

Paulo da Silva Soares

**Projeto e desenvolvimento de um computador de bordo
para monitoração de veículos de transporte**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Eletrônica, Microeletrônica e Optoeletrônica.

Orientador: José Antonio Siqueira Dias

Campinas, SP
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

So11p Soares, Paulo da Silva
Projeto e desenvolvimento de
um computador de bordo para monitoração
de veículos de transporte
Paulo da Silva Soares. – Campinas, SP:
[s.n.], 2008.

Orientador: José Antonio Siqueira Dias.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Monitoramento de veículos. 2. Circuitos elétricos.
3. Transporte rodoviário. 4. Rastreamento automático.
I. Dias, José Antonio Siqueira. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III.
Título

Título em Inglês:

Design and development of an onboard computer for
monitoring automotive transportation vehicles.

Palavras-chave em Inglês:

Onboard computer, Monitoring automotive vehicles, M
of transportation fleets, Microcontrollers, Electronic cir

Área de concentração:

Eletrônica, microeletrônica e optoeletrônica

Titulação:

Mestre em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Alberto Martins Jorge,

Rogério Lara Leite

Data da defesa:

24/07/2008

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

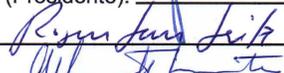
COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

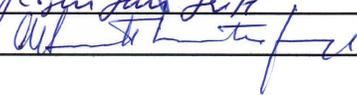
Candidato: Paulo da Silva Soares

Data da Defesa: 24 de julho de 2008

Título da Tese: "Projeto e Desenvolvimento de um Computador de Bordo para Monitoração de Veículos de Transporte"

Prof. Dr. José Antonio Siqueira Dias (Presidente):  _____

Dr. Rogério Lara Leite:  _____

Prof. Dr. Alberto Martins Jorge:  _____

Resumo

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de baixo custo para monitoração de veículos automotivos em frotas de transporte. É apresentado o projeto e a implementação de um computador de bordo com módulo de memória externo e portátil, junto com um software de avaliação dos dados gravados na memória. O sistema permite uma avaliação da forma como o veículo está sendo dirigido, indicando não apenas os desvios de rota, tempo de parada excessivo (que já eram possíveis de serem obtidos com os sistemas convencionais de monitoração via GPS), mas também outras informações de muita valia para o gerenciamento da frota. Dentre os principais parâmetros que são examinados pelo sistema, destacamos: rotação do motor, acelerações (positivas e negativas) sofridas pelo veículo, temperatura de operação do motor, velocidade, distancias percorridas, velocidade na chuva e distancia percorrida na chuva. São apresentados o projeto, a implementação e os resultados experimentais em protótipos do computador de bordo.

Palavras-chave: 1. Computador de bordo, Monitoração de veículos automotivos, Gerenciamento de frotas de transporte, Microcontroladores, Circuitos eletrônicos, Software de avaliação de dados.

Abstract

The objective of the dissertation is to develop a low cost system for the monitoring of automotive vehicles in transportation fleets. It is presented the design and implementation of an onboard computer with an external portable memory module, as well as the software used to evaluate the recorded data in the memory module. The system allows for an evaluation of how the vehicle is being conducted, indicating not only the route changes, excessive pit-stops time (which were already possible to be detected in the conventional GPS monitoring systems), but it also other information which are valuable for the fleet management. Among the main parameters which are examined by the system, it is worth to mention the following: RPM of the motor, accelerations (positive and negative) experienced by the vehicle, motor's operating temperature, vehicle speed, distances travelled under good weather conditions and speed and distances travelled under rainy weather.

Keywords: Onboard computer, Monitoring automotive vehicles, Management of transportation fleets, Microcontrollers, Electronic circuits, Software for data evaluation.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr José Antonio Siqueira Dias, sou grato pela preciosa ajuda recebida.

À minha esposa Maria Antonia pelo apoio durante esta jornada.

À transportadora MIRA pelo apoio e suporte nas implementações.

À CEETP pelo apoio financeiro.

Todo o desenvolvimento referente à monitoração das motos elétricas realizado neste trabalho teve apoio financeiro da AES Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A, no contrato Unicamp/Eletropaulo 4200002665, Projeto ANEEL 0390-047/2006.

À minha esposa Maria Antonia

Sumário

Lista de Figuras	ix
Glossário	xi
1 Monitoração de veículos de transporte	1
1.1 Introdução	1
2 Uma nova visão sobre a monitoração de veículos de transporte	4
2.1 Trabalho proposto	4
2.2 Ganhos do sistema	4
2.3 Operacionalidade	5
2.4 Ganho de Produtividade	5
2.5 Parâmetros medidos	6
2.6 Diagrama de Sinais do Computador de Bordo	6
3 Projeto do sistema	8
3.1 Hardware para condicionamento de sinal de entrada digital e analógica	8
3.2 Entradas digitais	9
3.3 Entradas analógicas	10
3.4 Contadores e conversores de sinais digitais	11
3.4.1 Sinais digitais: medição de velocidade, rotação do motor e distância percorrida	12
3.5 Sinais digitais, Aferição de velocidade	15
3.6 Sinais digitais, Medição de velocidade na chuva	16
3.7 Condicionamento e conversão dos sinais analógicos	16
3.8 Contadores e temporizadores de sinais	19
3.9 Unidade de processamento de informações	19
3.10 Estratificação da viagem	19
3.11 Memória de registros de calibração e comunicação	20
3.12 Bloqueio do veículo	20
3.13 Memória de dados da viagem	21
3.14 Microcomputador PC	21

4	Implementação do protótipo	22
4.1	Protótipo do computador com medição e armazenamento de dados com visualização dos mesmos	22
4.2	Protótipo de coletor de dados	23
4.3	Implementação do <i>chip</i> de memória	24
4.4	Hardware atual	25
4.5	Hardware complementar	25
5	Software do sistema	32
5.1	Software para análise de dados cumulativos.	32
5.2	Interface de leitura dos dados	33
5.3	Interface de verificação das viagens lidas	33
5.4	Avaliação dos condutores	35
5.5	Operação do sistema	35
5.6	Software para análise de dados do sistema complementar	37
5.7	Características do software	37
5.8	Gráfico (mapa) registrado na UNICAMP	38
5.9	Calibração dos programas gráficos	38
6	Considerações finais	40
6.1	Síntese do projeto	40
6.2	Conclusão	41
6.3	Trabalhos futuros	41
	Referências bibliográficas	43

Lista de Figuras

1.1	Diagrama de comunicação de posição veicular	2
2.1	Diagrama em blocos do computador de bordo	7
3.1	Diagrama em bloco das entradas	8
3.2	Condicionador de sinal digital	9
3.3	Circuito das entradas digitais	9
3.4	Forma de onda simulada para o circuito de proteção das entradas digitais	10
3.5	Entrada analógica senoidal de 5 volts	11
3.6	Entrada analógica em rampa de 10 volts	11
3.7	Entrada analógica em rampa de 5 volts	12
3.8	Entrada analógica em rampa de 4,8 volts	12
3.9	Entrada analógica em rampa de 1 volt	13
3.10	Circuito de entrada de sinal	17
3.11	Gráfico de entrada de sinal de 0 a 5 volts.	18
3.12	Diagrama da unidade de processamento	19
3.13	Diagrama da interface entre memória e coletor de dados	20
3.14	Diagrama em bloco do bloqueador do veículo	20
3.15	Diagrama em bloco da memória externa	21
4.1	Primeiro protótipo de computador de bordo	22
4.2	Tela software de entrada de leituras	23
4.3	Foto das calculadoras HP como coletores de dados	23
4.4	Foto <i>chip</i> de memória	24
4.5	Foto equipamento atual	25
4.6	Foto do receptor GPS Tyco 1029A	27
4.7	Circuito de leitura/escrita no <i>pendrive</i> , utilizando o CI FTDI como componente principal a gerenciar o fluxo de comando ao dispositivo de armazenamento.	27
4.8	Detalhe da placa de comunicação com o <i>pendrive</i>	28
4.9	Placa de display para visualização.	28
4.10	Placa de controle e medição das entradas digitais e analógicas.	29
4.11	Vista explodida do circuito.	30
4.12	Vista do equipamento montado.	31
5.1	Tela de inicialização do sistema	32

5.2	Esquema elétrico do cabo de leitura do <i>chip</i>	33
5.3	Tela do software de leitura do <i>chip</i>	34
5.4	Exemplo de detalhamento da viagem	34
5.5	Exemplo de extratificação da viagem	36
5.6	Mapa da viagem de teste no Campus da UNICAMP	38
5.7	Mapa da viagem de teste em São Paulo	39

Glossário

CDMA - Code Division Multiple Access. Serviço digital extremamente complexo, que o torna muito resistente a interferências. Nas suas versões mais novas, oferece serviços melhores que o GSM.

GPRS - General Packet Rado Service. É um serviço de valor agregado não baseado em voz que permite o envio e recepção de informações através de uma rede telefônica móvel. Ele suplementa as tecnologias atuais de CSD (Circuit Switched Data) e SMS (Short Message Service).

GSM - Global System for Mobile Communication. É o sistema global de comunicação móvel mais difundido no mundo. Este padrão tecnológico permite segurança total. O sistema só libera o aparelho após reconhecer sua senha, evitando que outra pessoa use o celular.

TDMA - Time Division Multiple Access. Sistema com múltiplo acesso por divisão de tempo, tecnologia que divide cada canal celular em três períodos de tempo para aumentar a quantidade de dados a ser transmitida, ou seja, aumenta a capacidade de tráfego.

Capítulo 1

Monitoração de veículos de transporte

1.1 Introdução

O transporte de cargas no Brasil é realizado, primordialmente, através de veículos terrestres, sendo que o transporte rodoviário através de caminhões responde por quase 65% do volume transportado [1]. Para se fazer um acompanhamento dos deslocamentos de um veículo, é necessário implantar-se sistemas sofisticados, como o GPS (*Global Positioning System*) [2] para a determinação da localização, e a tecnologia GPRS [3] ou via satélite [4] para a transmissão dos dados. Com essas tecnologias integradas, pode-se pré-estabelecer as rotas que deverão ser utilizadas pelos veículos e também criar as chamadas cercas eletrônicas, que detectam eventuais desvios do caminho. Além disso, é também possível identificar paradas não programadas. Toda esta monitoração visa minimizar os riscos de fraude e roubo, já que este tipo de rastreamento é focado na operação logística. O foco da logística no rastreamento provê ao transportador a condição de saber se o caminhão está na rota, atrasado ou adiantado e prever o tempo de chegada ao destino com mais precisão, durante o transcorrer da viagem.

Um sistema de rastreamento efetivo utiliza três ferramentas:

1. Localização satelital por GPS;
2. Transmissão de posição por GPRS ou Satélite;
3. Visualização gráfica da posição do veículo.

A primeira ferramenta, o processo de localização via satélites por GPS, tornou-se viável tecnicamente para uso civil após 1993, quando o governo dos Estados Unidos reduziu o erro induzido no sinal de GPS para receptores civis, que era da ordem de centenas de metros para algo em torno de 5 à 20 metros. Com isso, a empresa de rastreamento AUTOTRAC [4] implementou no Brasil, em 1994, um sistema inédito de localização e rastreamento de veículo, cuja localização de daria por um receptor GPS e o envio das coordenadas seria por transmissão de sinal satelital via rede OMNISAT [5].

A segunda ferramenta podia ser implementada por transmissão por satélite ou por GPRS. Como a transmissão de dados por satélite tem custo muito alto, algumas empresas optaram por desenvolver a transmissão dos dados de localização obtidos por GPS através da rede celular. Entretanto, esta opção tinha uma grande restrição, pois uma grande parte do território nacional não tinha cobertura

de telefonia celular. Para contornar este problema de áreas sem cobertura, foram implementadas soluções criativas para incorporar funcionalidades adicionais de segurança, como por exemplo através do estabelecimento de uma região de delimitação de coordenadas, que eram gravadas na memória do GPS antes do início da viagem. Quando o GPS detectava uma coordenada que estava fora da região pré-estabelecida, ou seja, que o veículo estava fora da rota prevista, um sistema eletrônico acionava alarmes e travas, desligando o veículo. Esta é a chamada cerca eletrônica, que permite ao sistema rastreador manter um grau de funcionabilidade mesmo nas áreas sem cobertura de rede celular.

No início do desenvolvimento destes rastreadores, com exceção da AUTOTRAC (que importava equipamentos da QUALCOM nos EUA) e da GRABER (que importava equipamentos fabricados em Israel), as empresas implementavam os seus transmissores através de telefones celulares adaptados para transmissão de dados. Com o aumento da demanda e crescimento deste mercado de transmissão de dados via telefone celular, os fabricantes de hardware para telefonia começaram a importar e fabricar módulos de telefonia para transmissão de dados, já na forma de modem montado ou em módulos que podiam ser incorporados à placa do sistema de rastreamento, bastando para isso implementar o protocolo de comunicação com estes módulos. Na Fig. 1.1 é ilustrado um exemplo de implementação de rastreamento básico usado atualmente.

