa do veículo, e um formulário de responsabilidade com esse equipamento.

O procedimento de registro de velocidade e multa é o mesmo para o fluxo apresentado anteriormente. Porém os órgãos não aplicam as multas da mesma maneira.

Ao chegar à fronteira para voltar ao país de origem é verificado se o veículo em questão recebeu a *tag* na entrada do país. Se não existir registro de *chip* para a placa o veículo é liberado normalmente.

Se há registro de etiqueta, esta é solicitada. No caso de não devolução do dispositivo cobra-se uma multa da pessoa que ficou responsável pelo equipamento entregue.

Porém no caso de devolução do material, verifica-se se há infração registrada. Não havendo infração o veículo é liberado, caso contrário a multa é aplicada.

Outra situação que deve ser prevista é quando o veículo não possui a *tag* ou esta não está funcionando.

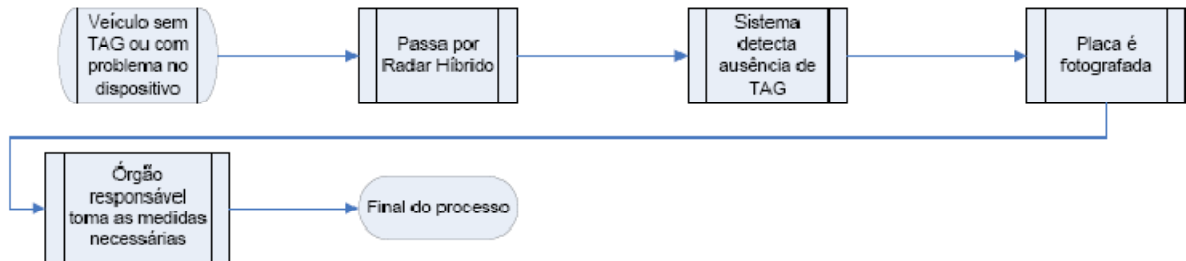


Figura 10. Fluxo de funcionamento do sistema para veículos sem *tag* operacional

Conforme exibido na Figura 10 é necessário um radar híbrido com dois sistemas de monitoramento distintos integrados. Um destes é o Radar RFID, o outro é o sistema utilizado atualmente que usa a tecnologia magnética.

Se ao passar pelo radar híbrido o sistema magnético detecta a passagem de um veículo e, instantaneamente, não sendo detectada nenhuma *tag* no ponto, o sistema registra uma foto da placa do veículo para que medidas necessárias sejam tomadas.

### 9.3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O processo inicia-se com o cadastro dos veículos. Os dados básicos para o cadastro são: a placa, código único do *chip* e categoria. A categoria foi dividida conforme a Tabela 8.

Tabela 8. Categorias de veículos

<b>Categoria</b>	<b>Tipos de veículo incluídos na categoria</b>
A	Automóveis, caminhonetas, motos, vans, automóveis com reboques.
O	Ônibus e veículos terrestres de transporte coletivo em geral.
C	Caminhões.

As categorias são baseadas nas restrições existentes nas rodovias quanto ao limite máximo de velocidade por tipo de veículo.

O código do veículo, que será o mesmo do *chip*, é gerado automaticamente pelo sistema, seguindo uma sequência crescente. Os dados a serem informados são a placa e a categoria, conforme Figura 11.


A imagem mostra uma janela de software intitulada "Veículos". Ela contém um campo de texto para "Placa", um menu suspenso para "Categoria - (A)utomóvel / (C)aminhão / (O)nibus" e quatro botões: "Salvar", "Limpar", "Cancelar" e "Fechar".

Figura 11. Tela de cadastro de veículos

Cada trecho monitorado pelo sistema é denominado percurso.

São necessários, para o cadastro do percurso, a distância entre os pontos de medição presentes no percurso (comprimento do percurso) e a velocidade máxima permitida para cada tipo de veículo. Esta tela pode-se observar na Figura 12.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Percursos". Ela contém um campo de texto para "Distância (m)", um campo de texto para "Velocidade máxima (km/h)", e quatro campos de texto para "Carros, motos e vans", "Ônibus" e "Caminhões". Há também quatro botões: "Salvar", "Limpar", "Cancelar" e "Fechar".

Figura 12. Tela de cadastro de percursos

Cada percurso pode possuir apenas dois pontos de medição, nos quais serão registrados por meio do leitor RFID as passagens dos veículos com o *chip*.

No cadastro de um novo ponto deve-se inserir o código do percurso ao qual pertence, estado, cidade, rodovia e km (quilometragem da rodovia) onde se localiza (Figura 13).

Não é possível cadastrar mais de dois pontos para um mesmo percurso.

Figura 13. Tela de cadastro de pontos

O monitoramento e registro da passagem de cada veículo pelos pontos de medição presentes nos percursos monitorados dar-se-iam com a utilização de um sensor (leitor RFID), o qual iria detectar o *chip* presente no automóvel e enviar as informações do código único deste dispositivo e o código do ponto para o sistema.

Por questões de programação do protótipo, este envia apenas um contador simulando o código do ponto.

Para realizar a leitura da passagem de um veículo com *chip* por um ponto de monitoramento foi criada a tela conforme a Figura 14.

Figura 14. Tela registro de passagem por um ponto

Após informar o código da placa que representará o veículo monitorado, deve-se selecionar a porta serial onde o protótipo está ligado e clicar em “Abrir Porta”, para que assim o sistema inicie o monitoramento dessa porta. O sistema espera um sinal do *hardware* o qual indica a passagem de um *transponder* pelo leitor.

Outra informação necessária para que o cálculo da velocidade do veículo seja possível é a data e hora da passagem, os quais são extraídos do próprio sistema no momento em que o sistema detecta um sinal na porta serial.

Ao gravar as informações, será salvo no banco de dados uma passagem do veículo pelo ponto com as informações de código do ponto, código da placa, data e hora do registro. Dessa maneira fica disponível um histórico de todos elementos automotivos que passaram por um determinado ponto de uma rodovia monitorada.

Na tela de monitoramento serão exibidas as velocidades aferidas em um determinado percurso. Os dados exibidos são a placa do veículo, categoria a qual este pertence, velocidade média feita no percurso, código do percurso, e as velocidades máximas por categoria de veículo.

Placa	Categoria	Velocidade	Percurso	Vel. Máx. Cat. A	Vel. Máx. Cat. D	Vel. Máx. Cat. C
DFE-1101	A	370	3	100	90	80
MLB-4070	A	72	1	100	90	80

Figura 15. Tela de monitoramento

Como se pode observar na Figura 15, o veículo de placa DFF-1101, da categoria “A” (automóvel) fez o percurso de código três a uma velocidade média de 370 Km/h. Observa-se também, para questão de verificação, a velocidade máxima permitida para cada categoria de veículo.

Veículos que passaram por apenas um dos pontos não são exibidos na tela de monitoramento, visto que é necessário o registro dos dois pontos pertencentes a um percurso para que a velocidade média seja calculada.

