

**MIGUEL DOS SANTOS ALVES FILHO**

**APLICAÇÃO DE REDES DE CONTROLE DISTRIBUIDO  
EM PROCESSO DE PESAGEM AUTOMATIZADO E  
INFORMATIZADO**

**Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**Área de Concentração:  
Sistema de Potência**

**Orientador:  
Prof. Dr. Eduardo Mário Dias.**

**São Paulo  
2001**

**MIGUEL DOS SANTOS ALVES FILHO**

**APLICAÇÃO DE REDES DE CONTROLE DISTRIBUIDO  
EM PROCESSO DE PESAGEM AUTOMATIZADO E  
INFORMATIZADO**

**Dissertação apresentada à Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**São Paulo  
2001**

SYSNO: 1187799

13/08/01

Defesa: 19/04/01

216p.

DEDALUS - Acervo - EPBC



31200005916

**Santos Alves Filho, Miguel**

Aplicação de Redes de Controle Distribuído em Processo de Pesagem Automatizados e Informatizados. São Paulo, 2001.

216p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação elétricas.

1. Automação de sistemas de pesagem. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. II. t

BC

Universidade de São Paulo  
Biblioteca da Escola Politécnica

FD- 2833

A minha família maravilhosa, a quem devo todas as minhas oportunidades de desenvolvimento mental, intelectual e moral. Que este seja uma pequena recompensa pela ajuda e dedicação.

Quem escolhe intenções elevadas no  
desempenho de suas atividades jamais  
esbarra no fracasso infeliz.

Emanuel.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

TERMO DE JULGAMENTO  
DE  
DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 19 dias do mês de abril de 2001, às 14:00 horas, no Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, presente a Comissão Julgadora, integrada pelos Senhores Professores Doutores Eduardo Mário Dias, orientador(a) do(a) candidato(a), Cícero Couto de Moraes e Yaro Burian Júnior, iniciou-se a Defesa de Dissertação de Mestrado do(a) Sr(a). **MIGUEL DOS SANTOS**

**ALVES FILHO.**

Título da Dissertação: "APLICAÇÃO DE REDES DE CONTROLE DISTRIBUIDO EM PROCESSO DE PESAGEM AUTOMATIZADO E INFORMATIZADO".

Concluída a argüição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Julgadora considerado o(a) candidato(a):

- Prof.Dr. Eduardo Mário Dias.....( *Aprovado* )
- Prof.Dr. Cícero Couto de Moraes.....( *Aprovado* )
- Prof.Dr. Yaro Burian Júnior.....( *Aprovado* )

Para constar, é lavrado o presente termo, que vai assinado pela Comissão Julgadora e pela Secretária de Pós-Graduação.

São Paulo, 19 de abril de 2001.  
A COMISSÃO JULGADORA

*[Handwritten signatures of the Commission members]*

Secretária: Elisabete Ap<sup>a</sup> F.S. Ramos *[Signature]*  
Obs: Resolução 4476, de 17.09.1997 Altera dispositivos do Regimento Geral da USP Art.109 - Imediatamente após o encerramento da argüição da dissertação ou da tese cada examinador expressará seu julgamento em sessão secreta, considerando o candidato aprovado ou reprovado.

Homologado pela C.P.G. em reunião realizada 21/05/2001.

*Dr./EP.  
47295  
178519*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao querido amigo e orientador Prof. Dr. Eduardo de M. Dias pelo incentivo e sempre presente entusiasmo nos momentos de dificuldades.

Aos professores da escola Politécnica da Universidade de São Paulo que contribuíram direta ou indiretamente, através de significativo apoio técnico, para esta conquista. Destaco entre esses o Prof. Dr. Cícero C. de Moraes, Prof. Dr. Sérgio Luiz Pereira pelas contribuições e sugestões.

Ao estimado Prof. Wilson Lopes pelos debates e contribuições técnicas, aliadas a enorme paciência e dedicação.

Ao Eng. Paulo Roberto Cardinali e Prof Dr. Evaldo de Aragão Farqui., que não mediu esforços em auxiliar e revisar os textos.

A minha esposa, mulher e companheira magnífica, que por muitas vezes se viu sozinha, e conseguiu suplantar minhas ausências e faltas com ela mesma e a nossa filha Nicole.

A minha filha de coração Daiane Patrícia de Oliveira, que ajudou na criação e execução das gravuras e desenhos, do que entendia e do que não entendia também, sempre incentivando e acreditando no resultado deste trabalho.

A Joyce Macedo Pereira que curtiu um feriado prolongado fazendo revisão geral e impressão até o ultimo minuto, conferindo e revisando tudo com todo carinho e responsabilidade.

A todos funcionários e amigos da CONCEITO Tecnologia, que de forma direta ou indiretamente sempre estiverem envolvidos, acompanhando e colaborando, sempre com empenho e boa vontade.

# SUMÁRIO

**Lista de figuras**

**Lista de tabelas**

**Resumo**

**Abstract**

<b>CAPÍTULO I - <u>INTRODUÇÃO</u></b> .....	<b>1</b>
<b>1 OBJETO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 NOVA TECNOLOGIA DE CONTROLE DISTRIBUÍDO</b> .....	<b>4</b>
2.1 DIFERENÇAS ENTRE AS TECNOLOGIA .....	7
2.2 COMPATIBILIDADE TOTAL COM A TECNOLOGIA TRADICIONAL.....	10
2.3 AMPLIAÇÃO DE INSTALAÇÕES EXISTENTES. ....	13
2.4 ACOMPANHANDO A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA. ....	14
2.4.1 PAINÉIS DE CONTROLE PARA SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO. ....	16
2.4.2 COMANDOS DE VÁLVULAS PNEUMÁTICAS. ....	21
2.4.3 O FUTURO PROVÁVEL DESSA NOVA TECNOLOGIA.....	23
<b>3 AUTOMAÇÃO E INFORMATIZAÇÃO DE BALANÇAS INDUSTRIAIS</b> 27	
3.1 PORQUE AUTOMATIZAR UMA BALANÇA DE PESAGEM DE VEÍCULOS... 28	
3.2 NECESSIDADE DE CONTROLAR O TRAFEGO SOBRE A PLATAFORMA DA BALANÇA. ....	30
3.3 CONFIABILIDADE NAS OPERAÇÕES E PESAGEM. ....	32
3.3.1 GERAÇÃO DO MNEMÔNICO CARACTERÍSTICO DO VEÍCULO .....	33
3.3.2 RESULTADOS OBTIDOS COM O MNEMÔNICO DO VEÍCULO .....	34

3.3.3	ADMINISTRAÇÃO OPERACIONAL EFICIENTE .....	35
4	POSTOS DE PESAGEM NA CODESP .....	36
5	FUTURO DOS SISTEMA DE BALANÇAS ELETRÔNICAS. ....	37
<b>CAPITULO II -BALANÇAS E SISTEMAS DE PESAGENS.....</b>		<b>39</b>
1	INTRODUÇÃO .....	39
1.1	BALANÇAS MECÂNICAS. ....	42
1.2	BALANÇAS HÍBRIDAS.....	43
1.2.1	MECANISMO DA PLATAFORMA.....	44
1.2.2	CÉLULA DE CARGA. ....	44
1.2.3	MÓDULO INDICADOR DIGITAL DE PESO. ....	44
1.2.4	IMPRESSORA.....	44
1.3	BALANÇAS ELETRÔNICAS .....	45
1.3.1	RECEPTOR DE CARGA (PLATAFORMA DE PESAGEM).....	48
1.3.2	LIMITADORES DE MOVIMENTO HORIZONTAL. ....	48
1.3.3	CÉLULAS DE CARGA. ....	49
1.3.4	CABO CONDUTOR.....	49
1.3.5	CAIXAS DE INTERLIGAÇÃO. ....	50
1.3.6	MONITOR DE PESAGEM.....	51
2	PRINCIPAIS COMPONENTES PARA TRANSFORMAR UMA BALANÇA COMUM EM UM POSTO DE PESAGEM AUTOMATIZADO. .	51
2.1	CÉLULAS DE CARGA. ....	52
2.1.1	ESFORÇO – DEFORMAÇÃO.....	53
2.1.2	EXTENSÔMETRO DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA. ....	54
2.1.3	LINEARIDADE DA CÉLULA. ....	56

2.1.4	CONECTIVIDADES COM SISTEMAS.....	56
2.2	MONITOR DE PESAGEM.....	58
2.2.1	FONTE DE ALIMENTAÇÃO.....	60
2.2.2	PRÉ-AMPLIFICADOR.....	60
2.2.3	FILTRO.....	61
2.2.4	CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL.....	61
2.2.5	CONTADOR (BASE DE TEMPO).....	62
2.2.6	UNIDADE MICROPROCESSADA.....	62
2.2.7	SAÍDAS.....	63
2.3	CONCEITOS E ANÁLISE DA INTERFACE SERIAL DE COMUNICAÇÃO PARA TRANSMISSÃO DO PESO.....	65
3	CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE UM POSTO DE PESAGEM AUTOMATIZADO E INFORMATIZADO.....	66
3.1	MNEMÔNICO CARACTERÍSTICO DO VEÍCULO.....	68
3.1.1	CURVA DE PESAGEM.....	71
3.1.2	SENTIDO DO VEÍCULO NA PESAGEM.....	90
3.2	CONTROLE DA VELOCIDADE DE ESTACIONAMENTO.....	93
3.3	SINALIZAÇÃO VISUAL E SONORA.....	94
4	POSTOS DE PESAGEM COM METODOLOGIA E TECNOLOGIA TRADICIONAL.....	94
4.1	PARTES E COMPONENTE BÁSICOS.....	95
4.1.1	SENSOREAMENTO DE POSIÇÃO.....	96
4.1.2	PLATAFORMA DE PESAGEM.....	96
4.1.3	CONJUNTO DE ALAVANCAS (BALANÇA HÍBRIDAS).....	96

4.1.4	CÉLULA DE CARGA. ....	96
4.1.5	GABINETE DE COMANDO. ....	97
4.1.6	MÓDULO INDICADOR DIGITAL DE PESO. ....	97
4.1.7	TECLADO. ....	97
4.1.8	MONITOR DE VÍDEO. ....	98
4.1.9	IMPRESSORA. ....	98
4.1.10	SISTEMA DE PROTEÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. ....	98
4.2	MÉTODO DESTA AUTOMAÇÃO. ....	99
4.3	TECNOLOGIA DESTA AUTOMAÇÃO. ....	103
4.4	ESTRUTURA DA LÓGICA DE AUTOMAÇÃO. ....	104
4.4.1	GERENCIAMENTO DO POSTO. ....	105
4.4.2	LÓGICA DE CONTROLE DE PESAGEM. ....	105
4.4.3	CONTROLE DE TRÁFEGO E POSIÇÃO. ....	106
4.4.4	LÓGICA DE COMUNICAÇÃO DE DADOS. ....	107
4.4.5	SISTEMA OPERACIONAL. ....	108
<b>CAPITULO III - <u>TEORIA DA REDE DE CONTROLE DISTRIBUÍDO</u></b> .....		<b>110</b>
1	INTRODUÇÃO .....	110
2	VISÃO GERAL DA TECNOLOGIA "LONWORKS" .....	112
3	UNIDADES DE PROCESSAMENTO "NEURON CHIP" .....	115
4	COMUNICAÇÃO ENTRE "NÓS" .....	121
5	PORTAS DE COMUNICAÇÃO .....	122
5.1	MODO DESCIDA DE PULSO. ....	124
5.2	MODO DIFERENCIAL. ....	130
5.3	MODO ESPECIAL. ....	132

6	TRANSCIVER PARA PAR TRANÇADO.....	134
6.1	LIGADO DIRETAMENTE.....	134
6.2	INTERFACE EIA-485.....	135
6.3	TRANSFORMADOR DE ACOPLAMENTO.....	136
7	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO "LONTALK".....	138
8	CONCLUSÃO.....	140
<b>CAPITULO IV - <u>APLICAÇÃO DA NOVA TECNOLOGIA</u> .....</b>		<b>141</b>
1	NOVO POSTO AUTOMATIZADO E INFORMATIZADO.....	141
2	PARTES E COMPONENTES BÁSICOS.....	144
3	ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DA LÓGICA DE AUTOMAÇÃO E INFORMATIZAÇÃO DO POSTO.....	157
3.1	GERENCIAMENTO DO POSTO DE PESAGEM.....	158
3.2	LÓGICA DE CONTROLE DE TRÁFEGO, POSICIONAMENTO E PESAGEM DE VEÍCULO.....	159
3.3	LÓGICA DE COMUNICAÇÃO DE DADOS.....	161
3.4	SISTEMA OPERACIONAL DO MICROCOMPUTADOR.....	161
4	CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS "NÓS" DA REDE DE CONTROLE.....	162
4.1	CONTROLE DE DESLOCAMENTO DO VEÍCULO.....	164
4.2	CONTROLE DE TRAFEGO E POSICIONAMENTO.....	165
4.3	CONTROLE DA CURVA DE PESAGEM.....	169
4.4	REGISTRO DA CARACTERÍSTICA DO VEÍCULO.....	173
5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS "NÓS".....	175
5.1	DETECTAR SEUS PRÓPRIOS DEFEITOS.....	175

5.2	SENSORES DAS BARREIRAS ÓPTICAS.....	176
5.3	ATUADORES DOS SEMÁFOROS E SIRENE.....	177
5.4	MONITORES DE PESAGEM.....	178
5.5	MICROCOMPUTADOR.....	179
5.6	LEITOR DOS CODIFICADORES MAGNÉTICOS DOS VEÍCULOS.....	180
6	ESCOLHA DO TRANSECTOR.....	181
7	CONCLUSÃO.....	181
<b>CAPITULO V – <u>COMPARATIVO EM ANÁLISE DE CONFIABILIDADE</u> ....</b>		<b>183</b>
1	DETERMINAÇÃO DA CONFIABILIDADE DE UM POSTO DE PESAGEM - INTRODUÇÃO.....	183
1.1	DETERMINAÇÃO DA CONFIABILIDADE OPERACIONAL DOS COMPONENTES DO POSTO DE PESAGEM TRADICIONAL.....	183
1.2	DETERMINAÇÃO DA CONFIABILIDADE GERAL DO POSTO COM TECNOLOGIA TRADICIONAL.....	184
1.3	DETERMINAÇÃO DA CONFIABILIDADE DO POSTO COM A NOVA TECNOLOGIA.....	185
2	DETERMINAÇÃO DO MTTF GLOBAL DE UM POSTO DE PESAGEM.....	187
2.1	DETERMINAÇÃO DO MTTF GLOBAL DE UM POSTO TRADICIONAL.....	187
2.2	DETERMINAÇÃO DO MTTF GLOBAL DE UM POSTO COM NOVA TECNOLOGIA.....	190
3	ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DE CONFIGURAÇÕES COM POSTOS DE PESAGEM.....	193
3.1	CONFIGURAÇÕES POSSÍVEIS DE SISTEMAS DE PESAGEM.....	193

3.1.1	SISTEMAS OPERACIONAIS COM DOIS POSTOS DE PESAGEM.....	193
3.2	SISTEMAS OPERACIONAIS COM TRÊS POSTOS DE PESAGEM.....	197
3.3	SISTEMAS OPERACIONAIS COM QUATRO POSTOS DE PESAGEM.....	199
3.4	SISTEMAS OPERACIONAIS COM TRÊS POSTOS EM OPERAÇÃO E UM POSTO RESERVA .....	201
4	MANUTENABILIDADE E DISPONIBILIDADE DE UM POSTO DE PESAGEM CONVENCIONAL.....	205
4.1	DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE GLOBAL DE UM POSTO DE PESAGEM CONVENCIONAL.....	205
4.1.1	DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DOS COMPONENTES DO POSTO DE PESAGEM .....	205
4.1.2	DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE GLOBAL DE UM POSTO DE PESAGEM.....	206
4.2	DISPONIBILIDADE DE UM POSTO DE PESAGEM INTELIGENTE.....	207
5	CONCLUSÃO .....	209
	<b>CAPITULO VI - <u>CONCLUSÃO GERAL</u>.....</b>	<b>211</b>
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>214</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA I. 1 ÁREAS DE APLICAÇÃO .....	1
FIGURA I. 2 EXEMPLO ILUSTRATIVO DE VARIOS NÓS EM REDE.....	5
FIGURA I. 3 - MCROS NA REDE MUNDIAL INTENET .....	6
FIGURA I. 4 - REDE DE CONTROLE DISTRIBUIDO COM ROTEADORES PARA ACESSAR DIFERENTES MEIOS FÍSICOS. ....	11
FIGURA I. 5 - REDE DE CONTROLE DISTRIBUIDO OPERANDO COM VÁRIOS MODELOS DIFERENTES DE CLPS E EM AMBIENTES VARIADOS.	12
FIGURA I. 6 - EVOLUÇÃO NA ÁREA DE PROCESSAMENTO DE DADOS ...	14
FIGURA I. 7 PAINEL EM MANUTENÇÃO .....	16
FIGURA I. 8 EXEMPLO TÍPICO DE UM CLP .....	17
FIGURA I. 9 QUADRO SINÓPTICO EM MONITOR DE VÍDEO .....	19
FIGURA I. 10 EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA EM CONTROLE DE PROCESSO .....	20
FIGURA I. 11 ERRO DE POSICIONAMENTO LONGITUDINAL .....	29
FIGURA I. 12 ERRO DE POSICIONAMENTO TRANSVERSAL.....	30
FIGURA I. 13 POSTO DE PESAGEM NA CODESP .....	36
Figura II. 1 Desenho do circuito em blocos do MP	64
FIGURA II. 2 - SINÓPTICO DE UM VEÍCULO SUBINDO EM .....	71
FIGURA II. 3 - CURVA DE PESAGEM DIRETA DO MONITOR DE PESAGEM	73
FIGURA II. 4 – ENTRADA DE UMA RODA NO PISO À PLATAFORMA DE PESAGEM.....	77
FIGURA II. 5 - CURVA DE PESAGEM PELA EQUAÇÃO (2-11).....	77

FIGURA II. 6 REAÇÃO DA PLATAFORMA DA BALANÇA QUANDO ENTRA O EIXO DO VEÍCULO.....	79
FIGURA II. 7 REAÇÃO DA BALANÇA AO RECEBER CARGA.....	80
FIGURA II. 8 - CURVA DE PESAGEM PLOTADA COM OS DADOS GERADOS PELA EQUAÇÃO (2-13).....	81
FIGURA II. 9 - CURVA COM A VARIAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO (DIFERENCIAL) COM OS MESMOS DADOS DO MONITOR DE PESAGEM PLOTADO NA FIGURA II.3.....	83
FIGURA II. 10 – CURVA DA TAXA DE CRESCIMENTO (DIFERENCIAL) COM OS DADOS FORNECIDOS PELA EQUAÇÃO (2-13).....	83
FIGURA II. 11 - ALTERADO A CONSTANTE $E k = 7000$ E $\gamma = 3.5$ .....	84
FIGURA II. 12 - VEÍCULO MODELO V11111 .....	87
FIGURA II. 13 - VEÍCULO MODELO V113 .....	87
FIGURA II. 14 - VEÍCULO MODELO V1111 .....	88
FIGURA II. 15 - VEÍCULO MODELO V112 .....	88
FIGURA II. 16 - VEÍCULO MODELO V12111 .....	88
FIGURA II. 17 - VEÍCULO MODELO V123 .....	89
FIGURA II. 18 - VEÍCULO MODELO V1211 .....	89
FIGURA II. 19 - VEÍCULO MODELO V122 .....	89
FIGURA II. 20 - VEÍCULO MODELO V111 .....	90
FIGURA II. 21 - VEÍCULO MODELO V12 .....	90
FIGURA II. 22 - VEÍCULO MODELO V11 .....	90
FIGURA II. 23 - POSTO DE PESAGEM COM METODOLOGIA.....	95

FIGURA II. 24 - INTERLIGAÇÃO DA VIA DE COMUNICAÇÃO DOS DADOS DE CONTROLE. ....	101
FIGURA II. 25 - ESTRUTURA DA LÓGICA DE CONTROLE DO POSTO.....	104
Figura III. 1 Configuração típica de um NÓ	113
FIGURA III. 2 VÁRIOS NÓS EM REDE DE CONTROLE.....	114
FIGURA III. 3 DIAGRAMA EM BLOCOS DO "NEURON CHIP".....	116
FIGURA III. 4. ORGANIZAÇÃO E RELACIONAMENTO DAS MEMÓRIAS INTERNAS. ....	117
FIGURA III. 5 ARQUITETURA INTERNA DE UM "NEURON CHIP".....	118
FIGURA III. 6 PROCESSADOR/MEMÓRIA ATIVOS.....	120
FIGURA III. 7 DIAGRAMA EM BLOCOS DO TRANCEPTOR INTERNO ....	123
FIGURA III. 8 CONFIGURAÇÃO EM MODO DESCIDA DE PULSO .....	125
FIGURA III. 9 FORMATO DO PACOTE NO MODO DESCIDA DE PULSO..	127
FIGURA III. 10 PACOTE COMPLETO.....	130
FIGURA III. 11 MODO DIFERENCIAL.....	131
FIGURA III. 12 FORMATO DOS DADOS EM MODO DIFERENCIAL.....	132
FIGURA III. 13 FORMATO DOS DADOS EM MODO ESPECIAL.....	134
FIGURA III. 14 INTERFACE COM INTERLIGAÇÃO DIRETA.....	135
FIGURA III. 15 EIA-485 INTERFACE COM PAR TRANÇADO. ....	136
FIGURA III. 16 CIRCUITO BÁSICO DE CONDICIONAMENTO .....	137
FIGURA III. 17 TOPOLOGIAS COM PAR TRANÇADO.....	137
Figura IV. 1. Aspecto Interno da Cabina de Controle	143
FIGURA IV. 2. ASPECTO EXTERNO À SALA DE CONTROLE.....	144
FIGURA IV. 3. LIGAÇÃO FÍSICA DOS ELEMENTOS DE CONTROLE.....	152

FIGURA IV. 4 - BARRAMENTO DA REDE DO POSTO AUTOMATIZADO ...	155
FIGURA IV. 5 - HARDWARE DOS NÓS .....	156
FIGURA IV. 6 - VISÃO GERAL DAS PALAVRAS DE REDE .....	163
FIGURA IV. 7 DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO DOS SENSORES .....	164
FIGURA IV. 8 - VARIÁVEIS DE REDE DO SENSOR PARA BARREIRA ÓPTICA.....	165
FIGURA IV. 9. POSICIONAMENTO DOS ATUADORES NA PLATAFORMA	166
FIGURA IV. 10 - VARIÁVEIS DE REDE DO NÓ DO SEMÁFOROS E SIRENE	167
FIGURA IV. 11. CURVA DE PESAGEM DIRETA DO MONITOR DE PESAGEM	170
FIGURA IV. 12. CURVA DIFERENCIAL EM RELAÇÃO A FIGURA IV.11.....	171
FIGURA IV. 13 - VARIÁVEIS DE REDE DA INTERFACE SERIAL 2 DO MICROCOMPUTADOR.....	174
FIGURA V. 1 - REPRESENTAÇÃO DE UM POSTO DE PESAGEM PELA ASSOCIAÇÃO DOS COMPONENTES EM DIAGRAMA DE BLOCOS.....	184
FIGURA V. 2 - REPRESENTAÇÃO DE UM POSTO DE PESAGEM COM A NOVA TECNOLOGIA.....	186
FIGURA V. 3 - CURVAS AJUSTADAS: CONFIABILIDADE E PROBABILIDADE DE FALHAS. ....	189
FIGURA V. 4 - CURVAS AJUSTADAS: TAXA DE FALHA INSTANTÂNEA E DENSIDADE DE PROBABILIDADE DE FALHA. ....	189
FIGURA V. 5 - CURVAS AJUSTADAS: CONFIABILIDADE E PROBABILIDADE DE FALHAS. ....	192

FIGURA V. 6 - CURVAS AJUSTADAS: TAXA DE FALHA INSTANTÂNEA E DENSIDADE DE PROBABILIDADE DE FALHA. ....	192
FIGURA V. 7 - CONFIGURAÇÃO DE DOIS POSTOS COM FUNÇÕES COMPLEMENTARES .....	194
FIGURA V. 8 CONFIGURAÇÃO DE DOIS POSTOS COM FUNÇÕES INDEPENDENTES.....	196
FIGURA V. 9 - CONFIGURAÇÃO DE TRÊS POSTOS COM FUNÇÕES INDEPENDENTES. ....	197
FIGURA V. 10 - CONFIGURAÇÃO COM TRÊS POSTOS DE PESAGEM: UM POSTO SENDO COMPLEMENTADO POR DOIS POSTOS COM FUNÇÕES INDEPENDENTES.....	198
FIGURA V. 11 - CONFIGURAÇÃO COM QUATRO POSTOS DE PESAGEM: DOIS SISTEMAS COMPLEMENTARES, COM POSTOS DE FUNÇÕES INDEPENDENTES.....	200
FIGURA V. 12 - CONFIGURAÇÃO COM QUATRO POSTOS DE PESAGEM: DOIS SISTEMAS COMPLEMENTARES:.....	201

## LISTA DE TABELAS

TABELA III. 1 REGISTRADOR DE CADA PROCESSADOR.....	120
TABELA III. 2 TIPOS DE TRANSCEPTORES COM.....	122
TABELA III. 3 CARACTERÍSTICAS DOS PINOS DA PORTA DE COMUNICAÇÃO.....	124
TABELA III. 4 VELOCIDADES DA COMUNICAÇÃO EM.....	126
TABELA III. 5 TRANSCEPTORES DE MERCADO.....	138
TABELA III. 6 NÍVEIS DO PROTOCOLO "LONTALK".....	139
TABELA V. 1 – CONFIABILIDADE OPERACIONAL DOS COMPONENTES	184
TABELA V. 2 – COMPONENTES QUE COMPÕEM UM POSTO COM A NOVA TECNOLOGIA.....	186
TABELA V. 3 – QUADOR DEMONSTRATIVO DAS CONFIGURAÇÕES DE SISTEMAS COM POSTOS DE PESAGEM .....	204
TABELA V. 4 -TEMPO MÉDIO DE REPARO, MANUTENABILIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE REPARO .....	205
TABELA V. 5 - DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DOS COMPONENTES DO POSTO DE PESAGEM .....	206
TABELA V. 6 -DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DOS COMPONENTES DO POSTO DE PESAGEM .....	208

## RESUMO

A atividade de projetar, implantar e manter uma automação, seja ela para apenas uma máquina ou uma planta de fábrica com várias máquinas em operações sincronizadas, encontra dificuldades com a interoperabilidade entre os circuitos atuadores, sensores, ou instrumentos de medição a serem tratados pelo sistema central de controle e supervisão.

A diversidade de possíveis soluções por muitas vezes engana, pois quando o sensor é adequado pode acontecer de não ter condição de conecta-lo ao sistema de controle. A solução final passa a ser a utilização de outros circuitos auxiliares para torna-los compatíveis, uns com os outros e assim serem finalmente ligados aos controladores.

Em outros casos um instrumento de medição disponibiliza suas informações com protocolo proprietário não dispondo os "drivers" para o controlador escolhido e já adequado as demais tarefas.

Este trabalho demonstra, a pesquisa e o desenvolvimento de uma tecnologia de automação e controle que propõe uma total interoperabilidade entre qualquer circuito, seja ele atuador, sensor ou instrumentos que seja desenvolvido nessa tecnológica ou adequado a ela.

Alem da interoperabilidade, essa tecnologia também revoluciona os conceitos tradicionais de automação, pois descentraliza todo o controle do processo. Cada elemento atuador ou sensor trabalha de forma independente ao mesmo tempo que estão integradas as atividades dos outros sensores e atuadores.

Como exemplo de aplicação este trabalho implementou um Posto de Pesagem Automatizados e Informatizados para operar com altos índices de confiabilidade e produtividade compatíveis com as atuais tendências de globalização da economia.

Neste trabalho são apresentados a metodologia e a modelagem para o desenvolvimento de qualquer sistema de controle com a nova tecnologia de rede de controle distribuído. Bem como foram destacadas as contribuições demonstradas nesta dissertação.

## **ABSTRACT**

The activity of projecting, implementing and maintaining an automation process, for a single machine or for a whole plant with several machines in synchronized operations, could face problems with the operations considering the performing circuits, sensors, or measurement instruments to be controlled by the central system of control and supervision.

The diversity of possible solutions some times deceives, because when the sensor is appropriate, it may cause difficulties to connect it to the control system. The final solution comes from the use of another auxiliary circuits to become them compatible one to each other, and finally be linked to the controllers.

In other cases a measurement instrument provides its information with protocol owner not disposing the "drivers" for the chosen controller and already appropriate for the other tasks.

This work demonstrates the research and development of an automation technology and control that proposes a total inter-relationship of the operations among any circuit, being the performer, sensor or instruments that is developed in such a technology or adapted to it.

Besides the inter-relationship of the operations, that technology also revolutionizes the traditional concepts of automation, because it decentralizes the whole control of the process. Each performer element or sensor works at the same time in an independent way that are integrated to the other sensors and performers.

As an example of application this work has implemented a Position of Automated and Computerized Weighing to operate with high reliability indexes and compatible productivity with the current tendencies of globalization of the economy.

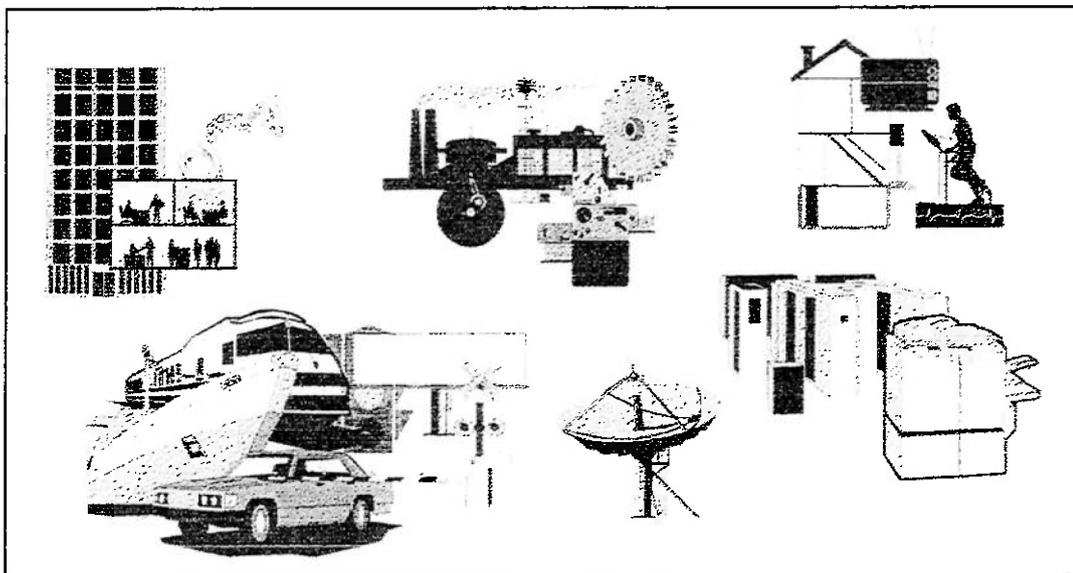
In this work the methodology and the shape for the development of any control system with the new technology of net of distributed control. As well as they were outstanding the contributions demonstrated in this dissertation.

# CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

## 1 OBJETO

A concepção fundamental deste trabalho está em implementar e demonstrar uma nova tecnologia de automação, que distribui aos circuitos sensores e atuadores, integrantes de qualquer sistema de controle de processo, inteligência e autonomia, para compartilhar e interrelacionar todos os estados internos e externos a serem controlados, através de uma rede de comunicação especialmente desenvolvida para essa inteligência distribuída.

Tal tecnologia terá aplicação direta em projetos de automação residencial, predial, industrial, automobilística e de movimentação de carga.



**Figura I. 1** Áreas de aplicação

Esta nova tecnologia cria novos componentes, atuadores ou sensores, dotados da capacidade de executar tarefas específicas de qualquer natureza, no local físico que estiver instalado, intertravando seu procedimento e atividade com os estados lógicos ou valores analógicos, presentes nesta mesma rede de controle distribuído. Isso é possível pois, são dotados da capacidade de se comunicar uns com os outros, e desempenhar suas tarefas individuais integradas ao todo, recebendo e enviando informações de forma atemporal e organizada, através de um protocolo de comunicação com tráfego adequado e eficiente.

Para fins de exemplificação prática desta nova tecnologia, este trabalho tomou como exemplo Postos de Pesagens Informatizados e Automatizados. Entenda-se por Postos de Pesagem ao conjunto de balanças rodoviárias ou ferroviárias, (*híbridas ou eletrônicas*), originais de fábrica associadas à equipamentos para controlar e informatizar o processo de pesagem.

Tudo que é tratado neste trabalho, implementando aplicação específica de Posto de Pesagem, poderá ser extrapolado a qualquer outro controle de processo.

A escolha deste produto como modelo, foi definida principalmente em razão da complexidade e diversidade na comunicação entre seus sensores e atuadores, pois são mesclados circuitos simples de sinais digitais com circuitos complexos

de instrumentos de medições analógicas que disponibilizam suas medições através de interface de comunicação serial.

Essa mistura de circuitos sensores, que formam barreiras ópticas, circuitos atuadores para indicação visual e sonora, e equipamento de indicação de peso da balança eletrônica, ligados a um sistema centralizado que realiza a supervisão e controle das operações de estacionamento do veículo, como exemplo, possui um significativo número de dados a serem tratados e controlados em tempo real.[9]

Os referidos Postos de Pesagem foram desenvolvidos de acordo a filosofia de controle centralizado e apresentados nesta dissertação como tecnologia tradicional. Será elaborado um comparativo entre as duas tecnologias, a tradicional e a agora proposta, identificando as limitações e as facilidade de uma em relação a outra, na capacidade de expandir seus elementos de controle.

Além da implementação desta nova tecnologia na área de pesagem de veículos, também nesta dissertação foram dados mais dois passos importantes na área de automação e informatização de Postos de Pesagens, que são:

- Desenvolvimento de um modelo matemático para executar simulações de pesagens para qualquer tipo de veículo;

- Revisão e alteração nos conceitos básicos do método de automação usados nos Postos de Pesagens convencionais, instalados e em operação na Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), que atualizam o processo de controle orientado para barreiras ópticas, e nesta dissertação será proposto um método usando somente a curva de pesagem do veículo.

Deve-se frisar que a metodologia proposta pode ser implementada isoladamente nos Postos de Pesagens automatizados com tecnologia tradicional.

Este trabalho vem a complementar os demais já realizados no Grupo de Automação e Sistemas Industriais (GAESI) , que tem contribuído com várias dissertações e teses na área portuária, [9], [15], [17], [19].

