

# Comunicação por Radiação Infravermelha Aplicada em Sistema de Auxílio à Inspeção de Veículos Automotores

José Walter Parquet Bizarria<sup>1</sup>  
jwpbiz@gmail.com

Francisco Carlos Parquet Bizarria<sup>1,2</sup>  
fcpb@iae.cta.br

Marcelo Anastacio Simões<sup>1</sup>  
simoes16@itelefonica.com.br

<sup>1</sup> Universidade de Taubaté (UNITAU), Departamento de Engenharia Mecânica - Taubaté, SP, Brasil

<sup>2</sup> Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), Divisão de Eletrônica (AEL) – São José dos Campos, SP, Brasil

## RESUMO

*Atualmente, observa-se na indústria automotiva nacional e internacional a utilização de tecnologias que envolvem diferentes sistemas computacionais, dentre os quais, no nível da Linha de Produção, há aqueles dedicados à inspeção do sistema elétrico que equipa os veículos automotores, cujo funcionamento dos circuitos deve ser testado na fase final de montagem. Visando oferecer contribuição para a evolução de sistemas que auxiliem na inspeção de funcionamento desses circuitos elétricos, este trabalho apresenta abordagem sobre elementos do projeto conceitual de um sistema de auxílio à inspeção de funcionamento de circuitos elétricos de veículos automotores, cujo modelo de aplicação da arquitetura explora a mobilidade de unidades portáteis destinadas à realização das inspeções. Dentre os citados elementos, o principal objeto da abordagem é o protocolo de comunicação que propõe a aplicação da radiação infravermelha para realização de comunicação sem fios, destinada à transferência de dados entre os equipamentos de inspeção e os demais sistemas computacionais afins, sendo explorada a integração desses equipamentos com esses sistemas. Os resultados observados nos ensaios práticos foram satisfatórios, ratificando o conceito do princípio de funcionamento da proposta de aplicação da radiação infravermelha. Os objetivos foram alcançados, haja vista que os elementos abordados apresentam concepções voltadas para o propósito de contribuir para evolução dos tipos de sistemas em questão.*

Palavras-Chave: Veículos automotores. Inspeção de circuitos elétricos. Automatização. Radiação Infravermelha.

## 1. INTRODUÇÃO

No presente contexto de aprimoramento da indústria automotiva nacional e internacional, observa-se a utilização de tecnologias que envolvem diferentes sistemas computacionais, dentre os quais, em função da especificidade, existem aqueles dedicados aos setores de: Linha de Produção (exemplo: SCADA - *Supervisory Control And Data Acquisition*), Gestão da Produção (exemplo: MES - *Manufacturing Execution System*) e Planejamento de Recursos da Empresa (exemplo: ERP - *Enterprise Resource Planing*). Embora distintos, esses sistemas computacionais precisam ser integrados de maneira a garantir o correto funcionamento da estrutura hierárquica que define uma pirâmide na qual: o nível da base é formado pelo setor da Linha de Produção; o nível intermediário é formado pelo setor da Gestão da Produção, e o nível do topo é formado pelo setor de Planejamento de Recursos da Empresa.

Como parte do processo produtivo da citada indústria automotiva, no nível da Linha de Produção, são realizadas inspeções para a verificação da qualidade dos itens utilizados nos produtos destinados ao mercado consumidor. Dentre esses itens está o sistema elétrico que equipa os veículos automotores, cujo funcionamento dos circuitos deve ser inspecionado na

fase final de montagem desses veículos, para a verificação do atendimento à conformidade aplicada ao sistema elétrico em questão.

Nessa conjuntura, visando oferecer contribuição para a evolução de sistemas que auxiliem na inspeção de funcionamento desses circuitos elétricos, este trabalho aborda a proposta de aplicação da radiação infravermelha para a realização de comunicação sem fios, empregada para a transferência automática de dados desse tipo de inspeção, entre equipamentos de um sistema específico. Esse sistema, denominado de “Sistema de Auxílio à Inspeção de Funcionamento de Circuitos Elétricos de Veículos Automotores” (SAIFCEVA), é um projeto conceitual e teve como referência básica elementos de outro sistema apresentado na dissertação de mestrado intitulada “Proposta de Arquitetura para Avaliar Rede Elétrica de Veículo Automotor” (DE SOUZA, 2007), entretanto, a concepção apresentada no SAIFCEVA utiliza um novo modelo de aplicação que explora a mobilidade de unidades portáteis destinadas à realização das inspeções. Embora possua essa característica de mobilidade, o SAIFCEVA dispõe de arquitetura na qual há integração com o nível da Gestão da Produção, que por sua vez estará integrado com o nível do Planejamento de Recursos da Empresa, estabelecendo a estrutura hierárquica citada anteriormente.