Ao serem exibidos os dados de velocidades na tela de monitoramento, o sistema grava a velocidade que cada veículo fez em cada percurso no banco de dados, gerando assim um histórico de velocidades praticadas por cada veículo em cada percurso.

Todos os veículos que rodaram a uma velocidade média acima da máxima permitida para a sua categoria terão, automaticamente, uma multa registrada no sistema, as quais podem ser visualizadas por meio de um relatório conforme a Figura 16.



The screenshot shows a 'Print Preview' window with a title bar and standard navigation icons. The main content area displays a table titled 'Relatório de multas'. The table has six columns: 'Placa', 'Data', 'Percurso', 'Velocidade', 'Velocidade Permitida', and 'Porcentagem acima da permitida'. There are two data rows. The first row is for vehicle DCB-8787 on 11/06/2009, with a speed of 144 km/h on route 2, exceeding the 80 km/h limit by 80%. The second row is for vehicle MLB-4070 on 11/06/2009, with a speed of 118 km/h on route 1, exceeding the 100 km/h limit by 18%. The status bar at the bottom indicates 'Page 1 of 1'.

Placa	Data	Percurso	Velocidade	Velocidade Permitida	Porcentagem acima da permitida
DCB-8787	11/06/2009	2	144	80	80
MLB-4070	11/06/2009	1	118	100	18

Figura 16. Relatório de multas

No relatório de multas, como se pode observar acima, são exibidos: a placa do veículo, data da infração, código do percurso, velocidade média registrada, velocidade permitida para a categoria do veículo e a porcentagem da velocidade acima do máximo permitido.

Por meio do relatório e da porcentagem acima da máxima permitida, os órgãos responsáveis podem aplicar as multas aos motoristas conforme a legislação.

O diferencial do projeto é, além do relatório de multas em tempo real, a possibilidade de monitorar a velocidade dos veículos conforme a sua categoria, visto que os

atuais sistemas eletrônicos de fiscalização de velocidade não diferenciam, por exemplo, uma moto de um caminhão. O limite considerado para todos os tipos de veículos é apenas um.

O sistema não deve deixar que nenhuma informação seja excluída ou modificada no sistema. Para isso deve-se apenas permitir a inclusão de informação que indiquem possíveis medições erradas e descarte de dados, porém todos os registros devem ser mantidos.

#### 9.4 PROTÓTIPO

O protótipo foi desenvolvido com base no *kit “Development Kit EM4095 User’s Manual”* da empresa EM MICROELETRONIC o qual descreve o funcionamento e desenvolvimento de um *hardware* para leitura de etiquetas RFID. Esse protótipo utiliza 125 kHz de frequência para a troca de dados entre a antena e a *tag*. A comunicação utilizada é pela porta RS232 com a modulação Manchester.

A montagem foi feita pelo Sr. Paulo Silveira<sup>4</sup> e baseia-se no tipo EM4102 de *transponder*. Esse tipo de dispositivo é energizado pelo campo eletromagnético da antena do *hardware* e obtém o *clock*, para sincronização, do mesmo dispositivo. Alternando a corrente modulada, o *chip* envia 64 *bits* de informação, gravada pelo fabricante neste dispositivo ao protótipo.

A Figura 17 exhibe o fluxo do funcionamento principal do leitor RFID. O fluxo inicia com o acionamento do protótipo, seguido do início do ciclo de monitoramento, leitura de informações e encerramento do fluxo após o fim do tráfego de informações.

---

<sup>4</sup> Formado em Ciência da Computação pela UNISUL de Araranguá (SC), técnico em eletroeletrônica pelo SENAI de Tubarão (SC) e trabalha na Cerâmica Portinari há 23 anos como Mestre de elétrica.

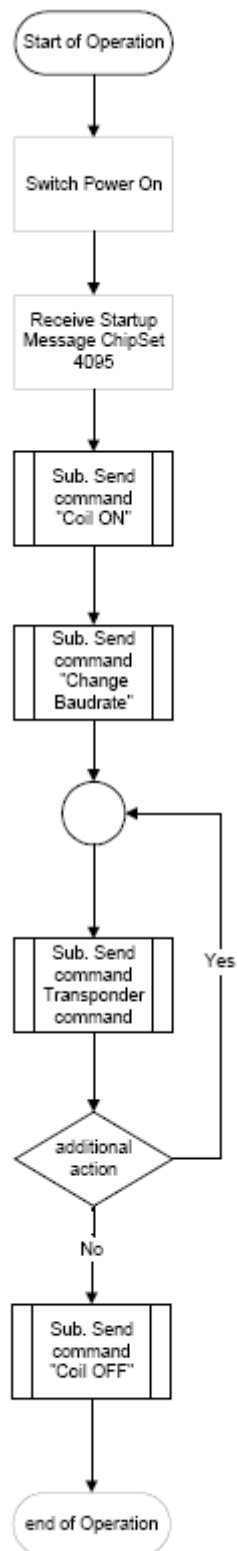


Figura 17. Fluxo principal de funcionamento do leitor RFID  
Fonte: EM MICROELECTRONIC. (2002).