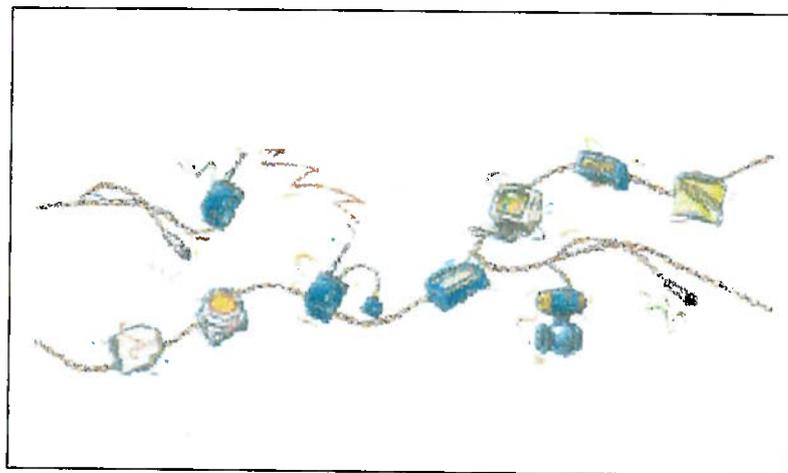
## **2 NOVA TECNOLOGIA DE CONTROLE DISTRIBUÍDO**

Esta tecnologia baseia-se em circuitos integrados associados e encapsulados junto a sensores e/ou atuadores, capacitando-os a realizar sua função específica, no local físico onde se encontram, intertravando seu procedimento e operação, considerando todos os estados lógicos ou valores analógicos dos outros sensores e atuadores presentes em uma mesma malha de controle na rede. Eles realizarão suas tarefas individuais, recebendo e enviando

informações de forma atemporal e organizada, através de tráfego e protocolo de comunicação eficiente e adequado.

Este conjunto de componentes, com sensor(es) ou atuador(es), será referenciado daqui para diante com o termo, "Nó sensor" ou "Nó atuador" ou simplesmente "Nó".

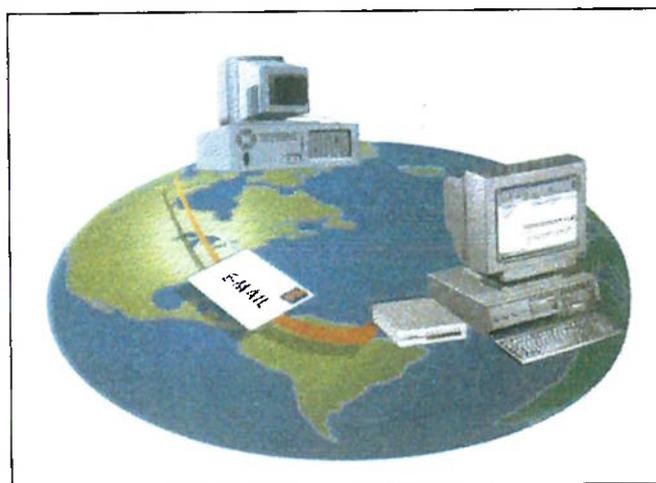
Cada Nó é conectado ao meio físico através de um circuito transceptor, ou seja, transmissor e receptor adequado ao meio físico escolhido, em função do processo que se deseja controlar e automatizar (figural.2).



**Figura I. 2 Exemplo ilustrativo de varios nós em rede**

Independente do tipo do Nó, utilizado na rede de controle, ser analógico ou digital, todos os sinais nesta rede de controle são transformados em informações digitais. Isto simplifica o processo de comunicação, viabilizando qualquer distância entre os circuitos nesta rede.

Este processo assemelha-se muito ao utilizado nos microcomputadores ligados a rede mundial, Internet, pois no protocolo utilizado na rede Internet, todos os sinais estão codificados em informações digitais, independentemente da natureza da informação original ser analógico ou digital.



**Figura I. 3 Micros na rede mundial**

Com o uso de sinais digitais nas comunicações, as informações são enviadas e recebidas na certeza que seu conteúdo permaneceu íntegro durante o processo de transmissão pelo meio físico utilizado. A mensagem é sempre acompanhada de um valor numérico calculado, com os dados que à contem, no momento em que está sendo montada para a transmissão. Esses elementos numéricos de controle que acompanham a informação é o resultante de um cálculo simples de soma ou de um algoritmo mais sofisticado.

As informações que trafegam nessa rede recebem um nome no momento da criação dos aplicativos de cada Nó, são nomes fixos, e que terão seus

conteúdos variáveis controlados pela aplicação. A esses nomes vamos chamar de Palavras da Rede.

Cada Nó, dependendo da sua atividade na rede, poderá ter uma ou várias palavras de rede entrando ou saindo, que irão informar dado(s) de saída(s) e/ou de entrada(s) dos outros Nós, ou seus estados internos a serem informados à rede.

Atribui-se as palavras que entram ou saem de cada Nó a que Nó físico está relacionado. Assim estabelece-se as diferentes malhas da rede e os níveis e graus de relacionamentos, com seus respectivos domínios.[10],[12]

O ponto forte desta tecnologia está no método de palavras da rede e como se relacionam umas com as outras dos diferentes Nós e diferentes domínios. Estes detalhes serão exemplificados mais adiante no Capítulo III.

## **2.1 Diferenças entre as tecnologia**

A diferença fundamental entre uma rede de Nós, criados com a nova tecnologia, em relação a equipamentos distribuídos para aquisição e distribuição dos estados lógicos de suas entradas e/ou saídas na tecnologia tradicional, está no fato de um Nó ser totalmente independente, pois tem sua aplicação residente em si, atuando e respondendo aos estímulos gerados pela

rede ou de seu(s) sensor(es) e/ou atuador(es) ligado(s) à ele diretamente, ao contrário da tecnologia tradicional que usa o sistema centralizado.

Na configuração, ou topologia tradicional de sistemas, consegue-se fazer acionamentos e leituras, com entradas para receberem sinais de sensores e saídas para acionamentos de atuadores, sendo estes conjuntos de pontos controlados de forma remota, ou seja, através de um sistema central de processamento instalado à distancia.

Estes módulos, chamados de estações remotas, são apenas preparados com protocolos de comunicação FieldBus, Profibus ou outros, para entregar os respectivos estados de suas entradas ao sistema central e receber de volta, os estados lógicos atualizados que devem apresentar em suas saídas, definidos pela aplicação residente no sistema central.

Portanto, estas estações remotas não tem nenhuma autonomia, funcionam apenas vinculadas a um sistema central que toma todas as decisões de controle. Os estados lógicos dos sensores e/ou atuadores são apenas transferidos pelo protocolo de comunicação para o sistema central de processamento, que retorna a(s) decisão(ões) tomadas por ele, baseadas nas informações coletadas nas varreduras precedentes dos sensores da rede distribuídos nas estações remotas.[36]

Sendo assim, o sistema tradicional é uma configuração não distribuída e sim centralizada, pois é no sistema central que está todo o programa da aplicação que combina os intertravamentos e por conseguinte, toma as decisões repassando os respectivos resultados às saídas dos seus periféricos, que são as estações remotas, que por sua vez repassam esses estados aos dispositivos ou cargas que controlam.

Outra diferença a ser considerada entre a tecnologia tradicional e a nova, é que a maioria dos protocolos de comunicação utilizados são de propriedade dos fabricantes destes equipamentos e estações remotas. Na nova tecnologia todos os sistemas tem interoperabilidade com qualquer outro que for desenvolvido com a mesma tecnologia, pois o protocolo é intrínseco aos circuitos integrados usados nos produtos criados.

Em cada Nó, implementado com a nova tecnologia, o software da aplicação fica hospedado no próprio Nó, portanto ele toma todas as decisões no local com completa autonomia.

Outra diferença importante desta tecnologia em relação a tradicional se destaca quando da necessidade de integrar circuitos de instrumentação às malhas de controle. A solução na tecnologia tradicional é adicionar placas nas estações remotas o mais próximo possível destes instrumentos e conecta-los através de comunicação serial. A nova tecnologia possibilita que o instrumento possa ser desenvolvido total ou parcialmente com seus circuitos integrados

especiais, de modo a substituir a interface serial fazendo o mesmo ser considerado na rede como um Nó [48], igual aos demais com suas palavras de rede no formato e padrão característico a sua função.

## **2.2 Compatibilidade total com a tecnologia tradicional.**

A nova tecnologia proposta é totalmente compatível com a tradicional. Elas podem se relacionar utilizando circuitos eletrônicos, chamados de portais de comunicação "Gateways". Esses portais recebem e transmitem de um lado o protocolo proprietário do equipamento tradicional existente, e do outro lado recebem e transmitem os estados resultantes dos "Nós" da rede inteligente distribuída. Um exemplo desta configuração em uma rede mista está ilustrado na figura I.4 e figura I.5.

A Nova Tecnologia também permite comunicação com vários meios físicos. Neste caso são colocados equipamentos chamados roteadores que recebem de um lado na velocidade do meio físico e do outro lado repassam com velocidade compatível do outro meio físico.

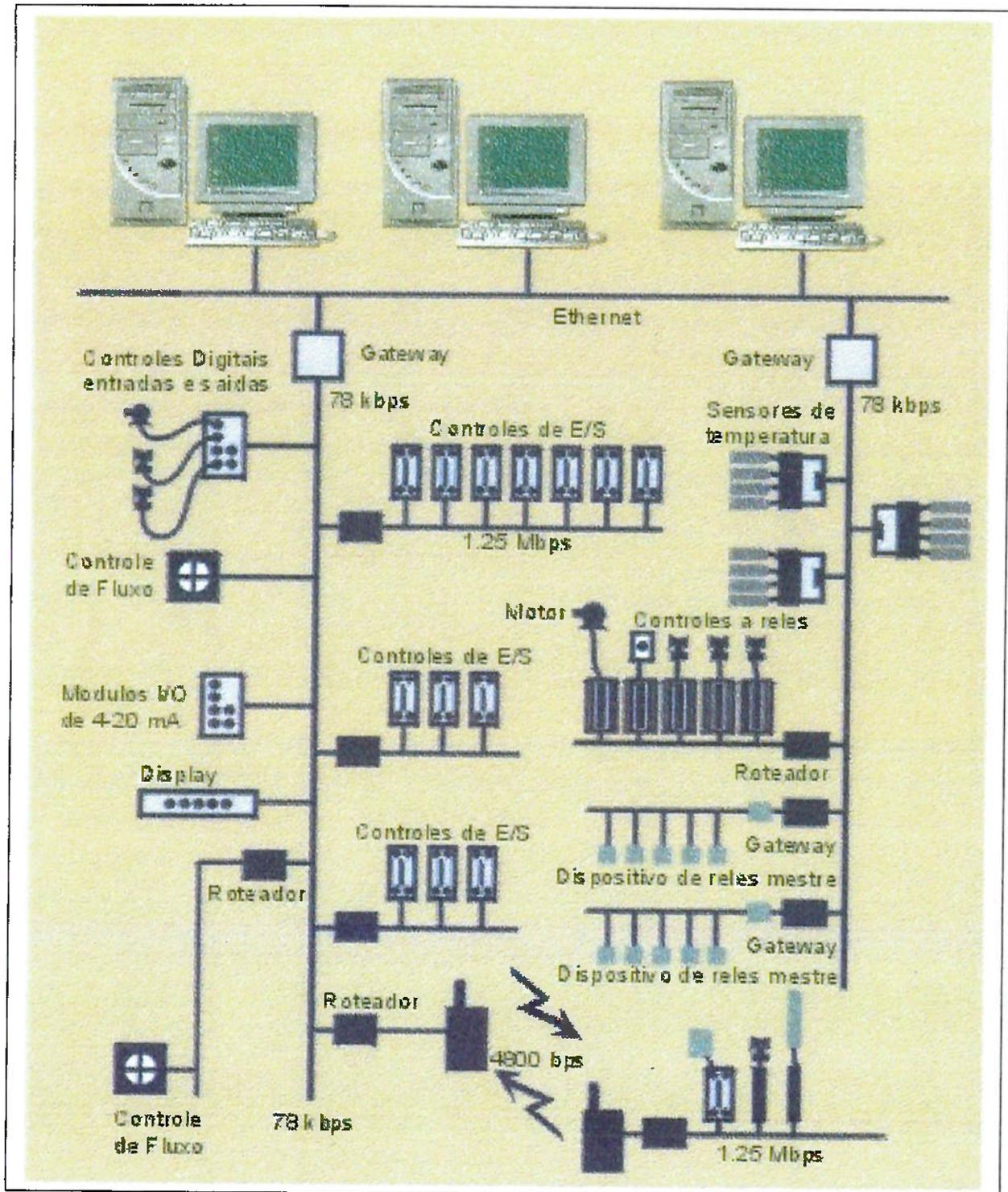


Figura I. 4 - Rede de controle distribuido com roteadores para acessar diferentes meios físicos.

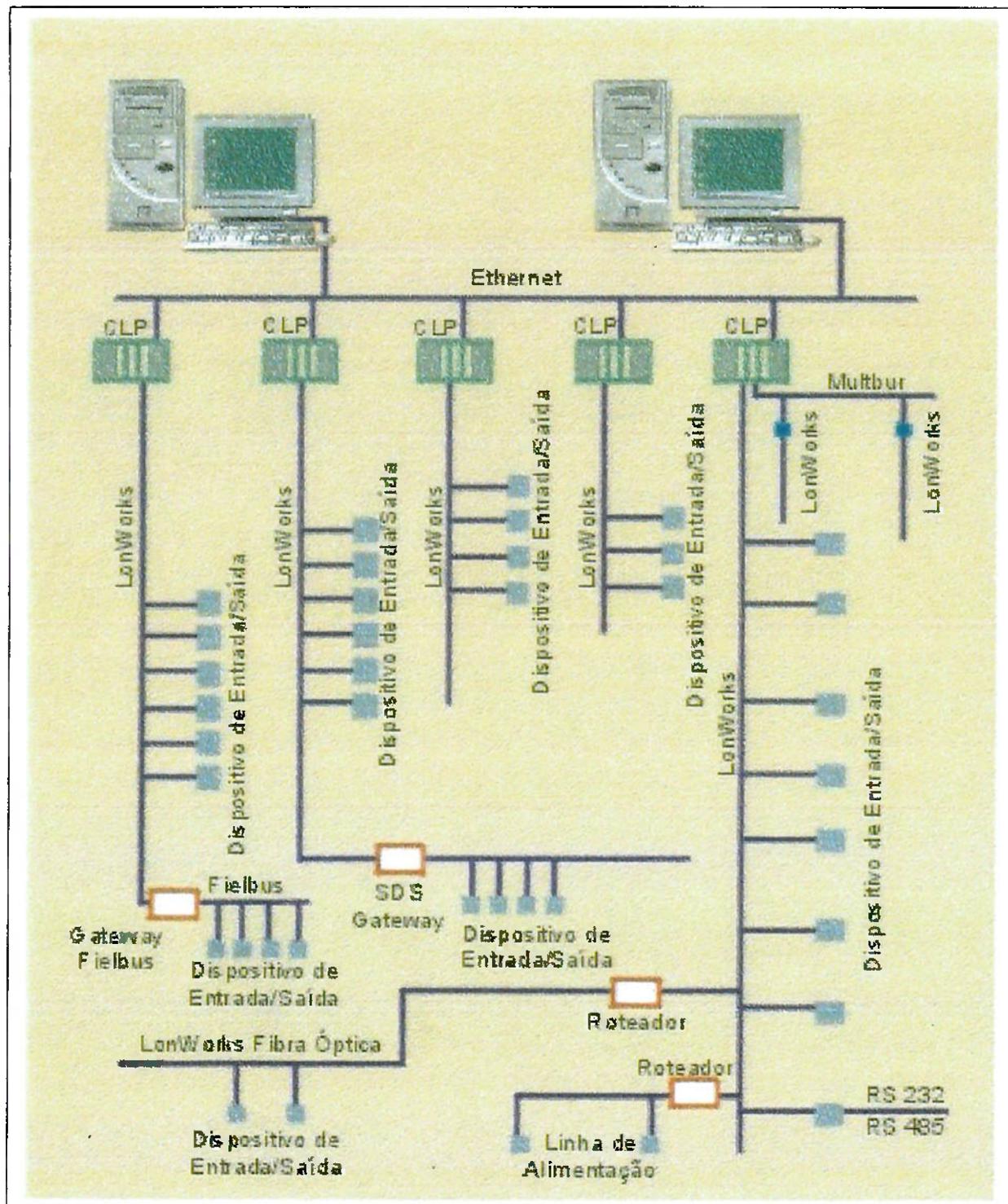


Figura I. 5 - Rede de controle distribuído operando com vários modelos diferentes de CLPs e em ambientes variados.

### **2.3 Ampliação de instalações existentes.**

Para um Nó ser acrescido na rede de controle, basta mapeá-lo com as “Palavras de Rede” intrínsecas ao próprio e conectá-lo aos outros Nós da rede, correlacionando-os de forma conveniente à tarefa que irá realizar.

As instalações pré existentes não se alteram continuando a atuar normalmente. O Nó que foi acrescido caso seja um atuador(es), passa a receber as Palavras de Rede que interessam às suas atividades na rede. Caso seja um Nó de sensor(es), passa a informar e interagir com os Nós relacionados a suas leituras.

Portanto, acrescentar ou tirar elementos da rede não traz nenhuma dificuldade física nas instalações, necessitando apenas de uma instalação lógica de identificação e inter-relação do Nó.

No que diz respeito as instalações físicas também não é necessário rigor na topologia, pois não há restrições de barramentos sendo, a topologia aberta (será descrito em detalhes no Capítulo III).

## 2.4 Acompanhando a evolução Tecnológica.

Existe uma forte tendência atual, em transformar sinais analógicos em sinais digitais, pois são mais fáceis de tratar e controlar, proporcionando controle pleno da integridade das informações permitindo serem tratadas a distância com toda segurança.

O que impulsiona essa tendência de migração, são as incríveis velocidades no processamento de informações digitais, aliadas aos encapsulamentos cada vez menores que, ao mesmo tempo que aumentam a quantidade de serviços, melhoram a capacitação desses componentes eletrônicos, possibilitando gerar circuitos com poucos componentes (figura I.6).

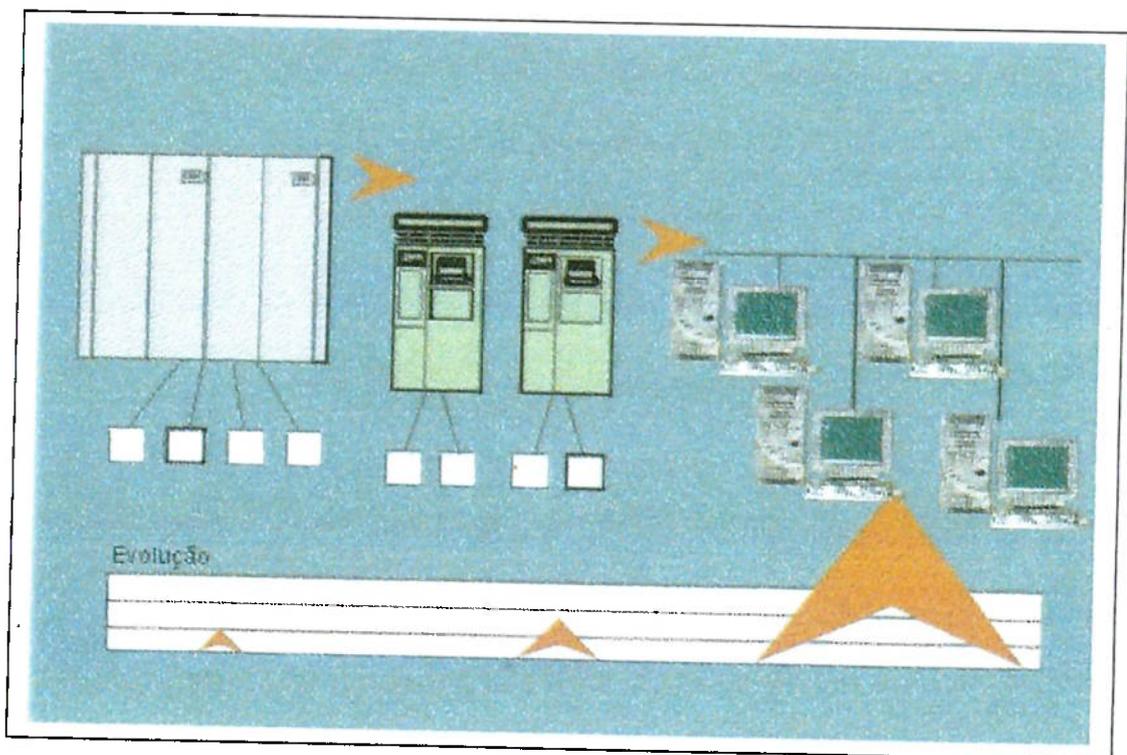


Figura I. 6 - Evolução na área de processamento de dados

Os sensores analógicos na maioria dos casos, geram sinais de pequena grandeza, o que dificulta seu tratamento pelos circuitos eletrônicos. Assim os equipamentos especializados em fazer as leituras e mostrá-las em visores digitais, ou em repassá-las através de interfaces de comunicação serial para outros instrumentos, de visualização remota ou para outros controle gerais de operação, ficam muito dispendiosos e sensíveis à interferências diversas.

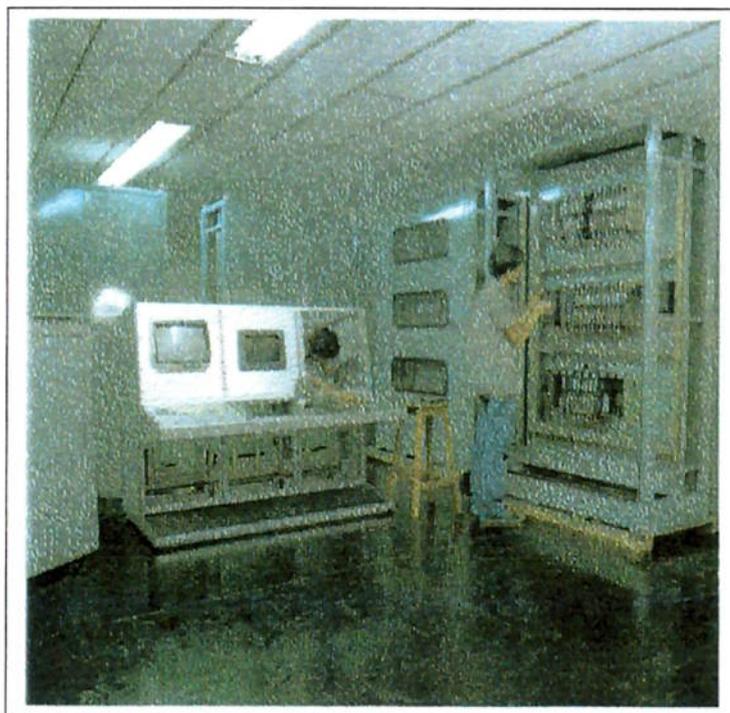
Esses circuitos compactos ficaram ainda mais complexos e poderosos e passaram a ser programáveis, ou seja, através de códigos em linguagem de máquina, tornou-se possível programá-los para executarem funções diversas, com os mesmos componentes.

Dos microprocessadores evoluímos para os circuitos microcontroladores, com maior escala de integração, passando a incluir memórias de programa, memórias para leitura e escrita, e suas portas de entradas e saídas programáveis e definidas pelo programa da aplicação gravado, neste caso no próprio componente.

No Capítulo III deste trabalho será apresentado um circuito formado por 3 (três) microcontroladores trabalhando em conjunto, para formar um único microcontrolador especial, que além de operar com multitarefas, e a programação ser orientada a objetos, também tem a capacidade de enviar e receber informações aos outros circuitos da mesma família que estejam conectados na mesma rede de comunicação.

### 2.4.1 Painéis de Controle para Sistemas de Automação.

Inicialmente os controles em automação foram implementados em painéis puramente eletro-mecânicos, construídos para executar tarefas com aplicações específicas, tais como linhas de montagem de veículos, acionamentos de máquinas industriais, controles de dosadores de produtos e misturadores automatizados ( figura I.7).



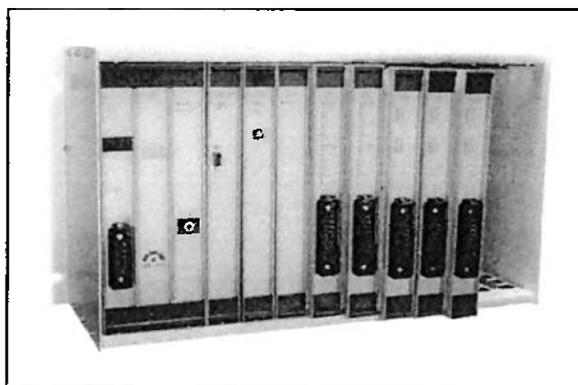
**Figura I. 7 Painel em manutenção**

Tal quadro tecnológico ficou estável durante muito tempo, pois os painéis eletromecânicos de construção robusta, tinham a vantagem de manutenção simples, pois o funcionamento dos relês e contatores eram observados a olho nú, sem necessidade de instrumentação sofisticada. Assim, com simples

observação visual identifica-se defeitos, executando-se correções de forma simples e objetiva.

Com a evolução tecnológica surgiu a viabilidade de se criar equipamentos compactos e programáveis para substituir com vantagens os painéis eletromecânicos.

Foram implementados a partir deste ponto os Controladores Lógicos Programáveis ( CLP ). Um mesmo bloco de circuito com entradas e saídas programáveis pode ser colocado em uma ou outra aplicação, apenas trocando o programa do aplicativo gravado no próprio equipamento (figura I.8).



**Figura I. 8 Exemplo típico de um CLP**

Esses CLPs apresentam vantagens, pois bastam apenas alterações nos programas de aplicação na memória do controlador para alterar o projeto básico.

O CLP é um microcomputador que controla estados lógicos sendo capaz de gerenciar várias entradas e saídas ao mesmo tempo, analisando os estados

internos das memórias com a imagem dos estados lógicos das entradas e saídas dos mesmos. O sistema executa varredura das entradas mantendo sempre atualizadas as imagens respectivas na memória. Assim o programa residente define o estado das saídas em função da combinação lógica estabelecida pelo programa de aplicação.

Os programas aplicativos de um CLP, para controlar uma planta, seja ela uma fábrica ou apenas um processo de dosagem, são desenvolvidos em uma linguagem especial denominada "ladder", ou escada, pois é parecido com uma escada, duas barras verticais nos extremos e com linhas horizontais de programação.

Essa linguagem foi desenvolvida principalmente para facilitar as implementações de intertravamentos e controles, da mesma forma que os projetistas faziam os esquemas e desenhos técnicos dos painéis de relês e contadores, utilizados anteriormente.

O funcionamento dos sistemas de CLP foi inicialmente baseado em microprocessadores e depois passaram a ser em microcontroladores. A contínua evolução nos sistemas de automação estará sempre vinculada diretamente aos avanços tecnológicos da fabricação desses componentes eletrônicos.

Gradualmente os projetos de controle de processo e automação tiveram seus custos minimizados, trazendo significativas vantagens aos usuários que passaram a implementar seus projetos com a tecnologia baseada em CLP substituindo os dispendiosos painéis com vários relês e lógica fixa de intertravamento e controle.

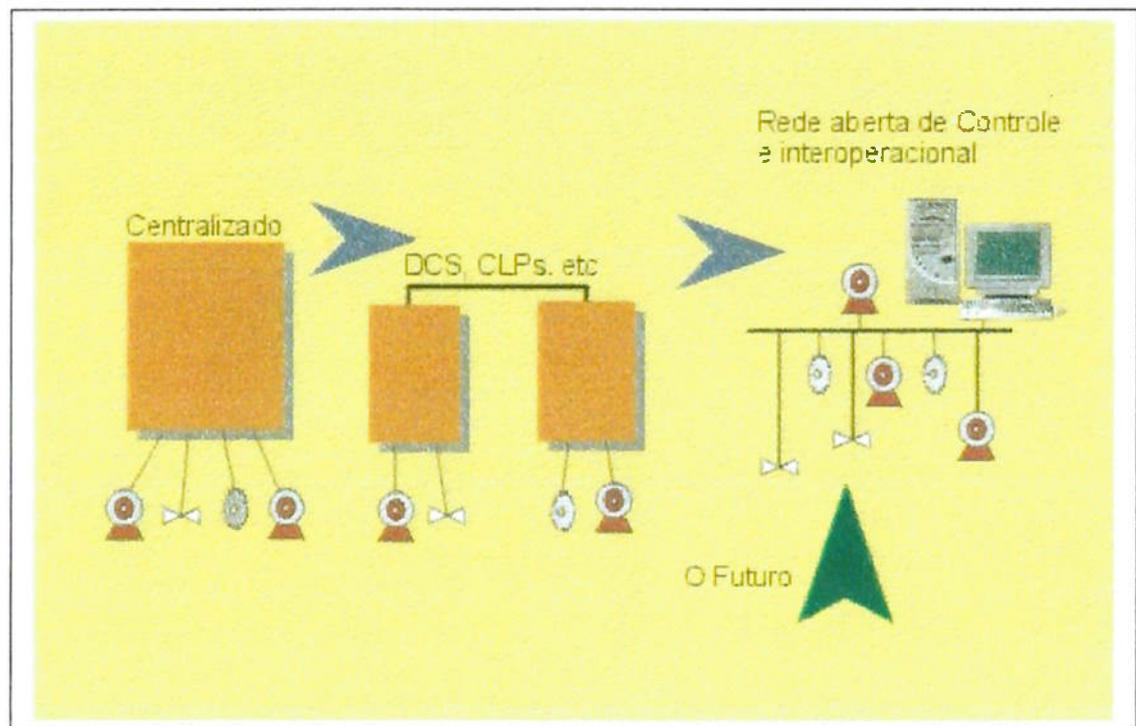
Com o contínuo avanço na tecnologia dos CLPs, adaptações nos protocolos de comunicação foram surgindo, ampliando-se as possibilidades de distribuir os trabalhos em redes de CLPs, colocando estações remotas mais próximas aos sensores e/ou atuadores.

Outra mudança significativa nesta arquitetura de projetos foi a substituição de painéis sinópticos, com representações da planta controlada e com acompanhamento visual das operações, para as telas de computadores do sistema de supervisão e controle operacional, denominados simplesmente Sistema Supervisório, instalado em salas de comando (figura I.9).



**Figura I. 9 Quadro Sinóptico em monitor de vídeo**

Comparando à tecnologia de um CLP, entende-se como se o programa aplicativo que antes estava presente apenas no equipamento central, passou a ficar distribuído diretamente nas entradas e saídas presentes em toda a rede que controlam, identificados como Nós da rede (figura I.10).



**Figura I. 10 Evolução da tecnologia em controle de processo**

Dispositivos com capacidade de executar funções específicas e individuais, farão com que sua atuação seja recebida e analisada pelos demais dispositivos interligados nessa mesma rede, fazendo sempre as operações organizadas e com harmonia de conjunta.

Os equipamentos de instrumentação que forem associados a essas plantas de controle, se construídos com a nova tecnologia, passarão a fazer parte da rede de uma forma realmente integrada, como um Nó de instrumentação. Em contra

partida, na tecnologia tradicional estes equipamentos são incorporados ao controle através das interfaces de comunicação serial, que por sua vez, tem protocolos diversos exigindo drivers de comunicação específicos para cada equipamento acrescentado a rede.

Por estas e outras razões, a nova tecnologia será implementada em várias instalações em conjunto com a tecnologia dos CLPs, através de dispositivos “gateways”, para a transferência das informações de estados lógicos das entradas e saídas dos diversos componentes, de uma tecnologia para outra. Uma implementação da nova tecnologia formando uma plataforma mista com vários tipos de CLPs instalados esta ilustrado na (figura I.5).

#### **2.4.2 Comandos de válvulas pneumáticas.**

Com o desenvolvimento na industrialização dos circuitos integrados e com o uso e difusão dos conceitos de funcionamento das estações remotas, outra otimização ocorreu, nos conjuntos de acionamentos de válvulas pneumáticas.

Válvulas pneumáticas tem a função de liberar ou impedir a passagem do ar comprimido, que movimenta o embolo do pistão pneumático, com a força proporcional ao ar comprimido injetado. Desta forma, tais pistões transformam a energia pneumática em energia mecânica, empurrando ou puxando um braço mecânico, dependendo do lado em que entra o ar comprimido.

Como a maioria das automações industriais utilizam vários braços mecânicos pneumáticos, por menor que seja a automação e controle, os fabricantes de válvulas passaram a construir várias em um mesmo bloco, facilitando as interligações da rede pneumática e as conexões elétricas dos comandos dessas válvulas e dos retornos das sinalizações informando se cada pistão está aberto ou fechado.

Inicialmente esses blocos de válvulas eram ligados através de cabos multivias, para levar os comandos e trazer os sinais de fins de curso. O passo seguinte, já com circuitos integrados com os microprocessadores e microcontroladores, tais blocos de válvulas passaram a ser conectados uns aos outros em barramentos com protocolos abertos de comunicação, tipo ProfBus ou FieldBus, ou mesmo outros protocolos proprietários ligando-os em rede os quais simulam às estações remotas.

A grande maioria de acionamentos industriais são para válvulas pneumáticas que no sistema convencional de válvulas discretas apresentam diversos inconvenientes. Exige uma quantidade significativa de condutores e cabo elétricos e os respectivos conjuntos de calhas significando um emaranhado de cabos, causando dificuldades na manutenção para identificar o motivo de falhas; mais tempo gasto na instalação e maiores custos em função do consumo de fios, caixas terminais, bornes, calhas de suporte de cabos além de utilizar um maior número de entradas e saídas dos controladores CLPs que representam placas agregadas nesses gabinetes.

Uma primeira iniciativa para resolver essas dificuldades foi o desenvolvimento dos elementos multipolares, que racionalizaram algumas características do trabalho, permitindo a utilização do sistema de multicabos para fazer as conexões.

O passo seguinte foi o desenvolvimento de unidade de comunicação montada junto aos conjuntos de válvulas. Assim com os protocolos padrões Fieldbus, Profibus, e outros, passou a ser interligada por cabo de comunicação, e passaram a ser ligadas em barramentos e identificadas como estações remotas de CLPs.

Assim os blocos de válvulas começaram a ocupar os lugares das estações remotas para acionar as válvulas de forma individual, controlando saídas digitais e recebendo os sinais de finais de curso com entradas digitais.

No futuro, como no caso do CLP, um bloco de válvulas poderá ser desenvolvido diretamente com a nova tecnologia e também passará a ser um Nó, trazendo todas as vantagens já mencionadas no item 2.4.1.

### **2.4.3 O futuro provável dessa Nova Tecnologia**

Essa tecnologia já tem vários CIs disponíveis no mercado para implementar equipamentos, sensores e/ou atuadores em geral.

Em equipamentos complexos, onde a parte eletrônica já faz conjunto com o(s) seu(s) respectivo(s) sensor(es), deverá substituir ou acrescentar as atuais interfaces de comunicação.

Nos casos de fabricação de sensores e atuadores, os desenvolvedores deverão adotar esta tecnologia como plataforma de projetos, e disponibilizar novos componentes inteligentes no mercado.

Possibilita a utilização de produtos produzidos por diferentes fabricantes, de forma homogênea e com total interoperabilidade entre eles, consequência da principal característica dessa nova tecnologia. Tecnologia que se desenvolveu tão rapidamente que hoje já conta com um órgão regulamentador dessa plataforma tecnológica.

Todos o sistema ainda são feitos, basicamente com programação em linguagem C++ adaptado exclusivamente para esta plataforma.

Como descrito no item 2.2 deste Capítulo, os sensores e atuadores foram se sofisticando, a ponto de serem conectados à rede proprietária de alguns fabricantes de CLPs, com isso foram otimizadas a fiação para interligações.

Este trabalho apresenta como objetivo principal a implementação de uma nova tecnologia para automação, usando os sensores e atuadores convencionais, e incorporando no próprio sensor ou atuador seu programa de aplicação.