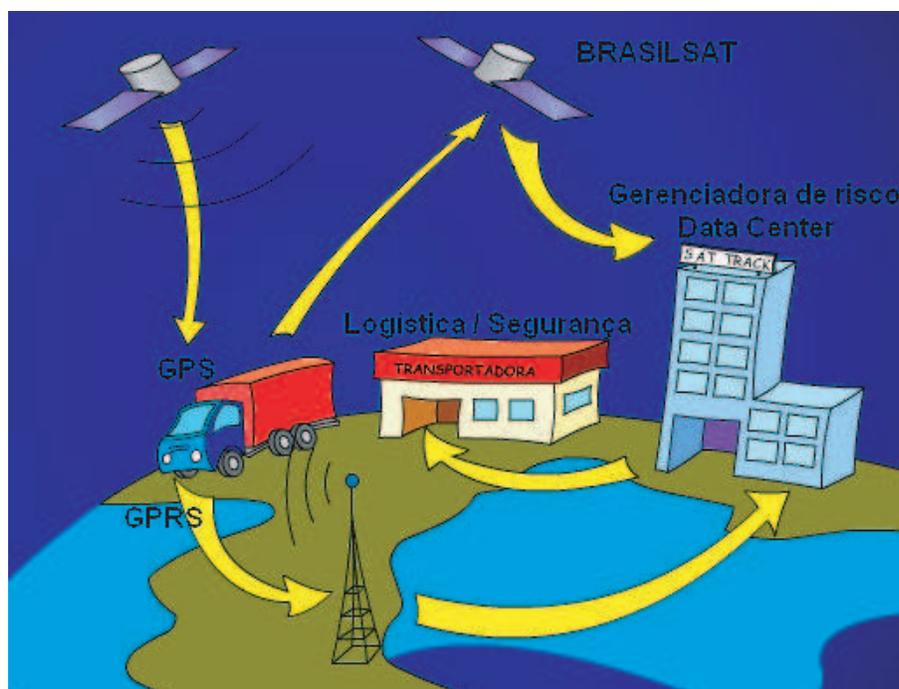


Fig. 1.1: Diagrama de comunicação de posição veicular

Com as duas primeiras ferramentas disponíveis e possíveis de serem implementadas a baixo custo, empresas como a Webrasca do Brasil [6] e a Multispectral [7] passaram a comercializar bases de dados de mapas atualizados, permitindo a localização de veículos rastreados com excelente precisão (inclusive com fornecimento do endereço do local onde o veículo se encontra), completando assim o conjunto de ferramentas necessário à um sistema de localização.

Como a diferença do custo de transmissão entre o satélite e o telefone celular é muito alta, alguns rastreadores possuem a capacidade de realizar a transmissão das coordenadas tanto via satélite como

via rede celular. Para seleccionar como será feita a transmissão, o hardware detecta se o sinal da rede celular está presente, e envia as coordenadas por este meio. Caso contrário a transmissão é feita pelo sistema de satélite, sendo que este processo de escolha do canal de transmissão é automático e independente de qualquer ação do usuário.

Capítulo 2

Uma nova visão sobre a monitoração de veículos de transporte

2.1 Trabalho proposto

Monitorar vai muito além de poder traçar roteiros mais rentáveis ou ter conhecimento dos deslocamentos do caminhão. O sistema proposto nesta dissertação é uma ferramenta de trabalho disciplinadora, que permite ao administrador da frota avaliar o desempenho do veículo e o comportamento do motorista, proporcionando segurança, redução de custos e aumento de ganhos e produtividade.

Trata-se de um computador de bordo instalado no veículo que se transforma em uma verdadeira caixa preta memorizando abuso da velocidade, tráfego com rotações do motor fora da faixa econômica, tempo gasto nas paradas e ainda outras informações adaptadas às necessidades do negócio, como a temperatura de um baú.

Os registros memorizados geram relatórios com bases concretas para tomadas de decisões, sendo um instrumento de administração e economia para o transportador.

O documento revela os bons e maus motoristas, concede parâmetros para estabelecer metas, colabora com o dimensionamento da frota e aponta as falhas do processo que demandam correção, com resultado na segurança, redução de custos e manutenção da frota.

O Anuário estatístico de transportes da ANTT [1] demonstra que, em 2004 havia 460.371 caminhões e 99.963 semi-reboques registrados no estado de São Paulo. Ao comparar-se estes números com os dados de outros setores de transportes, onde para transporte de passageiros existem cerca de 12.976 ônibus no Brasil e um total de apenas 1.048 locomotivas em uso, fica claro a importância de se atuar sobre frotas de caminhões.

Segundo o Centro de Informações Comerciais do estado de São Paulo [8], em 1999 havia na região metropolitana de Campinas mais Limeira, Piracicaba e Rio Claro, cerca de 1.573 empresas de transportes registradas.

2.2 Ganhos do sistema

O projeto baseia-se no monitoramento do uso eficiente e seguro do veículo, com conseqüente redução de gastos com manutenção e combustível. A partir do momento que o empresário pode

monitorar o uso e desgastes de seus veículos, o mesmo terá a possibilidade de selecionar aqueles motoristas que tem abusado do veículo (rotações elevadas, tempo ocioso, tempo de marcha lenta com veículo parado) e aqueles que têm alto potencial de riscos de acidentes (velocidade elevada, uso em banguela, trechos em velocidades acima do limite seguro).

Desta forma podem-se implementar medidas de controle com limites de velocidades e uso dos veículos, minimizando os gastos com combustível, desgastes dos veículos (por trabalharem dentro da faixa nominal) e riscos de acidentes, uma vez que se têm um histórico de faltas dos motoristas.

Os gastos com combustível, pneus, mão de obra e manutenção têm papel preponderante na composição dos custos numa transportadora e a taxa de ocupação dos veículos representa uma preocupação dos gerentes de frotas.

2.3 Operacionalidade

O sistema proposto está dividido em duas partes: o computador de bordo e o software de análise de dados. O computador de bordo é instalado no veículo e faz uma série de medições de velocidades, rotações, tempos de uso e parado, distâncias em faixas de velocidade e rotação, rendimento da viagem e do motor.

Uma vez terminada a viagem estas informações são armazenadas em um *chip* de memória que tem os dados do motorista que usou o veículo neste trajeto. Este *chip* armazena até oito viagens independentes, inclusive do veículo em questão, ou seja, se eu viajar com o carro A de manhã e a tarde com o carro B, terei dois registros no *chip*, de manhã os dados com carro A e a tarde os dados do carro B.

Além de gravar as informações o condutor receberá uma avaliação referente à cada viagem armazenada, por exemplo se o mesmo correr acima da velocidade permitida receberá mais pontos, ou se viajar com a rotação do motor acima da estipulada pela empresa. Desta forma o gerente da frota tem uma ferramenta para comparar os condutores e veículos da frota.

Após período determinado pelo gerente da frota (semanal ou diária) o condutor descarrega as informações das viagens no computador cujo software vai dispor e cruzar estas informações em formas de gráficos e tabelas para análise comparativas de desempenho dos condutores.

A metodologia de trabalho é inovadora e muito simples, pois basta o motorista encaixar seu *chip* no computador do veículo que os dados serão automaticamente processados, independente da ação do motorista seu registro de viagem será processado e armazenado.

2.4 Ganho de Produtividade

O ganho do sistema mais tangível é a possibilidade de avaliação dos motoristas e veículos de uma frota, avaliação esta que leva em conta a forma que o veículo foi conduzido, numa velocidade nunca antes possível. Em termos comparativos, se formos avaliar uma frota de 10 veículos com 10 motoristas por um mês, no método convencional (análise do disco do tacógrafo) teríamos:

1. 10 discos x 30 dias = 300 discos;
2. 300 discos x 5 minutos/cada (tempo gasto por um analista experiente) = 25 horas;

3. 25 horas / 8 horas/dia = 3 dias e 1 hora.

Seriam necessários, portanto, três dias para se ter o levantamento da performance dos motoristas, e isso ainda seria de forma questionável, pois teríamos leituras aproximadas de tempos de trabalho e velocidades excessivas.

No sistema proposto, levaríamos de 2 a 10 segundos para uma avaliação mais completa com velocidades, distâncias, tempos e rotação do motor, pois temos todos os tempos e velocidades das viagens no período. Além disso, os respectivos gráficos e relatórios já ficam disponíveis no sistema de computadores da frota, visto que os *chips* já estão lidos e a informação disponível numa base de dados.

2.5 Parâmetros medidos

Para se fazer as medições do uso do veículo e sua avaliação são levados em conta os aspectos de segurança e economia, e optamos por medir diretamente duas grandezas: velocidade e rotação do motor.

Calculadas a partir destas grandezas tem-se a temporização de uso e distâncias percorridas. No processo de medição o circuito fará as divisões de faixas de velocidades e rotações adequadas ao veículo para posterior determinação do perfil do condutor. Cálculos adicionais proverão informações adicionais que contribuirão para o resultado final da análise da viagem. Por exemplo, a informação do tempo de veículo parado com o motor ligado pode se calculada com a Eq. 2.1:

$$T_M = T_R - T_{VZ} \quad (2.1)$$

onde:

T_M = Tempo parado com motor funcionando;

T_R = Tempo com motor em rotação maior que zero;

T_{VZ} = Tempo com velocidade maior que zero.

2.6 Diagrama de Sinais do Computador de Bordo

As entradas de velocidade e rotação são digitais, sendo ligadas à contadores de pulsos, para determinação das respectivas medições. A entrada de chuva é uma entrada digital que indica se o condutor está viajando na referida situação. A entrada de temperatura é uma entrada de sinal analógico, que será abordada no próximo capítulo, neste caso, a precisão necessária para esta medida é de cerca de 5 °C.

Na Fig. 2.1, vemos o diagrama em blocos do computador de bordo, sendo o bloco "VEICULO" referente ao computador propriamente dito, o bloco "MOTORISTA" o *chip* de armazenamento dos dados e o bloco "FROTISTA" o micro PC onde se visualizam os dados das viagens.

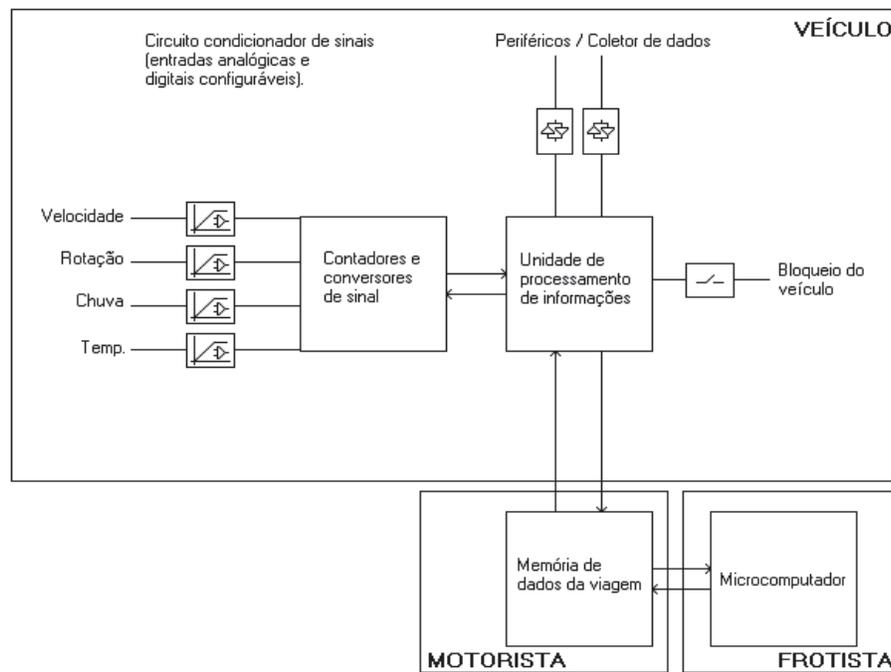


Fig. 2.1: Diagrama em blocos do computador de bordo

Capítulo 3

Projeto do sistema

O projeto é dividido em duas partes que, quando integradas, compõem um sistema de medição e avaliação de veículos. A parte de medidas e aquisição de dados tem maior ênfase em hardware, enquanto que a análise dos dados e a avaliação do veículo é realizada toda através de Software. Na figura 3.1 encontramos a representação do diagrama em blocos do hardware de condicionamento de sinais e seus quatro principais sinais. A seguir são apresentados os circuitos usados para tratar e condicionar os sinais que serão adquiridos e armazenados, para permitir a avaliação do veículo.