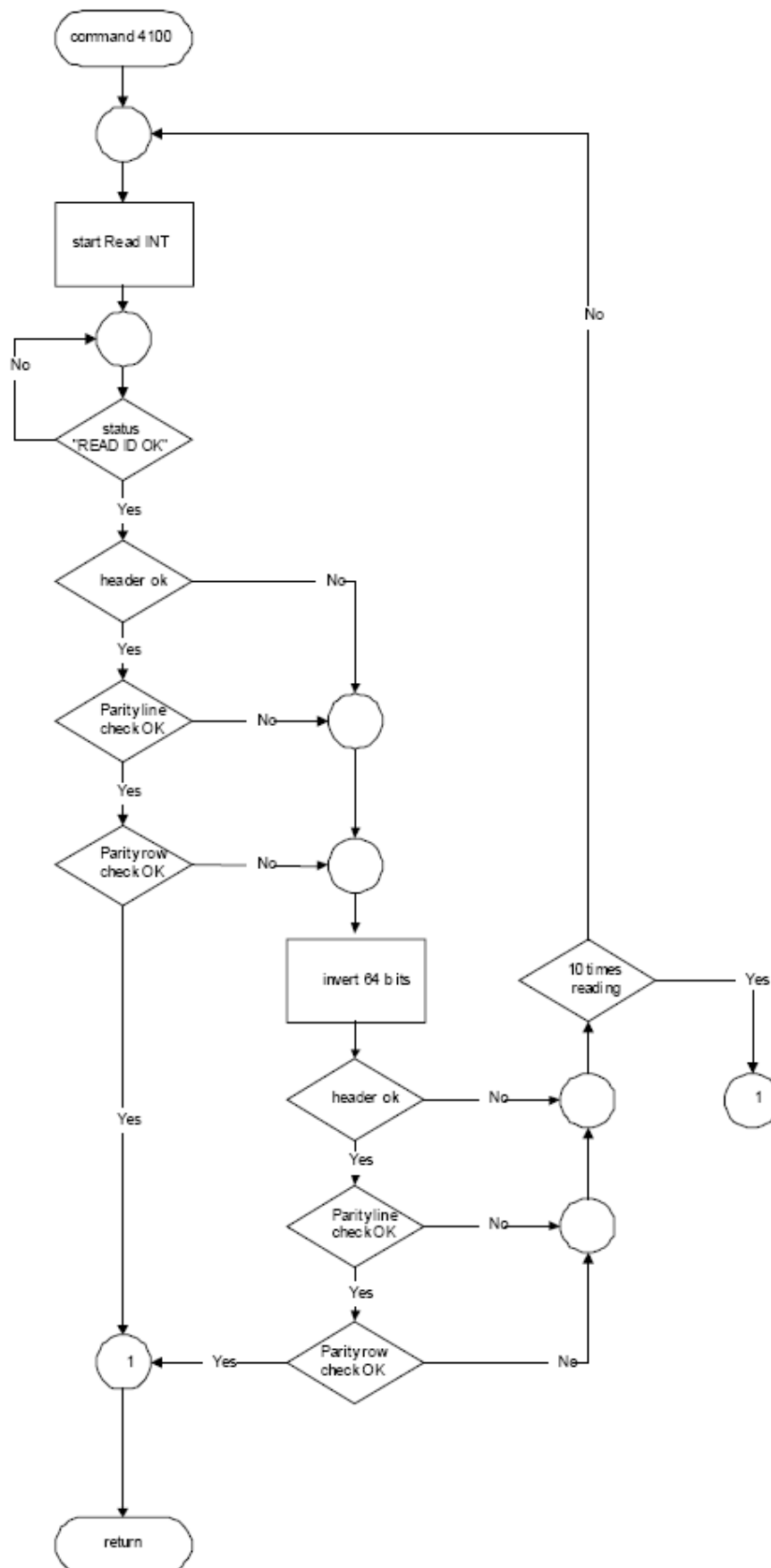


Figura 18. Fluxo de trabalho do transponder  
 Fonte: EM MICROELECTRONIC. (2002).

A Figura 18 ilustra o fluxo de trabalho do *transponder* EM4102. Inicia-se com o monitoramento do ambiente até que seja detectada uma leitura de alguma *tag*. Após a leitura, são verificados o cabeçalho, linha e coluna de paridade dos dados recebidos para validação da informação. Se não forem recebidos 64 bits de informação o leitor não considera os dados como leitura real.

O diagrama de circuito exibido na Figura 19 mostra o detalhe da montagem do protótipo.



Na Figura 20 pode-se observar o protótipo montado, diferenciando-se apenas pelo microcontrolador apresentado, que não está montado na placa de circuitos e sim diretamente na *protoboard*.



Figura 20. Protótipo montado

Pode-se observar no alto da Figura 20 a fonte de alimentação do protótipo, à direita o *display* e ao centro a *protoboard* com o circuito.

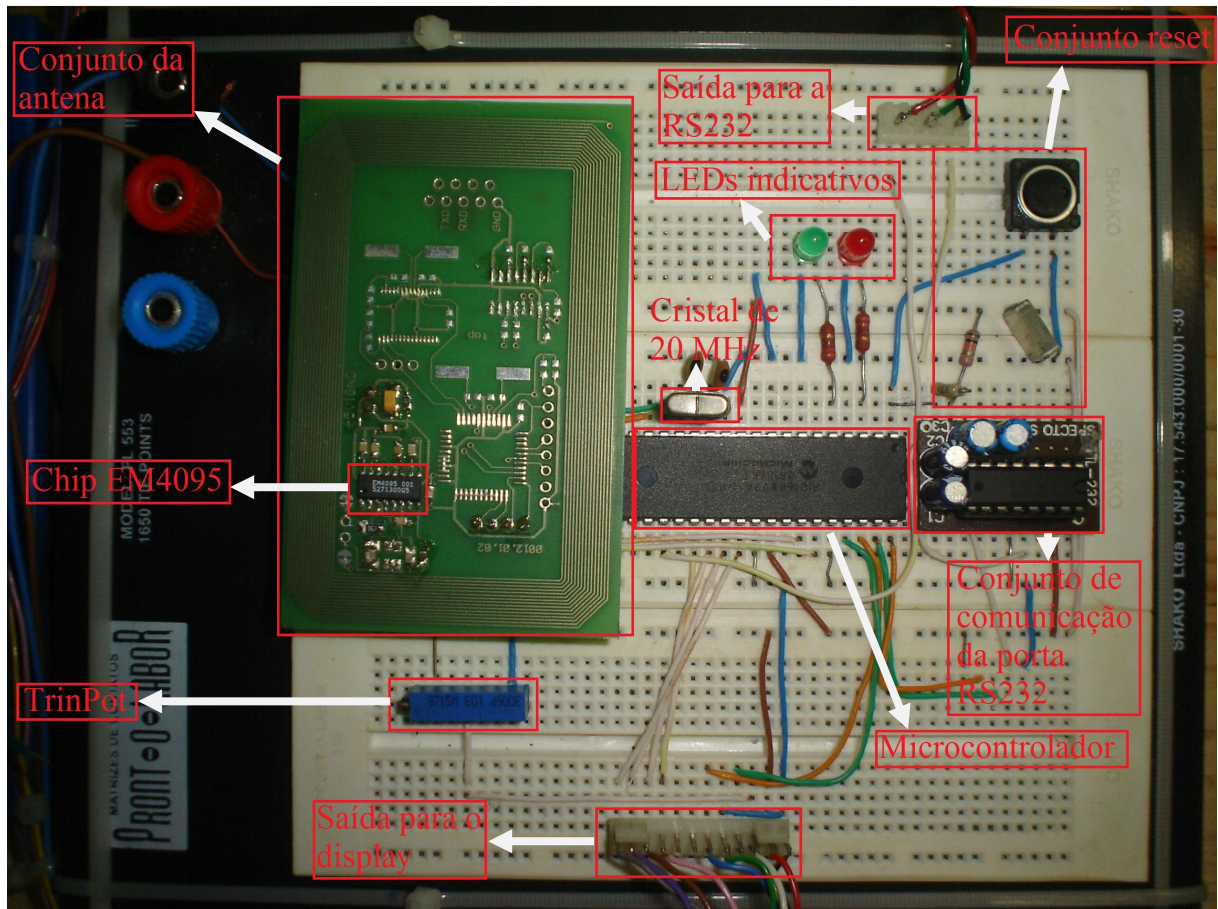


Figura 21. Detalhe do protótipo

Na Figura 21 estão apontados os principais componentes utilizados na montagem do *hardware*. Na Tabela 9 pode-se observar a função de cada componente.

Tabela 9. Função dos componentes do protótipo

Componente	Função
Conjunto da antena	Comunicação do <i>transponder</i> com o protótipo
Chip EM4095	Gera a frequência de trabalho da antena
TrinPot	Controla contraste do display
Saída para o display	Comunicação com o display
Saída para a RS232	Envia dados lidos do <i>transponder</i> para o computador pela porta RS232
LEDs indicativos	Informa a situação de leitura atual do protótipo
Cristal de 20MHz	Controla a frequência de trabalho do microcontrolador
Conjunto de comunicação da porta RS232	Prepara dados para serem enviados pela porta RS232
Conjunto reset	Reinicia o contador de passagens
Microcontrolador	Programação do protótipo

O protótipo desenvolvido por Paulo Silveira possui os estados de espera (Figura 22), leitura da primeira passagem e leitura da segunda passagem. Essas informações, além de serem enviadas pela porta RS232, exceto a espera, são exibidas no próprio dispositivo.