A implementação desta nova tecnologia vislumbrará novas fronteiras em projetos de sistemas de controle[48], pois será feito de forma distribuída nos próprios sensores e sinalizadores, que passam a ser ativos, ou seja, cada qual com a inteligência própria do que deve controlar, substituindo o papel do CLP como ponto central de controle inteligente. Desta forma distribui todo o controle operacional e combinatório nos sensores da planta, com pouca fiação e cabos, além de proporcionar menores custos para o produto final, também trará benefícios na sua manutenção.

Essa nova tecnologia poderá ser adotada em diferentes casos de automação, principalmente onde seja imperativo pouca cabeamento e pequenos encapsulamentos na instalação, como em instalações residencial, predial, hospitalar, automotiva, e industrial.

Para efeito de exemplo foi otimizado o processo nas empresas de Movimentação de Cargas (a granel ou unitizadas) que controlam o peso das mercadorias por meio de conjuntos de balanças rodoviárias e ferroviárias (híbridas ou eletrônicas), já automatizadas e informatizadas. Deve-se frisar que esta Nova Tecnologia pode ser utilizada em uma infinidade de outras aplicações de controle e automação.

A escolha de Postos de Pesagem Automatizados e Informatizados para aplicação da nova tecnologia foi definida principalmente em razão da complexidade da transferência de informações entre seus sensores e

atuadores, além de um instrumento de medição analógico/digital ligado a um sistema supervisor, possuindo número significativo de dados a serem tratados e controlados em tempo real.

Esse dispositivo análogo/digital é o Módulo Digital Indicador de Peso que será integrado a essa rede de controle através de sua interface serial, comum aos demais sensores e atuadores diretamente adaptados e acondicionados aos circuitos integrados microcontroladores dessa plataforma de rede inteligente. Assim a parte principal deste processo, a aquisição constante do peso para se obter a curva de pesagem, será feita com mais eficiência e velocidade, pois será tratada em tempo real, como veremos oportunamente nesta dissertação.

O sistema implementando com a nova tecnologia ficará compacto e prático, podendo ser usado até mesmo em sistemas móveis de pesagens, pois poderá ser transportado e montado rapidamente em qualquer terreno onde for montada a plataforma da balança móvel [4],[2].

Aproveitando esse aprimoramento na tecnologia tradicional do Posto de Pesagem, será acrescentado a ele mais um sensor de controle para identificação das chapas do veículo de forma automática ao se posicionar sobre a plataforma de pesagem da balança. Além de leitores de códigos de barras bidimensionais para substituir a digitação de todas as informações, presentes em Notas Fiscais ou qualquer outro documento com as informações da carga que acompanham o veículo.

### **3. AUTOMAÇÃO E INFORMATIZAÇÃO DE BALANÇAS INDUSTRIAIS**

Outra contribuição desta dissertação está em definir uma metodologia para simular o comportamento de qualquer veículo subindo ou descendo em uma plataforma de balança rodoviária e/ou rodo-ferroviária. Determinando para isso uma equação matemática da curva de pesagem de um veículo qualquer, tema que será desenvolvido no Capítulo II.

Será desenvolvido um método de controle do posicionamento do veículo sobre a plataforma de pesagem, considerando apenas a curva de pesagem do veículo, enquanto o mesmo se posiciona na plataforma. Ou seja, utilizando diretamente as leituras consecutivas de um sensor de peso com medidas analógicas junto a dispositivos sensores e atuadores digitais de controle.

Essa nova tecnologia gerará componentes que deverão ser associados ao conjunto dos equipamentos padrões dessas balanças industriais para pesagens de veículos, agregando às mesmas, características operacionais e de controle indispensáveis a necessidade de se obter confiabilidade das pesagens, e conseqüentemente da movimentação da carga.

A implementação nessa Nova Tecnologia de controle distribuído, viabiliza o custo de forma significativa em relação a tecnologia tradicional de controle centralizado, além de promover implementação modular, e de aplicação

imediate em balanças que estejam instaladas e em funcionamento. Sendo totalmente modular, ocupa espaço reduzido, podendo acomodar todo sistema proposto em qualquer balança de instalação fixa, ou balanças móveis utilizadas em rodovias.

### **3.1 Porque automatizar uma balança de pesagem de Veículos**

A principal necessidade de incrementar e agregar dispositivos para informatizar e principalmente automatizar uma balança rodoviária, ferroviária ou rodo-ferroviária existente, está no fato de que essas balanças normalmente encontram-se instaladas em locais afastados, impossibilitando uma fiscalização constante e eficiente [14]. Sendo assim longe de fiscalizações, ficam vulneráveis a erros operacionais (intencionais ou não), no momento da leitura e apuração dos pesos dos veículos. Com automação evita-se erros, no momento da leitura e apuração dos valores de pesos e impressos nos respectivos bilhetes e/ou recibos de pesagem [15].

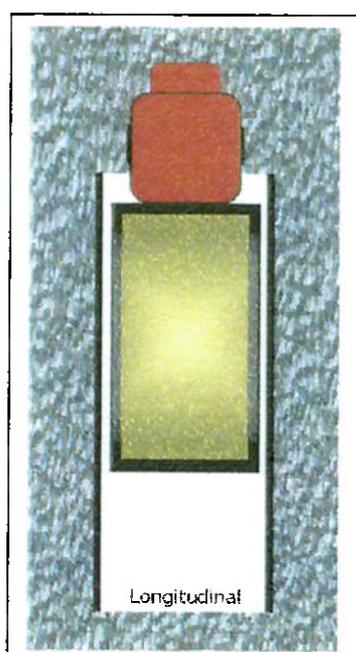
Os fabricantes dessa modalidade de balanças, em sua maioria, já disponibilizam seus equipamentos com dispositivos para impedir alguns erros de ordem operacional, que são:

- Não executar pesagens antes que a balança esteja com o valor “Zero” de peso, ou seja, nunca iniciar nova pesagem sem que o veículo anterior tenha saído, e o peso tenha retornado a zero;

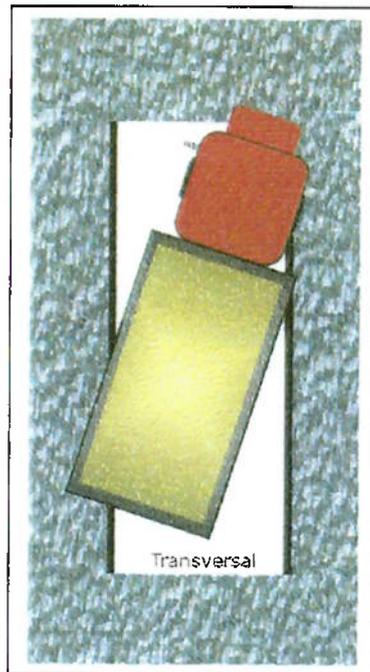
- Não possibilitar a impressão do bilhete de pesagem com leitura de peso antes que esta leitura esteja estabilizada e estável;
- Só imprimir bilhete de pesagem, comprovante da carga do veículo, por operação, enquanto o veículo estiver sobre a plataforma de pesagem.

Estes itens de controle disponibilizados pelo fabricante, não evitam que o veículo esteja mal posicionado sobre a plataforma da balança, permitindo que ela apure um valor de peso, menor ou maior, que o real do veículo, embora o peso esteja estável e diferente de zero. Além de não verificar se o motorista do veículo foi pesado junto ou não.

A figura I.11 e figura I.12 ilustram alguns casos possíveis de serem feitos em que o peso apurado não representa o peso real do veículo.



**Figura I. 11 Erro de posicionamento longitudinal**



**Figura I. 12 Erro de posicionamento transversal**

Alguns fabricantes já estão incorporando na plataforma de pesagem, suportes laterais que impossibilitam o erro transversal. Nas plataformas de pesagem tipo “pitless”, como são elevadas do nível do chão, não permitem esse tipo de desalinhamento do veículo, evitando erros de posicionamento transversal, contudo os erros de ordem longitudinal ficam sem solução por parte dos fornecedores.

### **3.2 Necessidade de Controlar o Tráfego sobre a plataforma da balança.**

Além da necessidade da apuração correta do peso, também faz-se necessário nessas balanças, o controle do tráfego, pois é muito comum acontecer, sendo uma limitação em todo o processo de pesagem, quando outro veículo sobe na plataforma antes do peso chegar a zero da pesagem anterior, instantes após a

saída do veículo que acabara de ser pesado. Nestes momentos, o veículo que entrou precipitadamente, é obrigado a sair da balança e esperar que a mesma retorne ao “zero”, finalizando a pesagem anterior. Só então recomeça seu posicionamento sobre a plataforma da balança.

Quando se automatiza uma balança, os níveis de controle aumentam mais, e tudo se passa sem nenhuma intervenção do operador. Nesse caso aumenta mais ainda a necessidade de um controle pleno da movimentação dos veículos. Liberando para o veículo subir na plataforma de pesagem, parar sem ultrapassar os limites, e sair da plataforma mantendo o próximo veículo no aguardo da instrumentação terminar suas análises, para assim permitir que o próximo inicie seu processo de pesagem.

Estabelecido um controle de tráfego, este deverá também ter sinais de alerta, para indicar aos veículos que estacionam com velocidades inadequadas sobre a plataforma da balança, pois isto gera a perda de sua aferição e desgastes dos componentes mecânicos de apoio da plataforma. Tais balanças são instrumentos de medição sensíveis, embora seu aspecto seja robusto, necessitam ser manuseadas com todo o cuidado, uma vez que se trata de aparelho de precisão.

### **3.3 Confiabilidade nas operações e pesagem.**

A confiabilidade na apuração do peso de veículos, com esse instrumento de medição padrão (Balança), sem nenhuma melhoria nas condições periféricas à pesagem, depende primeiramente da tecnologia adotada no processo de construção, e em seguida ao modo de conservação, manutenção e aferição aplicada [16], e por último das inspeções periódicas feita pelo INMETRO (Órgão governamental credenciado para a regulamentação e fiscalização dos processos de pesagem).

A metodologia proposta através deste trabalho tem como objetivo principal, possibilitar às balanças a adoção de uma Automação e Informatização adequada, que permitam a obtenção de medidas com qualidade e confiabilidade, compensando as imperfeições produzidas pela dispersão dos valores, que associam erros provenientes de várias origens, que são intrínsecas aos instrumentos de medição e/ou manuseio dos mesmos.

Essa metodologia deverá viabilizar o controle de tráfego sobre a plataforma da balança, fazer aquisição de pesos intermediários e o peso final do veículo, e identificar características básicas de cada veículo de forma automatizada, não dependendo de nenhuma intervenção humana nas operações [13].

### 3.3.1 Geração do Mnemônico característico do Veículo

A identificação do veículo (mnemônico característico que será detalhado no Capítulo II) será feita em quatro aspectos importantes, de sua construção física básica, e velocidade de movimentação que são:

- Registro do número de eixos que possui o veículo;
- Registro da proximidade entre esses, dando a esse veículo um modelo ou forma teórica compatível com o modelo real;
- Peso de cada eixo;
- Registro do peso do veículo vazio, "TARA", separado do peso do motorista.

Dar a possibilidade de controlar dinamicamente a velocidade com que o veículo estaciona sobre a plataforma, com sinalizações ao condutor do veículo orientando a frenagem e ou aceleração do veículo.

Sendo coletado o peso dos eixos do veículo será possível também comparar as divergências de peso do mesmo eixo na subida e na descida da balança. Estas divergências, caso existam, serão diagnosticadas como imperfeições nos ajustes de calibração das seções da balança, que por sua vez implicam diretamente na manutenção. É importante observar que, com esse fato a balança está sendo inspecionada durante a pesagem, checando problemas de desalinhamento entre as seções.

Com a implementação dessa metodologia na automação de sistemas em balanças rodoviárias e/ou ferroviárias, antes de se apurar o valor final do peso, o veículo será acompanhado em todos os momentos que antecedem ao seu posicionamento sobre a plataforma de pesagem, sendo o bilhete de pesagem apenas impresso, no caso constatado que os itens de controle da balança, em relação aos controles da automação e informatização, estejam corretos.

### **3.3.2 Resultados obtidos com o Mnemônico do Veículo**

- Supervisão do posicionamento do veículo na plataforma, evitando falhas de posição no sentido longitudinal (rodas dianteiras ou traseiras fora da plataforma) e, no sentido transversal (queima dos pneus nas laterais da plataforma) no caso de rodoferroviárias, pois são instaladas no nível do pavimento.
- Controle de identificação de características básicas para cada veículo, associado a correspondente placa de cavalo e carreta, para os veículos rodoviários, e do código na estrutura, para veículos ferroviários.
- Realização do processo de pesagem de forma segura, confiável e eficiente, sem interferência do operador, com emissão automática do bilhete de pesagem somente quando o posicionamento do veículo estiver correto.
- Monitorização do processo de pesagem e estados do sistema, informando ao operador e ao sistema de supervisão administrativa dos postos, quando

em rede de dados, sobre possíveis erros no processo e/ou problemas de manutenção nos componentes.

- Supervisão e controle do peso característico do veículo, quando vazio, TARA, considerando o peso do motorista.
- Registro em banco de dados, das pesagens diárias e ocorrências de anormalidades operacionais, administrativas ou de manutenção.
- Tratamento dos dados de pesagem para emissão de relatórios e documentos administrativos.
- Transmissão de dados para sistemas Supervisores, através de Rede de Comunicação.
- Levantamento de diagnósticos básicos para detectar divergências na calibração e aferição das balanças.

### **3.3.3 Administração Operacional eficiente**

- Controle e supervisão da movimentação de cargas da Empresa.
- Confiabilidade no momento da apuração do peso.
- Eficiência e qualidade dos processos de pesagem de veículos.
- Conectividade com os sistemas de gerência existentes na Empresa, possibilitando a implantação de eficientes rotinas administrativas e de manutenção.
- Produtividade e qualidade no atendimento aos clientes da Empresa.
- Acompanhamento direto do agendamento feito para aferição da Balança.

#### 4 POSTOS DE PESAGEM NA CODESP

A primeira iniciativa no sentido de garantir o posicionamento correto do veículo sobre uma plataforma de pesagem, monitorando e registrando algumas das características elementares do veículo, para confronto nas futuras pesagens, foi realizada nos Postos de Pesagens Automatizados e Informatizados da CODESP, onde na implantação do primeiro sistema informatizado em 1992 [9], não havia monitores de pesagens com performance razoável na interface de comunicação com outros periféricos, além do sistema operacional disponível para os microcomputadores ser o DOS, sistema mono usuário e mono tarefa.



**Figura I. 13 Posto de Pesagem na CODESP**

Desta forma foi necessário incrementar equipamentos distintos, um com autonomia para ler o peso da balança e informar, outro para interpretar as informações de sensores ópticos (barreiras ópticas), instalados em posições estratégicas na plataforma de pesagem para complementar a identificação do

posicionamento correto do veículo e outro que recebe, processa e registra as informações da carga e executa a operação de impressão.

Portanto, o elemento central deste trabalho é a explicação da Nova Tecnologia nos Postos de Pesagens Automatizados e Informatizados no Porto de Santos.

## **5 FUTURO DOS SISTEMA DE BALANÇAS ELETRÔNICAS.**

Destacamos neste momento o Monitor de Pesagem, que acompanha as balanças parcial e totalmente eletrônicas, além de ser o dispositivo responsável por mostrar o peso da balança, em seu painel numérico luminoso, também informa a outros dispositivos ligados a ele através de interfaces de comunicação serial. Essa interface é normalmente usada para informar o peso para a impressora que por sua vez imprime os valores nos bilhetes de pesagem, acompanhados eventualmente de data e hora em uma configuração mínima [2].

A nova metodologia está baseada na informação passada por intermédio dessas interfaces seriais que terão um substancial aumento no número de amostragens por segundo, quando utilizadas para transmitir o peso da balança de forma contínua.

Esse incremento de velocidade e quantidade de amostragens com informação de peso também proporcionou soluções baratas e confiáveis na decomposição

dos pesos em função do tempo, para discriminar a curva de pesagem, explicada no Capítulo II.

Num futuro próximo essa nova tecnologia será incorporada diretamente nas células de carga, assim teremos uma discretização e descentralização do Monitor de Pesagem para as próprias células de carga, que em comunicação direta uma com as outras em rede, disponibilizará o peso aferido sem a necessidade do Monitor de Pesagem que será substituído, nesse caso pela rede de controle feita diretamente com as células de carga inteligentes.

Esse conjunto de células de carga poderão ser ligadas a dispositivos remotos para mostrar o peso da balança ou então ligadas diretamente a um microcomputador, assim informatizando o procedimento de apuração, impressão e baixa de estoque com os valores dos pesos.

Todas essas possibilidades pertencem ao futuro, mas na publicação deste trabalho já existem esforços isolados para alcançá-las [48]. (Certamente será conclusivo o momento em que sensores forem usados já apropriando suas tarefas e informando somente a quem necessite de sua informação).

## **CAPITULO II -BALANÇAS E SISTEMAS DE PESAGENS**

### **1 INTRODUÇÃO**

Balança de forma genérica, trata-se de um “instrumento destinado a medição da massa dos corpos”, ou seja, a quantidade de matéria que os compõem, possibilitando assim a medição do peso das massas ou cargas, que necessitam ser controladas nas transações comerciais.

Balanças rodoviárias ou rodo-ferroviárias sempre executam duas pesagens para um mesmo veículo, sendo uma com o mesmo vazio a qual é denominada como pesagem da Tara e outra com o veículo carregado e conhecida como pesagem do Bruto do veículo. A subtração do peso Bruto do veículo com o peso da Tara é que resulta no valor do peso Líquido da mercadoria transportadora.

Destaca-se aqui a importância de ser pesado o veículo com ou sem o seu condutor nas duas pesagens, para obter-se o líquido somente da mercadoria sem ter sido acrescentado ou retirado o peso do condutor do veículo “desavisadamente”.

Uma medição em tese é um processo bem definido, cuja execução sofre, contudo, a influência de muitas causas que produzem variações. As medidas obtidas não são, portanto, determinísticas e torna-se importante recorrer a conceitos e técnicas probabilísticas, para se poder avaliar a qualidade dos resultados obtidos.

Levando-se em conta as referidas variações, conclui-se que, num processo de medição, o valor do peso obtido corresponde à melhor estimativa para a medida. Para que essa estimativa seja aproveitável deve ser acompanhada pela incerteza associada ao parâmetros de desempenho da medição, que devem ser conhecidos na íntegra.

A precisão da medição efetuada dependerá do tipo da balança, sendo determinada de acordo com o tipo e função da balança, obtendo-se medidas, por diferenças ou comparações de massa, que na prática sempre apresentarão algum erro. As balanças deverão apresentar a melhor exatidão possível, ou seja, a leitura da medição do peso deverá ser o mais próximo possível do valor real da carga.[22]

O Posto de Pesagem objeto deste trabalho, é o local físico completo, onde se encontram uma ou mais balanças agregadas a outros dispositivos de sinalização visual (semáforos) para orientação do condutor do veículo (rodoviário ou ferroviário) e sensores ópticos para identificação

de eixos e/ou sentido de movimentação do veículo sobre a plataforma da balança.

Existem três grupos de modelos de balanças para pesagem de veículos, e que por conseguinte poderão ser utilizadas em Postos de Pesagens;

- a) Modelo totalmente mecânico;
- b) Modelo parcialmente mecânico e parcialmente eletrônico (Híbridas);
- c) Modelo totalmente eletrônico.

Os modelos totalmente mecânicos são os mais antigos e não suportam nenhuma automação, a não ser que sejam alteradas para pertencerem ao grupo do item b.

Tanto o modelo totalmente mecânico quanto o modelo híbrido apresentam como receptor da carga uma plataforma, apoiada e suspensa por um sistema de alavancas mecânicas, que reduz o esforço da carga sobre a plataforma de pesagem, e um tirante (haste) onde é feita a leitura do peso.

Caso a balança seja de modelo totalmente mecânico, é colocado um mostrador mecânico de precisão no extremo do tirante (haste), chamado de "dial".

Nos modelos híbridos o peso é transferido por uma única célula de carga, colocada no extremo do tirante (haste), e nos modelos eletrônicos por células de carga, que sustentam diretamente a plataforma, as quais convertem a força a ser medida em um sinal elétrico, transmitido através de cabo elétrico especial para o dispositivo eletrônico mostrador do peso, Monitor Indicador Digital de Peso (MIDP) ou simplesmente Monitor de Pesagem (MP), que indica suas leituras em um mostrador digital luminoso, ao mesmo tempo que transmite, através de interface serial, esse mesmo valor para o equipamento associado, podendo este ser um computador ou uma impressora. O funcionamento das Células de Carga será visto nos itens 2.1 desse capítulo, assim como o Monitor Indicador Digital de Peso nos itens 2.2 e a Interface Serial no item 2.5.

Outra diferença importante é que as balanças híbridas, obrigatoriamente, necessitam de poço, enquanto que as eletrônicas podem apresentar-se com ou sem poço ( tipo "pitless").

### **1.1 Balanças Mecânicas.**

As balanças mecânicas utilizam o princípio de alavancas e contra pesos, necessitam de poço para instalação e apresentam como unidade sensora um braço mecânico, que é acoplado a um "dial" indicador de peso, provido de dispositivo impressor para registro da leitura. Nesse tipo de balança a força exercida pela carga posicionada sobre a plataforma é dividida por um sistema

de alavancas até um valor reduzido, para então ser transmitida ao indicador mecânico de peso.[2],[4]

## **1.2 Balanças Híbridas.**

As balanças híbridas apresentam o receptor de carga apoiado ou suspenso por um sistema mecânico de alavancas, que reduz e transmite os esforços, recebidos desse receptor, para uma célula de carga de tração, conectada na extremidade da alavanca de extensão do sistema (alavanca transmissora). Dessa forma a referida célula de carga, que corresponde a unidade sensora de peso, caracteriza-se como o único elemento transdutor de peso, que fornece, a um módulo de pesagem com indicação digital, um sinal elétrico proporcional à carga aplicada no receptor de carga (plataforma de pesagem). Portanto essa célula de carga, que converte esforço mecânico em sinal elétrico, fica submetida a uma força proporcional ao peso aplicado sobre a plataforma.

Para a menor carga possível a ser medida na balança determina-se o ganho da célula de carga, ou seja, a razão entre o sinal de saída e o sinal aplicado, de modo a garantir uma resolução adequada ao sistema. No conjunto da balança considera-se também outros parâmetros da célula de carga, discutidos detalhadamente nos itens 2.1 e 2.2 deste capítulo, os quais são compensados e corrigidos no equipamento de leitura, até obter-se o padrão final exigido.

As balanças híbridas apresentam as seguintes partes principais:

### **1.2.1 Mecanismo da Plataforma.**

Idêntico ao conjunto, descrito em [9], para Balanças Mecânicas, necessitando portanto de poço para instalação.

### **1.2.2 Célula de Carga.**

É um dispositivo que recebe a força peso aplicada no receptor de carga e realiza uma conversão para um sinal elétrico analógico, proporcional a essa força. Este componente será descrito de forma detalhada nos itens 2.1 deste Capítulo.

### **1.2.3 Módulo indicador digital de peso.**

Tem a finalidade de converter o sinal analógico, fornecido pelas células de carga, em uma indicação digital do valor do peso (conversão Analógica/Digital). Este componente será descrito de forma detalhada, a seguir no item 2.2 deste Capítulo.

### **1.2.4 Impressora.**

Ligada diretamente ao monitor de pesagem emite o bilhete de pesagem a cada comando feito no próprio monitor.

Este tipo de balança, em razão da existência de célula de carga, apresenta como uma importante vantagem, a possibilidade de transferência de dados de pesagem a computadores ou outros equipamentos periféricos de processamento de dados, oferecendo boa flexibilidade para atendimento das necessidades, tanto atuais como futuras, do usuário. Associado a essa possibilidade constata-se outra importante vantagem, que corresponde à eliminação dos problemas de manutenção provocados pelos gabinetes e relógios indicadores (dial) existentes nas balanças mecânicas.

Apesar dessas vantagens, as balanças híbridas apresentam significativa desvantagem, produzida pelos problemas de regulagem e ajuste do “mecanismo da plataforma”, na mesma intensidade dos sistemas de pesagem mecânica, uma vez que o ajuste para obtenção de uma uniformidade de pesagem em todos os pontos da plataforma é realizado através de procedimentos que alteram o braço de carga das alavancas.

### **1.3 *Balanças Eletrônicas***

As balanças eletrônicas apresentam o receptor de carga apoiado ou suspenso diretamente por células de carga que, neste sistema, substituem completamente o sistema mecânico de alavancas. Esse sistema apresenta a principal vantagem dos ajustes necessários serem todos eletrônicos

diretamente feitos nas células de carga ou nas caixas de passagens, ou ainda no monitor de pesagem.

Este tipo de sistema de pesagem pode utilizar de 3 (três) a 8 (oito) células de carga.

Enquanto que na pesagem mecânica, o peso depositado no receptor de carga é transmitido a um mecanismo indicador de peso, através de um sistema de alavancas, na pesagem eletrônica este peso é transferido às células de carga, tipo compressão, com princípio funcional idêntico ao das balanças híbridas [9].

Tais células, sobre as quais se apoia diretamente a plataforma da balança, sem nenhuma redução de peso, são convenientemente interligadas através de cabo condutor especial, de maneira que os sinais elétricos são enviados a um equipamento eletrônico denominado "Monitor Indicador Digital de Peso" ou simplesmente "Monitor de Pesagem", que os interpreta e mostra a leitura correspondente à massa total aplicada sobre a plataforma.

Uma balança puramente eletrônica dispensa sistemas mecânicos com alavancas, cutelos, articulações, e até mesmo, de forma opcional, o poço para acomodar todas as instalações. Sendo este poço imprescindível quando se trata de balança ferroviária, por não ser possível o uso de rampas de acesso à plataforma.

O processamento do sinal elétrico, emitido pelos transdutores de peso (células de carga), é realizado pelo Monitor de Pesagem que, além desta função, também faz a indicação da pesagem, através do mostrador digital luminoso. Este sistema, provido de teclado com funções específicas para realizar a pesagem da tara do veículo e zeramento da balança, em uma configuração simples, apresenta-se acoplado a uma impressora, onde se realiza o registro do peso seja ele tara, bruto ou líquido em um bilhete de pesagem.

O Monitor de Pesagem, por ser um equipamento eletrônico, permite, dentre outras, as seguintes funções:

- Transmitir eletricamente os dados da pesagem à distância.
- Interligar diversas balanças, de modo a centralizar as operações de tara e bruto dos veículos.

Na construção de balanças eletrônicas torna-se necessário observar a compatibilidade entre a(s) célula(s) de carga, o receptor de carga e o módulo indicador digital de peso.

Partindo-se da premissa que uma carga, colocada em qualquer ponto do receptor de carga, deve apresentar a mesma indicação de peso no módulo, verifica-se que, para obter-se uma uniformidade na pesagem, deverão surgir necessidades de calibração na balança.

A calibração é efetuada através de ajuste elétrico dos sinais de saída das células de carga. A clalibração vai reduzir o sinal de saída das células, que geram uma indicação maior, para que os mesmos se igualem aos das células com menor sinal de saída.

O ajuste, quando necessário, é feito utilizando-se potenciômetros lineares de alto valor, acoplados na saída das células que necessitam de ajuste.

As balanças eletrônicas apresentam as seguintes partes principais:

#### **1.3.1 Receptor de Carga (plataforma de pesagem).**

Corresponde ao dispositivo de sustentação da carga, apresentando como finalidade, manter a carga a ser pesada.

#### **1.3.2 Limitadores de Movimento Horizontal.**

São construídos em barras ou perfis de aço estrutural e instalados de maneira a assegurar estabilidade ao receptor de carga, de tal forma a não permitir cargas laterais sobre a célula de carga.

### 1.3.3 Células de Carga.

É um dispositivo que recebe a força peso aplicada no receptor de carga e realiza uma conversão para um sinal elétrico analógico, proporcional a essa força. Este componente será descrito de forma detalhada nos itens 2.1 deste Capítulo.

### 1.3.4 Cabo Condutor.

São cabos especiais, tendo por função transmitir o sinal de peso, fornecido pela(s) célula(s) de carga, ao Monitor de Pesagem. Tais cabos deverão ter características especiais, uma vez que o referido sinal associado ao peso, apresenta um valor de tensão baixo, da ordem de milivolts (mV), implicando numa série de cuidados especiais, de modo a evitar que ruídos, interferências e resistências na linha, interfiram no valor desse sinal. Dentre os referidos cuidados especiais destacam-se os seguintes:

- Utilização obrigatória de blindagem.
- Evitar emendas nos cabos. Caso as emendas sejam necessárias, deverão ser realizadas com solda e isoladas em seguida com terminal termo-retratil.
- Comprimento dos cabos devem ser especificados, em função da resistência ohmica.

- O cabo junto à célula de carga não deve ser cortado, uma vez que a resistência elétrica deste foi considerada na calibração da própria célula.

### **1.3.5 Caixas de Interligação.**

A caixa de interligação, como o próprio nome indica, tem a função de interligar diversas células de carga, e fazer algumas compensações do sinal até chegar ao Monitor de Pesagem, muitas vezes incluindo proteções contra descargas elétricas [9] .

Existem dois tipos de caixa de interligação:

- Caixa de Passagem: utilizada para realização de emendas nos cabos das células de carga.
- Caixa de Junção: na maioria dos casos, em função da estabilidade requerida na construção mecânica da balança, poderão ser utilizadas mais de uma célula de carga (máximo de 8 células) para suportar a plataforma de pesagem [9]. Neste caso, cada célula suporta uma fração da carga total, sendo então a soma dessas frações igual à carga total. Portanto, a finalidade da caixa de junção é de interligar diversas células de carga, que estão sob um único receptor de carga (plataforma de pesagem). Neste processo de interligação deve-se observar as resistências instaladas em série com os terminais de

carga, que servem para ajustar o sinal de saída, de acordo com um valor padrão.

### **1.3.6 Monitor de Pesagem.**

Tem a finalidade de converter o sinal analógico, fornecido pelas células de carga, em uma indicação digital do valor do peso. Este componente será descrito de forma detalhada, no item 2.2 deste Capítulo.

## **2 PRINCIPAIS COMPONENTES PARA TRANSFORMAR UMA BALANÇA COMUM EM UM POSTO DE PESAGEM AUTOMATIZADO.**

Como será visto no item 3 deste Capítulo, a confiabilidade do processo de automação dos Postos de Pesagem, proposto por este trabalho, é basicamente dependente da leitura contínua do peso sobre a plataforma de pesagem. No item 4 quando será apresentado um posto automatizado e informatizado, embora utilize outra metodologia e tecnologia, também será observado a necessidade de se fazer a leitura do peso sobre a plataforma da balança de forma no mínimo periódica.

Assim como nas balanças híbridas ou totalmente eletrônicas, existem dois componentes que funcionam em conjunto para a indicação do peso sobre a plataforma de pesagem, que são: a Célula de Carga, e o Monitor de Pesagem. Nos parágrafos seguintes descreve-se esses dois componentes e também o meio físico de transferência das leituras do Monitor de Pesagem para o computador conectado a ele.

## **2.1 Células de Carga.**

Célula de carga é um transdutor que converte energia mecânica em energia elétrica, ou seja, é um dispositivo que produz um sinal elétrico de saída proporcional ao peso aplicado sobre ela.

O princípio de funcionamento da célula de carga fundamenta-se nos “Extensômetros de Resistência Elétrica”, que são fixados nas paredes de um corpo feito de material apropriado, o qual é submetido ao esforço produzido pela carga aplicada.

Esse princípio de funcionamento apresenta os seguintes conceitos:

### **2.1.1 Esforço – Deformação.**

A peça fundamental da célula corresponde ao Corpo de Prova, que apresenta material apropriado, o qual é submetido ao esforço resultante da aplicação total ou parcial da carga a ser medida. O material para constitui-lo deve ser escolhido com muito cuidado. Dentre os metais os mais utilizados são:

- Aço de Alto limite de escoamento, tais como ligas de manganês e silício,
- Bronze com berílio,
- Certas ligas de alumínio, tal como o zircal.

Convém destacar que todos os metais para construção do corpo de prova devem receber tratamentos térmicos adequados, os quais não poderão ser facultativos, porém bem rigorosos, com vistas a atingir as performances desejadas. O corpo de prova de uma célula, ao ser submetido a um esforço de tração ou compressão, sofre uma deformação linear, proporcional ao valor do esforço aplicado. Desde que tal esforço não exceda o “Limite de Elasticidade” do material, esta deformação será “elástica”, ou seja, o corpo retornará a forma primitiva quando o esforço

for retirado. As deformações são tão pequenas que não podem ser observadas a olho nú.

O “Limite de Elasticidade” do material que compõe o corpo de prova, corresponde à maior tensão a que se pode submeter o corpo, sem que este adquira uma deformação permanente. Esforço e deformação linear estão diretamente interligados, sendo utilizados para avaliação de qualquer variação linear da dimensão de um corpo submetido a forças externas.

### **2.1.2 Extensômetro de resistência Elétrica.**

O “Extensômetro” corresponde a um componente capaz de medir deformações do “Corpo de Prova”, integralmente. Os extensômetros de Resistência Elétrica ou “Strain Gage” são aproximadamente de 3mm x 5mm, apresentando configuração de uma grade (lamina) ou filamento, fabricados com fio de diâmetro muito fino ou de folha metálica com espessura aproximada de 0,0025 mm, normalmente de um material denominado “CONSTANTA”, que apresenta características quase constantes, em relação à variação de temperatura, e são montados em papel ou plástico.

A fixação desse componente ao corpo de prova, no qual se quer medir as deformações, é feita com a utilização de adesivos especiais. Assim, para medir

os esforços a que o corpo de prova é submetido, um ou mais extensômetros são fixados na superfície deste corpo. O princípio de funcionamento dos extensômetros baseia-se na variação dimensional do fio ou lâmina metálica, que apresenta características de condutor elétrico, resultante da aplicação de esforço sobre a célula, produzido variação da resistência elétrica desse condutor. O extensômetro pode assumir diferentes formatos, podendo ser fabricado com outros materiais, além da "CONSTANTA", tais como ligas de níquel-cromo, isso-elástico e platina-tungstênio para altas temperaturas.

Os extensômetros instalados no corpo de prova da célula são ligados em configuração de "Ponte de Wheatstone". Para aumentar a sensibilidade dos sinais, já que são muito pequenas as variações de resistência, eles são montados em grupos de 4 (quatro) ou 2 (dois) elementos na ponte de Wheatstone.

Quando o corpo é submetido a uma carga, este sofrerá uma deformação linear (desde que não exceda o seu limite de elasticidade) e os fios dos extensômetros variarão de diâmetro e de comprimento, acarretando assim variação das correspondentes resistências elétricas.

Nesta situação surge um desbalanceamento da ponte, provocada pela variação sofrida nos valores das resistências, gerando uma corrente elétrica pelo miliamperímetro, ligado entre os pontos da ponte que não se apresentam conectados a fonte de excitação, surgindo conseqüentemente uma diferença

de potencial entre os referidos pontos. Dessa forma tanto a diferença de potencial (tensão de saída da célula) quanto a corrente resultarão proporcional ao esforço aplicado no corpo de prova.

### **2.1.3 Linearidade da Célula.**

As células de carga são dispositivos lineares, ou seja, a relação entre o peso referente a carga aplicada sobre elas e a tensão elétrica de saída corresponde a uma reta. Dessa forma, a medida que a carga é incrementada, a tensão da saída aumenta na mesma proporção.