## 2. OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho é abordar elementos do projeto conceitual de um sistema de auxílio à inspeção de funcionamento de circuitos elétricos de veículos automotores, visando oferecer contribuição para evolução desses tipos de sistemas. Dentro desse intuito são apresentados modelos de aplicação com ênfase a um protocolo de comunicação que propõe a aplicação da radiação infravermelha para realização de comunicação sem fios, destinada a transferência de dados entre os equipamentos de inspeção e os demais sistemas computacionais afins, sendo explorada a integração desses equipamentos com esses sistemas.

## 3. ARQUITETURA DO SAIFCEVA

Na Figura 1, é apresentada ilustração da arquitetura do SAIFCEVA.

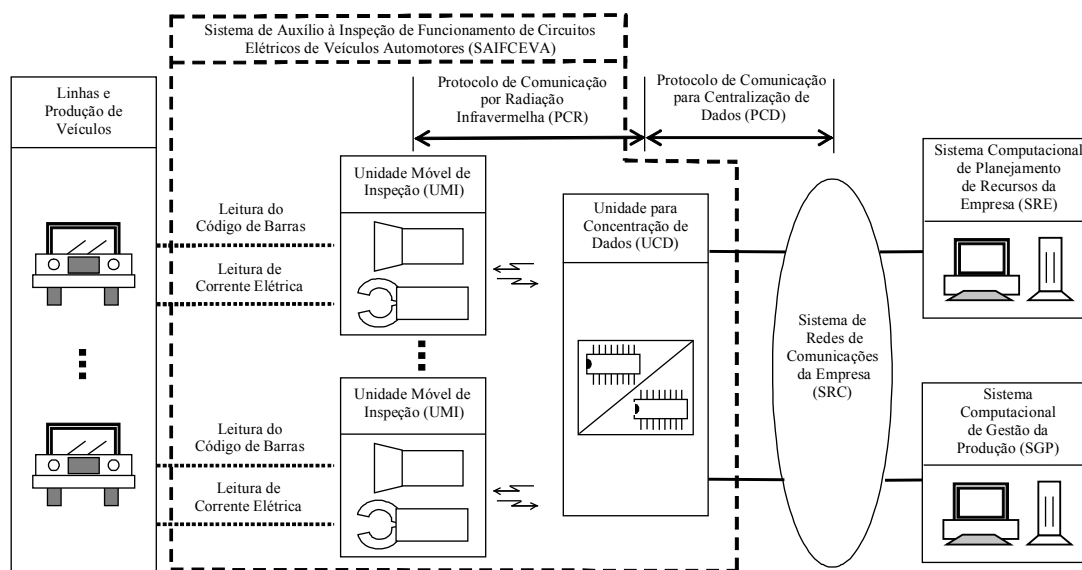


Figura 1. Arquitetura do SAIFCEVA.

Na figura anterior, os elementos pertencentes ao SAIFCEVA são aqueles circunscritos pela linha tracejada, sendo possível observar a organização dos dois tipos de equipamentos

envolvidos, sendo esses: Unidade Móvel de Inspeção (UMI) e Unidade para Concentração de Dados (UCD). Além desses equipamentos, também pertence ao SAIFCEVA o Protocolo de Comunicação por Radiação Infravermelha (PCR), que será utilizado para as transferências dos dados das inspeções entre a UMI e a UCD. Relacionado a esse sistema há o Protocolo de Comunicação para Centralização de Dados (PCD), que embora não pertença ao SAIFCEVA deverá ser implementado pela UCD para integração com Sistema Computacional de Gestão da Produção (SGP). Essa integração deverá ser permitida pelo Sistema de Redes de Comunicações da Empresa (SRC), que da mesma forma deverá permitir a integração do SGP com o Sistema Computacional de Planejamento de Recursos da Empresa (SRE), compondo a tecnologia pertencente à estrutura hierárquica citada na primeira seção deste trabalho.

Dentre os elementos pertencentes ao SAIFCEVA, o protocolo PCR é o principal objeto da abordagem deste trabalho. O PCR é uma aplicação do “Protocolo de Comunicação entre o Medidor e o Coletor” (BIZARRIA, 2006), que utiliza radiação infravermelha para comunicação sem fios. Entretanto, para expor aspectos funcionais, operacionais e de integração de sistemas, é realizada nas subseções 3.1 e 3.2, descrição da UMI e da UCD.

### 3.1. UNIDADE MÓVEL DE INSPEÇÃO (UMI)

Essa unidade é portátil e dedicada à realização da inspeção de funcionamento dos circuitos elétricos que equipam o veículo, sendo essa realizada por meio de testes. Para descrever essa unidade será utilizada a arquitetura apresentada na Figura 2.