Figura 22. Estado de espera

Após a leitura da primeira passagem da *tag* pela antena, o protótipo envia o número “1” pela porta RS232, exibe a mensagem “CONTA = 1” no display (Figura 23) e acende o *led* verde (Figura 24). Na segunda passagem a informação enviada pela saída para o *software* é “2”, exibe “CONTA = 2” (Figura 25) no display e acende o *led* vermelho (Figura 26). Na terceira passagem consecutiva a contagem recomeça.



Figura 23. Display exibindo primeira passagem

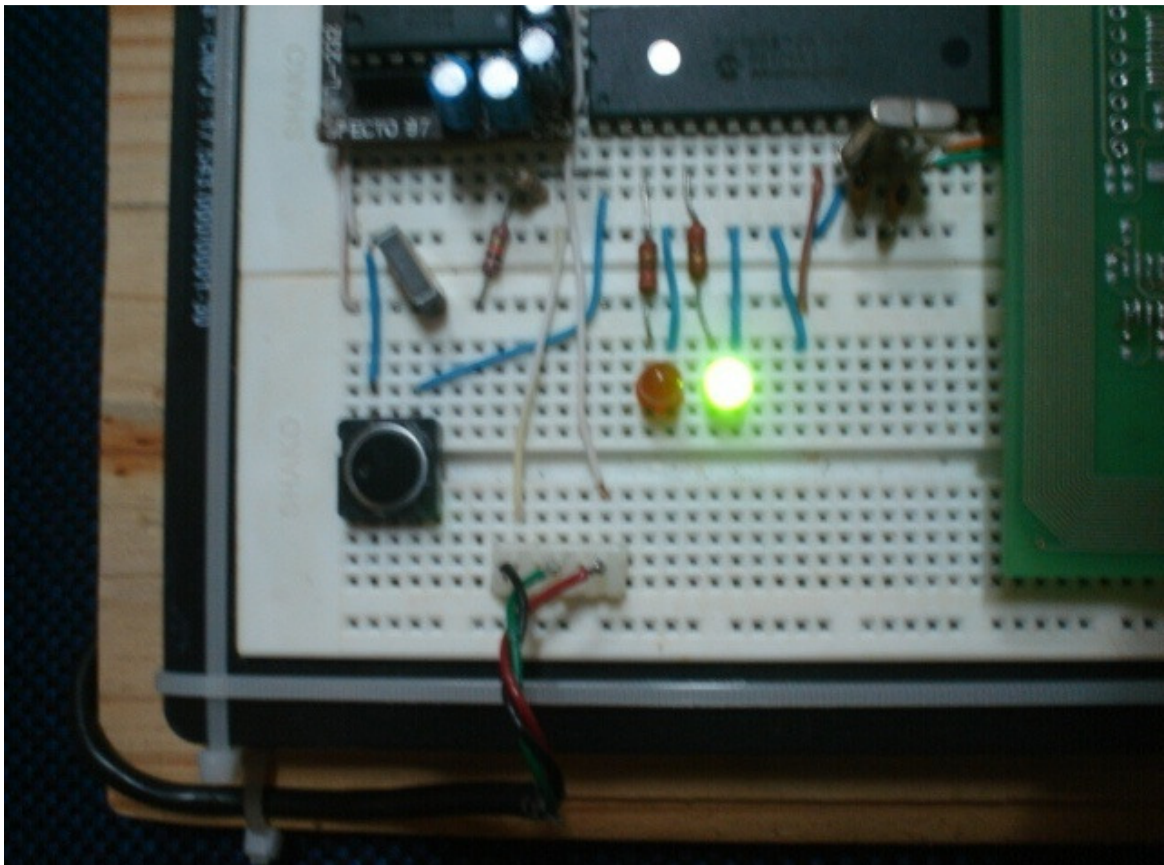


Figura 24. Led exibindo primeira passagem



Figura 25. Display exibindo segunda passagem

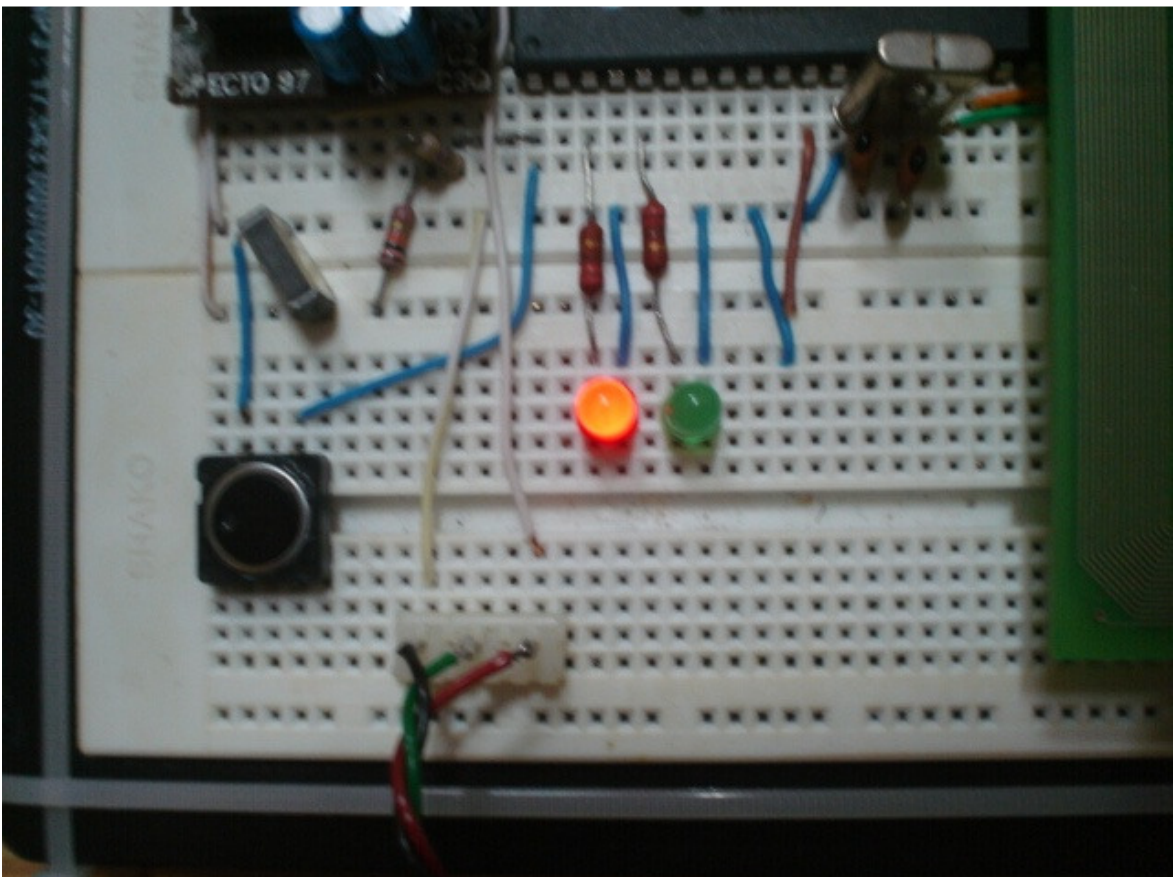


Figura 26. Led exibindo segunda passagem

Devido à programação do protótipo, os dados do cartão não são enviados para o *software*; apenas o código de passagem, simbolizando o ponto de passagem, é enviado. O código da placa, que seria o código do cartão, é informado manualmente na simulação.