Importante ressaltar que todos os parâmetros de ajustes mecânicos necessários em uma balança mecânica, praticamente são tratados e feitos diretamente na célula de carga, restando poucos ajustes, quando forem instaladas as varias células na plataforma de pesagem.

### **2.1.4 Conectividades com sistemas.**

A sensibilidade ou ganho em uma célula de carga varia em torno de 2mV/V. Isto leva a maioria dos fabricantes a trabalharem com tensões de alimentação de 10V a 15Volts sobre a célula de carga, para obter como variação máxima de na saída 20 a 30 mV, o que ainda é baixo. Assim mesmo esse sinal é transportado para a entrada do Monitor de Pesagem

através de cabos especiais com pouca perda e imunes a ruídos. Nos Monitores de Pesagem esse sinal de baixa intensidade é tratado inicialmente com amplificadores de ganhos altos e depois filtrados para eliminar os ruídos em modo comum e diferencial. Esse cabo e todos esses tratamentos de sinais de ruídos e ganhos chegam a ser fatores limitantes em algumas aplicações.

Proteções com aterramentos bem colocados são necessárias e imprescindíveis também para a vida útil do sistema de pesagem eletrônico.

O sistema descrito acima é do tipo analógico, onde o transporte do sinal esta na variação proporcional da grandeza medida, no caso os milivolts da ponte de Weaststone.

Com o avanço da micro eletrônica esta se conseguindo produzir células de carga com alguns dos estágios dos circuitos que antes eram montados no Monitor de Pesagem. Circuitos digitais já fazem conversões das grandezas de tal forma a transmitir por código de pulsos os valores do peso sobre a célula de carga.

Transferindo todo o estágio de instrumentação para dentro da Célula se obtém maior rendimento, pois o circuito é mais equilibrado e imune aos

anteriormente mencionados oriundos do meio físico, até chegar nesse estágio que estava no Monitor de Pesagem.

Assim o Monitor de Pesagem fica com a atribuição de combinar as várias células de carga e converter os dados digitais em leitura para “display” do peso resultante, propiciando o aumento de sua performance na comunicação com outros periféricos, como interfaces seriais de maiores velocidades, ou tratamento de protocolos sofisticados para ligar vários Monitores de Pesagens em rede, se necessário.

## **2.2 Monitor de Pesagem.**

Por intermédio do elemento transdutor denominado “Célula de Carga” realiza-se a transformação do valor de peso em um sinal elétrico analógico ou digital proporcional.

Após essa transformação torna-se necessário visualizar a leitura do referido peso. Tal visualização é obtida por meio do Monitor de Pesagem, onde se processa a transformação do sinal elétrico analógico ou digital em indicação digital do peso (figura II.1).

O Monitor de Pesagem é um dispositivo totalmente eletrônico que utiliza circuitos de instrumentação de alta sensibilidade e altíssima precisão, de um

lado ligado as células de carga e de outro lado aos conversores analógicos para digital.

A conversão analógica para digital é efetuada pela contagem de um grupo de pulsos, durante um período de tempo definido, proporcional ao nível do sinal de entrada, ou o método de processo com conversores de dupla rampa.

O monitor de Pesagem, para células de cargas analógicas, processa a informação analógica já convertendo as mesmas em grandeza peso, indicando-a numa forma interpretável, sem a necessidade de cálculos manuais. Por outro lado o Monitor de Pesagem para células de cargas digitais “inteligentes” recebe seqüências de pulsos, com a identificação de cada célula, proporcional ao peso já convertidos depois dos estágios amplificadores e conversores dupla rampa[4].

Toda a parte do circuito de lógica digital é incorporada na placa de circuito impresso do instrumento.

Conectores opcionais são geralmente usados para aumentar o controle da informação de peso, como teclado e interfaces de ligação com unidades externas ou acessórios.

O Monitor de Pesagem analógico é constituído basicamente das seguintes partes:

### **2.2.1 Fonte de alimentação.**

O indicador, assim como o transdutor (célula de carga), necessita de uma variedade de tensões, que derivam de um ou mais enrolamentos do transformador da fonte, os quais se apresentam com ponte de diodos e filtro capacitivo.

A fonte de alimentação, conectada diretamente à energia CA, através de um filtro RFI (Radio Frequency Interference), alimenta circuitos analógicos e digitais do indicador, assim como os extensômetros, montados na configuração de Ponte de Weaststone, integrante da célula.

### **2.2.2 Pré-Amplificador.**

Tendo em vista que o sinal de tensão, proporcional ao peso, proveniente do transdutor, corresponde a um valor muito pequeno, pois o ganho desse transdutor é da ordem de 2 milivolts/volts, o mesmo deverá ser amplificado, antes de ser liberado para os demais circuitos.

### **2.2.3 Filtro.**

A função do filtro é eliminar variações de sinal na saída do pré-amplificador, antes de ser aplicado ao dispositivo de leitura ou ao conversor analógica/digital. Tais variações são provenientes da mudança de força sobre o transdutor, devido a vibrações ou movimentos sobre o receptor de carga.

### **2.2.4 Conversor Analógico/Digital.**

O Monitor de Pesagem, assim como a maioria dos instrumentos, utilizam o processo "Dual Slope" (rampa múltipla), para a conversão de um sinal analógico em digital. A conversão de Rampa Múltipla utiliza uma técnica de proporção, através de amplificadores operacionais integradores e contadores digitais. A tensão desconhecida do Pré-amplificador alimenta um amplificador operacional, integrador a capacitor. A saída deste integrador é uma rampa crescente de tensão, proporcional a entrada. A inclinação da rampa é diretamente proporcional à tensão de entrada desconhecida, ou seja, a inclinação da rampa será maior ou menor dependendo da amplitude da referida tensão[9].

### **2.2.5 Contador (base de tempo).**

O contador é composto por circuitos integrados contadores, de modo que, no circuito de integração do conversor analógico/digital, para cada intervalo de tempo necessário para que a saída varie de um valor máximo até zero, corresponde a uma contagem digital. A cada unidade contada ou grupo delas, corresponderá um número de incrementos de peso. Dessa forma neste circuito de controle de contagem deve ser programado o valor de incrementos de peso que conseqüentemente corresponde à determinada quantidade de unidades contadas. Uma parte integrante do contador é o Circuito Registrador, que retém o número de incrementos contados no instante que a saída do circuito integrador atinge zero.

O Registrador armazena a informação de peso até o próximo sinal de transferência. Isto é realizado para que a indicação de peso permaneça estável e constante. Este armazenamento permite também a visualização do valor do peso no "display" ou a utilização do sinal elétrico de saída. A saída deste circuito é em Código Binário Decimal.

### **2.2.6 Unidade microprocessada.**

A Unidade Microprocessada, compõe-se de uma Unidade Central de Processamento (UCP), uma Memória de Programa, uma Memória de Dados e dispositivos de Entrada e Saída (interfaces). Estes elementos

são interligados por um barramento de endereço e um barramento de dados. O sinal de peso do transdutor, é condicionado e amplificado no pré-amplificador, convertido em informação digital no conversor A/D e contador e alimenta o sistema microprocessado, através do dispositivo de interfaces de entrada/saída. A entrada de informação para programação do instrumento é aplicada ao microprocessador por intermédio de outra interface de entrada/saída. Esta entrada pode ser através de um teclado ou de um instrumento externo.

### **2.2.7 Saídas.**

- **Sinalização visual**

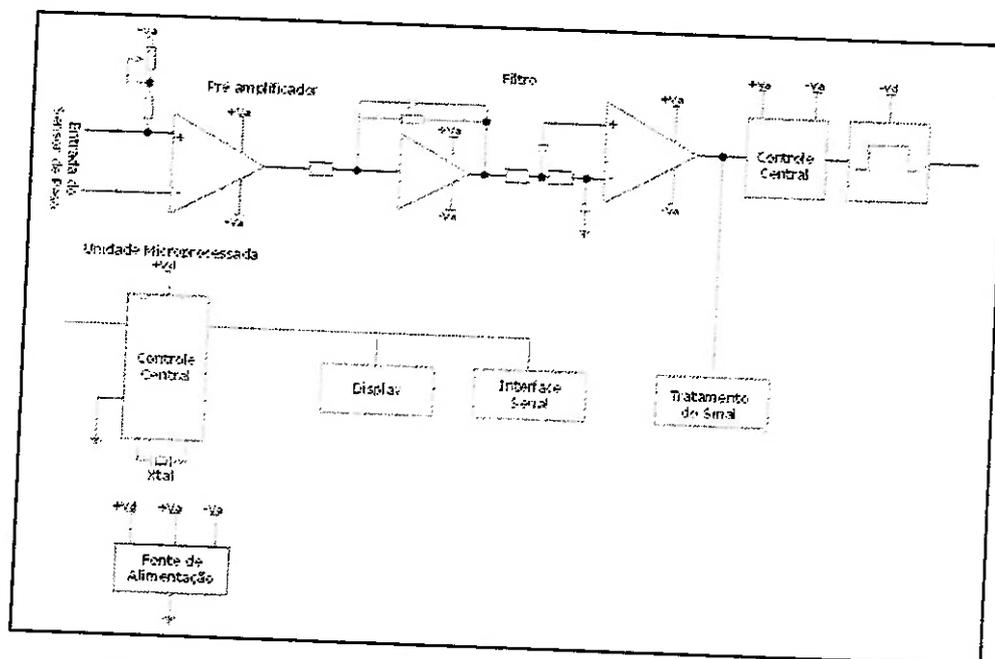
O “Display” digital converte a informação de peso, manipulada na Unidade de Processamento, em uma indicação visual. O circuito do “display” possui decodificadores “drivers” e o elemento emissor de luz para formar o “display”. Os decodificadores convertem a informação de entrada no “display” na forma geralmente de sete segmentos. Os drivers fornecem a corrente necessária para acionar os elementos do “display”, os quais geralmente são tubos a vácuo ou “leds”.

- Saída elétrica analógica.

A saída elétrica analógica, ou de instrumentação, é retirada após a saída do circuito de filtro, normalmente em tensão de 0 a 10volts ou em corrente de 4 a 20 mA.

- Saída elétrica Digital.

Essa saída é uma interface serial, sendo utilizada para impressoras, computadores, controladores, e outros. No item 2.3 essa interface será discutida com mais detalhes, por ser o elo principal entre uma balança e os sistemas de automação proposto por esta dissertação.



**Figura II. 1 Desenho do circuito em blocos do MP**

### **2.3 Conceitos e Análise da Interface Serial de Comunicação para transmissão do peso.**

Os Monitores de Pesagem, tanto os modelos que operam com células de carga analógicas como os que operam com células digitais, convertem o peso para mostrar no visor luminoso "Display", e também para transmitir através da sua interface serial esses valores de pesos, de forma contínua ou somente quando combinado com um determinado acionamento de impressão, por exemplo.

A interfaces de comunicação utilizam na maioria das vezes o padrão de "Hardware" RS 232C. Embora essa interface incorpore um controle completo de comunicação, caracter a caracter, nos monitores de pesagem é utilizado o mínimo necessário, ou seja, apenas dois fios, sendo um o terra (GND) e outro o sinal de transmissão (TX), não controlando-se os dígitos foram bem recebidos, pois para compensar, ele transmite continuamente a informação ao peso, acompanhado do código de checagem CRC ou BCC.

Analisado os modelos de Monitores de Pesagem de alguns fabricantes, notou-se que a velocidade de comunicação inicial é de 300 Bouds e chega ao máximo de 9600 Bouds. Embora a velocidade de 9600 Bouds seja alta, a amostragem dos valores de peso é baixa, ou seja, embora

falem rapidamente o peso, o valor deste não se altera a cada amostragem.

Portanto, altas velocidades de comunicação não resolvem a necessidade de se obter o número ideal de amostragens necessárias, em tempo real, para se obter uma curva de pesagem de boa ou alta precisão para os estudos e análises das características de um veículo, quando este entra ou saí da plataforma de pesagem como será avaliado no item 3 desse capítulo.

### 3 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE UM POSTO DE PESAGEM AUTOMATIZADO E INFORMATIZADO.

A automação de uma balança transformando-a em um Posto de Pesagem Automatizado deverá permitir a pesagem de um veículo, apenas e tão somente se ele estiver corretamente posicionado sobre a plataforma, sem nenhuma intervenção do operador. Para essa finalidade serão acrescentados alguns dispositivos lógicos e físicos para esse controle de identificação do posicionamento correto do veículo na plataforma, dispensando assim qualquer envolvimento com o operador da balança.[11]

Por outro lado, a informatização de um Posto de Pesagem permitirá preencher e imprimir um bilhete de pesagem com todos os dados necessários e suficientes para acompanhar tal carregamento, sendo o bilhete de pesagem um

comprovante real, preenchido automaticamente e armazenados na base de dado.

A informatização viabiliza também que outras unidades gerenciais de bancos de dados, se tal Posto de Pesagem for colocado em rede de dados, possam consultar e atualizar essas bases, pois ficarão distribuídas em toda a companhia as informações da carga e/ou descarga do veículo.

Em uma balança comum, sem informatização, o bilhete de pesagem é apenas um papel com a informação impressa mecanicamente da data e hora da aquisição dos pesos de tara, bruto e líquido. Sendo inclusive redigitado pelo operador, portanto de forma manual, o peso bruto ou tara para complementar a pesagem e poder gerar o peso líquido da carga. Todas as outras informações pertinentes a carga são preenchidas pelos operadores das balanças, cada um a seu modo, de forma manual.

Portanto o operador de um Posto Automatizado e Informatizado, só deverá executar a vistoria da documentação e a digitação das informações desses documentos, que acompanham o carregamento no terminal microcomputador. Sendo até facultativo nos casos em que se colocar leitoras ópticas de códigos de barras bidimensionais, onde é possível colocar todos os dados de uma nota fiscal em uma etiqueta de código de barras.

O sistema de automação e informatização tradicional que será discutido no item 4 deste capítulo, também tem como objetivo principal esse controle geral do posicionamento do veículo, com a sensível diferença no método e na tecnologia empregada para executar esse controle.

Para que fique claro todo o processo de automação proposto por este trabalho é necessário uma atenção especial ao conceito de geração do mnemônico do veículo.

### **3.1 Mnemônico característico do Veículo.**

A característica básica desta automação esta em identificar e reconhecer o veículo pelas suas características de construção e distribuição de carga sobre seus eixos e chassis que configuram seu mnemônico, ou seja, a forma pelo qual será identificado, caracterizado, e registrado pelo sistema de automação.

Existirá um único mnemônico para cada veículo, pois o veículo, assim como seu mnemônico, será referenciado pelas 3 (três) letras e 4 (quatro) números presentes na(s) placa(s) de sua identificação.

Para a caracterização do mnemônico do veículo será necessário que o sistema tenha a capacidade de identificar as seguintes partes :

- Número de Eixos que possui.
- Distância aproximada entre os eixos.
- Peso aproximado de cada eixo, de forma diferenciada, quando sobe na plataforma e quando desce da mesma, tanto para a Tara como para o Bruto.
- Peso total do veículo quando vazio, TARA do veículo.

Além do mnemônico característico do veículo, o sistema de automação também irá reconhecer os seguintes eventos importantes da pesagem, que são:

- Sentido de movimentação do veículo sobre a plataforma de pesagem.
- O momento em que o motorista desce do veículo.
- Depois da pesagem, o momento em que o motorista volta para o veículo.

Tanto o mnemônico como os eventos importantes para conclusão do posicionamento correto do veículo sobre a plataforma de pesagem, poderão ser implementados e executados de várias maneiras e métodos diferentes.

No item 4 deste capítulo será descrito o método tradicional, utilizando-se de um microcomputador, um Controlador Lógico Programável (CLP) e barreiras ópticas com emissores e receptores passivos, para acompanhar o posicionamento do veículo sobre a plataforma de pesagem, e levantar as características para compor seu respectivo mnemônico.

Neste item será descrito o novo método proposto por esta dissertação que será através da leitura consecutiva dos valores de peso, tendo como base a curva de pesagem, para criar o mnemônico, sendo os estados lógicos das barreiras ópticas colocados na entrada, no meio, e na saída da plataforma de pesagem apenas para identificar o sentido e velocidade do veículo como medidas complementares e até dispensáveis em determinadas aplicações. Tais barreiras ópticas serão implementadas com uma nova tecnologia de sensores inteligentes, que serão detalhados nos capítulos III e IV dessa dissertação.

Nas implementações mais críticas, será o cruzamento dessas informações, das barreiras ópticas e das variações do peso sobre a plataforma de pesagem, que tornará possível identificar a posição do veículo e a formação do respectivo mnemônico característico, sendo gravado cada qual com as respectivas chapas de cavalo e carreta, ou somente com chapa única para veículos pequenos.

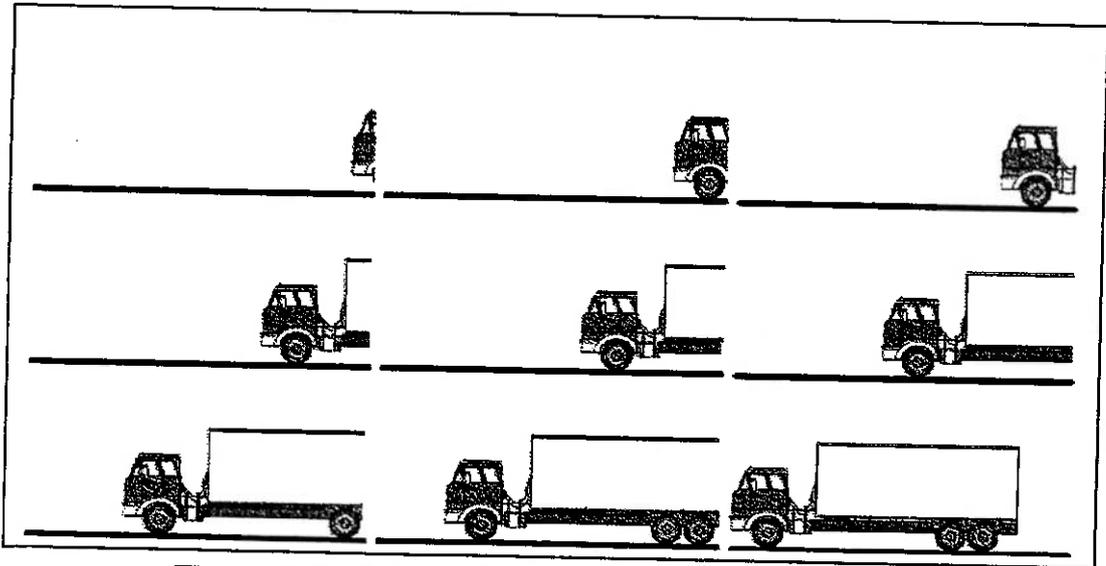
É importante frisar aqui que o cadastro de um veículo anteriormente considerado pequeno com chapa única, posteriormente não poderá ser considerado grande com composição de cavalo mais carreta, da mesma forma que um registrado anteriormente como cavalo mais carreta não poderá ser repassado como veículo de chapa única.

Equipamentos auxiliares de sinalização visual e sonora também fazem parte do projeto, especificamente para auxiliar na orientação do condutor do veículo

quando em transito sobre a plataforma, enquanto esta sendo apurado os dados do mnemônico do veículo.

### 3.1.1 Curva de Pesagem.

A figura II.2 ilustra em 9 (nove) momentos diferentes com um veículo de 3 (três) eixos se posiciona sobre a plataforma de pesagem.



**Figura II. 2 - Sinóptico de um veículo subindo em uma plataforma de pesagem**

Considerando a figura II.2 com nove quadros orientados da esquerda para a direita e de cima para baixo, portanto sendo o primeiro o quadro superior esquerdo e o último, o nono quadro o inferior direito.

No primeiro quadro não existirá nenhum sinal de pesagem identificado pela instrumentação ligada à plataforma de pesagem, pois o veículo está se aproximando da plataforma.

Do segundo ao sexto quadro, observa-se um eixo sendo deslocado sobre a plataforma de pesagem. A instrumentação deverá indicar variação de peso na transição do primeiro quadro para o segundo quadro e depois uma estabilidade na leitura até o sexto quadro.

Outra indicação de variação no peso deverá ocorrer do sexto para o sétimo quadro, uma estabilidade menor, pois se mantém com dois eixos na plataforma, até oitavo quadro.

Última transição do oitavo para o nono quadro com a entrada do terceiro e último eixo do veículo, ficando estável o peso do veículo enquanto estiver totalmente sobre a plataforma.

Essa figura demonstra claramente que existem tempos diferentes para os eixos subirem na plataforma da balança, e que esse tempo é proporcional a velocidade do veículo e ao número de amostragens do observador. Entre os eventos de entrada dos eixos existirão pequenos intervalos de estabilidade para se observar e identificar cada eixo do veículo.

Na figura II.3 observa-se a variação da leitura do peso feita pelo instrumento, Monitor de Pesagem da balança, que será daqui para diante identificado como a Curva de Pesagem. Ela mostra a relação (peso x número da amostragem), onde se torna possível visualizar o processo sucessivo da entrada do veículo sobre a plataforma da balança, no quantitativo e qualitativo da instrumentação.

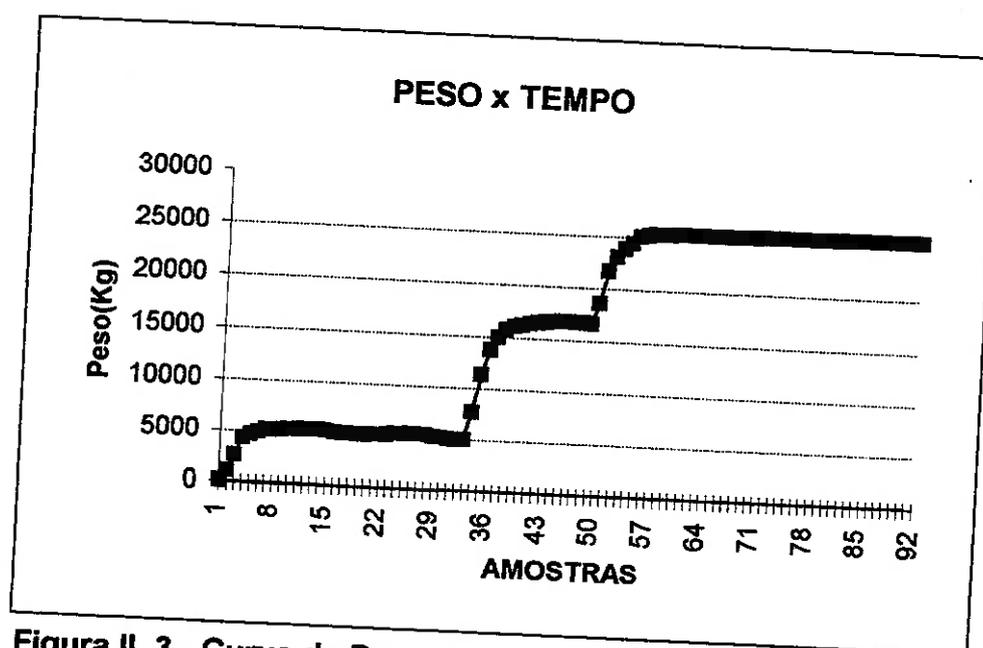


Figura II. 3 - Curva de Pesagem Direta do Monitor de Pesagem

De forma similar à figura II.2, a figura II.3 mostra o que foi observado pela sucessão contínua dos quadros ópticos, com a diferença que, na primeira tem-se 9 (nove) posições visualmente distintas e identificadas, e na segunda, 91 (noventa e um) pontos de leitura ou amostragens com os respectivos valores (pontuais) dos pesos.

O resultado obtido pela instrumentação terá significativa diferença em relação a observação visual anterior, na análise, pois pode ser observado com maiores detalhes o movimento do veículo ao se posicionar sobre a plataforma.

As três variações observadas na curva de pesagem demonstra a presença dos três eixos, representados cada qual por um degrau, e a distância entre os eixos pelo tempo em que permanece "estável" os valores do peso em cada degrau. Portanto, a quantidade de amostragens com estabilidade até o início do próximo degrau é proporcional as distâncias entre os eixos do veículo.

Na entrada de cada eixo observa-se uma velocidade de acréscimo de peso muito alta inicialmente, depois um amortecimento gradativo e sucessivo até um valor nominal mantendo-se nessa condição, com pequenas flutuações, até a entrada do eixo seguinte.

Sendo assim, quando o primeiro eixo entra na plataforma da balança, a massa permanece quase constante e igual a  $M_1$ , quando entra com o segundo eixo, a plataforma da balança acusa a massa  $M_1+M_2$  e, finalmente, quando entra com o terceiro eixo na plataforma da balança acusa a massa total do veículo  $M = M_1 + M_2 + M_3$ .

Quando uma roda do veículo estiver passando do piso para à plataforma da balança, uma função aproximada e coerente com a situação experimental será a seguinte:

$$\frac{dM}{dt} = A \cdot e^{-Bt}$$

(2-1)

onde  $A$  e  $B$  são constantes que deverão ser determinadas experimentalmente e  $\frac{dM}{dt}$  é a massa do veículo que vai subindo na plataforma da balança em função do tempo.

Integrando-se a equação (2-1),

$$dM_1 = A \cdot e^{-Bt} \cdot dt \quad (2-2)$$

$$\int_0^M dM_1 = A \int_0^t e^{-Bt} \cdot dt \quad (2-3)$$

$$M_1 = -\frac{A}{B} \cdot e^{-Bt} \Big|_0^t \quad (2-4)$$

$$M_1 = \left( -\frac{A}{B} \cdot e^{-Bt} \right) - \left( -\frac{A}{B} \cdot e^{B \cdot 0} \right) \quad (2-5)$$

$$M_1 = -\frac{A}{B} \cdot e^{-Bt} + \frac{A}{B} \quad (2-6)$$

$$M_1 = -\frac{A}{B} \cdot (e^{-Bt} - 1) \quad (2-7)$$

obtem-se:

$$M_{1t} = \frac{A}{B} \cdot (1 - e^{-Bt}) \quad (2-8)$$

Na expressão (2-8), a razão entre  $A$  e  $B$  representa  $M_1 (M_1 = A/B)$ . Assim, pode-se escrever:

$$M_{1t} = M_1 (1 - e^{-Bt}) \quad (2-9)$$

Levando-se em conta que:  $B = A/M_1$  pode-se escrever a equação (2-9) da seguinte maneira:

$$M_{1t} = M_1 \left( 1 - e^{-\frac{A}{M_1} t} \right) \quad (2-10)$$

A constante  $A$  deverá ser uma função da velocidade do caminhão quando estiver passando com os eixos do piso à plataforma da balança. Isto é:  $A = k \cdot v$ , onde  $k$  é uma constante definida pela superfície do pneu e a carga distribuída nessa superfície,  $k = \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$  é obtido experimentalmente, e  $v$  a velocidade do veículo, portanto  $v = \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

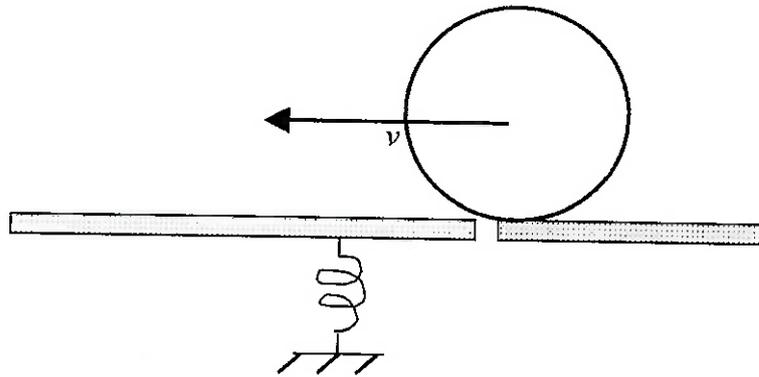


Figura II. 4 – Entrada de uma roda no piso à plataforma de pesagem

$$M_{it} = M_1 \left( 1 - e^{-\left(\frac{k \cdot v}{M_1}\right)t} \right) \quad (2-11)$$

A equação (2-11) representa a variação do valor da massa sobre a plataforma de pesagem, para cada eixo do veículo, em relação a velocidade do mesmo, e se calculada individualmente para cada eixo do exemplo anterior deverá ser obtido resultado semelhante ao empírico.

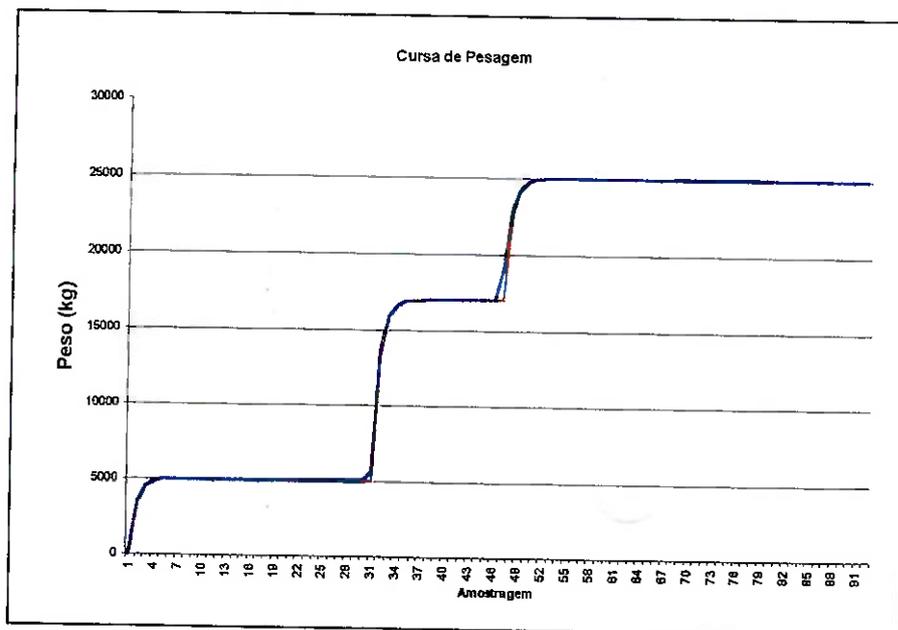


Figura II. 5 - Curva de Pesagem pela equação (2-11)

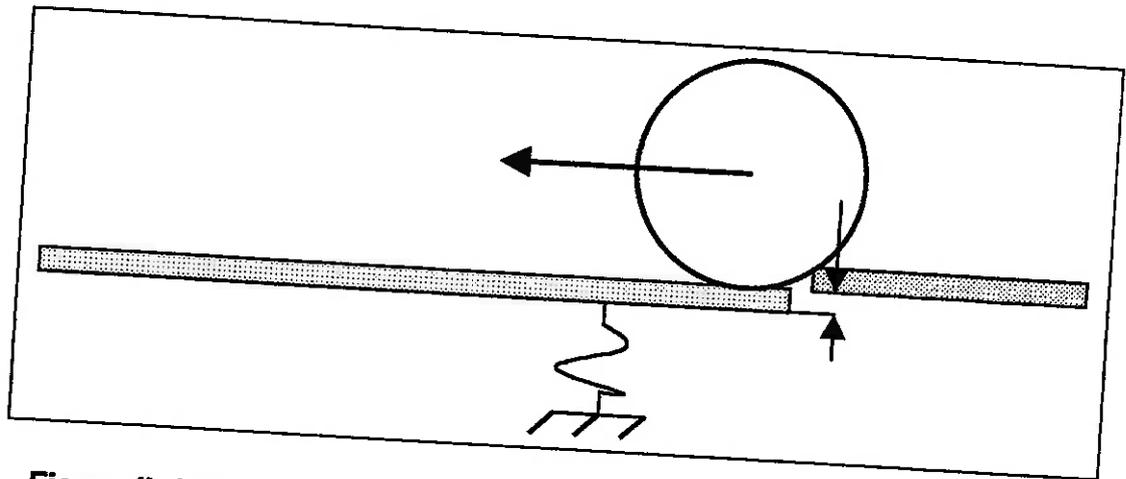
O gráfico resultante da curva de pesagem executado pela equação (2-11) está representado na figura II.5, e foi plotado a partir dos seguintes parâmetros da equação (2-11),  $v = 1,0 \text{ m/s}$ ,  $M_1 = 5 \times 10^3 \text{ kg}$ ,  $M_2 = 12 \times 10^3 \text{ Kg}$  e  $M_3 = 8 \times 10^3 \text{ Kg}$ , com o tempo variando entre 0 e 27 s. As duas curvas foram feitas com os mesmos dados variando-se apenas a constante  $k$ , sendo a escura com  $k_1 = 20 \times 10^3 \text{ kg/m}$  e a clara  $k_2 = 10 \times 10^3 \text{ kg/m}$ .

Observando na figura II.5, pode-se concluir que quanto maior for a constante  $k$ , o valor da massa  $M_{1t}$  converge mais rapidamente para a massa que o veículo coloca sobre a plataforma da balança com seu eixo.

É muito difícil encontrar uma função completa que responda, aproximadamente, como o gráfico experimental da figura II.3. Porém, pode-se justificá-lo com três equações semelhantes a equação (2-11). Cada uma das equações definindo um dos eixos do veículo até completar o número de eixos que se deseje, como foi feito para concluir a figura II.5.

Na tentativa de aproximar ainda mais a equação (2-11) da realidade da balança podemos acrescentar a esta o movimento amortecido causado pela força que a balança gera ao momento da entrada do peso.

Para aproximar mais os dados teóricos do empírico podemos considerar também essa força de reação da plataforma da balança sobre o veículo.



**Figura II. 6** Reação da plataforma da balança quando entra o eixo do veículo

O movimento do sistema, plataforma de balança mais eixo do veículo, deve ser movimento amortecido, do tipo:

$$y = y_0 e^{-\gamma t} \cdot \text{sen}(\omega t), \quad (2-12)$$

onde  $\gamma$  é o fator de amortecimento e  $\omega = 2\pi/T$  representa a frequência angular ( $T$  é o período da balança com o primeiro eixo do caminhão, devendo aumentar a medida que o número de eixos sobre a plataforma for aumentando).

Derivando-se duas vezes a equação (2-12) em relação ao tempo, obtém-se a aceleração do incremento de  $y$ , assim :

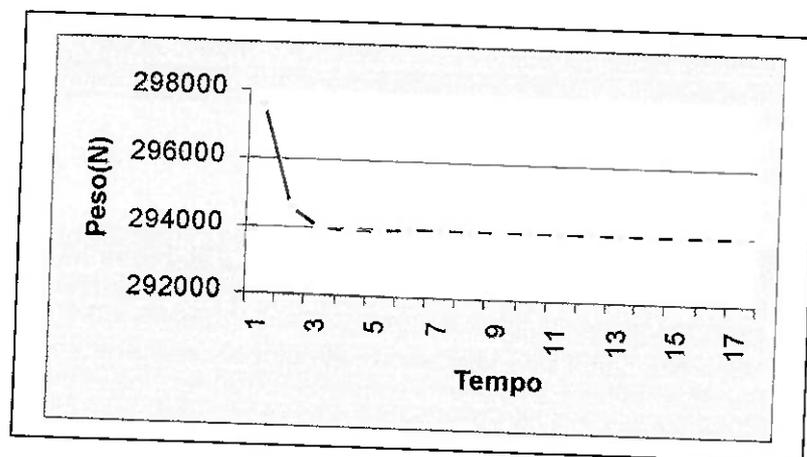
$$a_y = y_0 \gamma^2 e^{-\gamma t} \text{sen}(\omega t) - 2y_0 \gamma e^{-\gamma t} \cos(\omega t) \omega - y_0 e^{-\gamma t} \text{sen}(\omega t) \omega^2 \quad (2-13)$$

Sendo então a força de reação da plataforma da balança sobre o uma massa colocada abruptamente sobre ela expressa da seguinte forma :

$$N = M(g - a_y) \quad (2-14)$$

Na figura II.7 pode-se observar o resultado da equação (2-14) para os valores:

$$w = 0,57 \text{ rad/s}, \quad y_0 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad M_1 = 30 \times 10^3 \text{ kg} \quad \text{e} \quad \gamma = 3,0 \text{ s}^{-1}.$$



**Figura II. 7** Reação da balança ao receber carga

Na observação da figura II.6 pode-se concluir que a reação da balança ao peso colocado sobre ela, faz uma resultante maior que o próprio peso e que depois de certo tempo acomoda ao valor do peso colocado à plataforma. Em Newtons a força equivalente aos 30.000 kg da massa sobre a plataforma é de 29400N.