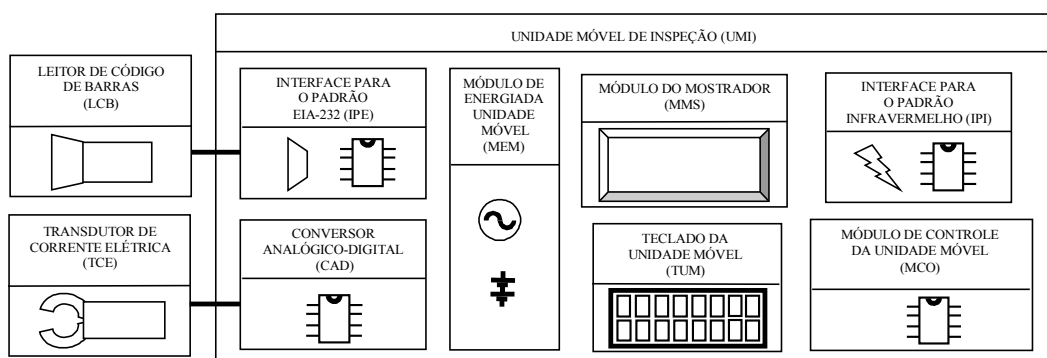


Figura 2. Arquitetura da Unidade Móvel de Inspeção (UMI).

O funcionamento dessa unidade é implementado por meio de *software*, armazenado em memória não volátil e executado por microcontrolador, existentes no Módulo de Controle da Unidade Móvel (MCO). A execução desse *software* permite a realização de testes nos circuitos elétricos, que é fundamentada na medida de consumo de corrente elétrica CC (Corrente Contínua) associada a cada circuito, ou seja, com o motor desligado são executadas as seguintes etapas:

a) Instalação do transdutor de corrente elétrica: o operador instala o Transdutor de Corrente Elétrica (TCE) no condutor elétrico ligado ao pólo positivo da bateria. Essa instalação não requer qualquer alteração no circuito do veículo, haja vista que o transdutor opera por sensibilidade ao campo eletromagnético gerado pela corrente elétrica, podendo ser instalado por meio de movimentação de abertura e fechamento de pinças, que no final do procedimento terminam por envolver o condutor elétrico de forma a permitir a realização da leitura de corrente produzida pela bateria. Para desinstalar movimenta-se as pinças de forma inversa, terminando por extrair o transdutor.

b) Leitura do código de barras: o operador aponta o Leitor de Código de Barras (LCB) para uma etiqueta de identificação que deverá estar fixada no veículo. Após o apontamento, o leitor é acionado sendo as informações codificadas na etiqueta enviadas para a unidade móvel UMI, utilizando-se o padrão de comunicação EIA-232 (*Electronic Industry Association-232*), antigo RS-232 (FREEMAN, 1998), cuja conexão é permitida pela Interface para o Padrão EIA-232 (IPE). Após receber essas informações a UMI carrega os parâmetros referentes ao veículo e inicia os testes.

c) Inspeção dos circuitos:

c.1) Por meio do Módulo do Mostrador (MMS), instruí-se o operador sobre qual circuito deve ser acionado. Após esse acionamento o operador utiliza o Teclado da Unidade Móvel (TUM) e dá início ao teste que é realizado pelo módulo de controle MCO. Esse módulo comanda o Conversor Analógico-Digital (CAD), cujo canal está ligado à saída do transdutor TCE, adquirindo os dados utilizados para determinação do valor de leitura da corrente elétrica que circula pelo circuito em teste.

c.2) Concluída a leitura da corrente elétrica referente ao circuito em teste, o MCO analisa se esse valor está dentro do intervalo de valores esperados, sendo os dados do teste armazenados em memória não volátil, existente no próprio MCO.

c.3) As etapas referentes aos itens c.1 e c.2, são repetidas até a finalização da inspeção do veículo, testando todos os circuitos definidos para esse tipo de procedimento.

Adicionalmente a essa inspeção, o módulo de controle MCO realiza a transferência dos dados dos testes da inspeção para a unidade de concentração UCD. Essa transferência é efetuada por comunicação sem fios, implementando-se os procedimentos do protocolo PCR, sendo utilizada a Interface para o Padrão Infravermelho (IPI).

A unidade móvel UMI, por meio do Módulo de Energia da Unidade Móvel (MEM), provê a energia utilizada para seu funcionamento e/ou carregamento das suas baterias.

### 3.2. UNIDADE PARA CONCENTRAÇÃO DE DADOS (UCD)

Essa unidade é destinada à concentração dos dados dos testes das inspeções, recebidos das unidades móveis UMI, sendo também utilizada para a transferência desses dados para o sistema computacional SGP. A concentração de dados é realizada por meio da implementação do protocolo PCR, que permite transferir dados de qualquer UMI para qualquer UCD, utilizando-se comunicação sem fios. A transferência de dados para o SGP não é objeto de abordagem deste trabalho, entretanto, para sua realização deverá ser implementado o protocolo (PCD), que poderá variar de sistema para sistema. Na Figura 3, é apresentada a arquitetura da UCD.



Figura 3. Arquitetura da Unidade para Concentração de Dados (UCD).