Entretanto com uma mudança na programação do microcontrolador do protótipo e do *software* é possível adaptá-los para que seja feita a leitura e envio do código do cartão juntamente com o código de passagem. Ilustrando, dessa maneira, um veículo passando sobre dois pontos de registro em uma rodovia.

## 9.5 COMUNICAÇÃO PELA PORTA RS232

Contida na camada física do sistema, a porta RS-232 foi utilizada para realizar a comunicação do protótipo desenvolvido com o *software*. O envio das informações é feito de modo serial de dados binários. A comunicação é possível mediante a utilização de algumas funções da *Application Programming Interface* (API) do Windows e que tornam a aplicação compatível com as versões 95/98/Me/NT/2000/XP e Vista do sistema operacional.

Na Tabela 10 são apresentadas as funções da API do sistema operacional utilizadas no sistema desenvolvido.

Tabela 10. Funções das APIs

Função	Descrição
<i>CreateFile()</i>	Utilizada para abrir a Porta Serial
<i>CloseHandle()</i>	Utilizada para fechar a Porta Serial
<i>ReadFile()</i>	Utilizada para ler dados através da Porta Serial
<i>GetCommState</i>	Utilizada para obter as configurações da Porta Serial
<i>SetCommState</i>	Utilizada para alterar as configurações da Porta Serial
<i>GetCommTimeouts</i>	Utilizada para obter os parâmetros atuais de <i>Timeouts</i> associados à função <i>ReadFile</i>
<i>SetCommTimeouts</i>	Utilizada para alterar os parâmetros atuais de <i>Timeouts</i> associados à função <i>ReadFile</i>

Fonte: MESSIAS, A.

Nas Figuras 27 e 28 são exibidos como os dados são enviados por meio da porta RS232 do computador para o *hardware* e do *hardware* para o computador respectivamente.

command description ->TagReader	serial data byte				
	0	1	2	3	4
TXP EM4102/4105					
Read Only Txp read ID 4102	STX	n	10h	CHK	ETX

Figura 27. Mensagem do *software* para o *hardware*  
Fonte: EM MICROELECTRONIC. (2002).

response TagReader	serial data byte												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A		
TXP EM4102/4105													
Read ID 4102	STX	n	10h	ACK	Customer code	MSB	IDw1	LSB	MSB	IDw0	LSB	CHK	ETX

Figura 28. Mensagem do *hardware* para o *software*  
Fonte: EM MICROELECTRONIC. (2002).

Onde “STX” indica o início do texto, “n” é a posição do *byte* de checagem, “10h” é o comando, “CHK” representa o *checksum*, “ETX” significa o fim do texto, “ACK” é o caracter de validação e o restante são os dados enviados.

## 9.6 CÓDIGO FONTE

A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do protótipo foi o *Borland C++ Builder* versão 6.0 (versão *Trial*). Consequentemente a linguagem de programação foi o C++.

O banco de dados é *Firebird* e a conexão é *Interbase*.

A fim de realizar a conexão com o banco de dados foi criado o *Data Module* (DM\_Projeto), onde no objeto *SQLConnection* é feita a configuração de conexão. No *Data Module* também há para cada tabela do banco de dados um *SQLDataSet*, um

*DataSetProvider*, um *ClientDataSet*, um *DataSource* e *SQLQuery*. Na Tabela 11 pode-se observar a função de cada componente do *Data Module*.

Tabela 11. Componentes do *Data Module*

Nome	Função
<i>Data Module</i>	Abrigar os componentes de acesso a dados.
<i>SQLConnection</i>	Encarregado de acessar o banco de dados.
<i>SQLDataSet</i>	Listar os dados.
<i>DataSetProvider</i>	Recupera os dados do <i>SQLDataSet</i> e disponibiliza para o <i>ClientDataSet</i> .
<i>ClientDataSet</i>	Cuidar do cache do cliente em memória.
<i>DataSource</i>	Permitir que um conjunto de registros seja visualizado em um formulário.
<i>SQLQuery</i>	Executar um comando SQL no servidor de banco de dados.

O código executado para salvar os dados no banco de dados é o que está a seguir.

```
DM_Projeto->SQ_Veiculos->SQL->Clear();
DM_Projeto->SQ_Veiculos->SQL->Add("insert      into      VEICULOS
(CODIGO,      PLACA,      CATEGORIA)      values("+scod+", '"+placa-
>Text+"', '"+categoria->Text+"'");
DM_Projeto->SQ_Veiculos->ExecSQL();
```

No exemplo citado, a inserção no banco de dados é na tabela “VEICULOS”, entretanto o comando é o mesmo para todas as demais tabelas.

A busca de dados é feita pelo comando SQL “SELECT”, como descrito a seguir.

```
DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Clear();
DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Add("select      *      from      PASSAGENS
where CODIGO = "+t);
DM_Projeto->SQ_Passagens->Active = true;
```

Essa consulta retorna todos os campos da tabela “PASSAGENS” cujo campo “CODIGO” é igual à informação que consta na variável “t”.

Para associar um campo que retornou da consulta para uma variável usou-se o comando a seguir, onde “CODIGO” é o campo que está retornando da consulta.

```
DM_Projeto->SQ_Passagens->FieldByName("CODIGO")->AsString;
```

Para associar a data do sistema a uma passagem é usada a função “Time”.

```
horaini->Text = Time();
```

No momento em que a passagem do veículo é registrada, a hora do sistema é passada para um campo não visível, o qual é posteriormente salvo na tabela “PASSAGENS”.

A data atual também é passada diretamente no comando SQL “INSERT” utilizando a função “Date”.

Na tela de monitoramento (Figura 15) a busca pelas passagens, pelos pontos de monitoramento registrados, a fim de fazer o cálculo da velocidade, é feita com uma interação por todo o arquivo de passagens. O sistema considera apenas duas passagens de um mesmo veículo por dois pontos distintos de um mesmo percurso para que possa calcular a velocidade média feita e salvar as informações de velocidade no banco de dados.

```
DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Clear();
DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Add("select * from PASSAGENS
where COD_PLACA = "+placa+" AND COD_PONT = "+ponto2);
DM_Projeto->SQ_Passagens->Active = true;
```

O trecho de código exibido seleciona no banco de dados apenas o registro de uma passagem de um veículo em outro ponto do mesmo percurso (variável “ponto2”).