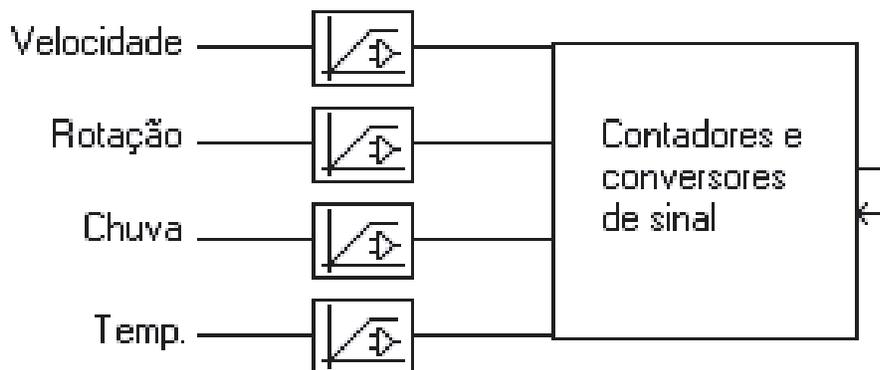


Fig. 3.1: Diagrama em bloco das entradas

3.1 Hardware para condicionamento de sinal de entrada digital e analógica

A seguir é apresentado o circuito de entrada dos sinais digitais, que podem ter amplitude de cerca de 30 volts e devem ser condicionados para serem compatíveis com circuito TTL do microprocessador, que é alimentado por +5 Volts.

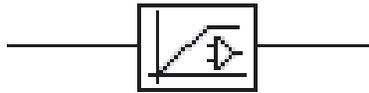


Fig. 3.2: Condicionador de sinal digital

3.2 Entradas digitais

O esquema básico das entradas digitais é mostrado na figura 3.3, onde uma configuração simples com um diodo zener ceifa o sinal em 5 volts, que é a tensão máxima permitida na entrada digital do microprocessador.

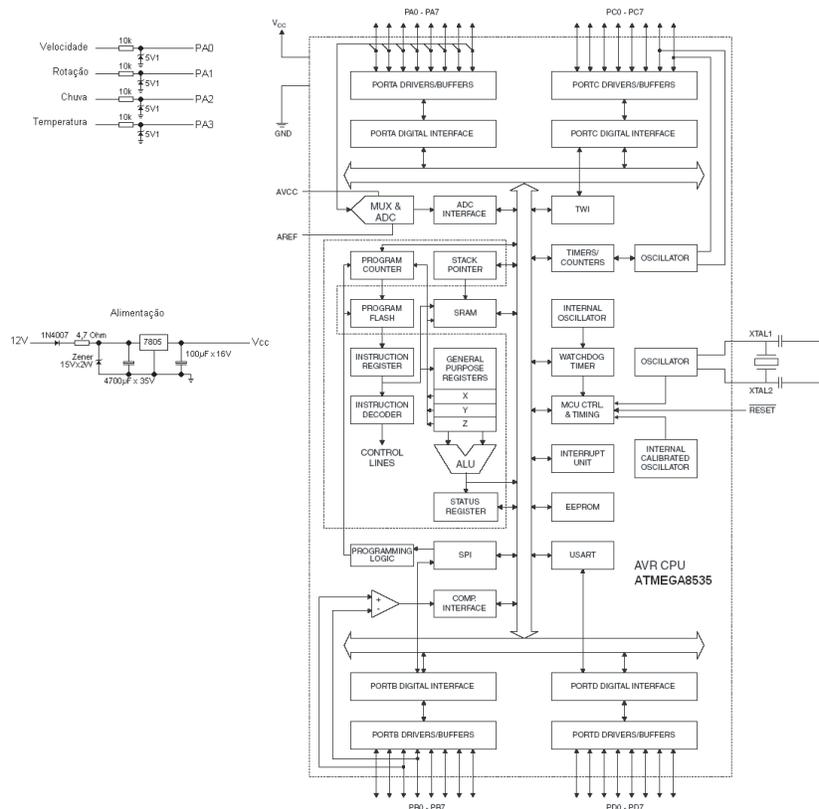


Fig. 3.3: Circuito das entradas digitais

Aplicando-se uma entrada de tensão alternada de 12 volts, é possível simular o sinal que vem do sensor de velocidade acoplado ao eixo (geralmente implementado com um sensor de efeito HALL) ou do sinal de rotação do motor, que é proveniente do alternador, geralmente uma onda bastante distorcida. Neste caso observa-se que o diodo serve também de dispositivo de segurança para sinais negativos, limitando a tensão nas entradas digitais para cerca de -0,7 volts, a queda de tensão no diodo zener sob polarização direta.

Para tal entrada de sinal, a saída é dada por uma forma de onda como a apresentada na figura 3.4.

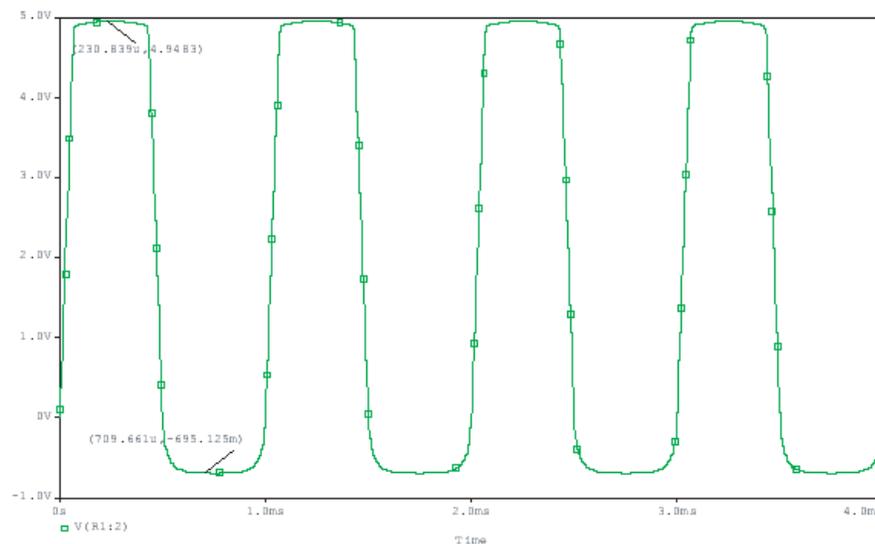


Fig. 3.4: Forma de onda simulada para o circuito de proteção das entradas digitais

3.3 Entradas analógicas

Para as entradas de sinal analógico não existe nenhum circuito de tratamento ou condicionamento específico servindo como interface para o microprocessador. Como as entradas utilizadas podem ser analógicas ou digitais (a definição é feita através do *firmware* específico utilizado em cada caso), optou-se por manter o mesmo circuito de proteção para todas as entradas.

A entrada analógica é convertida para digital por um conversor A/D de 10 bits que tem tensão de referência de 5 volts. Dessa forma obtém-se uma leitura de 0 até 1023 no conversor, dando uma resolução de 4,888 mV, ou 0,09775% do fundo de escala. Entretanto, a tensão aplicada ao circuito de entrada analógica deve atender as seguintes restrições:

1. Não ser negativa;
2. Ter seu valor máximo menor do que 4,5 V.

A limitação quanto à excursão negativa do sinal deve-se ao fato do microprocessador só trabalhar com sinais positivos. A seguir apresenta-se o motivo da limitação em 4,5 volts, uma vez que o conversor pode operar com tensões de até 5 V.

Na curva apresentada na Fig. 3.5 do sinal de entrada medido após o circuito de proteção, observa-se que o sinal é ceifado em 4,8769 volts; entretanto, para tensões de até 4,7 volts, tem-se uma linearidade aceitável para o conversor que, como se será visto posteriormente, atende às necessidades propostas ao projeto. Por uma questão de uso do sinal nesta faixa linear do projeto, foi determinado como limite de tensão de trabalho o valor de 4,5 volts.

O comportamento do sinal ceifado, para várias amplitudes de entrada, é apresentado nas Figs. Fig. 3.6 a Fig. 3.9.

Pode-se ver que, embora o circuito de segurança altere o sinal a ser medido, o mesmo protege o circuito, possibilitando seu uso mesmo que a entrada de sinal esteja fora das especificações. No

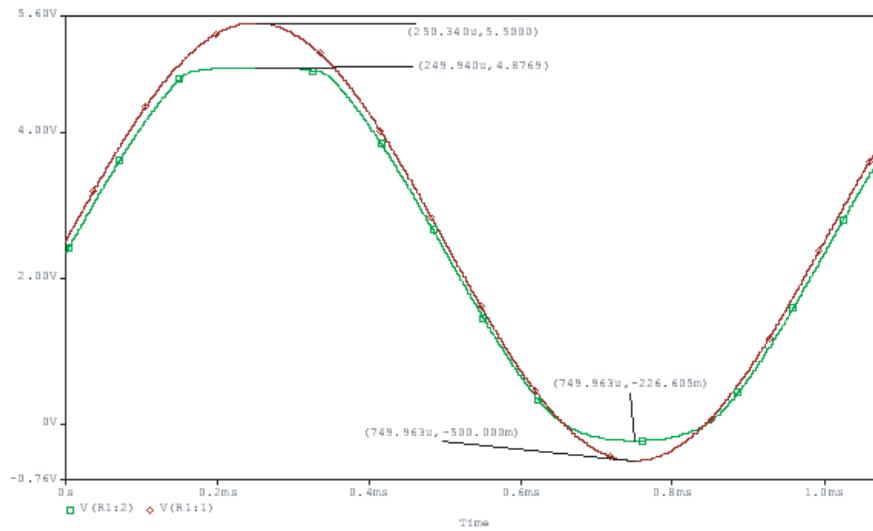


Fig. 3.5: Entrada analógica senoidal de 5 volts

circuito de condicionamento do sinal será mostrado como esta distorção foi tratada e compensada digitalmente.

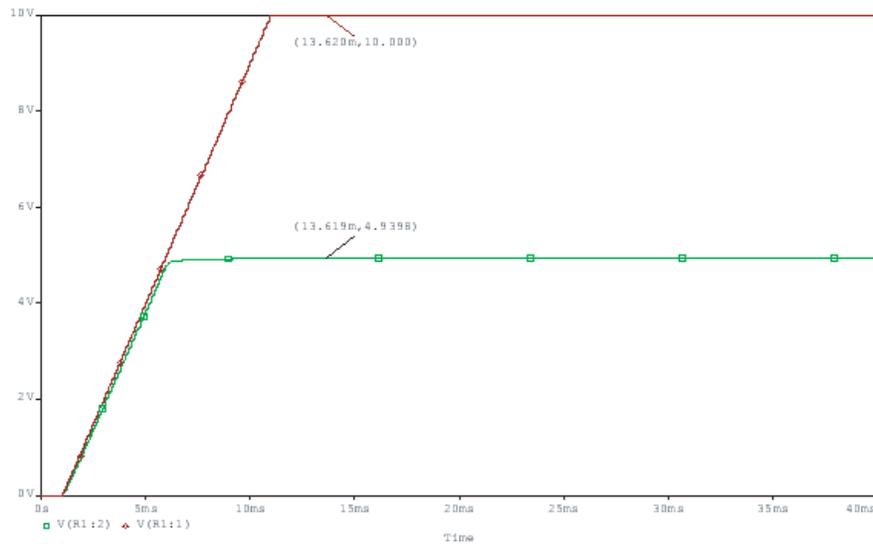


Fig. 3.6: Entrada analógica em rampa de 10 volts

3.4 Contadores e conversores de sinais digitais

Os sinais digitais, uma vez condicionados terão sua leitura como “0” ou “1”, conforme o estado da entrada.

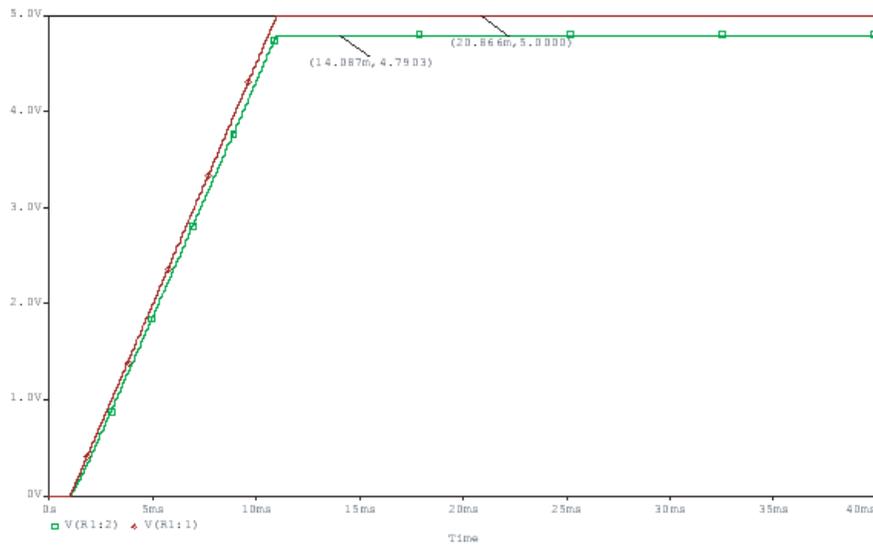


Fig. 3.7: Entrada analógica em rampa de 5 volts

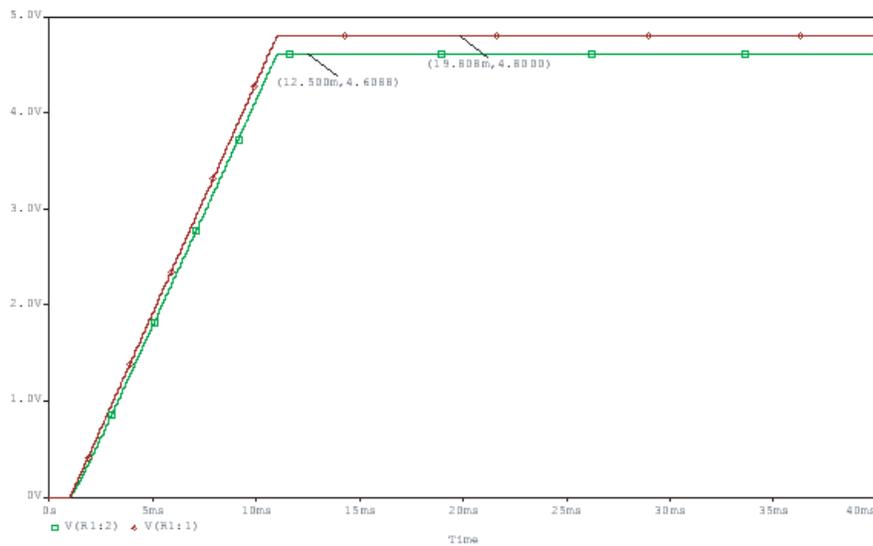


Fig. 3.8: Entrada analógica em rampa de 4,8 volts

3.4.1 Sinais digitais: medição de velocidade, rotação do motor e distância percorrida

Medição de velocidade

No caso da medição de velocidade o procedimento consiste em se implementar uma base de tempo e efetuar a contagem de pulsos da entrada do referido sinal, Tab. 3.1. Terminado este tempo, a contagem de pulsos é multiplicada por um fator de conversão K_v (fator de conversão de velocidade) que resultará no valor numérico correspondente à velocidade real do veículo.