Portanto substituindo o valor de  $M$  na equação (2-14) pela equação (2-11) e mantendo o resultado em Newtons, obtém-se a equação geral de transferência de peso sobre a plataforma da balança em função do tempo:

$$N_{1t} = M_1 \left( 1 - e^{-\left(\frac{k-v}{M_1}\right)t} \right) \left( g - y_0 \gamma^2 e^{-\gamma t} \sin(\omega t) - 2y_0 \gamma e^{-\gamma t} \cos(\omega t) \omega - y_0 e^{-\gamma t} \sin(\omega t) \omega^2 \right) \quad (2-13)$$

Para os mesmos valores anteriores, obtém-se o gráfico da figura II.8, onde pode-se observar as pequenas ondulações na velocidade de crescimento do peso sobre a plataforma da balança causado pelo segmento da fórmula  $\alpha_y$ .

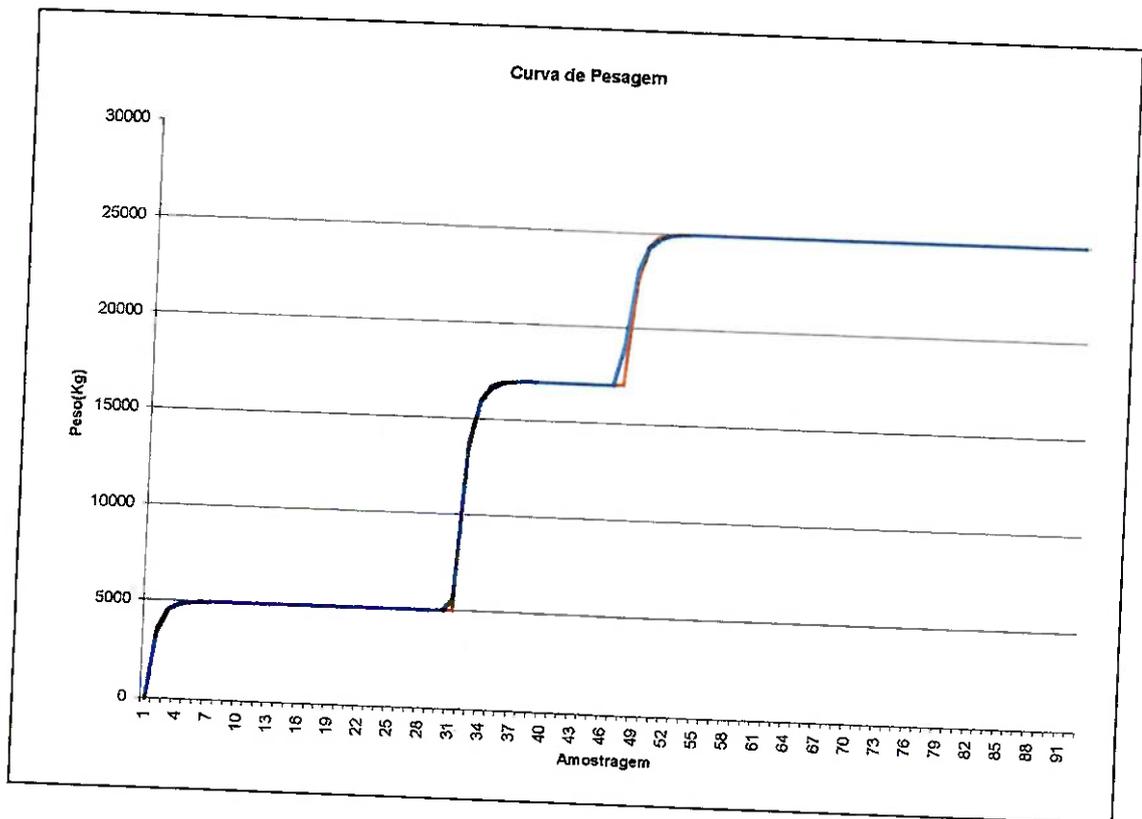


figura II. 8 - Curva de Pesagem Plotada com os dados gerados pela equação (2-13)

Observa-se que o gráfico mais claro representa a equação (2-11) com  $M$  é fixa e o gráfico mais escuro a equação completa (2-13), onde  $M$  varia com o tempo.

Para identificar com mais clareza os eixos do veículo, pode-se calcular a derivada da função (2-13), curva de pesagem, e obter o coeficiente angular das velocidades de crescimento do valor da massa sobre a plataforma.

Mas o cálculo da derivada para ser implementado em um circuito é talvez mais complicado do que calcular simplesmente as taxas de crescimento da massa, desde que o tempo entre as amostragem seja fixo, como é o caso da figura II.3, tirada diretamente do monitor de pesagem; ou da figura II.8 com a curva teórica pela equação (2-13).

Na figura II.8 observa-se os valores da taxa de crescimento das massas dos eixos obtidos na curva de pesagem (figura II.3), com detecção dos 3 (três) eixos do veículo em questão. Os picos na curva da taxa de crescimento diferencial do peso indicam os momentos das entradas dos eixos à plataforma de pesagem, portanto os picos dessa curva determinam a presença de cada eixo do veículo. Além do número de eixos obtém-se a distância entre eixos pelo número proporcional de amostragens nesses intervalos.

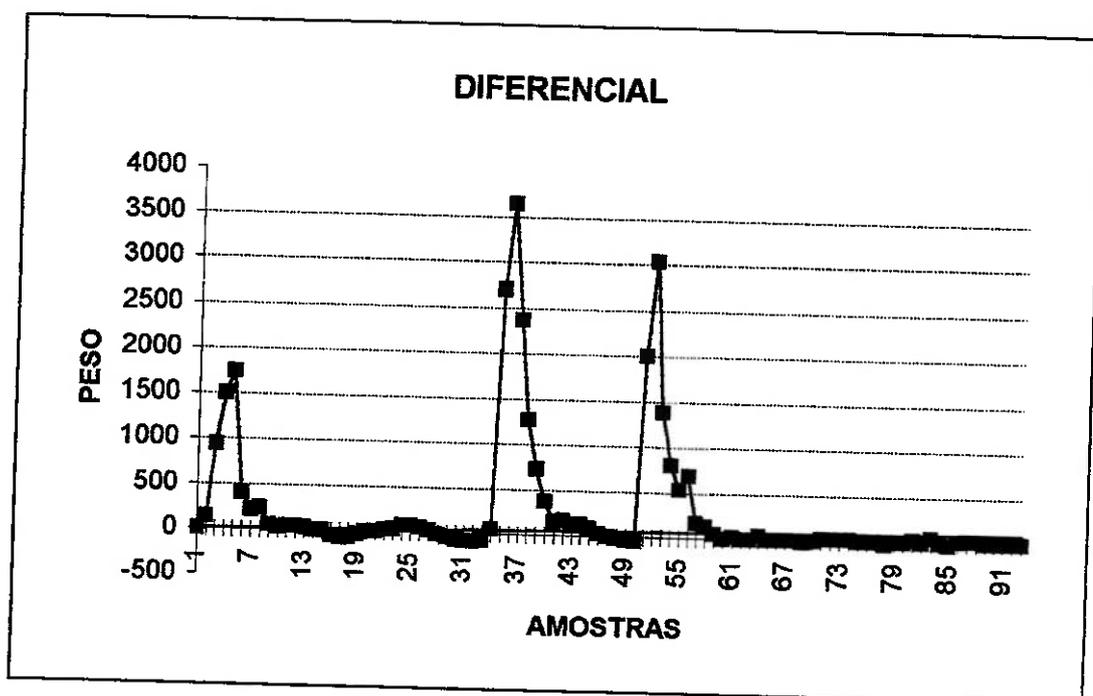


figura II. 9 - Curva com a variação da taxa de crescimento (Diferencial) com os mesmos dados do monitor de pesagem plotado na figura II.3

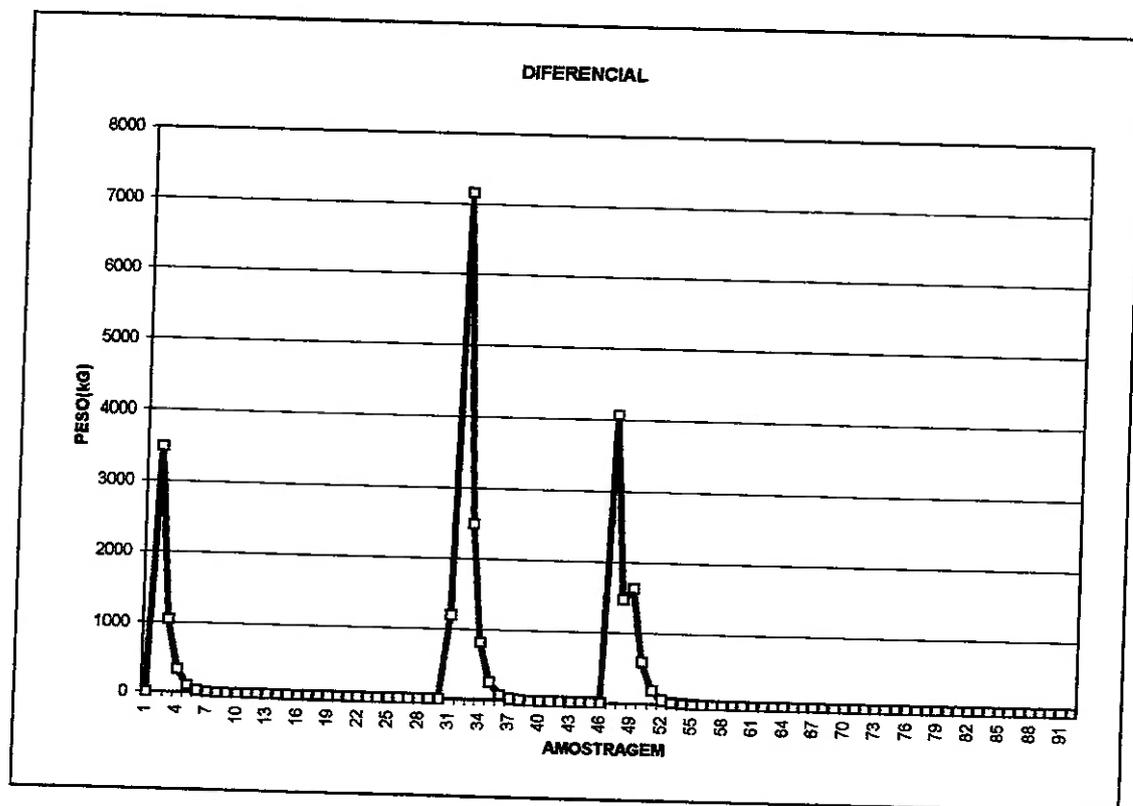


figura II. 10 - Curva da taxa de crescimento (Diferencial) com os dados fornecidos pela equação (2-13)

Para concluir que a equação (2-13) realmente se aproxima o suficiente da realidade da entrada de um veículo à plataforma de pesagem, para posteriormente poder ser utilizada como ferramenta adequada e eficaz para simulação de pesagem, foi calculado também a taxa de crescimento da massa em função do tempo e plotado no gráfico da figura II.9.

Comparando-se cuidadosamente os dois gráficos de taxas de crescimento, um feito a partir dos dados práticos (figura II.8) e outro feito a partir dos dados teóricos (figura II.9) tirados da expressão (2-13), obtém-se uma evidente semelhança no formato até mesmo com o detalhe no último eixo, com uma retomada momentânea do crescimento próximo da amostragem de número 50. Os picos foram superiores aos da prática, mas poderemos tratar a constante  $k$  de forma conveniente a obter dados mais próximos, como mostrado na figura II.10 com o valor de  $k=7000 \text{ Kg/m}$  e  $\gamma=3,5 \text{ s}^{-1}$ .

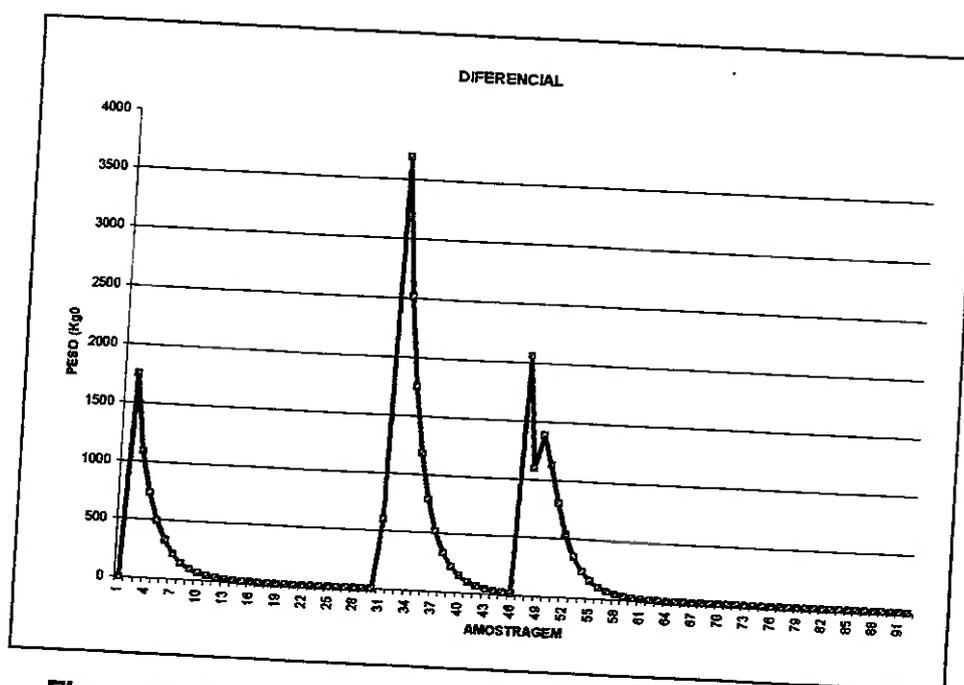


Figura II. 11 - Alterado a constante e  $k = 7000$  e  $\gamma = 3.5$

Se tomarmos as distâncias entre os picos do gráfico da figura II.11 e/ou figura II.9 obtemos as distâncias proporcionais entre os eixos do veículo, assim supondo que tal veículo tivesse o mnemônico como mostrado na figura II.20 ou figura II.21.

Portanto, através do acompanhamento da entrada do veículo sobre a plataforma de pesagem, pela curva de pesagem, podemos obter o número de eixos do veículo, a distância proporcional entre eles, e finalmente o peso aproximado de cada um. Com isso fica estabelecido o mnemônico do veículo acrescentando-se as placas de identificação.

É importante que haja pelo menos uma barreira óptica no extremo da balança para poder identificar o sentido que o veículo entrou, pois quando este for sair da plataforma, identificar que mantém o mesmo sentido, assim garantindo que o veículo não deixou nenhum eixo do lado de fora da plataforma.

Esse dispositivo óptico poderia ser dispensado se houvesse uma garantia de que todos os eixos tem valores diferentes, mas como isso é praticamente impossível, deve-se considerar indispensável a barreira óptica.

Na saída do veículo, de forma semelhante ao evento de entrada, o processo de construção da curva repete-se, na condição inversa.

Com a análise da Curva de Pesagem, torna-se possível apurar irregularidade de aferição entre as diferentes seções e brassagens da balança, caso a balança seja do modelo híbrido. Ou divergências entre células de carga, caso a balança seja do modelo eletrônica. Estes casos de divergências poderão ser identificados no momento em que o veículo esteja estacionando ou na saída do mesmo, pois os valores apurados na entrada deverão ser repetidos de forma inversa na saída do veículo. Ou enquanto estiver entrando o veículo e não for possível identificar o número de eixos corretamente.

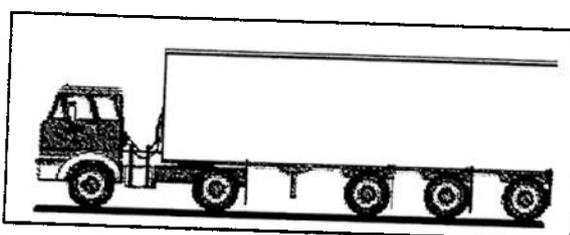
A Curva de Pesagem constitui-se numa importante ferramenta na automação do Posto de Pesagem, uma vez que possibilita a execução da análise comparativa dinâmica dos valores na entrada e na saída do veículo, não somente no número de eixos, mas nos valores de cada um.

Além da análise estática, feita comparando-se a curva levantada em pesagens anteriores do mesmo veículo, registrada em bancos de dados no microcomputador, com a curva atual, observando e identificando alterações feitas no veículo por motivos de reforma ou alteração provocadas intencionalmente ou não, no veículo com carga ou descarga de possíveis lastros.

Com base na análise das curvas, torna-se possível detectar situações de anormalidades no processo de pesagem em Postos Automatizados, como divergências de peso entre as seções da plataforma, cutelos quebrados,

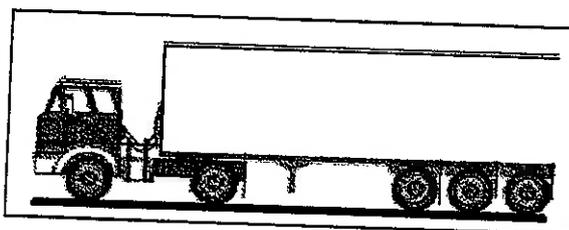
podendo alertar a empresa sobre irregularidade na plataforma, invalidando a pesagem de veículos em condições indesejáveis, caracterizando situações de erros operacionais intencionais (fraude).

Da figura II.12 até a figura II.22 estão ilustrados alguns dos possíveis veículos de carga e seus respectivos registros do mnemônico.



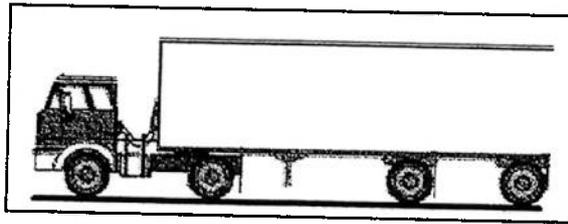
**Figura II. 12 - Veículo modelo v11111**

O mnemônico correspondente ao veículo da figura II.12 tem a característica de ter todos os 5 (cinco) eixos separados, sendo que os 3 (três) últimos com valores menores de separação.



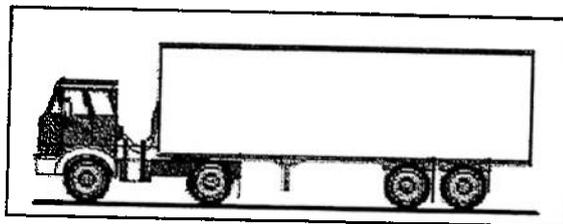
**Figura II. 13 - Veículo modelo v113**

O mnemônico correspondente ao veículo da figura II.13 tem o mesmo modelo de cavalo que a figura anterior, trocando-se a carreta, sendo seus 3 (três) últimos eixos mais próximos entre si em relação ao mnemônico anterior.



**Figura II. 14 - Veículo Modelo v1111**

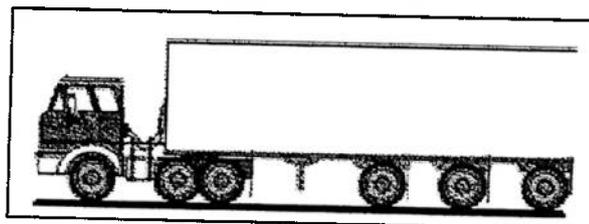
O mnemônico da figura II.13 mantém o mesmo cavalo e troca por uma carreta de dois eixos separados.



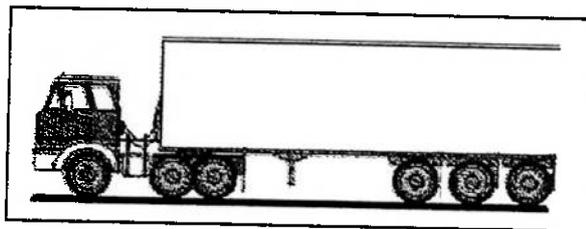
**Figura II. 15 - Veículo Modelo v112**

O mnemônico da figura II.14 mantém o cavalo e troca para uma carreta de dois eixos próximos, a característica desse tipo de carreta é ter comprimento menor que o exemplo da figura II.14.

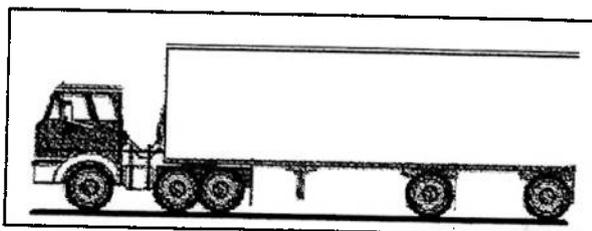
Trocando-se as carretas para um cavalo de 3 (três) eixos sendo os dois últimos próximos estão apresentados nas quatro figuras seguintes, iniciando na figura II.16 e terminando na figura II.19.



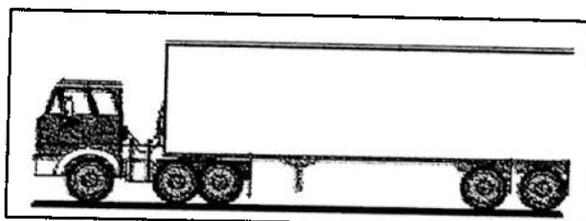
**Figura II. 16 - Veículo Modelo v12111**



**Figura Il. 17 - Veículo Modelo v123**



**Figura Il. 18 - Veículo Modelo v1211**

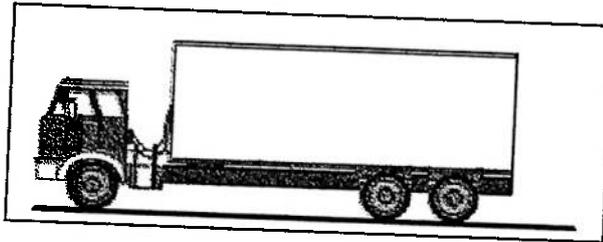


**Figura Il. 19 - Veículo Modelo v122**

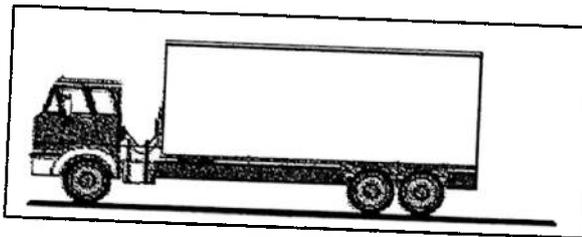
Nas figuras anteriores percebe-se realmente 2 (duas) combinações de cavalo e 4 (quatro) combinações de carretas, ou seja, dois tipos de cavalos, um com 2 (dois) eixos e outro com 3 (três) eixos, sendo um mais isolado e os dois últimos mais próximos.

Os três veículos menores seguintes, são modelos de veículos “trucks” com um único chassis, e por consequência uma chapa de identificação, nos casos das figuras anteriores são identificados pelas duas chapas, uma pertencente ao cavalo e outra correspondendo a carreta.

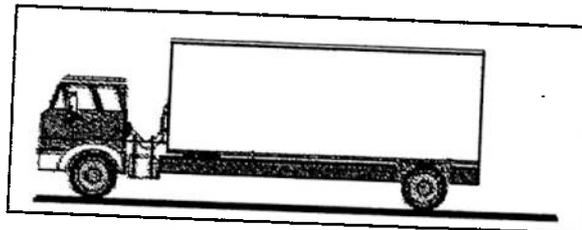
É importante observar que poderá existir qualquer combinação entre chapas de cavalos e carretas exemplificadas nos mnemônicos acima. Para os veículos "trucks" como poderá ser observado nas figura II.20 à figura II.22, serão sempre placas únicas.



**Figura II. 20 - Veículo Modelo v111**



**Figura II. 21 - Veículo Modelo v12**



**Figura II. 22 - Veículo Modelo v11**

### **3.1.2 Sentido do veículo na Pesagem.**

Como mencionado anteriormente, é muito importante que a automação tenha recursos para identificar o sentido de deslocamento do veículo sobre a plataforma. Pois, se não for identificado o sentido da pesagem, poderá surgir

um mnemônico inválido para um veículo que se posiciona na plataforma pela primeira vez, mantendo eixos fora da balança, e ao término da pesagem sai de ré.

Claro que ficará registrado o mnemônico do veículo com a falta dos eixos não contados, portanto para todas as demais pesagens o veículo deverá manter de fora os eixos não contados, sem o que será identificado como fraude. Portanto, será muito difícil enganar a balança uma segunda vez, mas esse erro deve ser coibido desde a primeira tentativa.

O sentido da pesagem pode ser identificado na maioria dos casos pela curva de pesagem, pois ao sair em sentido contrário, o valor de peso será apresentado na seqüência do último que entrou sendo o primeiro a sair, identificando que foi alterado o sentido. Mas só esse método isolado, torna-se falível se existir algum veículo com os valores de eixos dentro das tolerâncias aceitáveis. Sendo assim, poderá ser confundido se realmente está saindo na ordem inversa dos eixos.

Esses sensores tornam-se desnecessários nos casos em que a pesagem do bruto e líquido do veículo seja feita sem que o mesmo tenha necessidade de sair da plataforma de pesagem.

O primeiro exemplo dessa categoria são as balanças sobre moegas de descargas, pois nesses casos, o veículo chega cheio pesando o Bruto, e sem

que ele saia da plataforma, esta será basculada junto com o veículo totalmente colocado sobre a plataforma, não basculando se não for convenientemente travado pelas rodas traseiras.

Outro caso que dispensa o sensoreamento é o caso de Tulas de descargas de material sobre a plataforma de pesagem, onde o veículo chega vazio pesando a Tara, e em seguida é iniciado o carregamento do veículo diretamente sobre a plataforma e, nesse caso, é lógico que deverá estar totalmente posicionado sobre a mesma.

Excetuando-se esses dois casos, para evitar qualquer confusão para a automação identificar o sentido de pesagem somente pela interpretação da curva de pesagem, foi colocado no projeto barreiras ópticas nos dois extremos da plataforma.

Assim quando o veículo interrompe a barreira do extremo direito da plataforma, a automação admite que a pesagem esta sendo realizada da direita para a esquerda. Com isso não se permite que o veículo, depois de pesado, volte a interromper essa barreira, pois assim seria comprovado que o veículo esta saindo de ré. De forma análoga, é feita a identificação do sentido esquerda para a direita.

### 3.2 Controle da velocidade de estacionamento.

Como foi mencionado, é muito importante que seja alertado ao motorista que estiver entrando muito rápido na plataforma, pois se assim fosse permitido frear o veículo totalmente sobre a plataforma, esta se deslocaria no sentido do veículo, com a violência do movimento proporcional a sua velocidade. Os limitadores de movimento servem para segurar esse esforço sobre a plataforma, para que ela não seja deslocada de forma definitiva, mas a energia do movimento é dissipada em todos os demais componentes da plataforma podendo danificá-los.

Para esse fim, na automação proposta por essa dissertação, será definida uma barreira óptica no centro da plataforma, portanto equidistante do início e fim da mesma ou das outras duas barreiras das extremidades.

A determinação da velocidade é baseada no tempo em que o veículo demorou para interromper essa barreira central, após ter interrompido uma das duas barreiras extremas, de acordo com o sentido de pesagem. Ou de ser identificado o primeiro eixo quando não existir barreiras nos extremos da plataforma.

Assim a velocidade média deverá ser calculada pela equação:  $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ,

sendo  $\Delta s$  uma medida conhecida e constante, e  $\Delta t$  variável inversamente proporcional à velocidade do veículo.

### **3.3 Sinalização Visual e Sonora.**

Para completar o controle do posicionamento do veículo, o condutor do mesmo deverá ser avisado, com regularidade, dos passos a serem tomados ao estacionar o veículo sobre a plataforma de pesagem, através de sinalização visual e/ou sonora.

Para tanto foram dimensionados semáforos na entrada e saída da plataforma de pesagem. Este deverão sinalizar para que o veículo entre e a medida que o veículo se aproxima da posição final, totalmente sobre a plataforma, indicará para que o veículo pare. Nos casos em que a velocidade esteja alta poderá piscar os semáforos ou também soar o alarme sonoro, avisando para que o condutor do veículo freie o veículo antes de estar completamente sobre a plataforma.

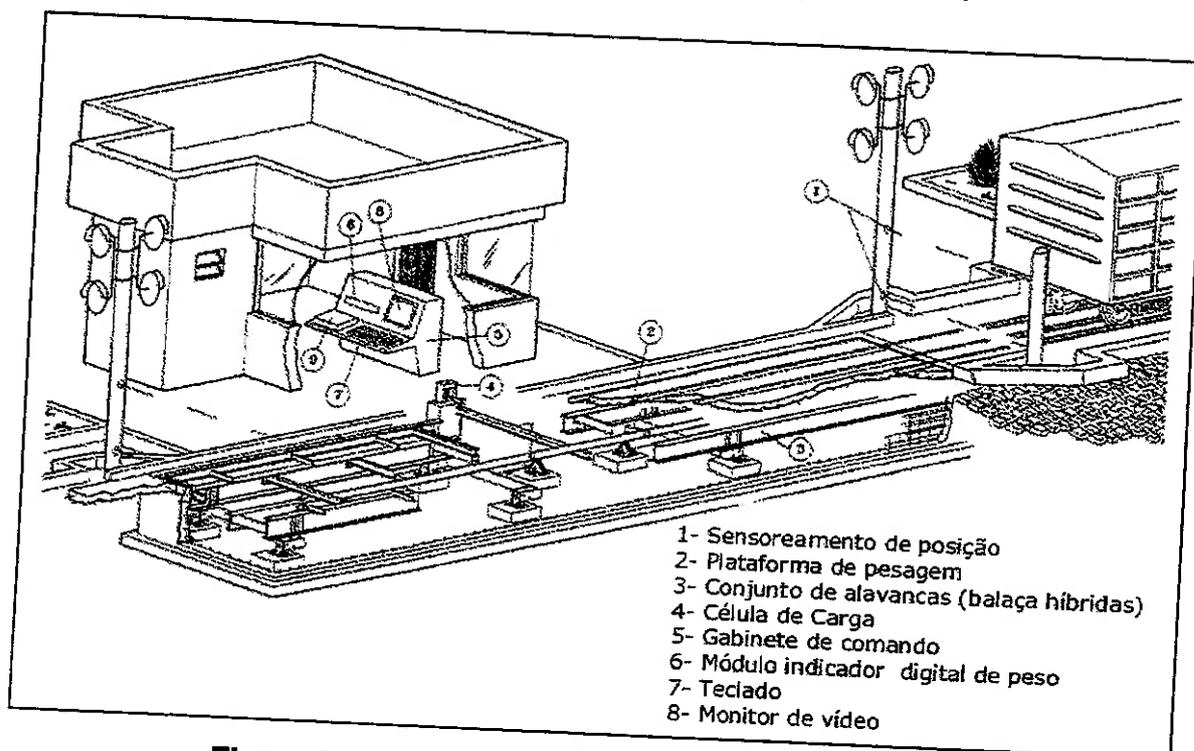
## **4 POSTOS DE PESAGEM COM METODOLOGIA E TECNOLOGIA TRADICIONAL**

Como o objetivo desta dissertação é exatamente propor mudanças tanto no método quanto na técnica para implementar os Postos de Pesagens existentes ou novos postos a serem construídos, será de suma importância entender como esses postos foram implementados assim como a técnica que foi utilizada. Será descrito a seguir seus conceitos

básicos relevantes e pontos mais importantes para confronto com a “Nova Tecnologia em automação com sensores e atuadores inteligentes” propostos neste trabalho e que esta descritos nos capítulos III e IV.

#### 4.1 Partes e Componente básicos.

Por intermédio da figura II.23, torna-se possível obter uma visualização básica do Posto de Pesagem Automatizado e Informatizado, através metodologia e tecnologia tradicional, envolvendo balança híbrida ou eletrônica, na modalidade rodoviária, ferroviária ou rodo-ferroviária, que apresenta, do ponto de vista físico, as seguintes partes, com os correspondentes componentes básicos associados.[9],[15],[19]



**Figura II. 23 - Posto de Pesagem com Metodologia e Tecnologia Tradicional**

#### **4.1.1 Sensoreamento de Posição.**

Constituído de barreiras ópticas com emissores e receptores ópticos infravermelhos, instalados nos postes em duas alturas distintas, paralelamente à plataforma.

Nos postes maiores também estão instalados os indicadores luminosos (semáforos) e sonoro (sirene), para orientação operacional do condutor do veículo.

#### **4.1.2 Plataforma de Pesagem.**

É o piso de concreto que fica sobre o conjunto de alavancas, cutelos e coxins de uma balança híbrida, neste caso.

#### **4.1.3 Conjunto de alavancas (balança Híbridas).**

Nos itens 1.1 e 1.2 foram discutidos em detalhe cada um desses da elementos balança.

#### **4.1.4 Célula de Carga.**

No item 2.1 foi descrito todos os aspectos técnicos e construtivos.

#### **4.1.5 Gabinete de Comando.**

Esse gabinete é de construção robusta não possuindo umidade em seu interior devido a geração de pressão positiva feita pelo ar quente dos instrumentos enquanto ligados, e quando estes forem desligados essa pressão é mantida por calefatores ligados automaticamente.

Em seu interior estão acondicionados os instrumentos de medição e controle da automação, característicos dessa tecnologia conforme descrita em [///].

#### **4.1.6 Módulo Indicador Digital de Peso.**

Esse dispositivo foi introduzido no painel do gabinete de comando deixado somente a vista do operador seu painel frontal com a indicação do peso sobre a plataforma de pesagem. Assim não possibilita acesso as partes internas e também aumenta a sua proteção mecânica. Os detalhamento de um monitor de pesagem foi discutido no item 2.2

#### **4.1.7 Teclado.**

Parte da interface homem máquina do Posto de Pesagem, funciona como entrada de dados para o microcomputador recebendo todas as

informações referentes aos documentos da carga do veículo, digitadas pelo operador do posto (balanceiro).

#### **4.1.8 Monitor de Vídeo.**

Também parte da interface homem máquina, é responsável por mostrar ao operador as condições de operação e confirmação dos dados digitados por este.

#### **4.1.9 Impressora.**

Responsável por imprimir os bilhetes de pesagem com os dados e informação da carga sobre o veículo.