Para que o cálculo da velocidade seja possível é necessário que se saiba o tempo que o veículo levou para percorrer todo o percurso monitorado. O código abaixo divide as horas registradas em cada ponto para que se possa saber, em segundos, o tempo que o veículo levou para percorrer um percurso.

```
String seg1 = hora1.SubString(7, 2);
String seg2 = hora2.SubString(7, 2);
String min1 = hora1.SubString(4, 2);
String min2 = hora2.SubString(4, 2);
String hor1 = hora1.SubString(1, 2);
String hor2 = hora2.SubString(1, 2);
```

A hora, já dividida em hora, minuto e segundo são convertidos para o formato inteiro para que se possa calcular a diferença entre a hora final e inicial da passagem pelos pontos.

```
int iseg1 = StrToInt(seg1);
int iseg2 = StrToInt(seg2);
int imin1 = StrToInt(min1);
int imin2 = StrToInt(min2);
```

```
int ihor1 = StrToInt(hor1);  
int ihor2 = StrToInt(hor2);  
  
int segundos = iseg2 - iseg1;  
int minutos = imin2 - imin1;  
int horas = ihor2 - ihor1;
```

Com a diferença calculada, a expressão a seguir é feita para definir o tempo total (em segundos) levado para que o percurso fosse percorrido pelo veículo. O código pode ser estendido para cálculo com data, para prever casos em que o registro ocorra de um dia para o outro.

```
int tempo = (horas * 3600) + (minutos * 60) + segundos;
```

Se o resultado da expressão acima for positivo, constata-se que o cálculo foi feito entre pontos sequenciais e a velocidade é gravada no banco de dados. Caso contrário, a comparação feita pelo sistema teria sido entre uma passagem com outra de hora superior.

O cálculo da velocidade do veículo foi feito com o código a seguir. Como a distância é cadastrada em metros e o tempo é calculado em segundos, o resultado é multiplicado por 3,6 para que seja expresso em km/h.

```
Integer velocidade = 3.6 * (distancia / tempo);
```

Se o veículo rodar a uma velocidade maior do que a máxima permitida para a sua categoria, o sistema registra a multa no sistema por meio do código a seguir.

```

if(scategoria == "A")
{
    if(velocidade > StrToInt(scata))
    {
        //Multa carro
        float dif = velocidade - StrToInt(scata);
        float div = dif / StrToInt(scata);
        Integer porc = div * 100;
        String sporc = IntToStr(porc);
        DM_Projeto->SQ_Multas->SQL->Clear();
        DM_Projeto->SQ_Multas->SQL->Add("select    MAX(CODIGO)
as MAIOR from MULTAS");
        DM_Projeto->SQ_Multas->Active = true;
        Integer icoda = DM_Projeto->SQ_Multas->FieldByName
("MAIOR")->AsInteger;
        String scoda = IntToStr(icoda + 1);
        DM_Projeto->SQ_Multas->SQL->Clear();
        DM_Projeto->SQ_Multas->SQL->Add("insert into MULTAS
(CODIGO,    PLACA,    DATA,    PORCENTAGEM,    COD_PERC,
VELOCIDADE,                VELPERM)                values
("+scoda+", '"+splaca+"', '"+nmes2+'/'+"ndia2+'/'+"nano2+
"', "+sporc+", "+percurso+", "+svelocidade+", "+scata+")"
);
        DM_Projeto->SQ_Multas->ExecSQL();
    }
}

```

O código exibido é replicado para todos os tipos de veículos.

Para que o protótipo possa se comunicar com o programa, a porta RS-232 deve ser aberta, ou seja, liberada para que os dados possam ser enviados. Os códigos fontes a seguir foram adaptados do site <http://www.rogercom.com>.

O código a seguir realiza a abertura da porta RS-232.

```

bool AbrirPorta(char *NomePorta)
{
    hCom = CreateFile(
        NomePorta,
        GENERIC_READ | GENERIC_WRITE,
        0, // dispositivos comm abertos com acesso
exclusivo
        NULL, // sem atributos de segurança
        OPEN_EXISTING, // deve usar OPEN_EXISTING
        0, //Entrada e saída sem overlap.
        NULL // hTemplate deve ser NULL para comm
    );
    if(hCom == INVALID_HANDLE_VALUE)
    {
        return false;
    }
    return true;
}

```

A configuração da porta serial também é necessária para que a comunicação seja sincronizada (ANEXO B).

- a) *BaudRate*: CBR\_9600;
- b) *ByteSize*: 8;
- c) Paridade: Sem paridade;
- d) *StopBits*: ONESTOPBIT.

O sistema fica monitorando constantemente a porta paralela para que as passagens pelo ponto de monitoramento sejam captadas e registradas no sistema. A parte do código fonte responsável pelo monitoramento segue a seguir.

```

void __fastcall TMultiLinha::Execute()
{
    unsigned int cont=0;
    DWORD BytesLidos;          //Para armazenar a quantidade de
//dados lidos.
    FreeOnTerminate = true;    //O objeto é destruído
//automaticamente quando a Thread terminar.
    while(!Terminated) //loop infinito. Vida do programa.
    {
        if(GLB_Conectado == true) //Se está conectado.
        {
            if(ReadFile(      hCom,      BufferRecebe,      LEN_BUFFER,
&BytesLidos, NULL) != 0 )
            {
                if(BytesLidos > 0) //Se algum caracter foi lido.
                {
                    BufferRecebe[BytesLidos] = '\\0';    //Finaliza
//string.
                    insercao->ponto->Text = BufferRecebe; //Atribui
//ponto lido
                    insercao->horaini->Text = Time();
                    DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Clear();
                    DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Add("select
MAX(CODIGO) as MAIOR from PASSAGENS");
                    DM_Projeto->SQ_Passagens->Active = true;
                    Integer icod = DM_Projeto->SQ_Passagens-
>FieldByName("MAIOR")->AsInteger;
                    String scod = IntToStr(icod + 1);
                    String data = Date();
                    String ndia = data.SubString(1,2);
                    String nmes = data.SubString(4,2);
                    String nano = data.SubString(7,4);
                    //Salva passagem
                    DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Clear();
                    DM_Projeto->SQ_Passagens->SQL->Add("insert into
PASSAGENS (CODIGO,COD_PONT,COD_PLACA,DATA,HORA)
values (\"+scod+\", \"+insercao->ponto->Text+\", \"+insercao-
>cod_placa->Text+\", '\"+nmes+\"/\"+ndia+\"/\"+nano+\"', '\"+insercao-
>horaini->Text+\"')");
                    DM_Projeto->SQ_Passagens->ExecSQL();
                }
            }
        }
        else{
            Sleep(1); //Necessário para não travar processo.
        }
    }
}

```

No código exibido a leitura da porta serial é feita apenas do código do ponto de passagem.

## 9.7 DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO

O diagrama entidade relacionamento, representado na Figura 29, exibe as tabelas usadas no banco de dados do protótipo desenvolvido, seus campos e as relações com as outras tabelas.