Por exemplo:

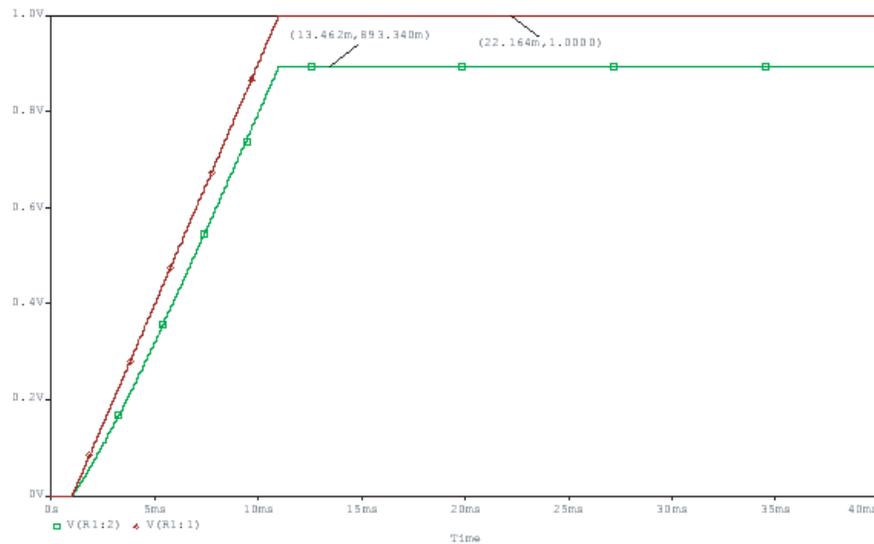


Fig. 3.9: Entrada analógica em rampa de 1 volt

a) Para um caminhão SCANIA 124G360 a 60 km/h – temos uma contagem típica de 205 pulsos/s (205 Hz), e neste veículo o K do medidor de velocidade seria $K_v = 0,2927$, o que resulta em:

$$V = 205 \times K_v = 205 \times 0,2927 = 60,0035 \text{ km/h}$$

b) Para um caminhão VW 18-310 a 60 km/h temos uma contagem típica de 100 pulsos/s (100 Hz), e neste veículo o K do medidor de velocidade seria $K_v = 0,600$, resultando em:

$$V = 100 \times K_v = 100 \times 0,6000 = 60,00 \text{ km/h}$$

Medição de rotação do motor

No caso da medição de rotação do motor expressa em RPM (rotações por minuto), o procedimento consiste em se implementar uma base de tempo e efetuar a contagem de pulsos da entrada do referido sinal. Terminado este tempo a contagem de pulsos é multiplicada por um fator de conversão K_{RPM} (fator de conversão de RPM), que resultará no valor numérico correspondente à RPM do veículo.

Por exemplo:

a) Para um caminhão SCANIA124G360 a 1000 RPM temos uma contagem típica de 27520 pulsos/s (27,52 kHz), e neste veículo o K_{RPM} do medidor de RPM seria 36,336/1000, resultando em:

$$RPM = 27500 \times K_{RPM} = 27500 \times 36,336/1000 = 999,97$$

b) Para um caminhão VW 18-310 a 1000 RPM temos uma contagem típica de 23957 pulsos/s (23,96 kHz), e neste veículo o K_{RPM} do medidor de RPM seria $K_{RPM} = 41,742/1000$, resultando

Velocidade [km/h]	Frequência [Hz]
5	32
10	46
15	55
20	64
25	82
30	100
35	118
40	137
45	150
50	169
55	188
60	205
65	219
70	237
75	255
80	273
85	292
90	310
95	323
100	342
105	360
110	378
115	396
120	415

Tab. 3.1: Faixa de velocidade x frequência aplicada

em:

$$RPM = 23957 \times K_{RPM} = 23957 \times 41,742/1000 = 1000,01$$

Medição de distância percorrida

Para medição da distância percorrida efetua-se a integração da velocidade no período determinado na base de tempo utilizada. Se, por exemplo, esta base for de 1 segundo, será necessário multiplicar o valor da velocidade pelo seguinte fator:

a) Caminhão SCANIA 124G360, a 60 km/h ou 16,667 m/s, tem-se 205 pulsos/s, ou seja, calcula-se a distância percorrida a cada pulso como:

$$D_{pul} = K_{odmetro} = 16,667/205 = 0,0813 \text{ m/pulso}$$

No final da viagem conta-se o total de pulsos e multiplica-se por 0,081. Para exemplificar este índice, mostra-se o seguinte caso:

Uma viagem feita a 60 km/h, durante uma hora, resultaria em:

$$N_p = 205 \text{ pulsos/s} \times 3.600 \text{ s} = 738.000 \text{ pulsos}$$

$$D_p = 738.000 \times 0,0813 = 59.999,4 \text{ metros} = 60 \text{ km.}$$

onde N_p é o número de pulsos e D_p é a distância percorrida.

3.5 Sinais digitais, Aferição de velocidade

Para verificação da linearidade do equipamento na medição de velocidade, foi montada uma bancada com um tacógrafo calibrado, para se fazer a comparação com os dados medidos com o equipamento desenvolvido. O passo seguinte é calibrar o equipamento em 60km/h, baseado na velocidade lida com o tacógrafo e comparar a diferença em uma faixa de velocidade entre 10 km/h e 120 km/h, pois os tacógrafos utilizados em tem como fundo de escala 125 km/h, Tab. 3.2.

Tacógrafo [km/h]	Medida pelo equipamento [km/h]	Relação
10	9	0,90
20	19	0,95
30	29	0,97
40	40	1,00
50	50	1,00
60	60	1,00
70	70	1,00
80	80	1,00
90	90	1,00
100	101	1,01
110	110	1,00
120	121	1,01

Tab. 3.2: Comparativo de velocidade tacógrafo x protótipo desenvolvido

Na faixa de velocidade de 40 a 90 km/h, os resultados obtidos foram satisfatórios. Mesmo acima de 90km/h temos um erro de cerca de 1%; sendo o erro maior nas velocidades abaixo de 20 km/h, devido principalmente às limitações eletro-mecânicas do tacógrafo.

Para se determinar se o integrador do HAL está trabalhando com valores aceitáveis; foram feitas 7 medidas de distâncias (D_{Med}) em velocidades e tempos determinados, e o resultado da comparação com a distância calculada (D_{Calc}) é apresentado nas tabelas Tab. 3.3 e Tab. 3.4.

Tempo [min.]	Vel. [km/h]	D_{CCalc} [km]	D_{Med} [km]	Diferença [%]
1	43	0,72	0,7	-2,33
2	43	1,43	1,4	-2,33
4	43	2,87	2,9	1,16
6	43	4,30	4,3	0,00
10	43	7,17	7,2	0,47
15	43	10,75	10,7	-0,47
20	43	14,33	14,2	-0,93

Tab. 3.3: Distância aferida a 43 km/h - Diferença média : -0,35%

Tempo [minutos]	Vel. [km/h]	D_{CCalc} [km]	D_{Med} [km]	Diferença [%]
1	88	1,47	1,4	-4,55
2	88	2,93	2,9	-1,14
4	88	5,87	5,9	0,57
5	88	7,33	7,3	-0,45
10	88	14,67	14,7	0,23
15	88	12,00	21,8	-0,91
18	88	26,40	26,2	-0,76

Tab. 3.4: Distância aferida a 88 km/h - Diferença média : -0,27%

3.6 Sinais digitais, Medição de velocidade na chuva

Para se determinar a velocidade na chuva, basta conectar a entrada digital correspondente ao motor do limpador ou ao seu relê de acionamento. Uma vez acionado o limpador, teremos o sinal de chuva. Uma rotina no software que monitora as variáveis poderá detectar esse estado e gravar numa variável o valor máximo da velocidade, quanto essa entrada for 1. Da mesma forma, para se determinar o tempo da viagem na chuva, há de se incrementar um cronômetro interno controlado pelo software, totalizando o tempo total de viagem sob chuva. Se o condutor acionar o limpador algumas vezes, o sistema acusará alguns segundos de viagem sob chuva, o que não é significativo para a avaliação da viagem como um todo.

3.7 Condicionamento e conversão dos sinais analógicos

Conforme visto acima, o sinal analógico sofre uma distorção por causa do circuito de entrada, que tem a função de proteger a entrada do microprocessador. Se considerarmos a entrada do conversor AD como sendo de 1.000.000 k Ω teremos, para uma entrada de 1 volt, uma saída de 0.902 volt, podendo concluir que a resistência do diodo causa maior impacto na distorção do sinal de entrada do que a entrada do conversor AD, de onde tiramos o circuito equivalente:

Onde R ZENER é a impedância do diodo zener que afeta a entrada, sendo calculada pela fórmula:

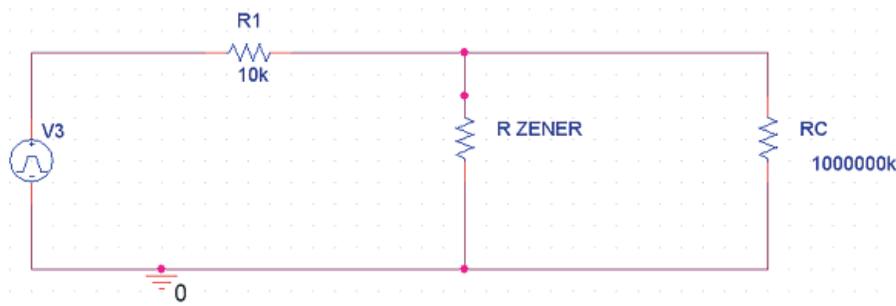


Fig. 3.10: Circuito de entrada de sinal

$$R_{zener} = 10k\Omega \cdot V_{saida} / (V_{entrada} - V_{saida})$$

resultando nos valores apresentados na Tab. 3.5.

V_3 [V]	V_{RC} [V]	R_{Zener}
0,501	0,418	50.361
1,002	0,902	90.200
1,504	1,396	129.259
2,000	1,885	163.913
2,496	2,375	196.281
3,002	2,874	224.532
3,502	3,374	263.594
4,004	3,865	278.058
4,500	4,357	304.685
4,798	4,652	318.630
5,000	4,814	258.817

Tab. 3.5: Impedância Zener de entrada

Nota-se que esses dados não têm o comportamento linear, e portanto deve-se estudar o comportamento do sinal de saída versus o sinal de entrada, cuja curva é apresentada na Fig. 3.11.

Na Tab. 3.6 é apresentada a relação entre as tensões de entrada e saída do circuito utilizado. Observa-se que, após 2 Volts, o erro passa a ser da ordem de 4%. Como o processamento do valor medido é tratado matematicamente, aplica-se um fator de correção na leitura feita, de 1,04. Dessa forma obtém-se o valor corrigido com erro inferior a 1%, para 50% da faixa útil de leitura do sinal analógico, o que é suficiente para as aplicações a que se destina.

Por exemplo, para temperaturas do motor de 0 a 150 °C temos:

Se utilizarmos um condicionador de sinal de 0 a 5 volts (0 a 150 °C), considerando a linearidade do mesmo, quando a temperatura for acima de 74,88 °C, teremos 2,496 volts, ou seja entramos na faixa de melhor precisão do circuito quando o motor pode ser considerado "morno".