#### **4.1.10 Sistema de Proteção na geração de energia elétrica.**

Constituído por regulador de tensão e “nobreak”, com vistas a garantir a energia elétrica, de forma ininterrupta e regulada.

Portanto a necessidade de se utilizar todos esses elementos para automatizar e informatizar um posto de pesagem, foi necessário estabelecer uma sala de comando e controle do posto de pesagem onde acha-se instalada o Gabinete de Controle, com construção industrial e

robusta, onde se encontram as peças fundamentais da automação do posto, ou seja:

No interior do gabinete

- Módulo Indicador Digital de Peso.
- Microcomputador Industrial.
- Controlador Lógico Programável.
- Monitor de Vídeo
- Sensores de Ruptura de Carga.
- Circuito elétrico auxiliar de distribuição e comando.
- Modem de conexão à Rede de dados.

Fixado externamente ao gabinete.

- Impressora.
- Teclado.
- Sinalizadores luminosos para identificar painel ligado, fonte DC e AC ligadas.

#### **4.2 Método desta automação.**

Este Posto de Pesagem Automatizado e Informatizado apresenta, tanto na entrada quanto na saída, um par de postes providos de um conjunto

de sensores, emissor e/ou receptor correspondente, nas partes inferior e superior, a fim de possibilitar a identificação e contagem de eixos para a composição do mnemônico do veículo.

A barreira óptica formada pelos sensor e emissor na parte superior do poste, serve para identificar a presença de um veículo instantes antes de iniciar a entrada sobre a plataforma de pesagem. Observando a figura II.2 o primeiro quadro identifica esse momento. O veículo está próximo mas seu primeiro eixo ainda não entrou na plataforma de pesagem.

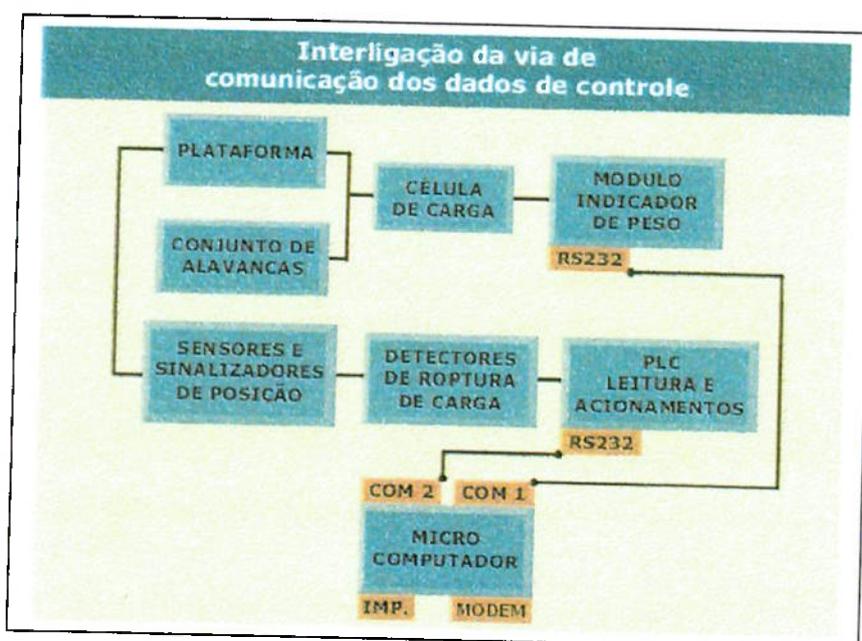
A barreira óptica na parte inferior do poste serve para identificar e contar cada eixo do veículo. Mas isto só é possível quando da combinação deste sinal com o valor do peso lido sobre a plataforma de pesagem, pois existem casos em que será identificado obstáculos pendurados no veículo e que não deverão ser contados como eixos, como exemplo o para barro de alguns veículos que se arrastam no chão e são largos, causando obstrução na barreira óptica semelhante a um eixo, mas não alteram peso na balança.

Sendo assim, no momento em que é identificado o início de uma pesagem pela barreira superior, o microcomputador deve iniciar a aquisição contínua dos valores do peso vindos do Monitor de Pesagem e repassa-los ao CLP ou apenas nos momentos em que este valor está crescente ou decrescente. Portanto o CLP terá condições de confirmar se

é um eixo ou um simples obstáculo, pela análise da correspondente variação do peso sobre a plataforma de pesagem.

O CLP com a conclusão que é realmente um eixo, considera-lo contado e inicia avaliações internas para medir as distâncias entre eixos. Enquanto esse tratamento das barreiras é feito, o aplicativo no CLP em linguagem "Ladder" aciona os dispositivos visuais (semáforos) e sonoros (sirene) para orientar ou advertir o condutor do veículo.

Sendo assim, em seguida a identificação de início de processo de pesagem, o microcomputador permanece lendo continuamente o monitor de pesagem e fornecendo as variações de peso à Lógica de Controle de Posição do Veículo, que é o aplicativo hospedado e executado no CLP.



**Figura II. 24 - Interligação da via de comunicação dos dados de controle.**

A interligação física dessas partes, que corresponde a via de comunicação dos dados de controle, valor do peso e os estados lógicos dos sinalizadores e sensores de posicionamento do veículo, internamente ao gabinete de controle do Posto, caracteriza-se por uma configuração, obedecendo a estrutura apresentada através da figura II.24.

É importante observar que o microcomputador é o integrador responsável em ler continuamente e interpretar os valores de peso vindos da balança através da interface serial unidirecional do Monitor de Pesagem, sempre que for iniciado um processo de pesagem.

Enquanto não inicia um processo de pesagem o aplicativo no microcomputador lê em períodos regulares os estados internos dos sensores e atuadores do CLP, e os seus respectivos detectores de rupturas de carga, e envia as conclusões oriundas dessas leituras ao monitor de vídeo para orientação do operador (balanceiro).

É importante notar, pela descrição do funcionamento desse método que para obter o mnemônico do veículo e conseqüentemente o controle da pesagem, precisa-se de uma alta performance e integridade na comunicação entre as duas aplicações que estão hospedadas em equipamentos diferentes e que devem se relacionar em tempo real.

Em resumo o microcomputador compartilha com duas interfaces seriais básicas de comunicações, RS232-C, uma ligada ao Monitor de Pesagem com um elemento de instrumentação e a outra com o elemento CLP de controle dos sensores e atuadores visuais e sonoros, que em conjunto com a informação das variações de peso enviados pelo microcomputador, que lê do monitor de pesagem, vai dando consistência ao que é analisada pelo sinais das barreiras ópticas.

Esse aspecto importante da metodologia tradicional, demonstra que todo o sistema funciona integrado sem a possibilidade de desmembramento desses módulos.

Se uma barreira óptica falhar, o sistema todo fica comprometido para identificação do mnemônico do veículo e portanto passa a refugar pesagens indistintamente ao posicionamento correto do veículo.

#### **4.3 Tecnologia desta automação.**

Este projeto foi baseado nas barreiras ópticas passivas ligadas a um dispositivo central, que é o CLP, onde fica hospedada toda a aplicação de controle dos sinais desses sensores e dos acionamentos dos atuadores visuais e sonoros.

Sendo assim o CLP é o equipamento responsável pelo controle total do posicionamento do veículo. A aplicação desenvolvida em linguagem "Ladder" é a responsável pela lógica de posicionamento e controle do trafego sobre a plataforma de pesagem.

Essa aplicação analisa o comportamento do veículo com as entradas dos referidos eixos e vai sinalizando visualmente ao motorista através dos acionamentos dos semáforos.

A tecnologia desta aplicação tem o inconveniente de demandar uma grande quantidade de fios de ligação e de um gabinete próprio para acondicionar esse equipamento e todos os rearranjos dos cabos e fios vindos da área externa junto a plataforma de pesagem.

#### 4.4 Estrutura da lógica de automação.

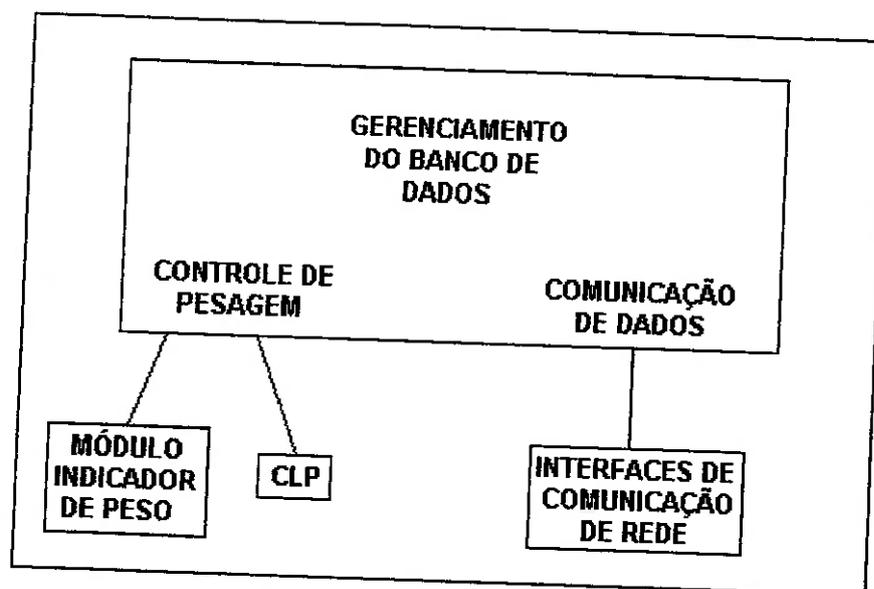


Figura II. 25 - Estrutura da lógica de Controle do Posto.

À lógica de Automação do Posto de Pesagem apresenta a seguinte estrutura básica, compõe-se dos módulos principais descritos a seguir, que apresentam uma interação entre si, e são intercedidas e controladas pelo microcomputador, conforme a figura II.24.

#### **4.4.1 Gerenciamento do posto.**

A lógica do gerenciamento do Posto foi subdividida em 3 (três) módulos, com funções específicas e objetivas executados em conjunto, mas de forma seqüencial, e apresentam as seguintes funções básicas:

- Interação com o operador.
- Interação com a lógica de Controle de Pesagem.
- Interação com a lógica de Comunicação de Dados.
- Interação com o Sistema Operacional do microcomputador.

#### **4.4.2 Lógica de Controle de Pesagem.**

O módulo de Controle de Pesagem situa-se no microcomputador como interface entre a Unidade de Processamento, Armazenamento e Controle de Dados, Monitor de Pesagem (MP) e o CLP, pois desenvolve todo o processo de pesagem e a correspondente análise anti-erros operacionais, através da leitura do Monitor de Pesagem em interação com leituras e

escritas no CLP, que por sua vez monitora e sinaliza posicionamento do veículo.

#### **4.4.3 Controle de Tráfego e Posição.**

A Lógica de Controle de Tráfego e Posição, instalada no CLP, situa-se como responsável pelo controle dos semáforos e sensores instalados junto à plataforma, monitorando a posição do veículo e enviando à unidade de processamento todas as análises prontas, aprovando ou não a referida posição.

A sinalização luminosa constitui-se de 4 (quatro) semáforos para operação em duplo sentido de pesagem, ou 2 (dois) semáforos na operação de sentido único, com lâmpadas indicadoras na cor verde e vermelha, instalados um na entrada da plataforma e outro na saída, para orientação e advertência ao operador do veículo.

A sinalização sonora constitui-se de 1 (uma) sirene instalada em local conveniente, que possibilite a indicação de anormalidades no processo automatizado de pesagem.

O CLP envia ao microcomputador as seguintes informações:

- Informações do ciclo de pesagem (transposição das barreiras de sensores).
- Informações de anomalias do ciclo.
- Informações de defeitos nos equipamentos.

O CLP recebe do microcomputador as seguintes informações:

- Informações de bloqueio de leitura de sensores e sinalizadores.
- Informações resultantes da análise de anomalias do ciclo.
- Sinais de aumento ou diminuição do valor bruto de peso na balança.

#### **4.4.4 Lógica de comunicação de dados.**

A Lógica de Comunicação de Dados, residente no microcomputador, é responsável, através dos Modem e do Gerenciador da Rede, pela comunicação entre o Posto e os Sistemas Supervisor, Administrativo e de Manutenção, utilizando o meio físico correspondente ao sistema telefônico privado da empresa.

As informações são transmitidas por meio de comunicação serial assíncrona, em forma de quadros, constituídos de caracteres (bytes),

sendo 10 "bits" por caracter, constituído pela linha física de conexão da rede telefônica.

#### **4.4.5 Sistema operacional.**

O Sistema Operacional corresponde a um conjunto de programas de supervisão, controle e processamento intrínseco ao microcomputador, gerando um canal de interface entre os elementos físicos integrados (vídeo, teclado, disco rígido e impressora) e proporcionando interação do usuário com o microcomputador.

### **5. Conclusão**

Neste capítulo destaca-se como nossas principais contribuições;

- O desenvolvimento de uma equação matemática para criar a curva de pesagem característica para qualquer veículo. Auxiliando ao desenvolvimento de sistemas de controle de pesagem executando com perfeição a simulação que se desejar, em seguida analisar o comportamento da balança.
- Foi caracterizado e analisado os diversos mnemônicos característicos do universo de veículos rodoviários possíveis de serem pesados em balanças rodoviárias.

- Foi feito um apanhado geral de como funciona o sistema do posto de pesagem tradicional para análise comparativa com o posto de pesagem desenvolvido com a nova tecnologia no capítulo IV.

## **CAPITULO III - TEORIA DA REDE DE CONTROLE**

### **DISTRIBUÍDO**

#### **1 INTRODUÇÃO**

O exemplo de maior destaque em processos industriais automatizados para controle distribuído corresponde ao CLP, onde através de suas estações remotas distribuídas, próximas aos sensores e atuadores, torna-se possível executar tarefas hospedadas no CLP central, como se fosse um único equipamento.

Desta forma, o controle distribuído aplicado a um sistema corresponde, do ponto de vista mais abrangente, a um conglomerado de subsistemas com tarefas individualmente controladas, ligados entre si, visando o controle global do sistema.

Pesquisando vários fabricantes de microcontroladores para compor o conjunto idealizado para os sensores inteligentes, verifica-se em primeiro momento, que a grande maioria deles, ativeram-se às estruturas básicas, com flexibilidade na configuração de suas entradas e saídas, boa capacidade de memória de programação, estrutura de linguagem e repertório de instruções em linguagem de máquina "assembler".

Em meio a essa pesquisa, uma família de microcontroladores destacou-se em relação ao modelo tradicional. Pois além das especificações acima tratadas, contemplava toda estrutura de comunicação serial, a dois fios para trabalho em rede, com a estrutura de protocolo nos 7 (sete) níveis do modelo de referência da norma ISO OSI.[35]

Tal família além de disponibilizar a filosofia de um microcontrolador tradicional, também disponibiliza, em eventos internos, o estado de suas entradas ou saídas, viabilizando a programação e uso dessas características no desenvolvimento de aplicações, necessitando de uma pequena quantidade de códigos de programas para executar tarefas, em diferentes níveis de complexidade.

A estrutura de linguagem e arquitetura dos microcontroladores em questão das semelhantes a de um microcomputador com sistema operacional onde as entradas ou saídas são baseadas em propriedades e eventos, com a programação básica desenvolvida em linguagem C orientada por objetos, em ambiente multitarefa.

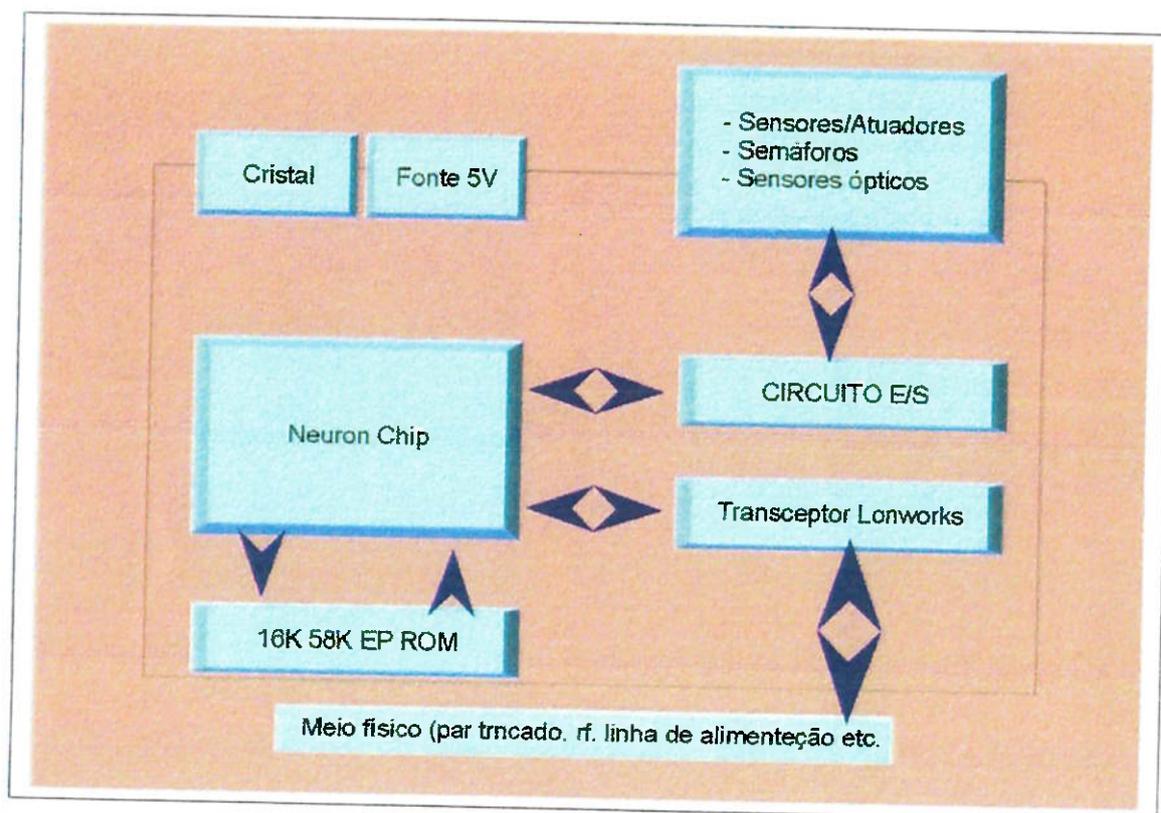
Portanto, o melhor exemplo de rede de controle distribuído baseia-se em sensores ou circuitos atuadores com a tecnologia de circuitos integrados incorporada capacitando-os a se interrelacionar por uma rede de controle ainda mais distribuída do que naquelas onde se aplicam CLPs.

A essa tecnologia foi dado o nome de "LonWorks®", aos "chips" com 3 (três) processadores o nome de "Neuron Chip®" e ao protocolo de comunicação o nome de "LonTalk®".

## **2 VISÃO GERAL DA TECNOLOGIA "LONWORKS"**

A tecnologia LONWORKS® é uma plataforma completa de rede para sistemas de automação e controle. Essa tecnologia consiste em dispositivos inteligentes configurados em Nós que interagem no mesmo meio físico, comunicando-se uns com os outros através de mensagens com controle de protocolo, tratando uma aplicação de intertravamento ou controle em rede.[10],[12]

Inclui todos os elementos necessários para seu desenvolvimento, com microprocessadores, transceptores, e estação de desenvolvimento para implementar a aplicação e os protocolos de comunicação para aplicações em rede de controle, como mostra a figura III.1.



**Figura III. 1** Configuração típica de um NÓ

Através da figura III.2 torna-se possível visualizar a configuração dessa modalidade de rede com vários Nós.

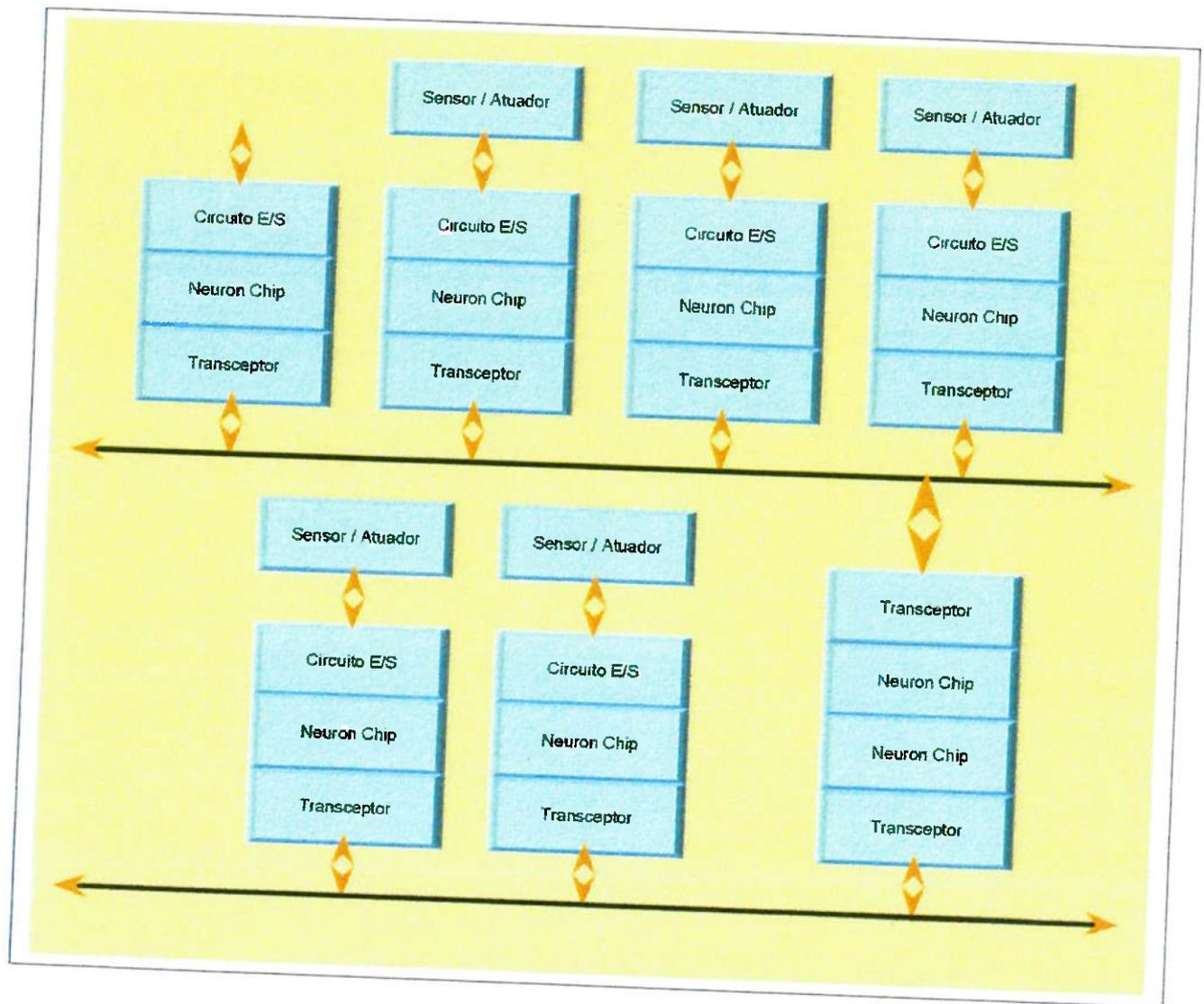


Figura III. 2 Vários nós em rede de controle.

A aplicação da teoria de controle distribuído em rede, com adoção da tecnologia "LonWorks®", no desenvolvimento de equipamentos e sensores produz as seguintes vantagens:

Implementação simples para distribuir sensores e controladores em rede;

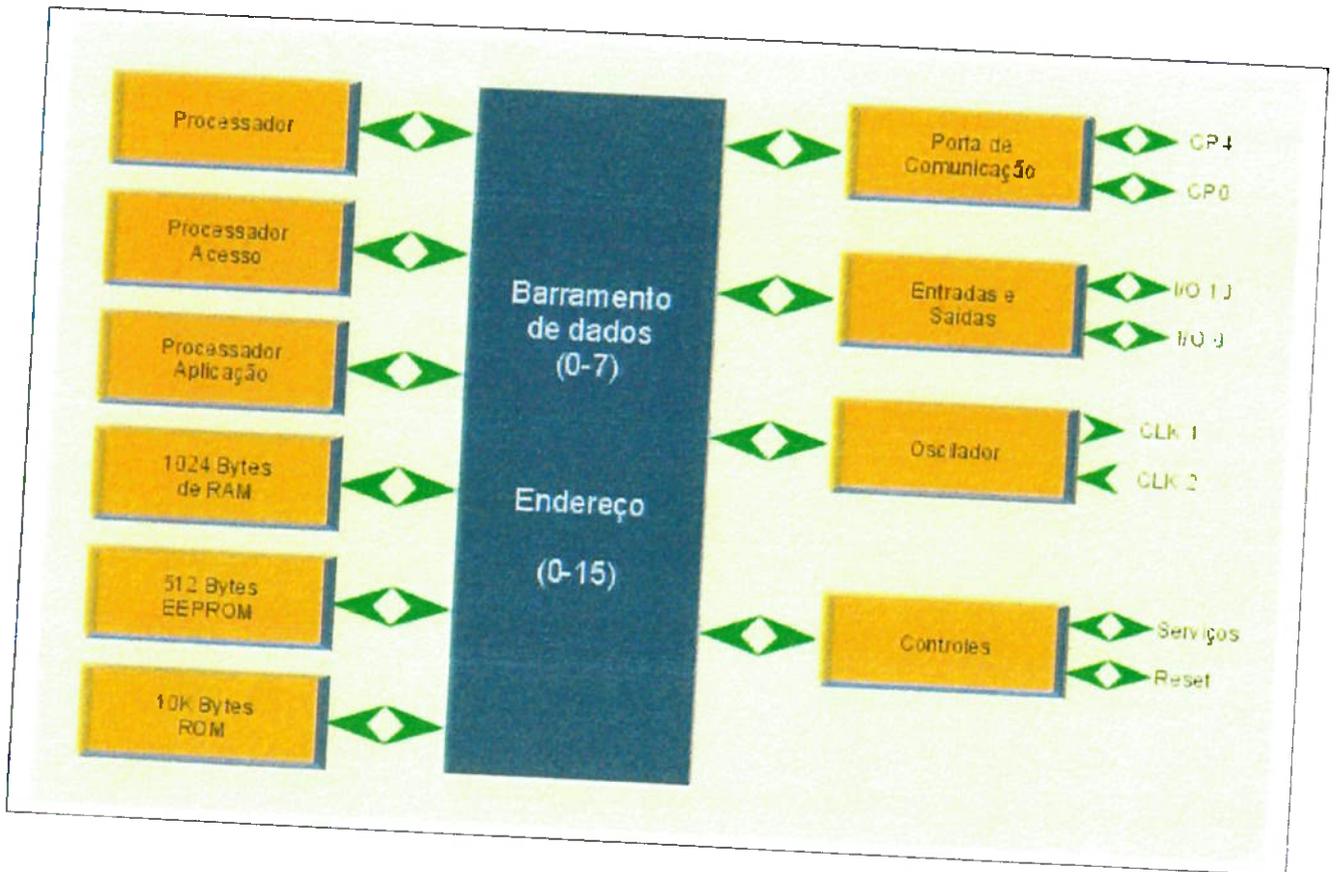
Configuração flexível até mesmo depois da instalação física da rede;

Gerenciador de protocolo para comunicação dos produtos na rede;

Desenvolvimento de "Software", inteiramente em objeto orientado multitarefa, como nas linguagens de alto nível, que rodam na plataforma "Windows".

### **3 UNIDADES DE PROCESSAMENTO "NEURON CHIP".**

Unidades "Neuron Chip" correspondem essencialmente a 3 (três) processadores encapsulados em uma única pastilha de silício, conforme observa-se na figura III.3, através de diagrama em blocos, com as seguintes tarefas básicas:



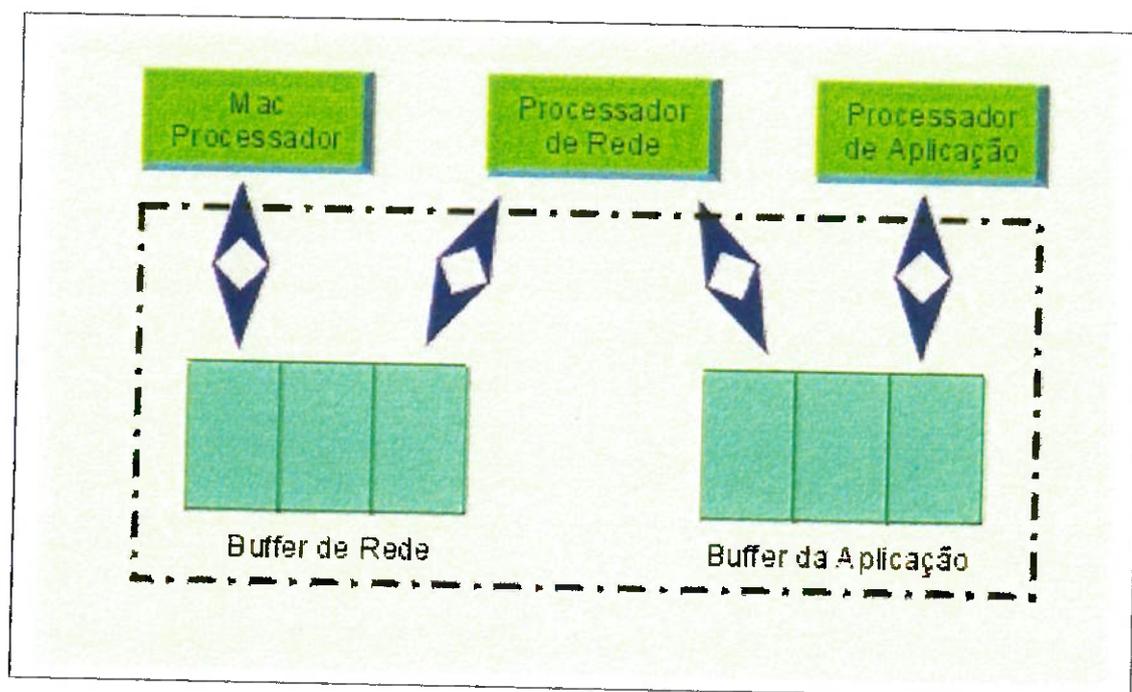
**Figura III. 3 Diagrama em blocos do "Neuron Chip".**

O Processador (1) é o Controlador de Meio de Acesso (MAC), que controla os níveis 1 (um) e 2 (dois) dos 7 (sete) níveis do protocolo OSI, contendo os "drivers" de "hardware" e subsistemas com algoritmos especializados para detecção de colisões. Este processador (1) comunica-se com o processador (2), usando o "buffer" de rede e compartilhando memória.

O Processador (2) é o processador de rede que complementa do nível 3 (três) ao nível 6 (seis) do protocolo OSI, contendo variáveis de processamento, endereçamento, processos de transação, base de diagnósticos, tempos de instruções, controle geral da rede, e definição de rotas das funções. O

processador (2) utiliza o "buffer" de rede, de forma compartilhada, para se comunicar com o Processador (1) e com o "buffer" de aplicações, visando a comunicação com o Processador (3). Qualquer acesso executado por um processador às memórias compartilhadas gera uma sinalização (semáforos) no barramento, possibilitando ao processador seguinte fazer a leitura e a atualização das informações.

Processador (3) é o que realiza a aplicação, contendo todos os programas que controlam as entradas e saídas locais, com a tarefa pertinente ao dispositivo criado. Na figura III.4 pode-se visualizar a organização e interrelacionamento de memórias internas, enquanto que na figura III-5 a arquitetura interna desse circuito integrado.



**Figura III. 4. Organização e relacionamento das Memórias internas.**

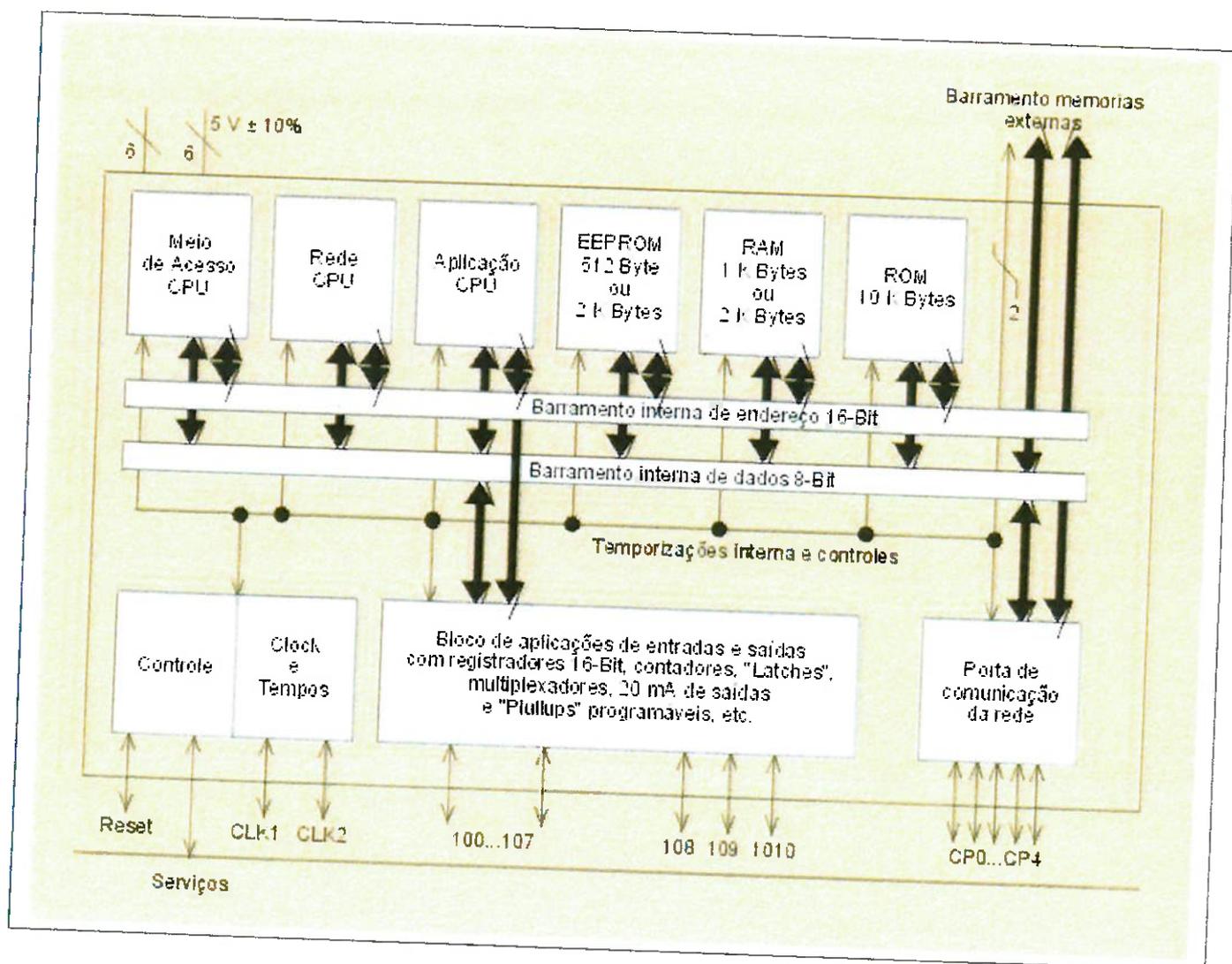


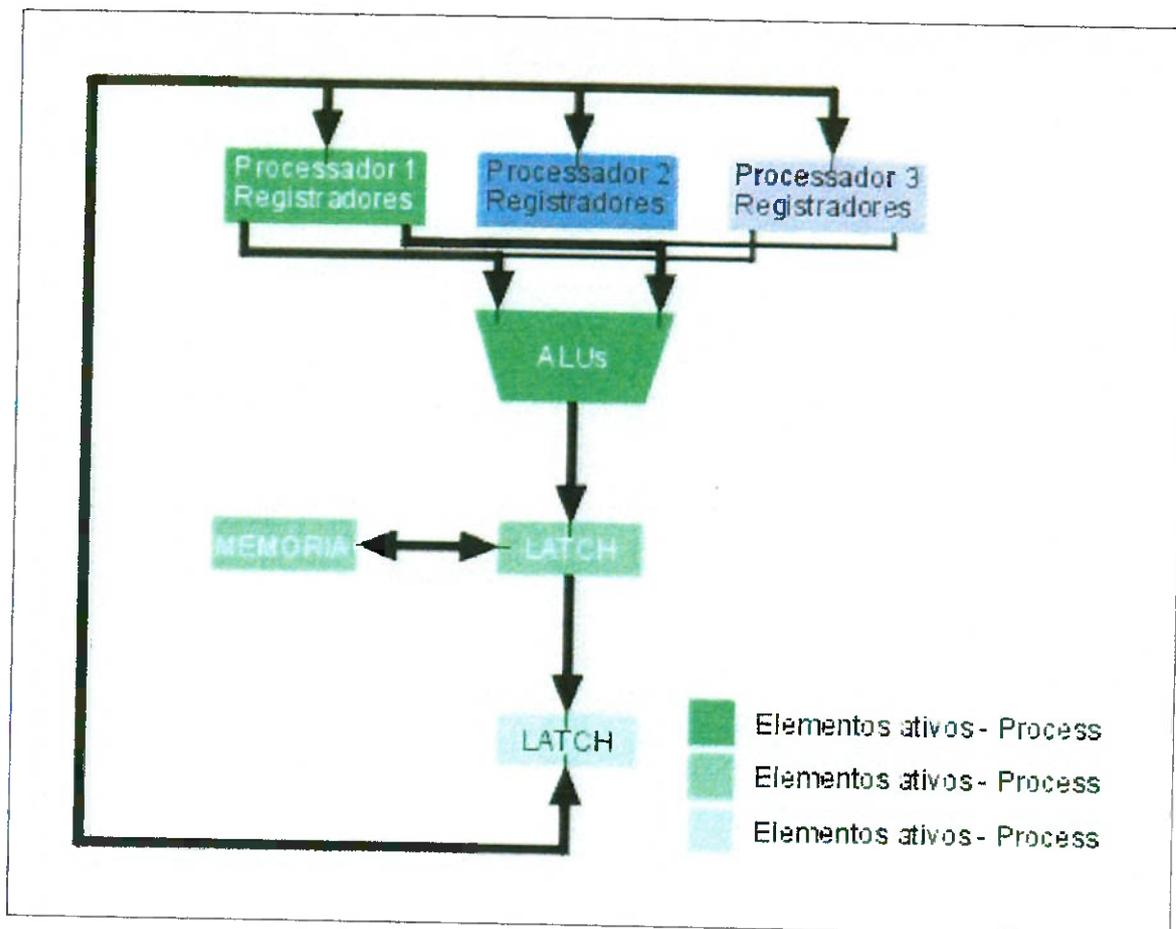
Figura III. 5 Arquitetura Interna de um "Neuron Chip".