Na tabela MULTAS há o campo COD\_PERC, que é uma chave estrangeira que representa o código do percurso onde ocorreu a infração, além da placa do veículo.

A tabela PERCURSOS é relacionada com as tabelas PONTOS e VELOCIDADES, as quais representam, respectivamente, os pontos de monitoramento e todas as velocidades registradas em cada percurso cadastrado.

Os pontos e os veículos são relacionados com a tabela PASSAGENS para que se tenha um registro de toda a passagem de qualquer veículo que possuir a *tag* RFID por um determinado ponto de monitoramento.

Na tabela VELOCIDADES também há uma chave estrangeira para a tabela VEICULOS, a fim de registrar qual veículo exerceu qual velocidade em cada trecho.

[1.1]

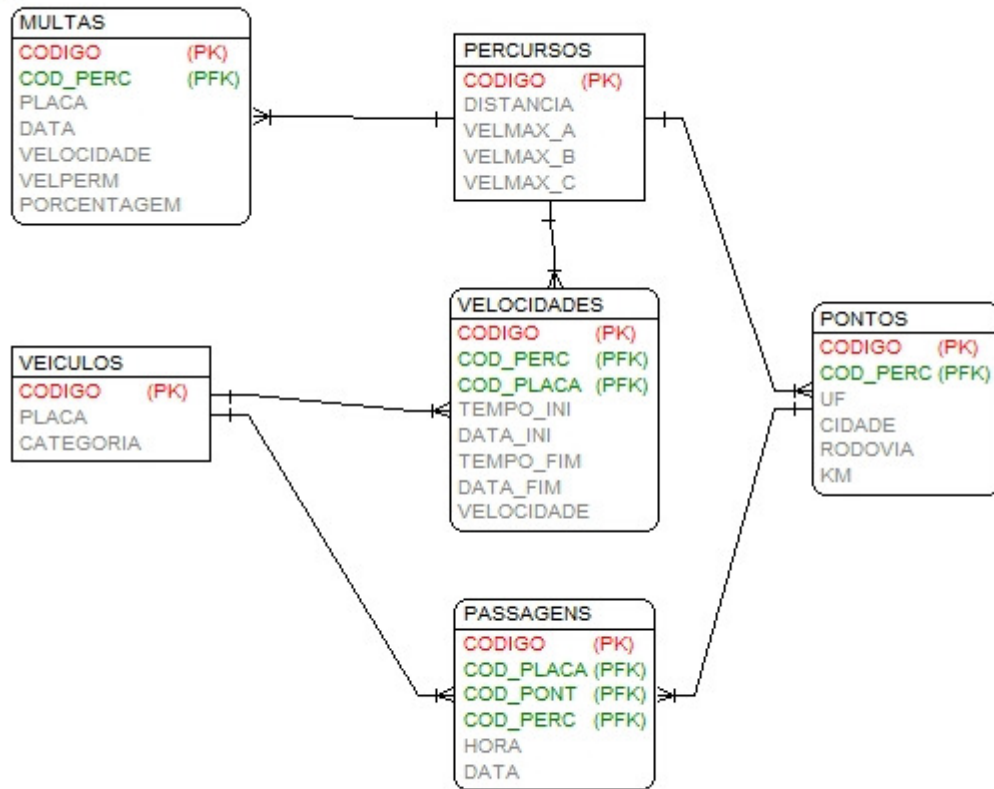


Figura 29. Diagrama entidade relacionamento

## 9.8 RESULTADOS OBTIDOS

O protótipo desenvolvido realizou o monitoramento com a utilização de tecnologia RFID. Esse protótipo favorece o funcionamento da tecnologia e sua eficiência quanto à detecção de presença da *tag*, permitindo o monitoramento constante pelo sistema.

Por meio de comunicação pela porta serial RS-232 os dados coletados no protótipo RFID são enviados a um *software* desenvolvido, o qual determina a velocidade que cada veículo, portador de um *chip* de rádio frequência, exerceu em um determinado trecho de uma rodovia monitorada.

Portanto, com os dados extraídos e tratados é possível gerar um relatório com as multas constatadas no sistema e ver a porcentagem que cada veículo rodou acima da máxima permitida para o local. Poder-se-á assim aplicar a multa conforme a porcentagem apresentada e de acordo com a velocidade máxima permitida para cada tipo de veículo.

Sugere-se que as informações de passagem de um veículo, por um ponto de monitoramento, multa ou velocidade realizada em um percurso, devem ser sempre inseridas no banco de dados via sistema, sem intervenção humana direta nos dados gerados. Além disso, a remoção das informações não deve ser permitida, apenas inclusão de justificativas que levam a invalidar uma medição realizada pelo sistema.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento do *hardware* de leitura das *tags* RFID permitiu a simulação do sistema proposto. A utilização da porta serial RS232 para envio das informações permite maior mobilidade de instalação do sistema, visto que não é necessário haver um computador específico para a sua utilização.

Apesar da baixa frequência de comunicação utilizada no modelo, foi possível executar as funções defendidas. Entretanto a frequência ideal de trabalho seria de 5 GHz para que todos os dados pudessem ser lidos em uma situação real.

O tratamento das informações extraídas dos veículos com os *chips* em um monitoramento no modelo exibido são mais ágeis, pois reduz a intervenção humana no processo de registro de multas no sistema, reduzindo também a possibilidade de erros ou influências humanas sobre os dados.

Além da tarefa de monitorar uma rodovia e coibir motoristas imprudentes, pode-se adaptar o sistema para a função de rastreamento e geração de estatísticas rodoviárias, como volume de tráfego, velocidades praticadas na rodovia, entre outros.

Como trabalhos futuros, propõe-se a adaptação do protótipo para a geração de estatísticas para planejamento de engenharia de tráfego, expansão para a utilização de outra tecnologia de monitoramento e aumento da capacidade de detecção da antena do *hardware*.