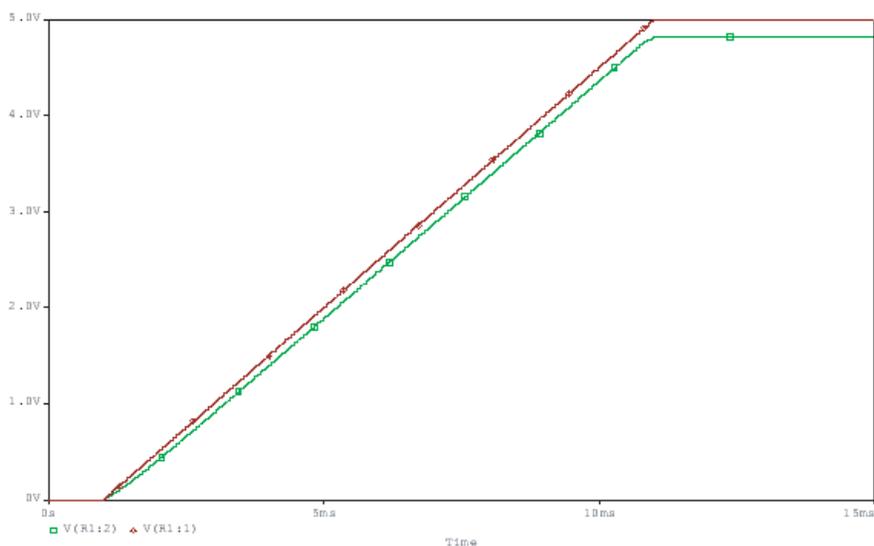


Fig. 3.11: Gráfico de entrada de sinal de 0 a 5 volts.

V_3	V_{RC}	Erro %	Conversor AD	Valor corrigido	Erro [%]
0,501	0,418	16,6	86	0,4431	11,6
1,002	0,902	10,0	185	0,9381	6,4
1,504	1,396	7,2	286	1,4518	3,5
2,000	1,885	5,8	386	1,9604	2,0
2,496	2,375	4,8	486	2,4700	1,0
3,002	2,874	4,3	588	2,9890	0,4
3,502	3,374	3,7	690	3,5090	-0,2
4,004	3,865	3,5	791	4,0196	-0,4
4,500	4,357	3,2	891	4,5313	-0,7
4,798	4,652	3,0	952	4,8381	-0,4
5,000	4,814	3,7	985	5,0066	-0,1
10,00	4,9398	50,6	1011	5,1374	48,6

Tab. 3.6: Tensões de entrada e correção matemática da saída

Se utilizarmos um sensor de temperatura automotivo comum, chamado CTS, que é constituído de um resistor sensível à temperatura (termistor) do tipo NTC (Negative Temperature Coefficient), cuja resistência é mostrada na Tab. 3.7, ligado em série com um resistor (R_c) de 1000 ohms e alimentado pela fonte do computador de bordo de 5 volts, teremos, sobre R_c uma tensão "útil" que vai de 1,47 à 4,17 volts, que se encontra dentro da faixa boa de precisão de nossa entrada analógica.

Neste caso pode-se ver que o tratamento digital do sinal torna o circuito apto às necessidades a que se propõe, pois nos casos em que o sinal apresenta o maior erro, este não é significativo para nossos propósitos.

Temperatura [°C]	Resistência [ohm]	Tensão Rc [V]
20	2408	1.47
30	1697	1.85
40	1210	2.26
50	856	2.69
60	623	3.08
70	437	3.48
80	317	3.80
90	248	4.01
100	198	4.17

Tab. 3.7: Impedância do CTS e tensão Rc

3.8 Contadores e temporizadores de sinais

O acionamento de outras entradas digitais poderá, conforme a necessidade, acionar cronômetros internos do microprocessador, que farão a temporização de outros eventos relacionados, tais como tempo de viagem, tempo de motor ligado, tempo na chuva, etc.

3.9 Unidade de processamento de informações

Trata-se da CPU que fará o tratamento dos sinais de entrada e a interface entre os periféricos externos, alarmes e acionamentos.

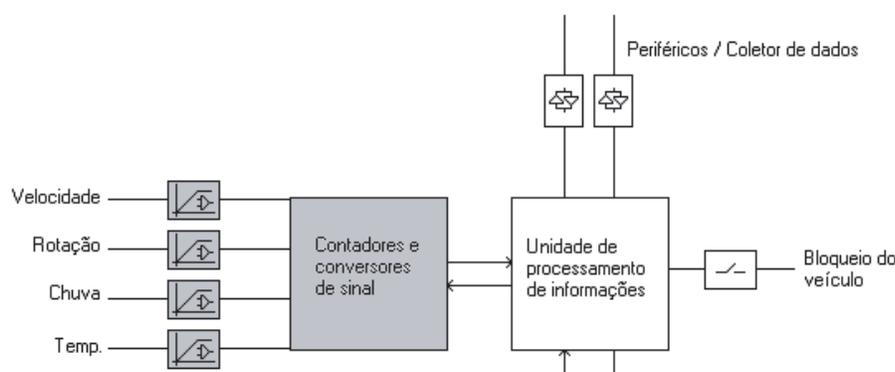


Fig. 3.12: Diagrama da unidade de processamento

3.10 Estratificação da viagem

Durante a viagem, o processador compara a velocidade medida, e incrementa contadores conforme seu valor. Se tivermos, por exemplo, um registrador para velocidades acima de 90km/h e

abaixo deste limite, teremos neste bloco o seguinte processo:

- a) Se a velocidade medida é maior do que 90, então o registrador de velocidade alta é incrementado.
- b) Se a velocidade medida é menor ou igual a 90, então o registrador de velocidade baixa é incrementado.

Esse mesmo procedimento é aplicado às faixas de rotação do motor, notadamente à faixa verde (econômica), onde o motor deve trabalhar a maior parte do tempo.

3.11 Memória de registros de calibração e comunicação

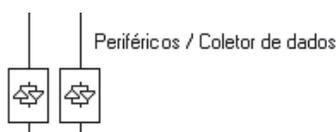


Fig. 3.13: Diagrama da interface entre memória e coletor de dados

É neste bloco que se encontram os registros de calibração (os Ks da velocidade, rotação e distância), bem como os limites e faixas de trabalho e uso do veículo, as velocidades permitidas, faixas de RPM, valor do alarme de velocidade máxima e identificações adicionais, tais como placa do veículo e o número de série/lote do computador.

Este bloco controla duas entradas seriais Rx e três saídas Tx, no padrão RS232, embora com nível de sinal TTL, e faz a comunicação com o *chip* de memória, o terminal e eventualmente uma saída é utilizada para envio de dados para um modem GPRS. Por se tratarem de saídas independentes, temos diferentes velocidades de comunicações, selecionadas no firmware, indo de 2400 bps à 57600 bps.

3.12 Bloqueio do veículo

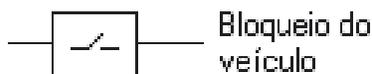


Fig. 3.14: Diagrama em bloco do bloqueador do veículo

O estágio de bloqueio do veículo, que na verdade é a ignição, é um dispositivo muito simples. Ao se conectar o *chip* de memória, em seu interior há um *jumper* que fecha um circuito direto entre a alimentação e um pino na saída, fornecendo uma tensão de 12 volts, independente do microprocessador; com isto alimenta-se um relê no circuito da alimentação na chave de partida. Esta opção foi adotada por ser muito simples e segura. Numa eventual pane do microprocessador, a alimentação do relê não é afetada.

3.13 Memória de dados da viagem

Trata-se de um circuito com um microprocessador que se comunica com o computador de bordo e recebe deste os parâmetros e medições da viagem. Em nosso caso, foi a solução para o transporte das medições até um computador onde serão feitos os relatórios e comparações de uso dos veículos.

Esse *chip* tem a capacidade de armazenar até oito viagens distintas em uma pilha, que são depois transferidas ao computador da empresa. Nenhum processamento é feito nessa etapa. O *chip* tem um microprocessador para efetuar os procedimentos de receber a viagem, verificar sua validade, e colocar numa pilha de dados, além de efetuar o procedimento inverso na transferência ao microcomputador PC, onde serão feitas as análises subseqüentes.

O processo de transporte das informações poderia ser feito por outro meio, como rádio, por exemplo. Neste caso específico esta modalidade apresenta uma grande vantagem, que é o custo. A implementação por rádio teria um custo da ordem de R\$ 300,00 por equipamento, contra R\$ 15,00 do *chip*.

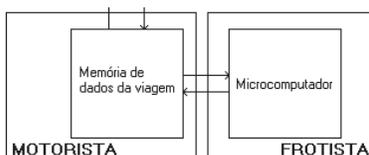


Fig. 3.15: Diagrama em bloco da memória externa

3.14 Microcomputador PC

É num micro PC que os dados são armazenados, comparados e são feitos os relatórios para análise dos condutores e veículos da frota. Tais procedimentos e o respectivo software serão abordados no próximo capítulo.

Capítulo 4

Implementação do protótipo

No desenvolvimento do circuito algumas fases foram testadas e os aspectos práticos foram avaliados, a fim de se determinar qual seria a melhor combinação de custo, instalação e uso do sistema.

4.1 Protótipo do computador com medição e armazenamento de dados com visualização dos mesmos

Esta primeira montagem tinha o objetivo de verificar a viabilidade técnica de se medir velocidade e rotação em veículo automotor, bem como testar o hardware básico nos aspectos de instalação e configuração. O display servia para monitorar os parâmetros medidos e estabelecer suas correlações.



Fig. 4.1: Primeiro protótipo de computador de bordo

Após a viagem, o operador conecta o display no computador, visualiza os dados e os copia numa ficha para digitação no software.

Software de controle de frotas

Dados da Viagem :		Dados do Computador :	
Data Viagem	26/05/03	Distância	78,5
Viagem	Dados Gravados!	% Limite Veloc. 0 à 60 km/h	548
Placa	CPU7273	61 à 100 km/h	389
Veículo	Vectra	101 à 120 km/h	41
Utilização	Service	121 à Máx km/h	22
Tipo	Passeio	Vel. Máxima	129
Motorista	Paulo	Km. Vel. Max.	24
Registro	Service	Pontuação	15,9
		% Limite RPM 0 à 2500	628
		2501 à 3500	345
		3501 à Máx	27
		RPM Máxima	3700
		Km.RPM Max.	56
		Vel. Chuva	78
		Km.Vel.Chuva	49
		Paradas	4

Nova leitura! Gravar Dados!

Setup Coletor Manutenção Registros Cadastramento Estatísticas Encerrar programa

Versão KM

Fig. 4.2: Tela software de entrada de leituras

Este software armazena os dados para emissão de um relatório básico de velocidade e RPM em excesso, permitindo uma análise básica do uso do veículo.

4.2 Protótipo de coletor de dados

Com o protótipo anterior, havia a necessidade de se anotar os dados e transcrevê-los para o micro. Foi desenvolvido um software para a calculadora HP48G, onde, pela porta serial, pode-se comunicar com o computador de bordo.



Fig. 4.3: Foto das calculadoras HP como coletores de dados

Tal implementação trouxe duas vantagens óbvias:

1. A coleta de dados e transferência pode ser feita sem necessidade de uso de papel ou digitação, visto que os mesmos são transferidos pela HP ao PC;

2. O processo de calibração e ajustes pode ser feito pelo terminal, sem necessidade do uso do notebook com o programa fonte.

4.3 Implementação do *chip* de memória

O uso do coletor de dados trouxe uma vantagem na recuperação dos mesmos que se mostrou ineficiente para frotas com mais de 10 veículos: a operação de ida ao veículo (especialmente caminhões) se mostrou trabalhosa, demandando muito tempo para localização do veículo no pátio; o próprio ato de destravar, abrir e adentrar o veículo se mostrou pouco prático para o leitorista.

Diante de tal fato, duas soluções foram cogitadas:

1. Transmissão de dados por rádio: Foram feitos alguns testes com dispositivos de rádio para transmissão de dados, com o custo adicional de R\$ 300,00 para o circuito de rádio. Como o computador de bordo, sem o rádio, não passava de R\$ 200,00, o acréscimo do circuito de rádio tornou o projeto caro, inviabilizando-o economicamente. Alguns testes com rádios mais baratos foram feitos sem sucesso, ou possibilidade mínima de uso, devido ao curto alcance e alto índice de falhas.
2. Gravação dos dados num *chip*: O condutor o entregaria juntamente com os papéis da viagem e, durante a conferência dos mesmos (notas, conhecimentos de carga, etc), o operador faria a transferência dos dados para o PC da empresa, devolvendo o *chip* ao motorista em poucos segundos. O custo de tal implementação mostrou-se viável, ficando na ordem de R\$ 15,00.



Fig. 4.4: Foto *chip* de memória

O uso do terminal HP foi mantido para visualização das medições e calibração do computador, agora como uma ferramenta de instalação utilizada pelo pessoal técnico no momento da instalação e

calibração. Para o usuário final o uso do sistema ficou bem simples: o condutor conecta seu *chip* no início da viagem e o devolve quando chegar; o leitorista, ao receber o chip, conecta-o na porta serial do PC e inicia o processo de leitura, devolvendo-o em seguida, já limpo.