Para a realização das suas funções, a UCD deverá ser constituída de um Microcomputador (MCD) que deverá dispor tanto da interface para o padrão infravermelho

compatível com o adotado para o protocolo PCR (IPI), quanto da interface requerida para protocolo PCD (IPP). Com relação aos equipamentos de mercado que podem ser utilizados para essa unidade de concentração, há aqueles pertencentes a categoria de microcomputadores pessoais do padrão Intel *Architecture* ou compatíveis, cujos modelos são flexíveis e escaláveis permitindo compor diversas opções de configuração com relação a *hardware* e *software*, para melhor adequar interfaces e os demais elementos exigidos para cada tipo de aplicação.

#### 4. PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO POR RADIAÇÃO INFRAVERMELHA (PCR)

##### 4.1. HIERARQUIA

Para as comunicações deverá ser respeitada a hierarquia na qual a unidade móvel UMI comandará as comunicações com a unidade de concentração UCD.

##### 4.2. PADRÃO DE COMUNICAÇÃO POR RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

O PCR é uma proposta de protocolo particular que adota para a camada física um padrão por meio do qual é possível realizar a transmissão e recepção de dados utilizando-se a radiação infravermelha. Esse padrão possui por uma de suas bases influência de elementos oriundos de recomendações da *Infrared Data Association* (IrDA, 2005) e opera de forma semelhante ao padrão EIA-232, entretanto no caso do padrão infravermelho sinais ópticos oriundos de modulação RZI, *Return to Zero Inverted* (VISHAY, 2006), substituem sinais de tensão. Esses sinais ópticos são obtidos por meio da Interface para o Padrão Infravermelho (IPI), que realiza a conversão de sinais eletrônicos em sinais ópticos e vice-versa, sendo que: para a transmissão de um bit em estado lógico zero há a emissão de luz; para a transmissão de um bit em estado lógico um não há a emissão de luz. Na Figura 4, é apresentada ilustração de formas de ondas referentes à transmissão e recepção do octeto 10101010<sub>2</sub>, para as quais deve-se considerar que os pulsos de tensão são aplicados na entrada da interface IPI do transmissor, sendo esses convertidos em sinais ópticos que irão se propagar até o receptor, cuja interface IPI os converterá para pulsos de tensão, dispondo-os na sua saída.

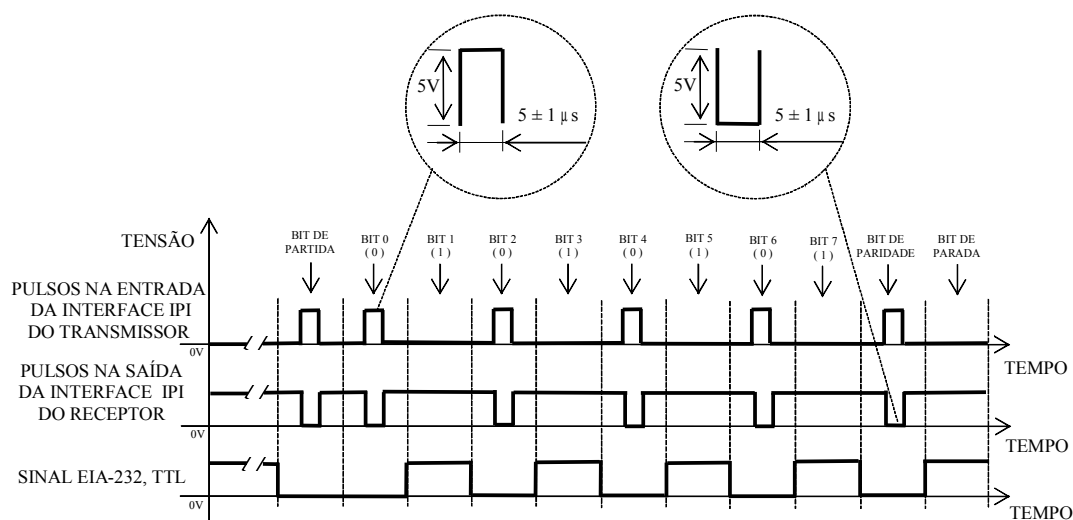


Figura 4. Formas de ondas referentes às Interfaces para o Padrão Infravermelho (IPI).

Conforme se observa na figura anterior, para a transmissão de um bit em estado lógico zero utiliza-se um pulso de tensão de 5V com duração de  $5 \pm 1 \mu s$ , havendo pausa para a transmissão de bit em estado lógico um. Também é possível observar que a seqüência para

transporte de dados é compatível com o padrão EIA-232, sendo essa: 1 bit de partida (*start bit*); 8 bits de dados; 1 bit de paridade; 1 bit de parada (*stop bit*). Nesse padrão óptico as comunicações são bidirecionais, em modo *half duplex*, sendo utilizados os seguintes parâmetros: velocidade de 9600 bps (bits por segundo); algoritmo da paridade par; sem controle de fluxo; comprimento de onda da radiação infravermelha em  $\lambda = 875 \pm 25$  nm.