A segurança das informações também é um ponto que deve ser levado em consideração em trabalhos futuros (visto que os dados gerados pelo protótipo não devem ser excluídos, devendo apenas serem inseridos registros para complementar informações de medições erradas, por exemplo). Essa funcionalidade não foi desenvolvida no *software* desenvolvido por esse não ser o foco do trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, Flávio Alencar do Rêgo. **Rede de Sensores Sem Fio**. 2002. Disponível em: <[http://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2002\\_1/flavio/#1.%20Introdução#1.%20Introdução](http://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2002_1/flavio/#1.%20Introdução#1.%20Introdução)>. Acesso em: 07 out. 2008.
- BIONDI, Rogério; ESPINOSA, Ivan. **Comunicação de Dados: Para microcomputadores**. Rio de Janeiro: Brasport, 1996. 281 p.
- BONSOR, Kevin; KEENER, Candace. **How RFID Works**. Disponível em: <<http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid.htm/printable>>. Acesso em: 25 maio 2009.
- BRAGA, Newton C.. Todos os tipos de sensores. **Saber Eletrônica Online**, São Paulo, 07 mar. 2008. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/661>>. Acesso em: 12 jul. 2008.
- BRANDÃO, Lúcia Maria. **Medidores Eletrônicos de Velocidade: Uma visão da engenharia para implantação**. 2006. 150 p.
- BRASIL. Decreto-lei n.º 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro.
- \_\_\_\_\_. Resolução n.º 146, de 27 de agosto de 2003. Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semi-reboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro.
- BRESCIANI, Eduardo. **AGU defende constitucionalidade da 'lei seca'**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL690633-5598,00.html>>. Acesso em: 20 mai. 2009.
- CURY, Marcelo. **37 NOVOS RADARES JÁ FORAM INSTALADOS PELA CET**. Disponível em: <<http://blogs.jovempan.uol.com.br/transito/tag/radares/>>. Acesso em: 17 jun. 2009.
- DNIT. **Rodovias federais terão fiscalização eletrônica em áreas rurais**. 2008. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/noticias/rad>>. Acesso em: 10 ago. 2008.
- EM MICROELECTRONIC. **Development Kit EM4095 User's Manual**. [s. L.], 2002.
- FARIAS, Paulo César Bento. **Camadas MAC e Física**. 2006. Disponível em: <<http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless024.asp>>. Acesso em: 14 abr. 2009.
- FÉRIS, Marco Antônio Amaral. **Um Equipamento Eletrônico de Monitoramento de Velocidade**. 2003. 97 p. Tcc de Mestrado (Mestrado) - Curso de Instituto de Informática Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, Denise Janson. **MADRSSF: Uma Infraestrutura de Monitoração Integrando Redes de Sensores AdHoc e uma Configuração de Cluster Computacional**. 2007. Disponível em: <[http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos\\_projetos/projeto\\_826/resumo\\_tcc.pdf](http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos_projetos/projeto_826/resumo_tcc.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2008.

FAGUNDES, Eduardo Mayer. **WIRELESS LAN**. 2004. 11p.

JORNAL DO BRASIL. **Mesmo com lei seca, número de acidentes cresce 20%**. 2009. Disponível em: <<http://jbonline.terra.com.br/nextra/2009/02/26/e260217049.asp>>. Acesso em: 15 ago. 2008.

LIMA JUNIOR, Levi Ferreira. **A TECNOLOGIA DE RFID NO PADRÃO EPC E SOLUÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DESTA TECNOLOGIA EM EMPILHADEIRAS**. 2006. 90 p. Monografia (Especialista) - Puc, São Paulo, 2006.

KERN, Robson Pessis Carneiro. **RFID: Implante subcutâneo e riscos**. Disponível em: <<http://fatecbs.edu.br/portal/logistica/tcc/?cd=48>>. Acesso em: 10 nov. 2008.

MAIA, Rodrigo Pereira. **CONSTRUÇÃO DE UM IDENTIFICADOR DE RÁDIO FREQUÊNCIA DE BAIXO CUSTO**. 2005. 35 f. Projeto de Graduação (Engenheiro Eletricista) - Ufes, Vitória, 2005.

MCGRATH, Jane. **How Pet Microchipping Works**. Disponível em: <<http://animals.howstuffworks.com/pets/pet-microchip1.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2008.

MESSIAS, Antônio Rogério. **COMUNICAÇÃO COM A PORTA SERIAL**. Disponível em: <<http://www.rogercom.com/>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

MOUKARZEL, Paulo Ekke. **A UTILIZAÇÃO DE RADARES ELETRÔNICOS NAS RODOVIAS ESTADUAIS DE SANTA CATARINA**. 1999. 179 p. Monografia (Especialista em Segurança Pública) - Curso de Lato Sensu, Unisul, Florianópolis, 1999.

PETERSON, Larry L.; DAVIE, Bruce S.. **Redes de Computadores: Uma abordagem de sistemas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 588 p.

REDAÇÃO DO SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Redes de sensores ganham protocolo ultra-eficiente para monitoramento ambiental**. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010150070316>>. Acesso em: 15 ago. 2008.

SANZOVO, João Gilberto. **Framework de Projeto, Configuração e Implantação de Redes de Sensores sem Fio**. 2007. 75 f. Dissertação (Engenheiro) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, Cristina Orthmann da. **SOR-RSSF: Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) em Aplicações de Rede de Sensores sem Fio (RSSF)**. 2008. 75 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel) – Sistemas de Informação, UFSC, Florianópolis, 2008.

SILVEIRA, Jorge Luis da. **Comunicação de Dados e Sistemas de Teleprocessamento**. São Paulo: Makron, 1991. 199 p.

**SYBASE.** Estado da Arte em RFID. [s. L.], 2007. 57 p.

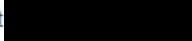
**TAFNER, Malcon Anderson; LOESCH, Claudio; STRINGARI, Sérgio.** Comunicação de dados usando Linguagem C: **Aplicação em DOS e Windows.** Blumenau: Furb, 1996. 87 p.

**TRIBUNA DO BRASIL.** Os radares móveis. 2006. Disponível em: <[http://www.detran.df.gov.br/003/00301009.asp?ttCD\\_CHAVE=42223](http://www.detran.df.gov.br/003/00301009.asp?ttCD_CHAVE=42223)>. Acesso em: 13 ago. 2008.

TURATTO, Elaine. **Segurança em redes Wireless.** 2008. Disponível em: <<http://www.networkexperts.com.br/index.php/tutoriais/10-redes-sem-fio/20-seguranca-em-redes-wireless-.html>>. Acesso em: 14 abr. 2009.

## ANEXO A – CUSTO DE UM LEITOR RFID

Anexo um folder descritivo de nossa Leitora, utilizada exclusivamente para sistema de acesso de pedágio.

Você consegue maiores informações em nossas pagina na internet 

O valor de uma leitora, pode variar de acordo com o pacote de compra solicitado pelos nossos clientes, mas um preço Full, gira em torno de EUR 18.600,00

Atenciosamente,



Os nomes do funcionário e empresa que enviou o orçamento foram ocultados por questão de sigilo.

**ANEXO B – CONFIGURAÇÃO DA PORTA SERIAL**

```
bool ConfiguraControle(void)
{
    if(!GetCommState(hCom, &dcb))
    {
        return false;
    }
    dcb.BaudRate = CBR_9600;
    dcb.ByteSize = 8;
    dcb.Parity = NOPARITY;
    dcb.StopBits = ONESTOPBIT;

    if( SetCommState(hCom, &dcb) == 0 )
    {
        return false;
    }
    return true;
}
```

**ANEXO C – CONFIGURAÇÃO DE TIMEOUT**

```
bool ConfiguraTimeOuts(void)
{
    if( GetCommTimeouts(hCom, &CommTimeouts) == 0 )
    {
        return false;
    }

    CommTimeouts.ReadIntervalTimeout = 2;
    CommTimeouts.ReadTotalTimeoutMultiplier = 0;
    CommTimeouts.ReadTotalTimeoutConstant = 2;
    CommTimeouts.WriteTotalTimeoutMultiplier = 5;
    CommTimeouts.WriteTotalTimeoutConstant = 5;

    if( SetCommTimeouts(hCom, &CommTimeouts) == 0 )
    {
        return false;
    }
    return true;
}
```