4.4 Hardware atual

O equipamento atualmente em uso está acondicionado em uma caixa metálica, o que oferece maior resistência mecânica e a interferências eletromagnéticas, visto que a mesma está eletricamente ligada ao terra do veículo.



Fig. 4.5: Foto equipamento atual

O projeto do hardware teve uma evolução do ponto de vista estético e de melhoria de produtividade. Na versão anterior, a placa eletrônica era ligada aos conectores de leitura, alimentação e *chip* com cabos em conectores tipo MODUL exigindo a confecção de chicotes, o que aumentava o tempo e o custo de fabricação, e eventualmente havia uma taxa de 5% de remontagem detectada na inspeção final de qualidade. O novo projeto tem todos os componentes soldados numa única placa de circuito impresso, sem necessidade de chicotes ou cabos na sua montagem. A taxa de remontagem caiu de 5% para menos de 0,2% com este novo processo. Como melhorias no firmware do microprocessador e lay-out da placa, foi possível a inclusão de uma porta serial dedicada a periféricos, e aumento de entradas digitais/analógicas para implementações de funcionalidades adicionais.

4.5 Hardware complementar

O projeto apresentou um novo desafio em sua implementação, dada a necessidade de atender novas características:

1. Alta capacidade de armazenamento de dados
2. Registro dos dados a cada 5 segundos, de forma discreta e não cumulativa
3. Incorporação das informações de data e hora aos registros.

4. Possibilidade de registro de informações de posição (GPS) do veículo.
5. Interface Homem-Máquina mais elaborada, com possibilidade de mensagens escritas e não apenas leds indicadores de situação.

Para atender estas especificações, o hardware teve algumas inclusões de periféricos de acesso a dispositivos de memória e localização:

1. O Armazenamento de grande quantidade de informações (dados) gerou a necessidade de incorporação de um dispositivo de alta capacidade. Neste caso foi escolhido o uso de *pendrive*, devido à facilidade operacional para nosso leitorista: basta retirar o *pendrive* e conectá-lo à um micro com conexão USB para efetuar a leitura. O uso de um cartão de memória iria requerer um dispositivo de conexão e leitura, que poderia não estar disponível;
2. Para fazer um registro seqüencial, a cada 5 segundos o sistema de medição registra as grandezas medidas e executa uma rotina de gravação no *pendrive*;
3. Optou-se por usar um receptor de sinal GPS para implementação do relógio do sistema, visto que sua calibração é totalmente automática, não requerendo nenhuma ação do operador. Basta ter a amostra do sinal de GPS, que o relógio interno do equipamento se auto-ajusta. Se houver eventual perda do sinal GPS, o hardware mantém a data e hora através de um RTC interno. No caso de falha de alimentação do sistema (desligamento da bateria), que promova erro no relógio, logo após sua inicialização e visada do sinal, a hora e data são automaticamente corrigidos;
4. Com o receptor de GPS tem-se as informações de latitude, longitude, elevação e velocidade do veículo, eliminando a necessidade de, neste caso, incorporar um circuito adicional para medição de velocidade ao veículo. Tais dados foram incluídos na informação de uso do veículo, num formato que atenda à análise dos dados numa planilha e/ou visualização gráfica da posição em software de mapas e navegação;
5. Foi criado um frontal ao equipamento, com um display para troca de informações com o operador do sistema, onde, através de um botão e menus sensíveis ao contexto, são oferecidas orientações pertinentes à operação em curso (leitura de dados, retirada do *pendrive*, inicialização do sistema)

O hardware final, com estas características incorporadas, é apresentado nas Fig. 4.6 à Fig. 4.12.

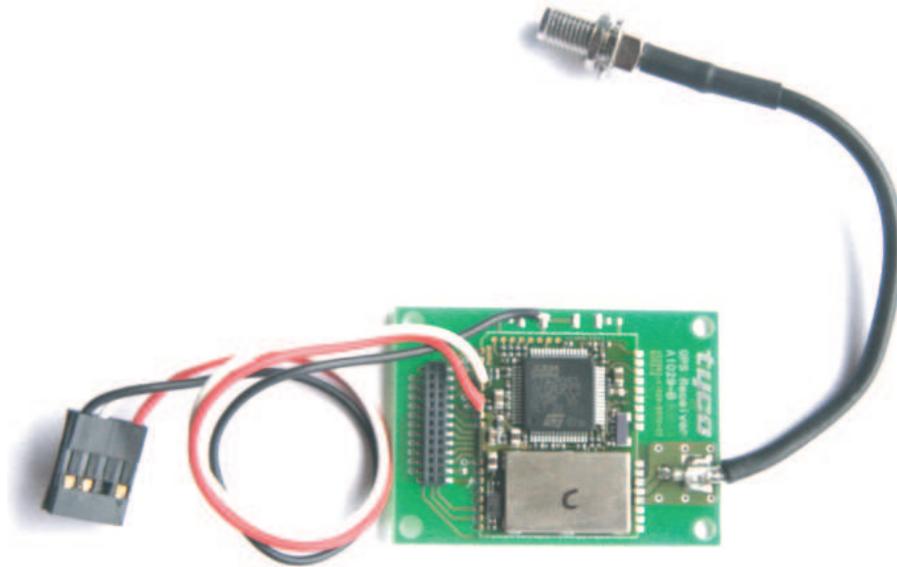


Fig. 4.6: Foto do receptor GPS Tyco 1029A

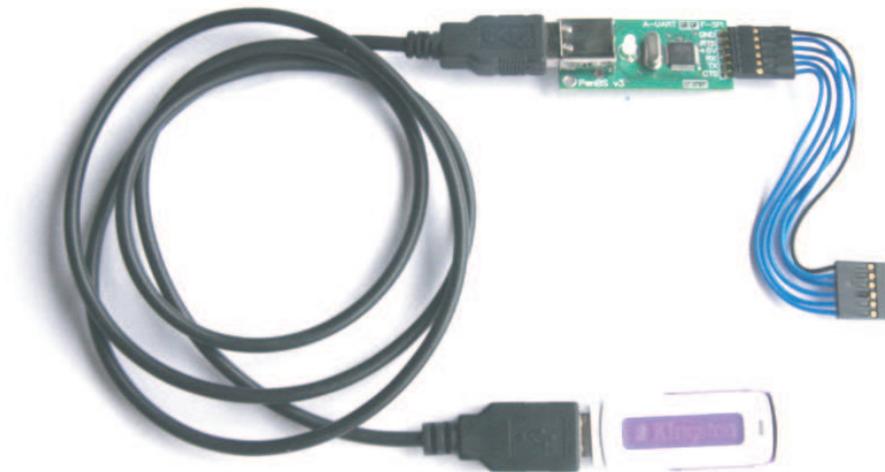


Fig. 4.7: Circuito de leitura/escrita no *pendrive*, utilizando o CI FTDI como componente principal a gerenciar o fluxo de comando ao dispositivo de armazenamento.

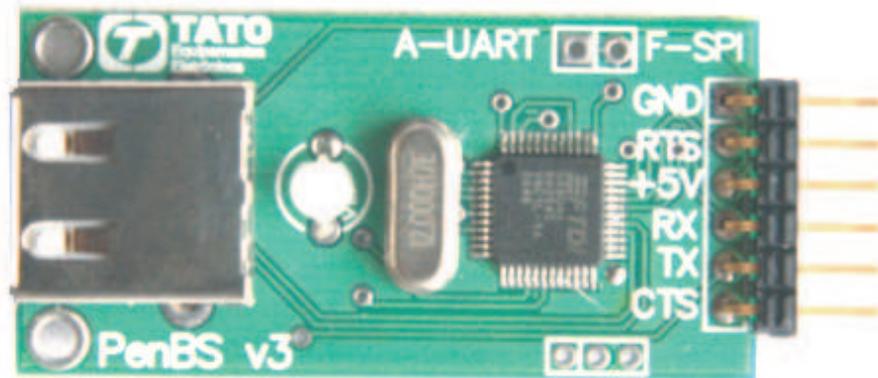


Fig. 4.8: Detalhe da placa de comunicação com o *pendrive*.

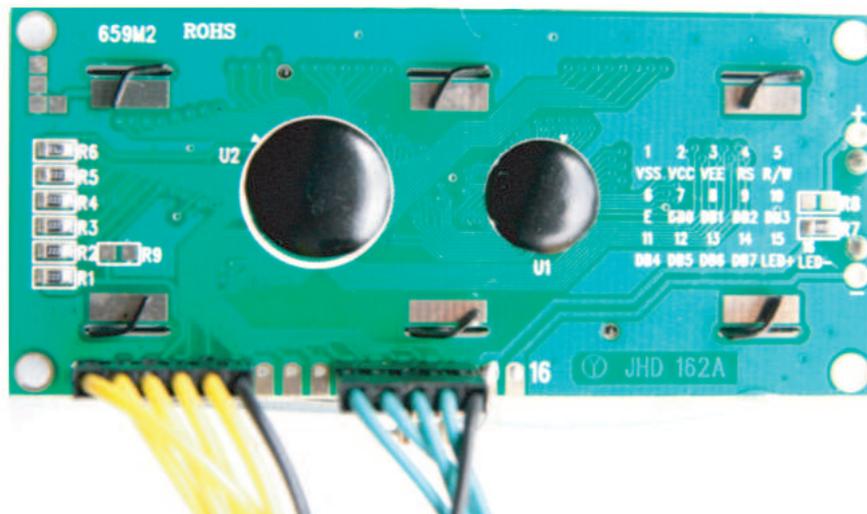


Fig. 4.9: Placa de display para visualização.

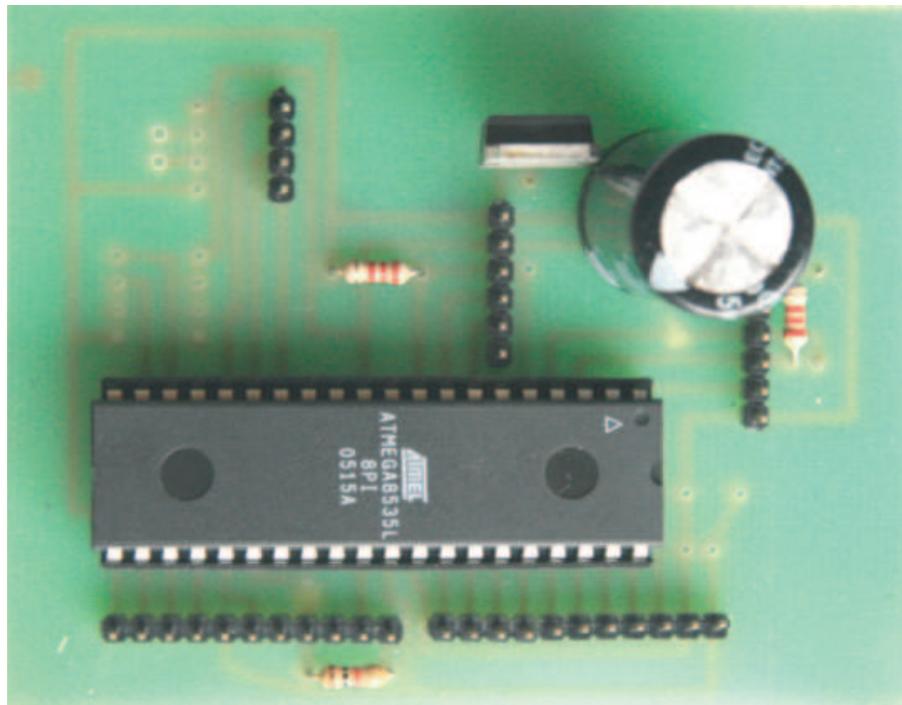


Fig. 4.10: Placa de controle e medição das entradas digitais e analógicas.

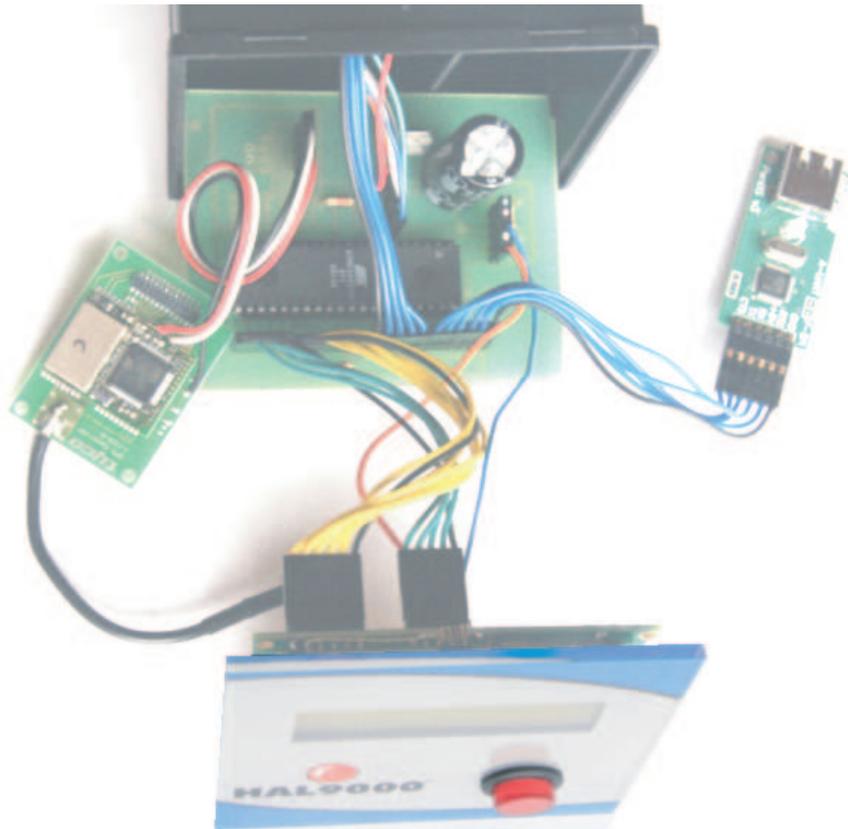


Fig. 4.11: Vista explodida do circuito.