Observando-se a arquitetura interna desse microcontrolador pode-se identificar as 3 (três) UCPs, Unidade Central de Processamento, para controle, no canto superior esquerdo, assim como as portas e “drivers”, com especialidade de comunicação, no canto inferior direito.

A interação entre as 3 (três) “UCPs” é realizada através do “firmware” interno “LonWorks®” e fica completamente transparente ao programador, que se preocupa somente com o programa da aplicação.

Cada um dos 3 (três) processadores tem registradores próprios, organizados de forma idêntica, conforme mostrado na tabela III.1, tratando de forma multiplexada os dados e endereços da Unidade Lógica e Aritmética (ULA) e os acessos aos circuitos de memória, conforme figura III.6.

Convém destacar através da figura III.3 que os 3 (três) processadores estão organizados internamente nos ciclos de máquina, de modo a operarem com uma única ULA.



**Figura III. 6 Processador/Memória ativos durante uma das três fases do ciclo.**

Mnemônico	Bits	Conteúdo
FLAGS	8	Numero da UCP, Seleção I/O, Carry Bit
IP	16	Ponteiro da próxima instrução
BIP	16	Endereço da pagina com 256-bytes
DSP	8	Ponteiro "Stack" da base da pagina
RSP	8	Ponteiro de retorno da base da pagina
TOS	8	Tipo do "Stack", ALU e Entrada

**Tabela III. 1 Registrador de cada Processador.**

#### **4 COMUNICAÇÃO ENTRE “NÓS”.**

Para os “Neuron Chips” existem vários tipos de conexões com a rede, chamados transceptores, disponíveis no mercado. O mais comum é o par trançado ligado direto no Nó, ou através dos cabos da própria rede de alimentação dos Nós. Convém ressaltar que no mercado existem outras modalidades não tão difundidos tais como, RF (rádio frequência), IR (infra vermelho), fibra óptica, e cabos coaxiais. Na tabela III.2 encontram-se relacionados os transceptores mais comuns com as respectivas taxas de velocidade.

<b>Tipo de Transceptor</b>	<b>Taxa de Velocidade</b>
EIA-485	300 bps por 1.25 Mbps
Par Trançado ou Barramento	
(opcional cabos de alimentação)	78 Kbps
Par Trançado ou Transformador	78 Kbps
Par Trançado ou Transformador	1,25 Mbps
Cabos de Fonte	2 Kbps
Cabos de Fonte	5 Kbps
Cabos de Fonte	10 Kbps
RF(300MHz)	1200 bps
RF(450MHz)	4800 bps
RF(900MHz)	39 Kbps
infravermelho	78 Kbps
Fibra Óptica	1,25 Mbps
Cabo Coaxial	1,25 Mbps

**Tabela III. 2 Tipos de transceptores com as respectivas taxas de velocidade.**

## **5 PORTAS DE COMUNICAÇÃO.**

A configuração das portas de comunicação é muito simples e versátil, dependendo do meio físico e/ou do transceptor utilizado para a

interligação dos Nós à rede de controle. Tais transceptores deverão ser configurados em 5 (cinco) pinos, dependendo da interface, da abrangências das tarefas e da velocidade de comunicação a ser adotada. Essa configuração apresenta 3 (três) possíveis modos de operação, ou seja, modo Descida de Pulso, modo Diferencial, ou modo Especial, conforme tabela III.3 e figura III.7.

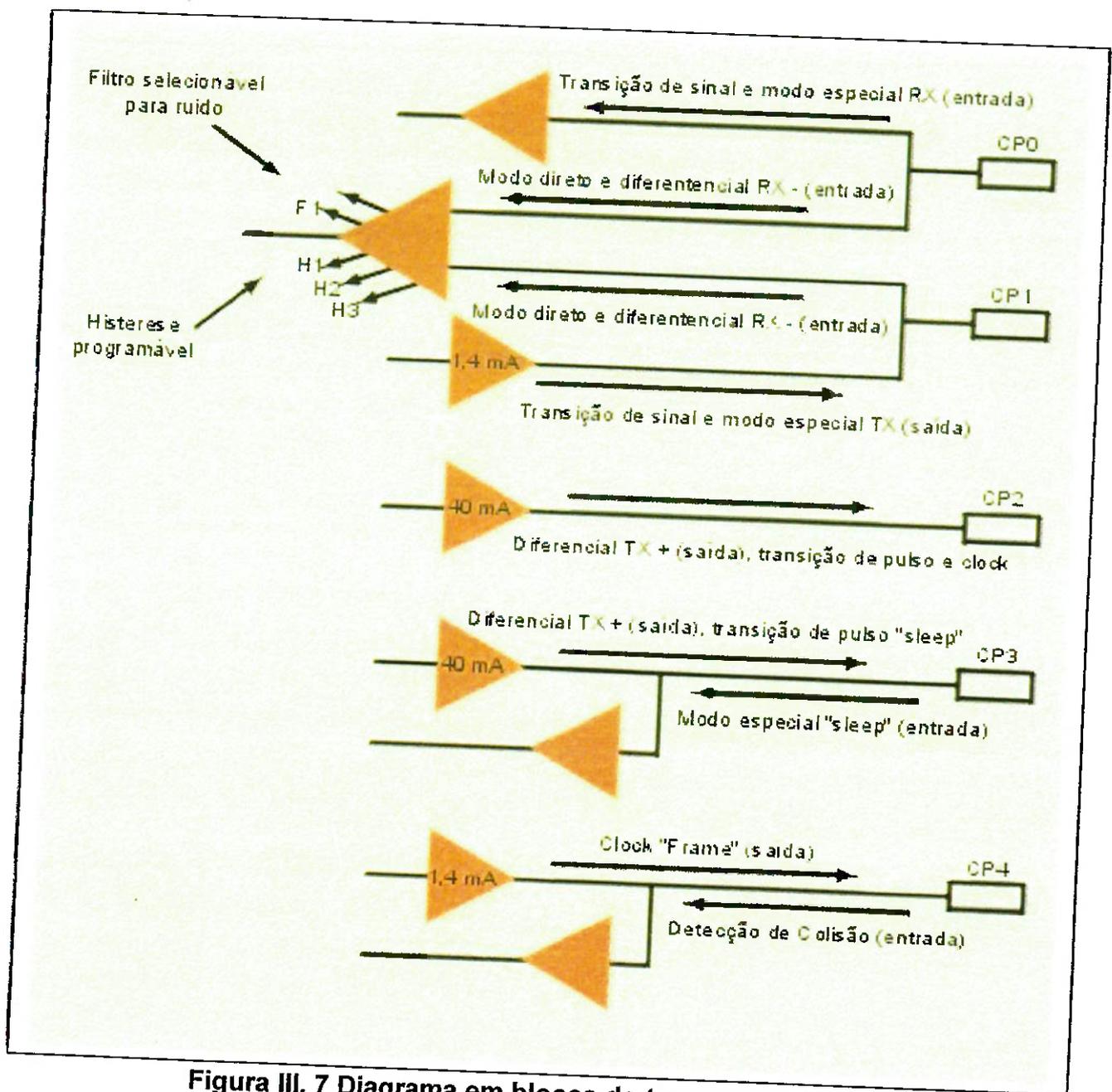


Figura III. 7 Diagrama em blocos do transceptor interno

Pino	Corrente (mA)	Diferencial	Decida de Pulso	Modo Especial
CP0	1,4	RX+(in)	RX(in)	RX(in)
CP1	1,4	RX-(in)	TX(in)	TX(out)
CP2	40	TX+(out)	TX Enable (out)	Bit Clock (out)
CP3	40	TX-(out)	Sleep (out)	Sleep (out) ou Wake Up (in)
CP4	1,4	Cdet(in)	CDet(in)	Frame Clock (out)
Rx- Recepção		TX- Transmissão		Det. Colisão

**Tabela III. 3 Características dos pinos da Porta de Comunicação.**

### **5.1 Modo descida de pulso.**

Este modo de operação, conforme figura III.8, é mais indicado quando a interface transceptor a está atuando com o RF, IR, fibra óptica, e cabo coaxial. A comunicação de cada "bit" ocorre ao final de cada pulso (com relação a fonte de alimentação) entrando ou saindo dos "buffers" nos pinos CP0 e CP1. Os modos de Descida de Pulso e modo Diferencial usam em comum o codificador diferencial "Manchester". As velocidades de comunicação nesses modos estão na tabela III.4 com as funções e as velocidades da entrada "clock".

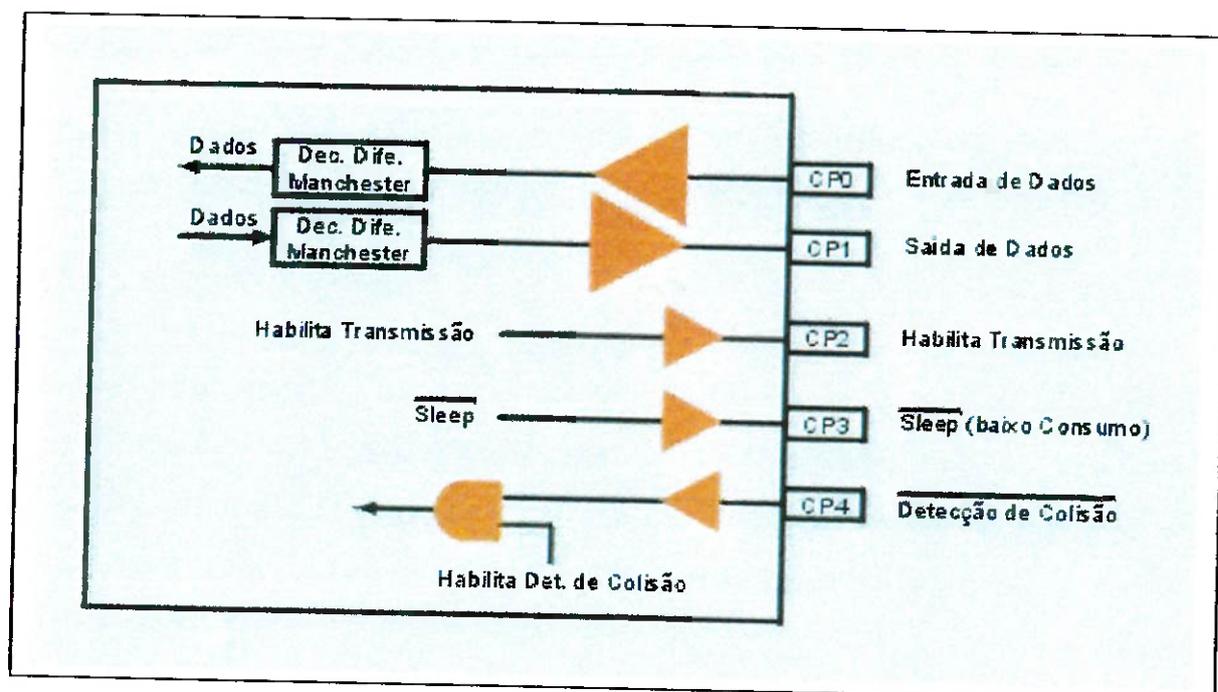


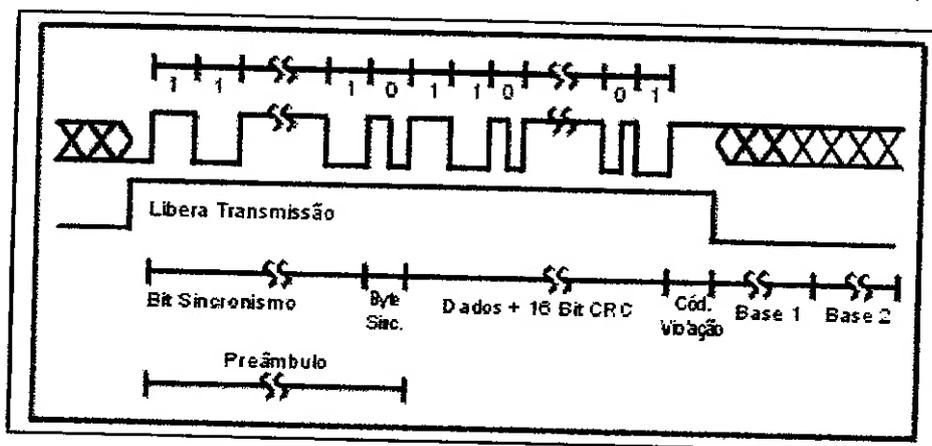
Figura III. 8 Configuração em Modo Descida de Pulso

Taxa de velocidade da Rede	Clock Mínimo	Clock Máximo
(Kbps)	(MHz)	(MHz)
1,25	10	10
625	5	10
312,5	2,5	10
156,3	1,25	10
78,1	0,625	10
39,1	0,625	10
19,5	0,625	10
9,8	0,625	10
4,9	0,625	5
2,4	0,625	2,5
1,2	0,625	1,25
0,6	0,625	0,625

**Tabela III. 4 Velocidades da Comunicação em Modo Diferencial ou Descida de Pulso**

Neste modo as portas de comunicação codificam os dados a serem transmitidos e decodificam os dados recebidos, usando o Codificador Diferencial "Manchester", que codifica o espaço entre fases. Esse sistema reconhece a transição, iniciando os vários períodos com sincronismo ao "clock" de recepção. Os níveis Zero/Um do "bit" são indicados pela presença ou ausência respectiva da segunda transição dentro do pulso do "clock". Uma

transição dentro do pulso do "clock" indica zero (0), e a falta desta transição indica o estado lógico um (1). O Codificador Diferencial "Manchester" é insensível a polaridade do sinal. Desta forma se inverter a polaridade dos sinais, os dados recebidos não são afetados. A figura III.9 mostra um pacote típico onde "T" é o período do dígito binário, ou seja  $1/(\text{velocidade do bit})$ . Convém destacar que a cada transição do "clock" corresponde ao início do período de cada "bit" e por essa razão o último "bit" do pacote não pode ter um acompanhamento do sinal de "clock".



**Figura III. 9 Formato do pacote no Modo Descida de Pulso**

Antes de iniciar a transmissão do pacote, o sinal de transmissão do "Neuron chip" inicia o pino de saída com nível lógico zero (0). Em seguida confirma a operação através do pino que libera a transmissão (CP2) e passa do estado lógico zero (0) para o estado lógico um (1) na primeira transição do clock garantindo seu início. Note que o pino CP2 fica em estado lógico um (1) durante todo o tempo nesse modo de comunicação, consumindo 1,4 mA do CP1 conectado a ele e não em estado de alta impedância quando recebendo pacotes.

Os dados de preâmbulo que iniciam cada pacote são usados para identificação dos Nós presentes na rede, sendo selecionado pelo usuário.

O final do preâmbulo é identificado pelo "byte" de sincronismo. O mesmo também marca o início dos bits referentes aos dados em si. O "byte" de sincronismo é um estado lógico zero (0) para o Codificador Diferencial "Manchester".

O término do pacote é feito forçando um código de violação no Codificador Diferencial "Manchester". Após ser enviado o código de verificação de redundância (CRC), o sinal de saída permanece ativo por um período de 2,5 "bits". O sinal de liberação para transmitir (CP2) é chaveado para o estado lógico zero (0), indicando o final da transmissão. Para o "Neuron Chip" o tempo para formatar e iniciar a transmissão de mensagens com 12 "bytes" é de 2,8 à 44,8 ms dependendo da velocidade do "clock" (10 MHz à 625 KHz).

Este modo dispõe ainda das seguintes características de controle :

a) Detecção de Colisão.

Opcionalmente, o "Neuron Chip" atua na detecção de colisão vindas do transceptor, através de sua entrada (CP4) ativa no estado lógico Zero(0). Se a função detector de colisão estiver ativa e a entrada (CP4) permanecer em estado lógico zero (0) por um período de um (1) "clock" (equivalente a 200 ns com o "clock" de 10 MHz durante a transmissão, o

“Neuron Chip” é sinalizado da ocorrência de uma colisão e que deve repetir a mensagem novamente. O Nó ficará tentando reativar o acesso ao canal. O sinalizador lógico (flag) de detecção de colisão é checado pelo “firmware” no final do preâmbulo e final do pacote.

Se o Nó não ativar a detecção de colisão, então a única forma de poder determinar quando a mensagem não for bem recebida será o comando de não aceitação da mensagem. Quando o serviço de reconhecimento de mensagens é usado, normalmente é determinado um tempo para receber a transmissão novamente até recebe-la com sucesso e enviar o reconhecimento da mensagem. Tipicamente esse tempo é de 48 à 96 ms, para uma velocidade de comunicação de 1.25 Mbps, quando não são roteadas para um determinado caminho. Se o tempo para retransmissão terminar, o Nó insiste em reativar o acesso ao canal. O benefício de usar a detecção de colisão está em não se perder tempo na identificação do pacote para depois aguardar a retransmissão da mensagem, uma vez que é detecta a colisão no momento em que a mesma é enviada.

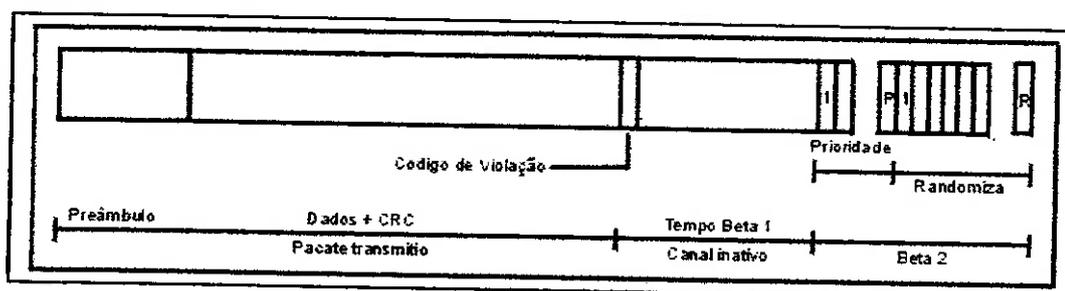
#### b) Espaços de Tempo Beta 1 e Beta 2.

Beta 1 e Beta 2 são espaços de tempo de inatividade na comunicação entre pacotes.

O tempo Beta 1 é um componente fixo no período perdido de inatividade após o pacote ter sido transmitido.

Tipicamente o valor do Beta 1 é de 370  $\mu$ s para uma freqüência de "clock" 1.25 Mbps/12 bytes por pacote.

O tempo Beta 2, conforme a figura III.10, define para o pacote a existência ou não de prioridade. Os Nós listam na rede suas prioridades para a transmissão de seus pacotes.



**Figura III. 10 Pacote Completo**

## 5.2 Modo diferencial.

No modo Diferencial, o "Neuron Chip" possui um transceptor internamente construído com "driver" específico que facilita ainda mais a transmissão em par trançado, somente com componentes externos passivos. O modo Diferencial é similar ao modo de operação anterior, sendo que a diferença básica está no circuito do "driver" receptor que é configurado para linhas de transmissão diferenciais. Os pinos de saída de dados CP2 e CP3 são os "drivers" de sinais opostos durante a transmissão, são postos em alta impedância, quando não está transmitindo. O circuito de recepção diferencial nos pinos CP0 e CP1 são selecionadas até oito níveis de tensão de histerese, um filtro passa baixa também seleciona até quatro

valores para suprimir pulsos transientes (ruídos), como observa-se na figura III.11. A seleção da histerese e filtros otimiza a capacidade de recepção para diferentes condições de linha.

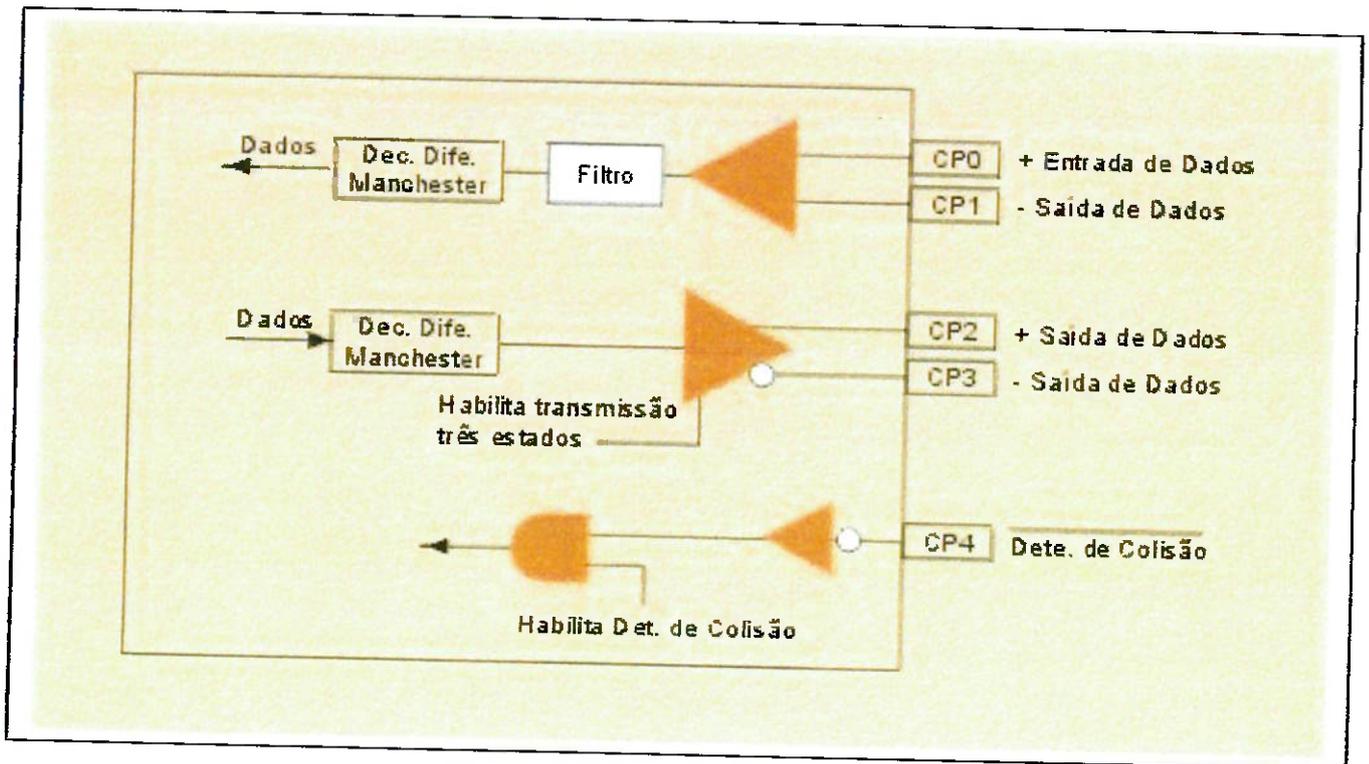
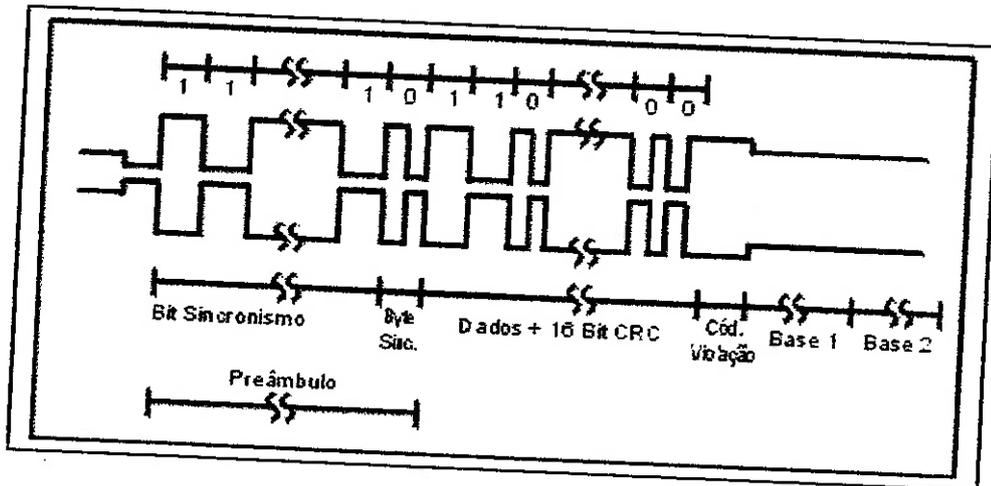


Figura III. 11 Modo Diferencial

A figura III.12 mostra a forma de onda de um pacote típico no modo Diferencial. Note que a forma de onda é exatamente a mesma que a verificada no modo anterior somente acrescentado o sinal complementar da forma de onda.



**Figura III. 12 Formato dos dados em Modo Diferencial.**

Os amplificadores podem fornecer 40 mA de corrente para a condição de alimentação de 4.0 V e podem drenar no máximo 40 mA de corrente para 1.0 V ( $V_{DD}=5V$ ). Os valores programados para histerese estão indicados na tabela III.4 correspondendo para o limiar diferencial da recepção.

### 5.3 Modo especial.

Em situações especiais, é desejável que o "Neuron Chip" formate o pacote de dados de forma não codificada e sem preâmbulo. Nestes casos, um transmissor inteligente aceita os dados não codificados e faz possuírem formato e preâmbulo internamente. O receptor inteligente ao

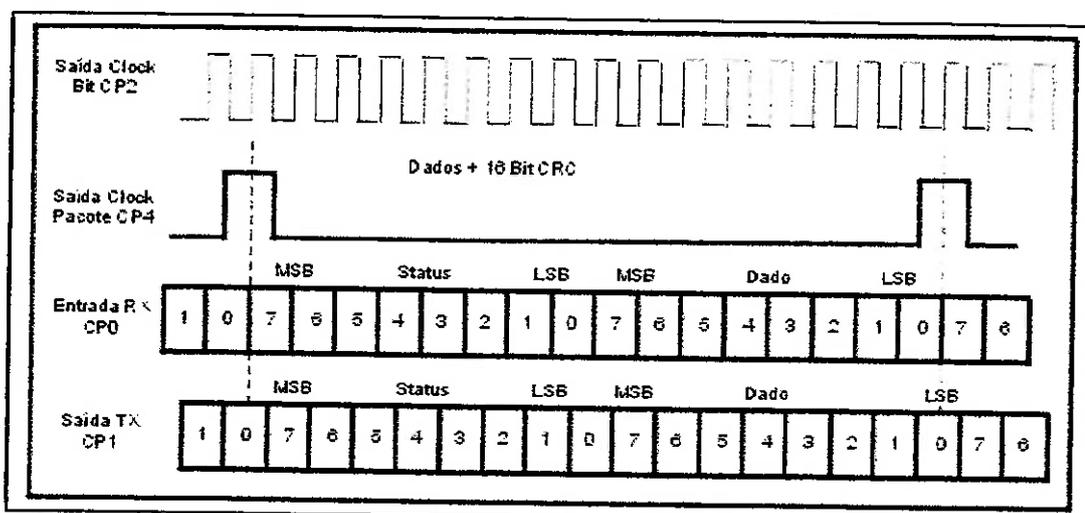
detectar extrai os preâmbulos e formata para retornar os dados decodificados para o "Neuron Chip®".

Um transceptor inteligente contém "buffers" para as entradas e saídas de dados e um controle inteligente de funções, com controle de sinais de "hardware" e o fluxo de dados entre o "Neuron Chip®" e o transceptor. Além disso, possuem várias características que devem ser definidas e incorporadas para propósitos especiais de transmissão e recepção, como por exemplo:

- Configuração de vários parâmetros no transceptor vindo do "Neuron Chip";
- Relatar vários parâmetros do transceptor para o "Neuron Chip";
- Operação em múltiplos canais
- Operação em múltiplas velocidades.
- Usa correção de erros anteriores.
- Essa técnica de modulação requer mensagens especiais com cabeçalhos e quadros.
- Detecção de colisão.

Quando este Modo Especial é usado, um protocolo é usado entre o "Neuron Chip" e o transceptor. Este protocolo consiste na comunicação entre o "Neuron Chip" e o transceptor, onde a cada troca de 16 "bits", 8 "bits" corresponde ao status, e 8 "bits" a dados, simultaneamente e em

modo contínuo em velocidade superior a 1.25 Mbps (quando a entrada de "clock" do "Neuron Chip" é de 10 MHz).



**Figura III. 13 Formato dos Dados em Modo Especial**

## 6 TRANSCIVER PARA PAR TRANÇADO.

Este transceptor, modelo mais comum no mercado, pode ser configurado a baixo custo e com fiação simples, dependendo do resultado pretendido. Apresenta basicamente 3 (três) configurações para sua instalação:

- Ligados diretamente a linha, sem interface
- Através de interface EIA-485
- Através de transformador de acoplamento

### 6.1 Ligado diretamente.

Neste caso, utiliza somente o transceptor interno do "Neuron Chip" com resistores e diodos externos para limitar a corrente, como mostra a figura

III.14. Este tipo de rede somente pode ser usado quando todos os "Neuron Chip" estão alimentados em fonte comum.

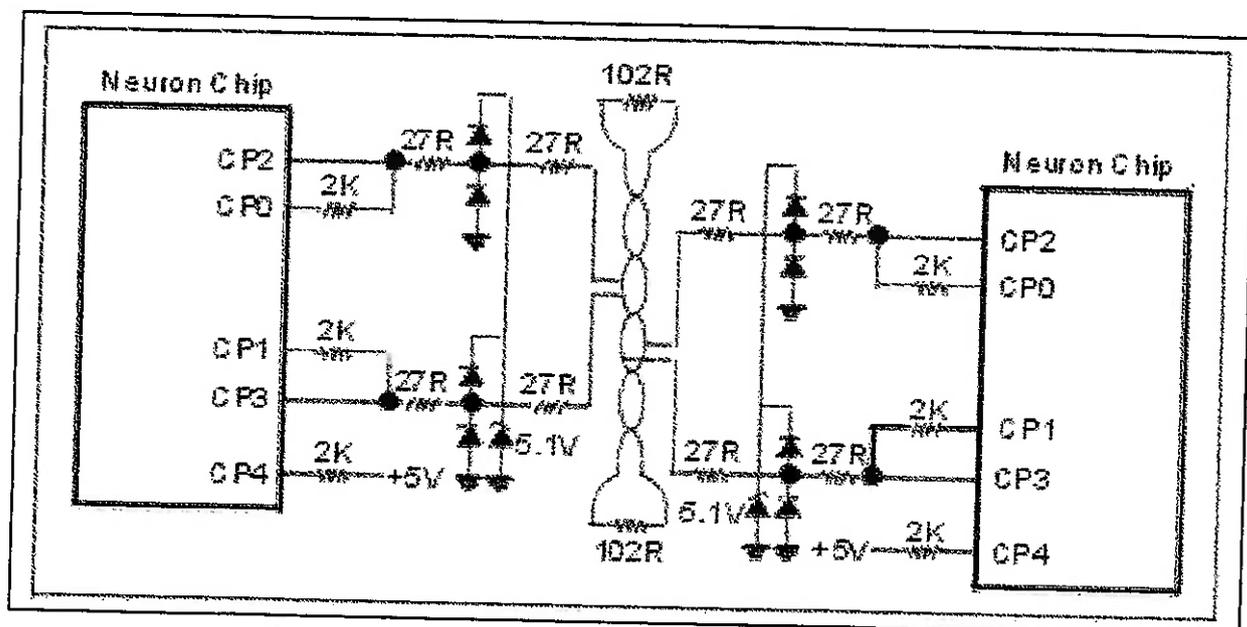


Figura III. 14 Interface com Interligação Direta.

## 6.2 Interface EIA-485.

Como pode ser observado na figura III.15, utiliza poucos componentes, e não necessita de redimensionamento de valores em caso de expansão de Nós na rede. Não implica em modo comum de alimentação.

As especificações da norma EIA-485 requerem um terra comum para todos os transceptores na rede. Isso é feito com o uso de 3 (três) condutores no cabo da rede, sendo o terceiro cabo o comum de todos os Nós ligados à rede.