#### 4.3. FILA DE DADOS

Para as comunicações serão utilizadas mensagens denominadas filas de dados (FD), cuja estrutura é apresentada na Figura 5.

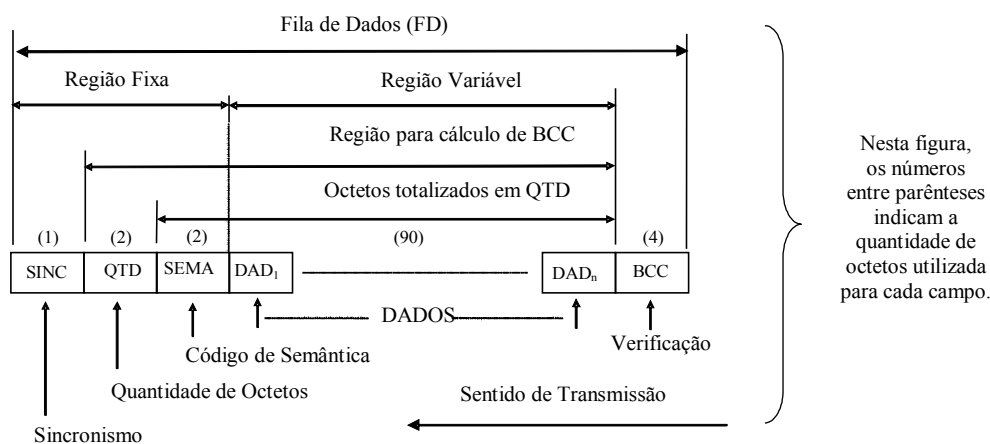


Figura 5. Fila de Dados (FD).

Os campos da FD possuem a seguinte definição:

a) SINC, possui valor fixo e igual ao octeto 06<sub>16</sub>.

b) QTD, esse campo assume os valores que representam a totalização de octetos, que pode variar entre 02<sub>16</sub> e 5C<sub>16</sub>, sendo transmitidos os códigos ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) referentes aos caracteres que representam essa totalização, enviando-se primeiro o mais significativo.

c) SEMA, esse campo é destinado ao código de semântica da FD, sendo transmitidos os respectivos códigos ASCII referentes aos caracteres do código de semântica (Tabela 1), enviando-se primeiro o mais significativo.

d) DADOS, são octetos que representam dados pertinentes a FD, podendo assumir valores entre 07<sub>16</sub> e FF<sub>16</sub>.

e) BCC, é o campo destinado ao CRC (*Cyclic Redundancy Check*), determinado sobre os octetos contidos na região para cálculo de BCC, aplicando-se o algoritmo do CRC C.C.I.T.T. (JÚNIOR e AGHAZARM, 1988), utilizando-se o polinômio  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ , para valor inicial igual a 0000<sub>16</sub>, em cuja ordem para a transmissão dos octetos que compõem o resultado, envia-se primeiro a representação do octeto mais significativo, sendo transmitidos os respectivos códigos ASCII que representam os caracteres desse resultado.

##### 4.3.1. CÓDIGOS DE SEMÂNTICA

Na Tabela 1, é apresentada a definição dos códigos de semântica, cuja denominação também será utilizada como nomenclatura para a respectiva FD. Também nessa tabela é apresentada a definição do campo “DADOS” relativo a essas semânticas.

Tabela 1. Códigos de semântica do protocolo PCR.

Definição dos códigos de semântica		
Denominação	Código	Descrição
ITI	01	Comando de início de transmissão dos dados de inspeções.
R_ITI	02	Resposta ao comando de início de transmissão dos dados de inspeções.
QTI	10	Informação da quantidade de inspeções a serem transmitidas.
R_QTI	11	Resposta à informação da quantidade de inspeções a serem transmitidas.
TDI	20	Comando de transmissão de dados de inspeção.
R_TDI	21	Resposta ao comando de transmissão de dados de inspeção.
FTI	30	Comando de fim de transmissão dos dados de inspeções.
R_FTI	31	Resposta ao comando de fim de transmissão dos dados de inspeções.
Definição do campo “DADOS” referente aos códigos de semântica		
Denominação da Semântica	Descrição do campo “DADOS”	
ITI, R_ITI, R_QTI, FTI e R_FTI	O campo “DADOS” relativo a essa semântica não possui octetos.	
QTI	A quantidade de inspeções a serem transmitidas, valores entre 01 <sub>16</sub> e FF <sub>16</sub> , é informada no campo “DADOS”, em 2 octetos, sendo transmitidos os códigos ASCII dos caracteres que representam essa quantidade, enviando-se primeiro o mais significativo.	
TDI	Para a transmissão de um conjunto de inspeções, cada uma dessas recebe um número de seqüência que corresponde à sua ordem entre as várias que formam o conjunto. Esse número é gerado por progressão aritmética com primeiro termo e razão, iguais a 1. No campo “DADOS” pertinente a essa semântica, são enviados todos os dados referentes à inspeção de um determinado veículo. A organização desse campo é apresentada na Figura 6, na qual os números entre parênteses representam quantidades de octetos, sendo que: <b>NSI</b> , é o número de seqüência para a transmissão da inspeção, que pode variar entre 01 <sub>16</sub> e FF <sub>16</sub> , sendo transmitidos os códigos ASCII dos caracteres que representam esse número, enviando-se primeiro o mais significativo; <b>CIV</b> , é o código de identificação do veículo que pode ser composto pelo código do chassi e/ou código auxiliar, podendo ser utilizados de 1 até 24 octetos, que podem assumir valores entre 07 <sub>16</sub> e FF <sub>16</sub> , utilizando-se para a transmissão o sentido indicado na Figura 6; <b>CDT</b> , é o código do teste, cujo valor pode variar entre 07 <sub>16</sub> e FF <sub>16</sub> ; <b>RET</b> , é o resultado do teste, cujo valor igual a 31 <sub>16</sub> representa aprovado e o valor igual a 30 <sub>16</sub> representa reprovado; <b>CLC</b> , é o código que representa o valor da leitura de corrente elétrica obtida no teste, sendo que cada octeto poderá assumir valores entre 07 <sub>16</sub> e FF <sub>16</sub> , utilizando-se para a transmissão o sentido indicado na Figura 6.	
R_TDI	Para essa semântica utiliza-se no campo “DADOS” 2 octetos, que assumem os valores do número de seqüência da inspeção (NSI), recebidos por meio da FD TDI. A ordem de transmissão desses octetos é a mesma da adotada para a FD TDI.	