Fig. 4.12: Vista do equipamento montado.

Capítulo 5

Software do sistema

Os programas descritos têm a função de prover uma interface de uso simples e fácil, para que o usuário possa usufruir das informações coletadas, sendo capaz de elaborar relatórios e de avaliar de forma objetiva o uso dos veículos cujas medições foram feitas.

5.1 Software para análise de dados cumulativos.

Este software, desenvolvido em linguagem Delphi 5.0, se refere ao hardware básico do projeto, que conta com um *chip* de baixa capacidade e sem GPS. O software utilizado para coleta dos dados dos *chips* e análise da viagem é basicamente uma tabela de dados que serve para comparação entre os condutores, para que o gerente da frota possa, de forma ágil e fácil, determinar um padrão de condução do condutor. Na Fig. 5.1 é apresentada a tela de inicialização do software.

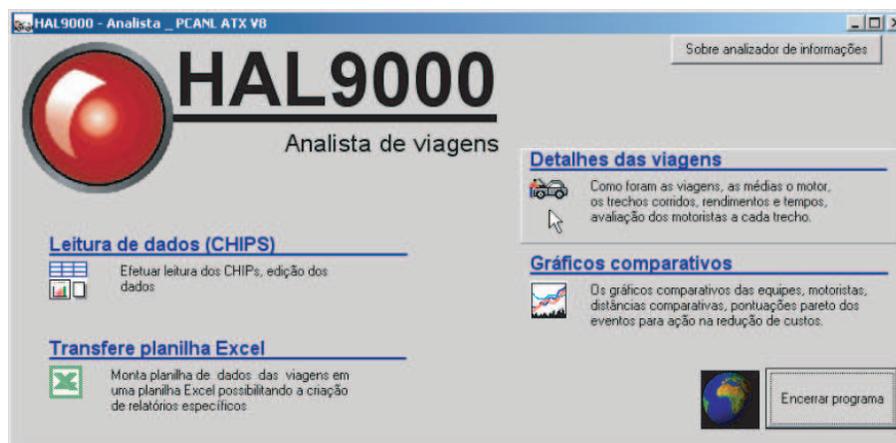


Fig. 5.1: Tela de inicialização do sistema

5.2 Interface de leitura dos dados

Para leitura dos dados medidos e gravados no *chip*, foi desenvolvida uma interface RS232 que faz a leitura e armazena os dados numa base de leituras. No momento da leitura dos dados, já são calculadas as informações adicionais de tempos totais, porcentagens e pontuação do condutor, fazendo a sua avaliação.

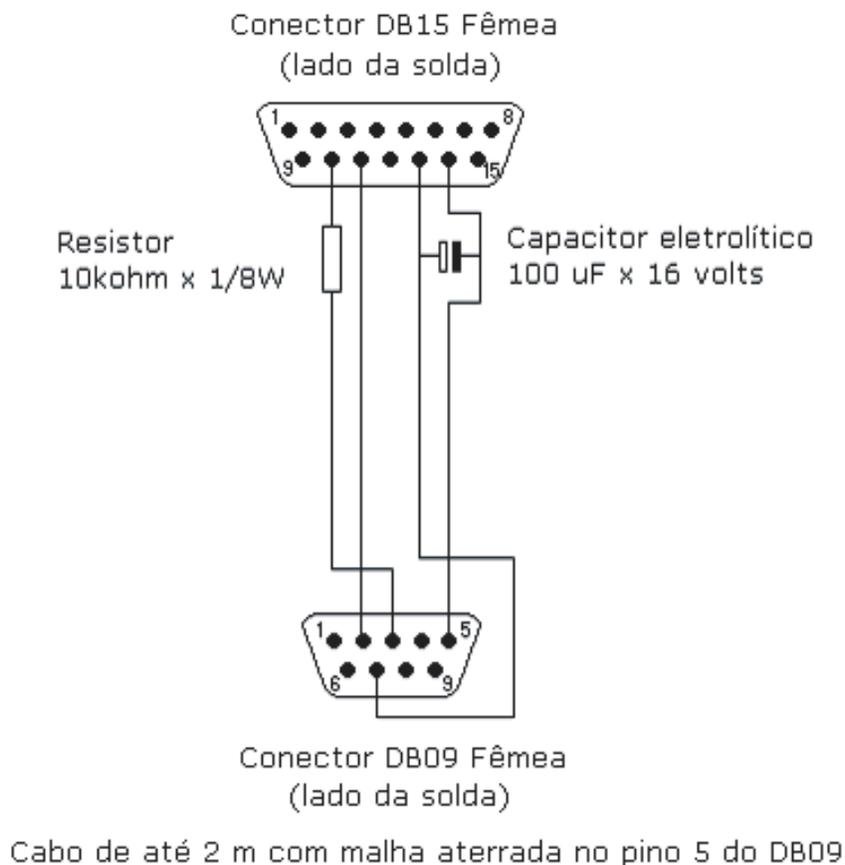


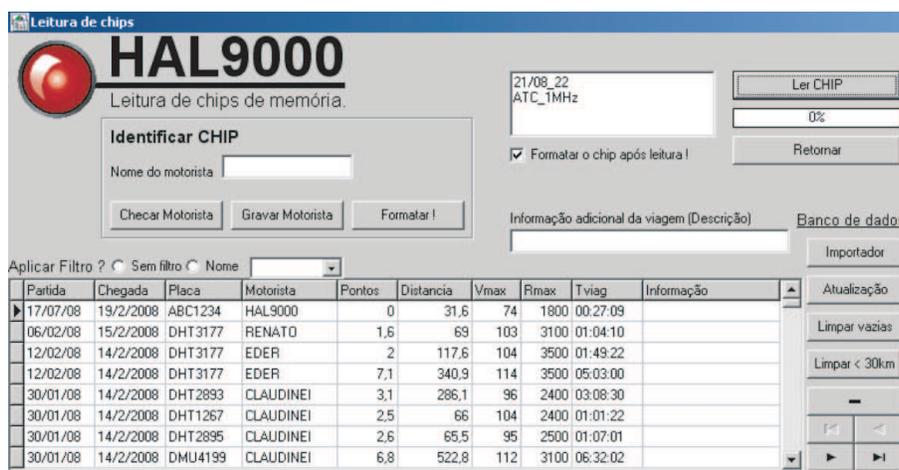
Fig. 5.2: Esquema elétrico do cabo de leitura do *chip*

Como o sistema não contempla um RTC (Real Time Clock), a determinação de início de viagem se dá no momento em que o *chip* é entregue ao condutor e termina quando é feita a leitura dos dados do *chip*.

Na tela de leitura de dados vemos os comandos para leitura dos dados, comandos para identificação do condutor e mini tabela com últimas leituras para verificação prévia das mesmas.

5.3 Interface de verificação das viagens lidas

Nesta tela são apresentados os dados referentes a medições feitas, com possibilidade de seleção por data, veículo ou condutor. A abordagem gráfica colorida visa facilitar a identificação dos parâ-

Fig. 5.3: Tela do software de leitura do *chip*

metros proibidos (em vermelho) que contribuem para a pontuação do condutor, que é uma somatória dos excessos ocorridos na viagem.

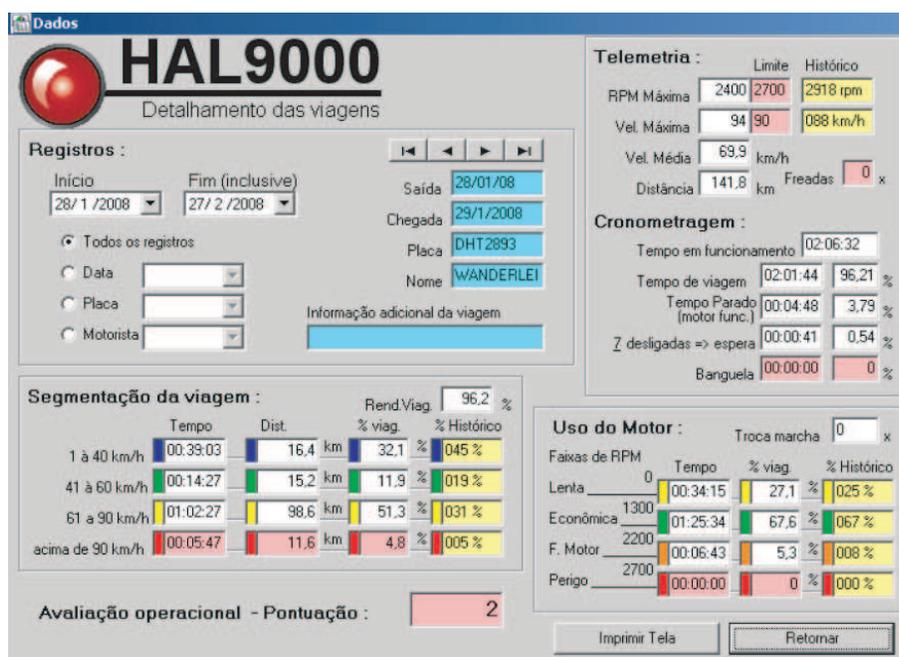


Fig. 5.4: Exemplo de detalhamento da viagem

O cálculo da pontuação pode variar de acordo com a utilização do sistema e/ou perfil do cliente. Por exemplo, para uma frota em trajetos curtos na cidade, o peso para excesso de velocidade será diferente de um perfil onde se viajam grandes trajetos de estrada.

Uma outra abordagem é determinar um padrão de conduta que deverá ser seguido pela frota. Neste caso a pontuação torna-se um item a mais para comparação; a empresa pode, por exemplo, determinar tempo máximo parado, porcentagem mínima de motor na faixa verde, etc., de acordo com

seu perfil de trabalho, ou seja através da inclusão de pesos determinados a cada evento medido é possível criar um índice (pontuação) que expresse um comportamento em decorrência das variáveis medidas na viagem.

Se numa empresa a velocidade máxima é um item de alta importância, é possível determinar um peso maior ao tempo de velocidade em excesso, do que o que se estabeleceria ao tempo de banguela.

Neste exemplo temos a pontuação calculada da seguinte forma:

$$P1 = (\text{Velocidade máxima menos Limite de velocidade}) / 2$$

$$P2 = (\text{Tempo em velocidade vermelha} + \text{Tempo de RPM vermelho} \times 10) / 60000$$

$$P3 = (\% \text{ Velocidade vermelha} + \% \text{ RPM vermelho}) / 200$$

$$P4 = \text{Número de Freadas} / 10 + \% \text{ Banguela}$$

$$P5 = (\text{RPM máximo} - \text{Limite de RPM}) / 200$$

$$P6 = \text{Distância em velocidade acima do limite} / 5000$$

$$\text{Pontuação} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5$$

Os tempos utilizados na fórmula (P2) são expressos em segundos. Em casos de outros usos, como por exemplo frota de ônibus urbanos, há de se adequar as fórmulas de acordo com o perfil de uso e condução de frota.

5.4 Avaliação dos condutores

Uma vez estabelecida a expressão da pontuação, temos um índice para comparação dos condutores que é expresso na forma de um gráfico comparativo, que agrega as viagens do período, mostrando as médias de cada condutor e/ou veículo na frota.

No caso apresentado na Fig. 5.5 o condutor CELSO obteve maior pontuação e, pela formulação exposta, pode-se concluir que é o condutor que mais medições tem nos itens proibidos (vermelhos). No gráfico à direita temos os mesmos dados dispostos em gráfico de pareto, que facilita a tarefa de se quantificar o impacto do condutor indisciplinado na frota, que neste caso é de 44.55%, ou seja quase metade das infrações seriam cometidas pelo mesmo.

5.5 Operação do sistema

O uso deste software é bem simples sendo sua operação feita em duas etapas. A primeira etapa para coleta de informações (leitura dos *chips*) e a segunda para análise dos dados e avaliação do grupo em questão.