Na Figura 6, é apresentada a organização do campo “DADOS” da FD TDI.

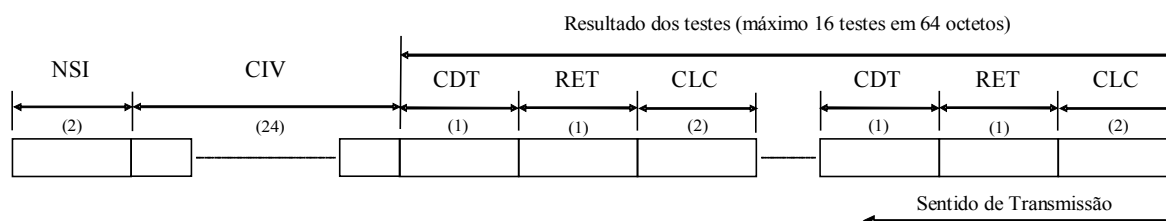


Figura 6. Campo “DADOS” da FD TDI.

4.4. TRANSMISSÃO DE INSPEÇÕES DA UMI PARA A UCD

Para as comunicações da UMI com a UCD, deverão ser executados os procedimentos representados no fluxograma analítico exposto na Figura 7:

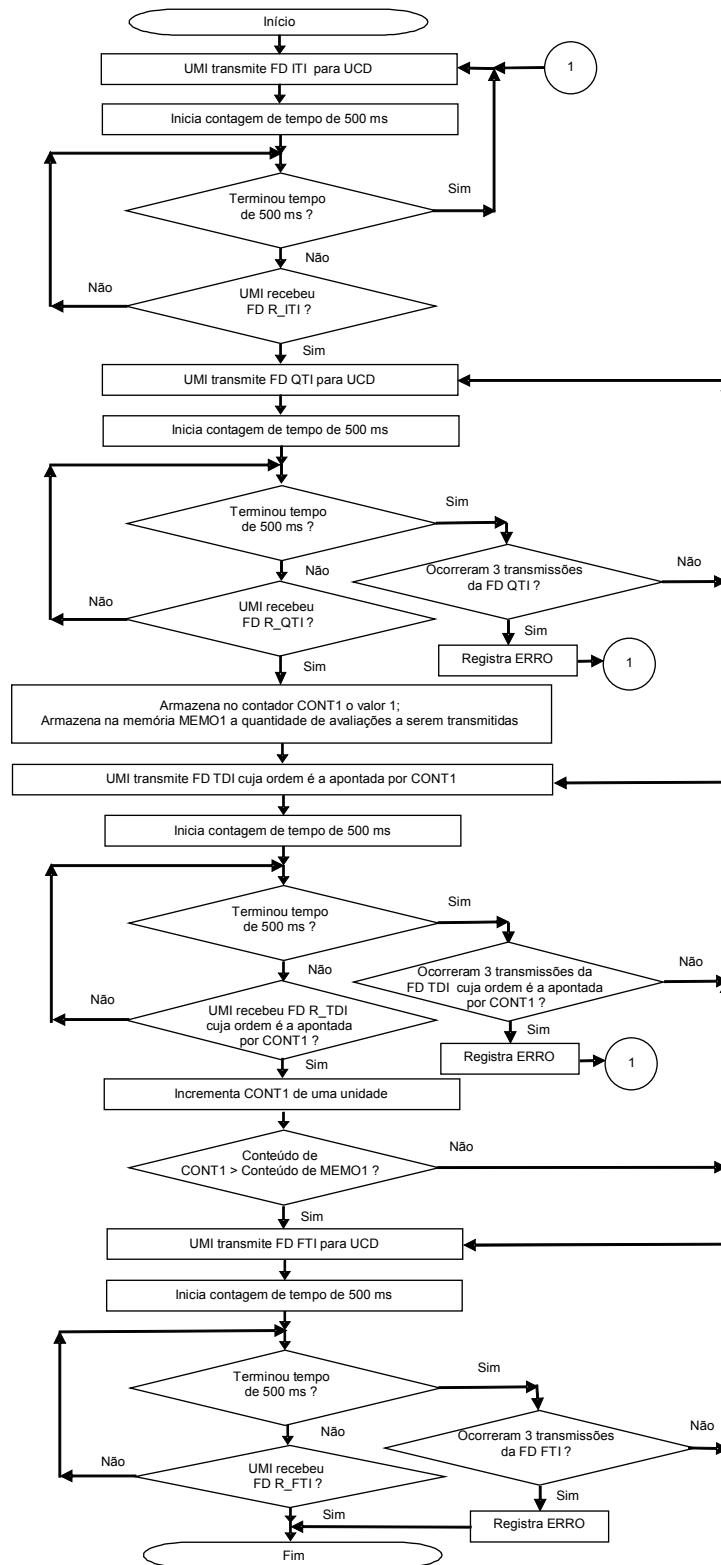


Figura 7. Procedimento para comunicação entre UMI e UCD.



Para as comunicações da UCD com a UMI, deverão ser executados os procedimentos representados no fluxograma analítico exposto na Figura 8:

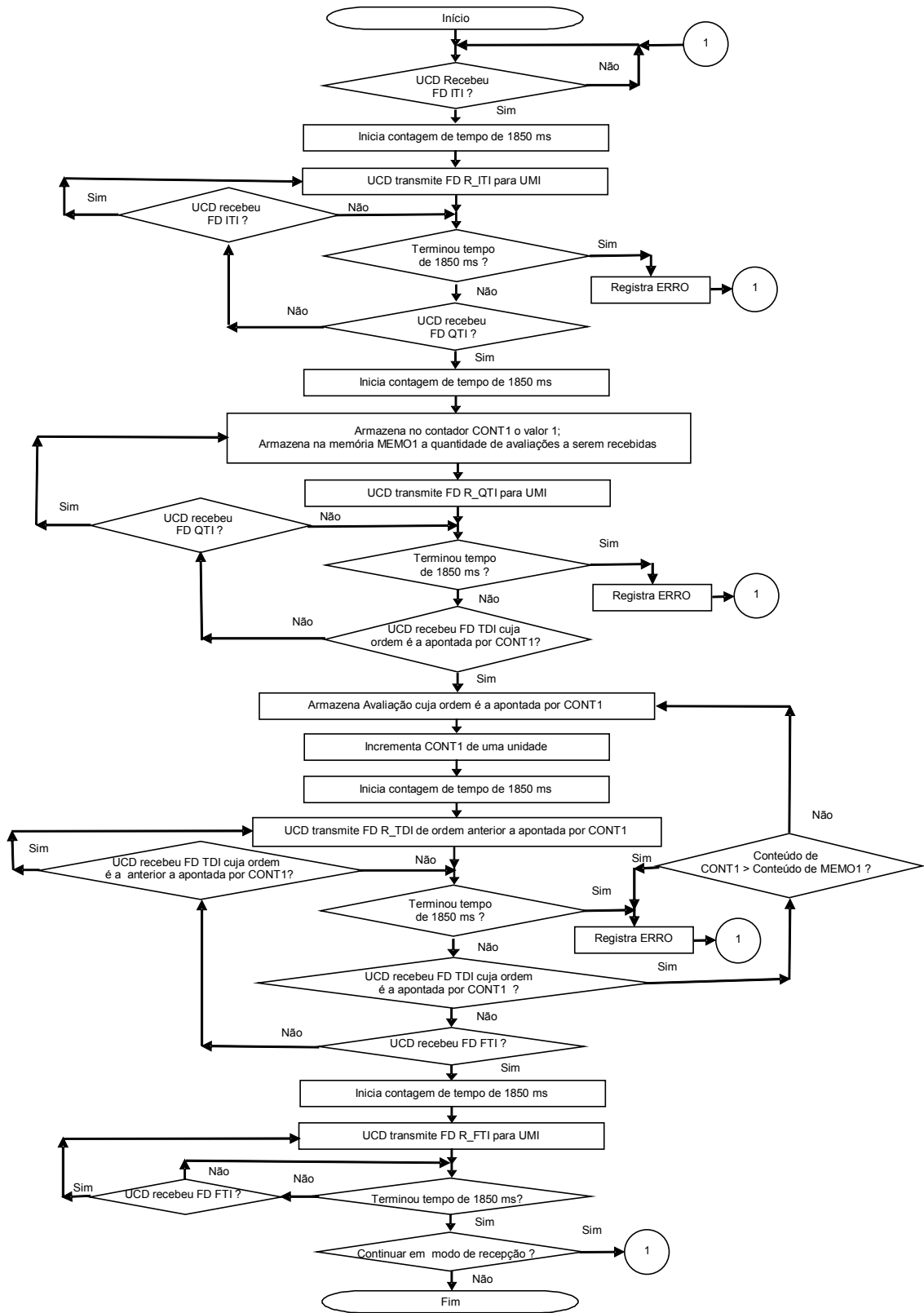


Figura 8. Procedimento para comunicação entre UCD e UMI.

## 5. ENSAIOS PRÁTICOS

Foram realizados ensaios práticos com a finalidade de permitir avaliações referentes ao princípio de funcionamento da proposta de aplicação da radiação infravermelha na estrutura de comunicações adotada para o SAIFCEVA, sendo utilizados os protótipos cuja ilustração é apresentada na Figura 9.

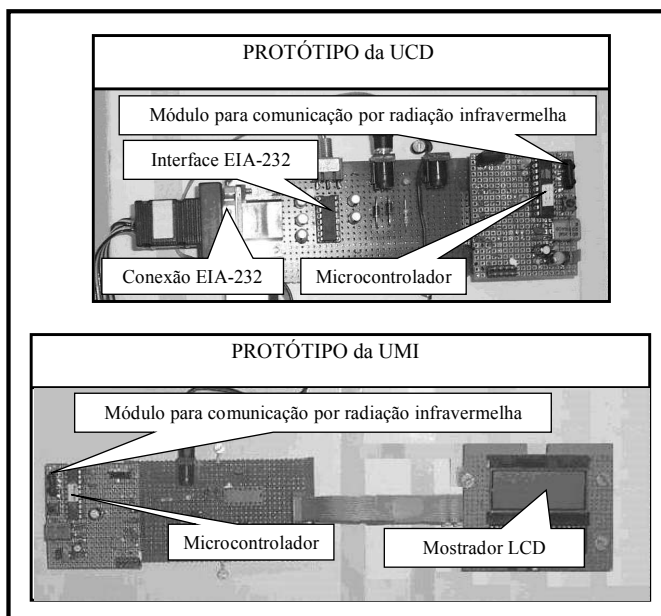


Figura 9. Ilustração de protótipos da UCD e UMI.

Os resultados obtidos nos ensaios foram satisfatórios, haja vista que foi possível realizar comunicações sem fios entre os protótipos da UMI e UCD, utilizando-se a radiação infravermelha, com distância de separação de 1,5 m. Para acompanhamento dos ensaios, no caso do protótipo da UMI, foi utilizado um mostrador a LCD (*Liquid Crystal Display*) com 4 dígitos de 7 segmentos, sendo no caso do protótipo da UCD utilizado um terminal de dados instalado em um computador pessoal, interligado por meio de interface EIA-232.

## 6. CONCLUSÕES

Neste trabalho, a abordagem de elementos do projeto conceitual do sistema de auxílio à inspeção de funcionamento de circuitos elétricos de veículos automotores, apresenta uma arquitetura cujo modelo de aplicação é fundamentado na mobilidade de equipamentos portáteis para a inspeção. Essa abordagem é aprofundada na proposta de utilização da radiação infravermelha para a realização de comunicações sem fios, de forma a permitir a transferência de dados entre os equipamentos de inspeção e os demais sistemas computacionais afins, explorando-se o conceito de integração de sistemas.

Os resultados observados nos ensaios práticos foram satisfatórios, ratificando o conceito do princípio de funcionamento da proposta de aplicação da radiação infravermelha abordada.

Os objetivos desse trabalho foram alcançados, haja vista que os elementos abordados apresentam concepções voltadas para o propósito de contribuir para evolução dos tipos de sistemas em questão, principalmente no que se refere aos conceitos de mobilidade e de aplicação da radiação infravermelha como meio de comunicação sem fios.

## 7. REFERÊNCIAS

BIZARRIA, J.W.P. Leitura Automatizada de Medidores de Consumo de Energia Elétrica Eletromecânicos. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DE SOUZA, M. B. Proposta de Arquitetura para Avaliar Rede Elétrica de Veículo Automotor. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, Taubaté.

FREEMAN, R. L. Telecommunications Transmission Handbook. 4th. ed., New York: John Wiley & Sons, Inc., 1998.

IrDA, *Infrared Data Association*. Disponível em <<http://www.irda.org>>. Acesso em 05/06/2005.

JÚNIOR, J. A. M. e AGHAZARM, B. Transmissão de Dados em Sistemas de Computação. 3. ed. São Paulo: Érica, 1988.

VISHAY, Vishay *Semiconductors*. Disponível em <<http://www.vishay.com>>. Acesso em 08/12/2006.