Primeira etapa: Operação de coleta de dados

- a) O condutor, após término da viagem, entrega o *chip* com os dados da viagem feita.
- b) O coordenador da frota inicia o programa de leitura de dados e lê os dados contidos no *chip*. Uma vez que o *chip* é lido, ele tem seus dados apagados, com exceção da identificação do condutor dono

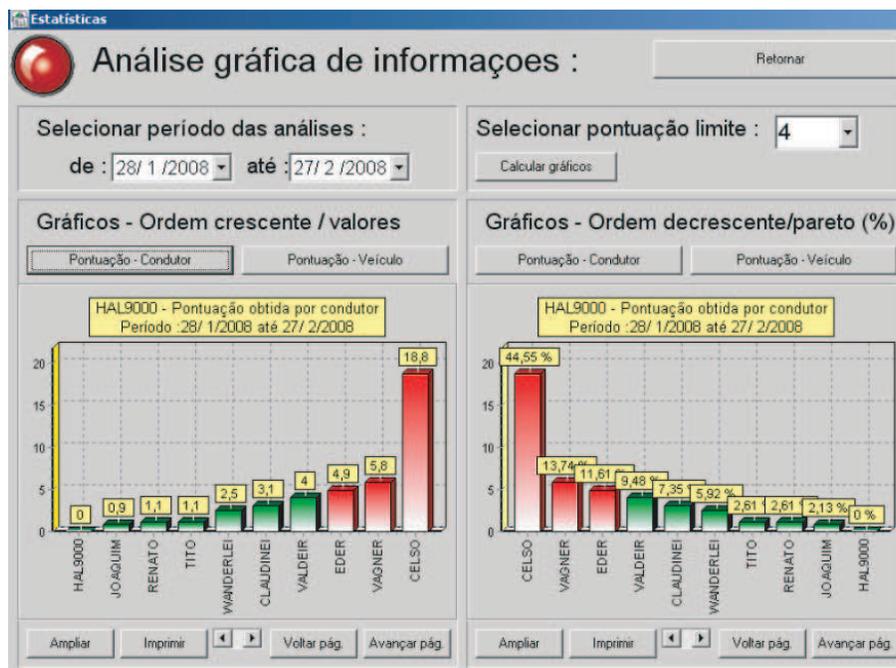


Fig. 5.5: Exemplo de extratificação da viagem

do *chip*. Essas informações serão guardadas num banco de dados, para posterior análise.

c) O *chip* é devolvido ao condutor, para registro das futuras viagens.

Segunda etapa: Operação de análise dos dados

a) O coordenador da frota inicia o programa de análise dos dados colhidos, e seleciona a opção de Gráficos comparativos, para ter uma visão geral das pontuações dos condutores num determinado período.

b) Na apresentação dos gráficos, o coordenador poderá identificar os condutores que obtiveram pontuações acima do limite estabelecido pela empresa, no caso abaixo, 4 pontos.

c) Uma vez feita a identificação e eventual impressão dos gráficos, o coordenador volta para a tela de dados das viagens e seleciona as viagens dos condutores com pontuação altas.

d) Com as viagens selecionadas é possível determinar quais foram as faltas dos condutores em questão (velocidade, queima de giro, tempo parado, etc.). O procedimento de confronto com o condutor pode variar de empresa ou operador do sistema, podendo ser estabelecida uma reunião apenas com os condutores ruins, ou algum procedimento de conversa individual, dependendo do porte e características da empresa em questão.

e) Geralmente produz-se uma tabela da evolução do número de condutores que estão fora dos padrões estabelecidos, mostrando assim a eficácia do sistema implantado na frota.

5.6 Software para análise de dados do sistema complementar

Como para a implementação deste sistema é necessário que sua operação seja feita por especialistas numa grande quantidade de informações, que englobam dados de telemetria analógicos, digitais e de posição, há de se necessitar de ferramentas onde os dados estejam disponíveis de forma integral sem tratamento prévio.

5.7 Características do software

Em atendimento às características de transferência dos dados pelo dispositivo de armazenamento (*Pendrive*), não haveria a necessidade de elaboração de um software específico para coleta dos dados, mas sim de uma formatação lógica para fácil uso do mesmo.

Neste caso houve um esforço de se gravar os dados de forma padronizada, para que os mesmos pudessem ser transferidos para uma planilha eletrônica e lidos por um programa de manipulação gráfica de mapas. No caso foi utilizado o programa TrackMaker, de procedência nacional, que já conta com vários mapas de cidades do Brasil, sem custos de licenças e/ou utilização.

A seguir apresenta-se uma seqüência de leituras feitas em arquivo padrão texto (extensão .txt).

```
Version,212
t,dm,S22 49.3978',W047 03.9080',25/03/08,12:26:48,,0597.,0,0,00,950,513,0,1,624
t,dm,S22 49.3978',W047 03.9080',25/03/08,12:26:56,,0597.,0,0,00,951,513,0,0,624
t,dm,S22 49.3978',W047 03.9080',25/03/08,12:27:01,,0597.,0,0,00,947,517,0,0,626
t,dm,S22 49.3978',W047 03.9080',25/03/08,12:27:07,,0597.,0,0,00,945,517,0,0,626
t,dm,S22 49.3978',W047 03.9080',25/03/08,12:27:12,,0597.,0,0,00,944,517,0,0,626
n,ACTIVE LOG,0,2
```

Descrição dos campos (separação por vírgula):

t,dm : prefixo delimitador utilizado pelo Trackmaker

S22 49.3978 : Latitude

W047 03.9080 : Longitude

25/03/08 : Data

12:26:48 : Hora

0597. : Altitude

0 : Controle do trackmaker

0 : Velocidade

00 : Nr de satélites detectados

950 : Entrada analógica 1, Tensão da bateria

513 : Entrada analógica 2, Corrente da bateria

0 : Entrada analógica 3, Sinal de disparo de pico de corrente

1 : Entrada analógica 4, Sensor de velocidade da roda

624 : Entrada analógica 2, Sensor de temperatura

Capítulo 6

Considerações finais

Neste capítulo será apresentada a síntese do projeto, conclusões e também um panorama futuro desta aplicação. Na síntese do projeto vamos identificar os elementos principais que diferenciam o projeto como um sistema de medição que inova na telemetria e medição de uso veicular. Na conclusão será feita uma correlação entre a aplicação prática do equipamento e as medições e processos apresentados. Na exploração de panoramas futuros vamos discutir as aplicações futuras que estão em curso e poderão vir a ser realidade no emprego desta tecnologia.

6.1 Síntese do projeto

O projeto apresentado tem como diferencial a possibilidade de, além das medições propriamente ditas, oferecer a funcionalidade de gerar uma avaliação da viagem e prover uma comparação, baseada nestes critérios, do uso de diversos veículos por vários condutores. Com isto, o gerente de uma frota passa a ter uma ferramenta que o auxilia na determinação de ações corretivas e preventivas quanto ao uso incorreto ou ineficiente dos veículos.

Durante 8 meses foram adotados os procedimentos de instalação e acompanhamento da evolução do aspecto de pontuação (velocidades excessivas, freadas e tempo em banguela) dos condutores. Os resultados aferidos mostram uma melhoria no comportamento dos motoristas, em aspectos como redução de acidentes e economia de combustível. No que diz respeito aos aspectos de manutenção, embora não se possa afirmar que a instalação do computador de bordo tenha sido o motivo da redução em manutenção nos veículos, a correlação observada indica que as melhorias foram resultado da implementação da tecnologia aqui escrita.

A melhoria das viagens acompanhadas foi sensível e teve sua evolução conforme esperado no processo aplicado. A Tabela Tab. 6.1 mostra a evolução.

No mês de setembro houve uma alteração no valor de velocidade máxima permitida, pois a empresa se tornou mais rigorosa em relação a este aspecto, reduzindo este valor de 95 km/h para 90 km/h, e devido à “inércia” da reação dos condutores para efetiva adoção deste novo limite, o número de condutores que ultrapassou a pontuação limite aumentou para 18,5%.

Mês	Condutores	Nr. com pontuação elevada	Porcentagem da amostra
Fev/07	21	8	38,1%
Mar/07	34	13	38,2%
Abr/07	44	6	13,6%
Mai/07	59	7	11,8%
Jun/07	67	9	13,4%
Jul/07	70	15	21,4%
Ago/07	87	9	10,3%
Set/07	81	15	18,5%

Tab. 6.1: Evolução da pontuação no período de testes

6.2 Conclusão

A aplicação prática do projeto mostrou que os critérios de avaliação foram satisfatórios e levaram aos resultados esperados, ou seja, os condutores avaliados e que foram orientados no sentido de evitar os erros que vinham cometendo, prontamente buscaram conduzir os veículos dentro dos padrões estabelecidos de velocidades, rotações e uso em geral do veículo.

As medições de velocidades, rotações e distâncias permaneceram compatíveis com as comparadas nos instrumentos existentes dos veículos. Durante o processo de uso dos equipamentos, os próprios motoristas avaliavam as medições e em 3% das instalações foi necessário recalibrar o equipamento.

Como última parte do desenvolvimento, elaboramos um circuito com GPS e armazenamento em *pendrive* cujos resultados se mostraram mais promissores que a simples medição de parâmetros do veículo (velocidade e rpm), pois com esta técnica de aquisição e dados é possível visualizar o trajeto e acompanhar de forma mais precisa o uso do veículo. Tal implementação se deu num projeto aprovado pela ANEEL e realizado em conjunto com a Eletropaulo, no uso de veículos de tração elétrica [9].

6.3 Trabalhos futuros

Atualmente observamos uma série de fusões de empresas que fornecem tecnologia de monitoramento automotivo a fim de propiciar mais funcionalidades e agregar serviços especializados, antes disponíveis apenas de forma estratificada. A tendência é de que a telemetria seja incorporada aos sistemas de rastreamento e localização veicular como um serviço ou funcionalidade complementar aos serviços de logística e segurança prestados ao mercado de transportes.

Como os sistemas de localização por GPS e comunicação via rede celular estão se equiparando entre as operadoras, resta às empresas que comercializam tais sistemas buscar tecnologias que agregam valores, como serviços diferenciados de busca e/ou incorporação de funcionalidades técnicas avançadas, dentre as quais incluímos o computador de bordo. Nesta esfera de tecnologia embarcada, o uso dos dados de barramento CAN nos veículos da Volkswagen já é realidade e utilizada para fins de avaliação do uso do veículo e já se fala na instalação de sensores de peso no veículo, para que o embarcador possa ter ciência da distribuição de carga por eixo do veículo a fim de evitar danos e desgastes prematuros nos veículos. Tais funcionalidades incorporadas ao sistema de transmissão

de dados via rede celular permitem o controle e o rastreamento em tempo real, fazendo com que eventuais ações corretivas sejam tomadas antes mesmo de que o veículo inicie sua viagem.

O aprimoramento de técnicas de avaliação e acompanhamento do uso dos veículos incorporado à sistemas de gerenciamento de manutenção dos mesmos é um diferencial tecnológico que deverá evoluir com a união de empresas especializadas neste segmento com empresas de rastreamento, pois hoje tais ações são implementadas como serviços distintos.

Um próximo passo futuro é a incorporação de sistemas de navegação agregados a um sistema de logística inteligente que informaria ao condutor qual melhor rota e, de acordo com a disposição do carregamento, quais clientes deverão ser atendidos numa seqüência ótima para a operação de entregas programada.

Referências Bibliográficas

- [1] Agência Nacional de Transportes Terrestres. *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres*. Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2005. CDU:656.1/.5.
- [2] Jener F.L. de Moraes. GPS - Tecnologia a serviço da Agricultura. Publicação o agrônomo, campinas, IAC - Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Agosto 2002. "http://www.iac.sp.gov.br/OAgronomico/531/53112-14_it_gps.pdf".
- [3] Marcos Paulo Pererra Magalhães. Estudo do comportamento dos protocolos GPRS em uma chamada de dados. Artigo técnico, União Educacional Minas Gerais S/C Ltda Faculdade de Ciências Aplicadas de Minas, 2005. "<http://si.uniminas.br/TFC/monografias/Monografia%20-%20Marcos%20Paulo.pdf>".
- [4] Cristiano Leles Belório. Descrição de um sistema de rastreamento veicular utilizando GPS. Artigo técnico, União Educacional Minas Gerais S/C Ltda Faculdade de Ciências Aplicadas de Minas, 2005. "<http://si.uniminas.br/TFC/monografias/Monografia-cristiano.pdf>".
- [5] Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A. Pagina principal. Página da internet, Autotrac Comércio e Telecomunicações S/A, Abril 2008. "<http://www.autotrac.com.br>".
- [6] Webrasca do Brasil. Pagina principal. Página da internet, WEBRASKA MOBILE TECHNOLOGIES S.A., FRANÇA, Abril 2008. "<http://www.webrasca.com.br>".
- [7] Multispectral Mapas Digitais. Pagina principal. Página da internet, Abril 2008. "<http://www.multispectral.com.br>".
- [8] CIC Vest Informações e Serviços S/C Ltda. *São Paulo Geografia de Negócios* . 1999. CGC 65.704.819/0001-85.
- [9] J.A. Siqueira Dias, E.C. Ferreira. *Projeto ANEEL No. 0390-47/2006 - Medidores inteligentes de energia para carregadores de baterias de veículos elétricos*. DEMIC/FEEC/UNICAMP, 2007.