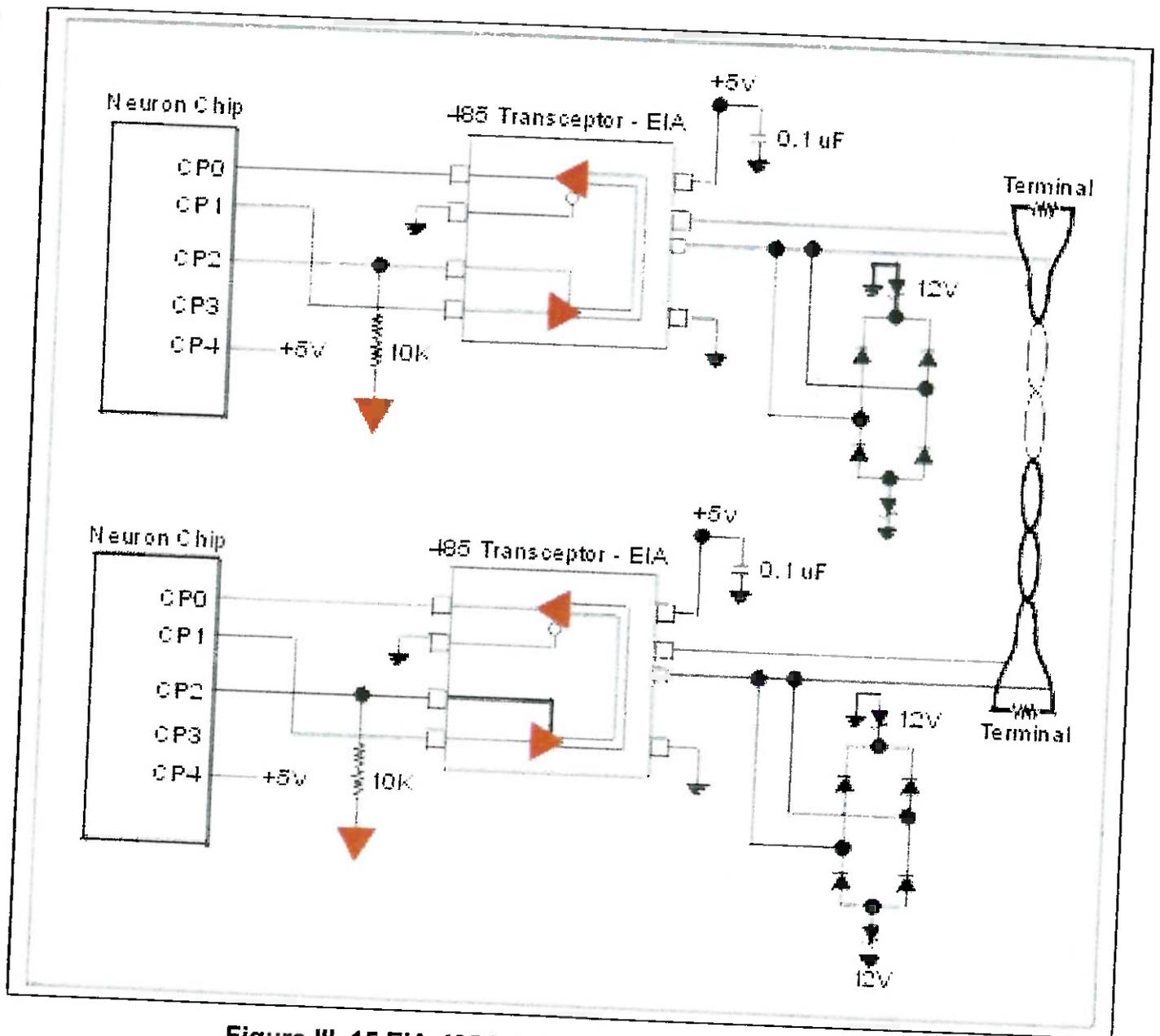


Figura III. 15 EIA-485 Interface com Par Trançado.

### 6.3 Transformador de acoplamento.

Este tipo de acoplamento é o mais recomendado quando a aplicação requer alto desempenho, alta isolamento, e imunidade a ruídos entre os Nós. Através da observação do esquema apresentado na figura III.16, nota-se que esse acoplamento por transformador é o mais completo e compatível com o maior

número possível de aplicações, pois poderá ser configurada a rede com qualquer topologia, como mostra a figura III.17.

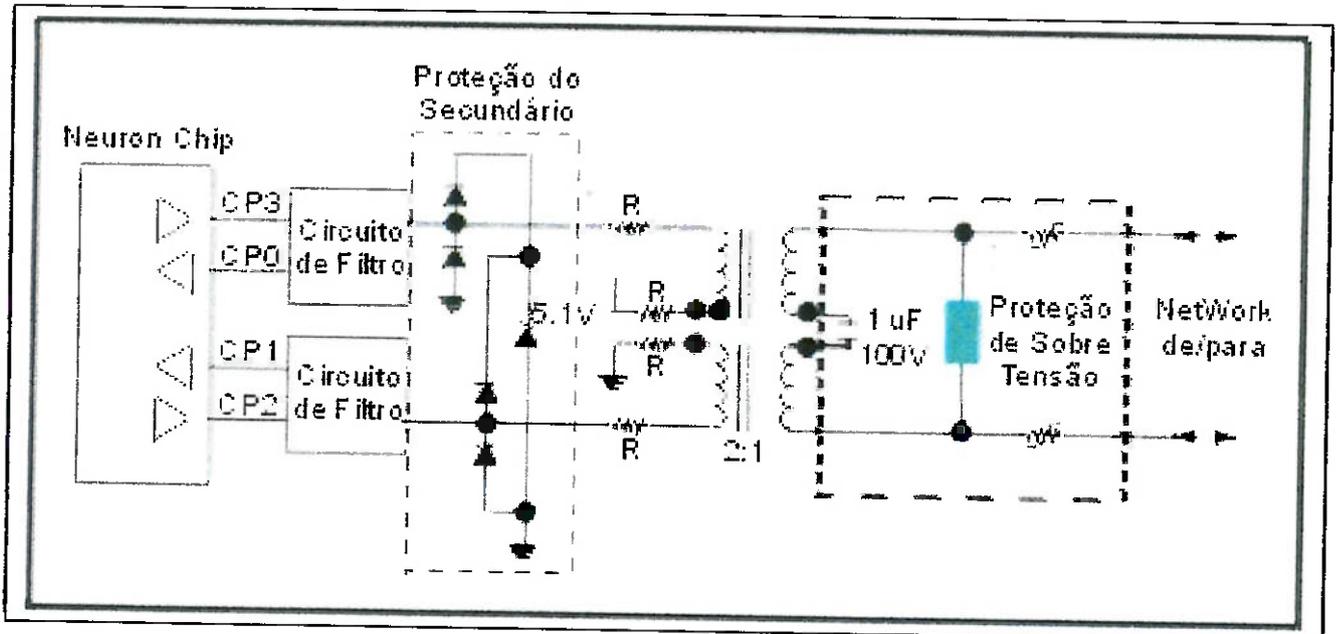


Figura III. 16 Circuito Básico de Condicionamento dos Sinais no Transformador

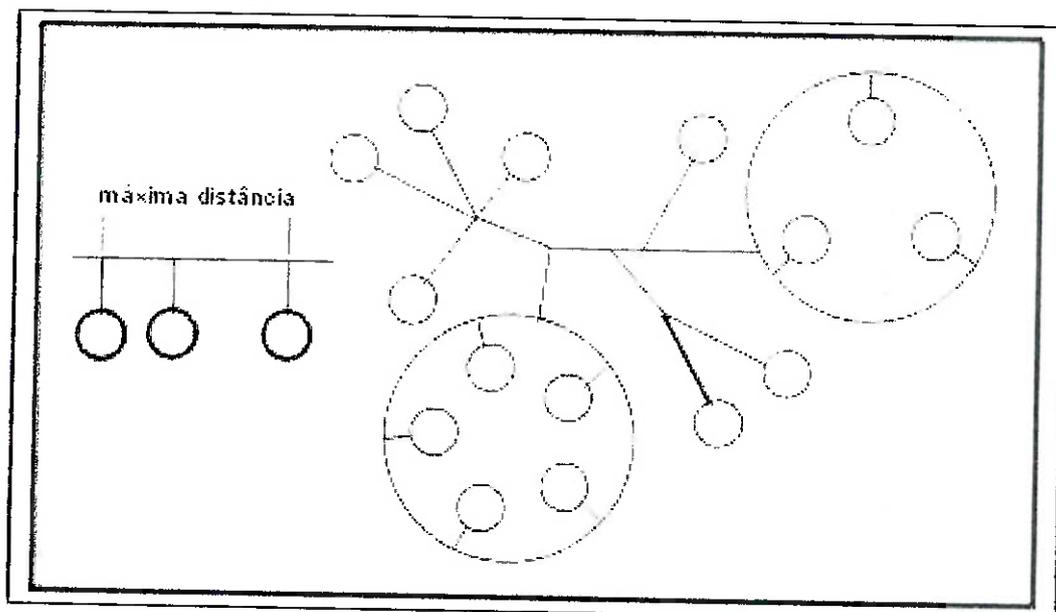


Figura III. 17 Topologias com Par Trançado.

O mercado dispõe desta família de transformadores para operação entre 78 Kbps e 1.25 Mbps de velocidade, os quais caracterizam-se como os mais versáteis, pois suportam topologias livres de conexões. Na tabela III.5, pode-se visualizar informações de alguns desses produtos.

Produto	Velocidade	Topologia	Nós	Distancia	Tipos
TPT/XF-78	78 Kbps	Barramento	64	1400 m	Transformador
TPT/XF-1250	1.25 Kbps	Barramento	64	130 m	Transformador
FTT-10A	78 Kbps	Barramento	64	2700 m	Transformador
FTT-10A	78 Kbps	Livre	64	500 m	Transformador
LPT-10	78 Kbps	Barramento	128	2200 m	Rede Alimentação
LPT-10	78 Kbps	Livre	128	500 m	Rede Alimentação

**Tabela III. 5 Transceptores de Mercado.**

## **7 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO "LONTALK".**

O "Neuron Chip®" é implementado com um protocolo completo para comunicação em rede distribuída denominado "LonTalk®", usando para isso 2 (dois) dos 3 (três) processadores internos, que são o Processador 1 e Processador 2, como anteriormente descritos.

Esse protocolo é executado segundo a norma ISO OSI e dessa forma toda a aplicação que está sendo executada pelo Processador 3 comunica-se com todas as demais aplicações executadas nos outros Nós "Neuron Chips®", ligados na

mesma rede de controle. A tabela III.6 mostra o mapeamento dos serviços "LonTalk®" dentro dos 7 (sete) níveis referenciados no modelo OSI.[35]

Níveis OSI		Propósito	Serviços	Processador
7	Aplicação	Compatibilidade de aplicação	Cadeia de variáveis padrões da aplicação.	Aplicação
6	Apresentação	Interpretação de dados	Variáveis de cadeia, transmissão de pacotes.	Network
5	Secção	ações distantes	Pedidos de resposta, autenticação, administra os resultados.	Network
4	Transporte	fim-para-fim de confiabilidade	Reconhece os pacotes não respondidos, autenticação, descobre duplicações de pacote.	Network
3	NetWork	Endereço Destino	Verifica se destinado a outros canais de comunicação	Network
2	Conexão	Meio de acesso	Empacotamento das mensagens com dados codificando, conferindo CRC, colisões, prioridades.	MAC
1	Físico	Elétrica de Conexão	Interface com meio físico e métodos de modulações dos sinais	MAC e transceptor

**Tabela III. 6 Níveis do Protocolo "LonTalk".**

As tarefas dos níveis 1 e 2 são executadas pelo Processador 1, enquanto que as tarefas de 3 a 6 são executadas pelo Processador 2, e por fim a tarefa da aplicação pelo Processador 3.

O "Neuron Chip" combinado com um transceptor adequado a cada aplicação, proporcionará uma rede de máxima integridade e velocidade.

## 8 CONCLUSÃO

Neste capítulo destaca-se como nossas principais contribuição;

Estabelecemos as premissas básicas para utilização da Nova Tecnologia proposta viabilizando o controle distribuídos na rede.

Determinamos os quesitos (partes e peças) para modernizar os circuitos básicos de cada componente da Nova Tecnologia.

## **CAPITULO IV - APLICAÇÃO DA NOVA TECNOLOGIA**

### **1 NOVO POSTO AUTOMATIZADO E INFORMATIZADO.**

Na figura IV.1 apresentamos a nova estrutura física do Posto de Pesagem que comparada com o modelo definido pela tecnologia tradicional, descrito no capítulo II e ilustrado na figura II.23, apresenta a substituição do gabinete de comando no interior da sala de controle da balança (que acondiciona o CLP, sensores de ruptura de carga, borneras e fiações diversas) por apenas duas interfaces de comunicação serial, uma diretamente conectada ao Monitor de Pesagem e a outra ao Microcomputador de gestão administrativa do Posto.

Aproveitando a dinâmica e facilidade dessa nova tecnologia, poderá ser acrescentado à rede de controle do Posto de Pesagem, dois novos dispositivos leitores com suas respectivas interfaces.

O primeiro dispositivo destina-se à leitura automática de um número único codificado para cada veículo, emitido por um codificador magnético (transponder), afixado e lacrado ao veículo, durante a operação de manobra e estacionamento do veículo sobre a plataforma de pesagem.

O segundo dispositivo destina-se à leitura automática do código de barras bidimensional impresso na nota fiscal, ou em qualquer outra documentação

que acompanha a carga, contendo as mesmas informações preenchidas no corpo da nota fiscal ou documento, informando a procedência, tipo, destinatário e outras informações, a serem controladas na área administrativa do Posto de Pesagem.

Com estas novas interfaces o sistema se torna mais automatizado, facultando até mesmo a presença de uma pessoa para operá-lo, pois o Codificador Magnético que identifica o veículo é instantaneamente lido no momento em que o veículo estaciona sobre a plataforma.

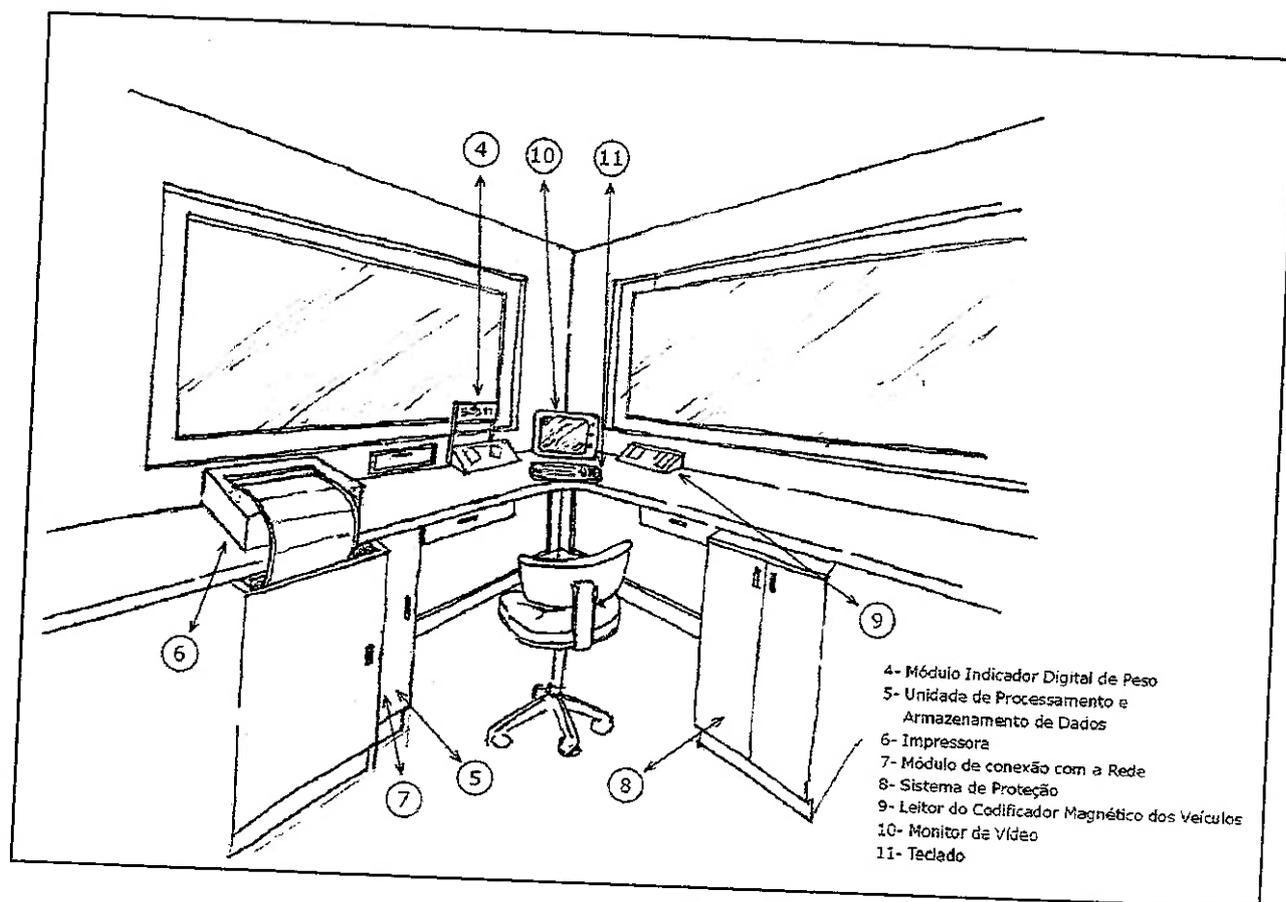
Os dados de carregamento serão obtidos automaticamente, no momento que o condutor do veículo mostrar o código de barras, do documento que acompanha a carga, ao leitor instalado em local e posição conveniente a esta operação.

O motorista deverá executar esta operação dentro do veículo ou fora dele, o importante é que seja feito sempre da mesma forma, tanto na pesagem da tara quanto na pesagem do bruto, assim o seu peso nunca será contabilizado, nem a mais ou a menos, junto ao da carga.

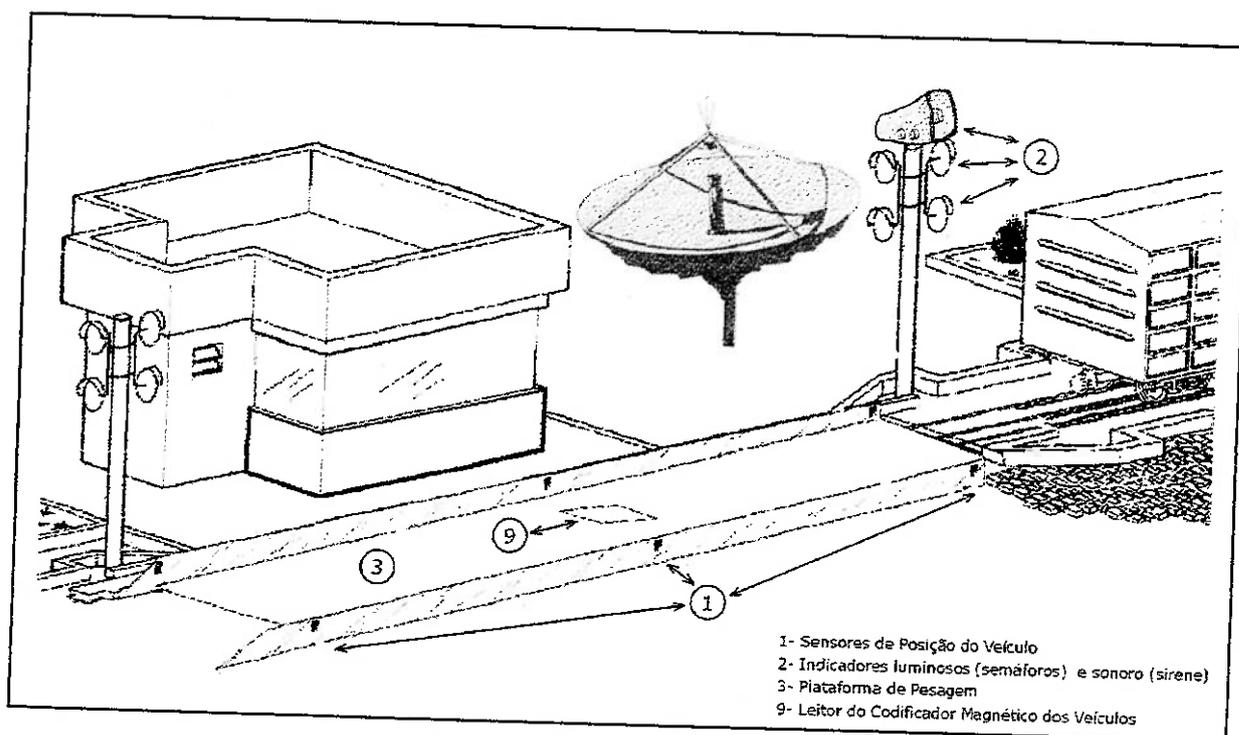
A rotina de pesagem deverá considerar as duas leituras, para pesagem adequada do veículo e sua liberação. Sendo a apresentação do documento pelo motorista à leitora do código de barras, considerada a condição ideal para apuração final do peso do veículo, visto que para isso o veículo deverá estar estacionado e parado sobre a plataforma de pesagem.

Dessa forma, na sala de controle serão instalados tais dispositivos leitores e mais 2 (duas) interfaces seriais na rede para esse controle. Estas interfaces são dispensáveis caso os dispositivos já contemplem a nova tecnologia, bastando então conectá-los diretamente a rede..

Não sendo mais necessário um gabinete para o acondicionamento de equipamentos diversos, fica o espaço disponível para ser utilizado na movimentação e acomodação do operador da balança (balanceiro), permitindo um acabamento ergométrico como o proposto na figura IV.1.



**Figura IV. 1. Aspecto Interno da Cabina de Controle**



**Figura IV. 2. Aspecto externo à sala de controle**

## 2 PARTES E COMPONENTES BÁSICOS.

Observando as figuras IV.1 e IV.2, pode-se visualizar um Posto de Pesagem Automatizado e Informatizado implementado com a nova tecnologia, envolvendo balança Híbrida ou Eletrônica, na modalidade rodoviária, ferroviária ou rodo-ferroviária, que apresenta, do ponto de vista físico, as seguintes partes e componentes básicos associados;

(a) Sensores de Posição do Veículo.

Como foi visto no estudo da metodologia anterior existe a necessidade, em detectar cada eixo do veículo, por isso as barreiras ópticas eram posicionadas

próximas ao chão gerando manutenção periódica para limpeza, pois respingos dos pneus se acumulam até bloquear por completo a luz do emissor, e do lado do receptor ofuscar a lente.

Na nova metodologia proposta essas barreiras ópticas serão instaladas com altura considerável do solo, pois serão usadas para detectar o sentido do movimento do veículo sobre a plataforma, portanto qualquer altura será suficiente para identificar a presença da carroceria.

Assim, montados na altura necessária para captar o veículo e não mais os eixos do veículo, recebe uma proteção natural da própria mureta, não permitindo que os respingos das rodas dos veículos acumulem barro ou sujeira, além de manter uma temperatura mais baixa, face ao local mais arejado, e sob a sombra do concreto armado das muretas.

Como resultado da aplicação da nova tecnologia novas barreiras ópticas serão fabricadas. Cada conjunto com duas barreiras ópticas em forma complementar e montadas diretamente em cada lado nas muretas, paralelamente à plataforma, sendo duplas vão realizar testes de auto avaliação, e irão informar periodicamente os resultados dessa avaliação a rede de controle.

Tais sensores serão instalados nas extremidades da plataforma, para indicar o sentido de entrada e saída do veículo, e no centro para indicar a velocidade do veículo. Essas informações, combinadas com as variações dos valores de peso

dos eixos subindo ou descendo na plataforma, se complementam na lógica de controle de posição do veículo.

(b) Indicadores luminosos (semáforos) e sonoro (sirene).

Os semáforos serão usados exclusivamente para orientar o condutor do veículo, e serão instalados em postes comuns na entrada e saída da plataforma. Os circuitos de acionamento estão acondicionados nos próprios conjuntos semaforicos. Embora os dois conjuntos semaforicos tenham o circuito atuador para a sirene, esta será ligada apenas em um dos dois conjuntos disponíveis.

(c) Plataforma de Pesagem.

Na parte inferior da plataforma, onde para balança híbridas encontra-se o conjunto de alavancas e uma célula de carga instalada no tirante, e para balança totalmente eletrônica apresentam-se instaladas as células de carga, que se conectam ao Módulo Indicador Digital de Peso, na sala de comando e controle do Posto, através de caixa de interligação e cabos especiais de junção.

(d) Módulo Indicador Digital de Peso.

O Módulo Indicador Digital de Peso convencional informa o peso sobre a plataforma de pesagem apenas pela interface serial. Assim sendo, será conectado a essa interface um Nó para analisar e converter as informações do monitor repassando-as à rede já interpretadas convenientemente.

No caso de serem utilizadas células de carga inteligentes, desenvolvidas na nova tecnologia, o Módulo poderá ser facultativo pois a leitura de peso é feita diretamente no Nó de interface serial do computador, ou da impressora que imprime o bilhete de pesagem. Neste caso as células são ligadas diretamente a rede como Nós sensores de peso. A rede que se encarrega de somar e concluir o peso total resultante sobre a plataforma de pesagem.

(e) Unidade de Processamento e Armazenamento de Dados.

Constituída de microcomputador, com uma interface serial para recebimento dos dados totalmente tratados pela rede de controle, e com monitor de vídeo e teclado, para inserção dos dados necessários à identificação da carga e veículo. No caso em que utiliza interface de leitura de códigos de barras bidimensionais, a digitação de informações digitadas pelo operador serão apenas para confirmação e autenticação física dos documentos.

(f) Impressora.

Do tipo matricial, para possibilitar a impressão de documentos com múltiplas vias carbonadas, essa impressora acompanha o microcomputador, deslocando-se com ele quando o procedimento operacional assim o exigir.

Outra possibilidade será em imprimir sem informatizar, ou seja imprimir cabeçalhos fixos com os valores de pesos, data e hora. Nesse caso será gerado um Nó instalado na interface paralela ou serial da impressora.

(g) Módulo de conexão com a Rede de dados.

Constituído por Modulador/Demodulador de sinais (MODEM), para receber e transmitir as informações da pesagem a um sistema central de armazenamento, ou concentrador de dados das pesagens. É importante que as informações sejam transferidas em tempo real, pois quando o veículo retornar para a pesagem final, ele poderá se dirigir a qualquer balança interligada ao sistema uma vez que os dados da primeira pesagem estão disponíveis no sistema concentrador de dados.

Se for utilizada uma rede local de dados, tipo LAN, este módulo pode ser substituído por uma placa de rede ethernet.

Neste caso também pode ser gerado um Nó especializado em receber da rede as informações de controle e dados da carga e veículo e repassar ao sistema concentrador de dados sem necessidade de ter um microcomputador para essa finalidade.

(h) Sistema de Proteção.

Constituído por um regulador de tensão e um "nobreak", tendo por finalidade garantir a energia elétrica de forma ininterrupta e regulada. Para que essa energia não seja interrompida com um processo de pesagem em andamento.

Esse equipamento será de menor potência em relação ao utilizado na tecnologia tradicional, pois os sensores e atuadores serão alimentados na tensão de 12 Volts, assim esse equipamento poderá ser um carregador simples de baterias. A própria fiação da alimentação DC será utilizada como o meio físico para a rede de controle.

(i) Leitor do Codificador Magnético dos Veículos.

Trata-se de um receptor, montado na plataforma de pesagem, para a leitura dos códigos gravados nos codificadores magnéticos instalados e lacrados nos veículos. Constituído basicamente por uma bobina receptora afixada na área central da plataforma da balança, se conecta a parte eletrônica do leitor através de cabos no interior da sala de controle da balança, próximo ao Monitor de Pesagem.

Na sala de controle acha-se instalada as peças fundamentais da automação, ou seja:

- Módulo Indicador Digital de Peso.
- Módulo leitor dos Codificadores Magnéticos dos veículos.
- Módulo leitor de código de barras bidimensional.
- Microcomputador.
- Módens ou placas ethernet de conexão à Rede de dados.
- Impressora.
- Vídeo
- Teclado
- Sistema de Proteção.

Convém lembrar que o sinal proveniente das células de carga é captado pelo Módulo Indicador Digital de Peso, sendo depois tratado na rede de controle, juntamente com o sinal do leitor dos codificadores magnéticos dos veículos.

Na interface ligada ao Monitor de Pesagem, de um lado conectado ao monitor de pesagem faz a aquisição dos valores de peso, e do outro lado repassa para a rede o resultado final da curva de pesagem.

O Outro Nó liga a interface serial do microcomputador, repassa as informações gerais da pesagem já analisadas e consolidadas da rede, para o microcomputador executar registro e análise em banco de dados.

Assim tais interfaces recebem e controlam os estados e informações de todos os Nós da rede, e ficam analisando e enviando os estados parciais e finais da posição do veículo para o microcomputador, utilizando-se portanto de uma única porta de comunicação serial desse computador.

Caso o microcomputador não esteja localizado na sala de controle da balança, esse sinais poderão ser transportados por outro meio físico até a interface do microcomputador localizado no escritório ou portaria para esse acompanhamento administrativo do Posto de Pesagem.

Com esta tecnologia o microcomputador fica apenas com a tarefa de informatização do Posto de Pesagem, e a automação e controle executada nos Nós da rede.

A interligação física das partes e componentes básicos do Posto que geram a rede de controle, que trata do tráfego e posicionamento do veículo caracteriza-se por configuração, obedecendo a estrutura apresentada através da figura IV.2.

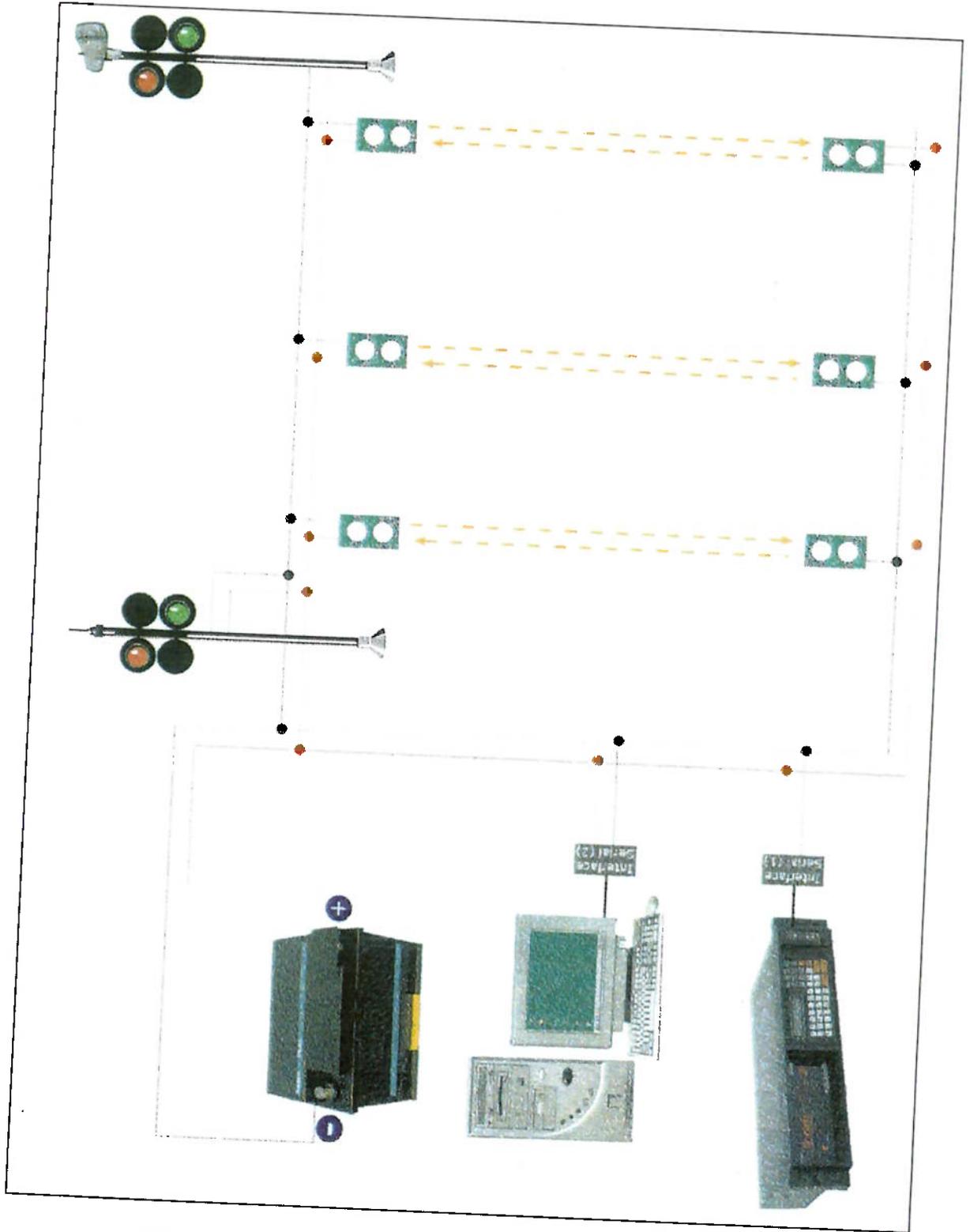


Figura IV. 3. Ligação física dos elementos de controle

Os novos conceitos desta tecnologia de automação consistem em colocar em rede de controle os diversos Nós sensores e Nós atuadores do processo, tornando-se possível obter em tempo real o estado lógico interno de cada um, bem como os valores de peso fornecidos diretamente pela saída RS-232 do Monitor de Pesagem, também integrado nesta rede.

A medida que o sistema automatizado detecta acréscimo ou decréscimo de peso sobre a balança, tais sinais juntamente com o estado de cada sensor, identifica respectivamente a entrada ou saída do veículo na plataforma. A partir desse momento cada sensor emite informação, segundo seu posicionamento físico e lógico na rede, fazendo um sistema completo de controle do tráfego e posicionamento correto do veículo, utilizando-se uma única porta de comunicação serial do microcomputador.

Uma vez que todos os componentes do sistema apresentam-se conectados a uma única rede de controle, não existirão diferentes protocolos e velocidades nas leituras dos sensores, acionamentos dos sinalizadores e leitura do valor de peso, como na tecnologia tradicional, anteriormente descrita, que utiliza equipamentos em separado cada qual com seu protocolo proprietário, concentrados e interpretados pelo microcomputador.

Outro grande avanço da nova tecnologia proposta, que distribui tarefas pela rede de controle para os sinalizadores e atuadores, encontra-se nos benefícios resultantes da velocidade que cada Nó terá, tratando apenas da sua atribuição

e finalidade, dentro da lógica de controle de tráfego e posicionamento do veículo. Na tecnologia tradicional tal controle fica para a aplicação no CLP, que por sua vez depende da varredura feita pelo microcomputador a ele, depois de tomar os valores de peso sobre a plataforma, e por fim atingir a conclusão sobre o posicionamento final do veículo.

A figura IV.3 mostra que será feito uma ligação comum e paralela de alimentação única para todos os Nós. Esse próprio barramento de alimentação será o meio físico para a comunicação da rede de controle distribuído.

A figura IV.4 mostra somente o barramento de comunicação da rede e os Nós, assim como o sentido das informações da rede em relação aos Nós.

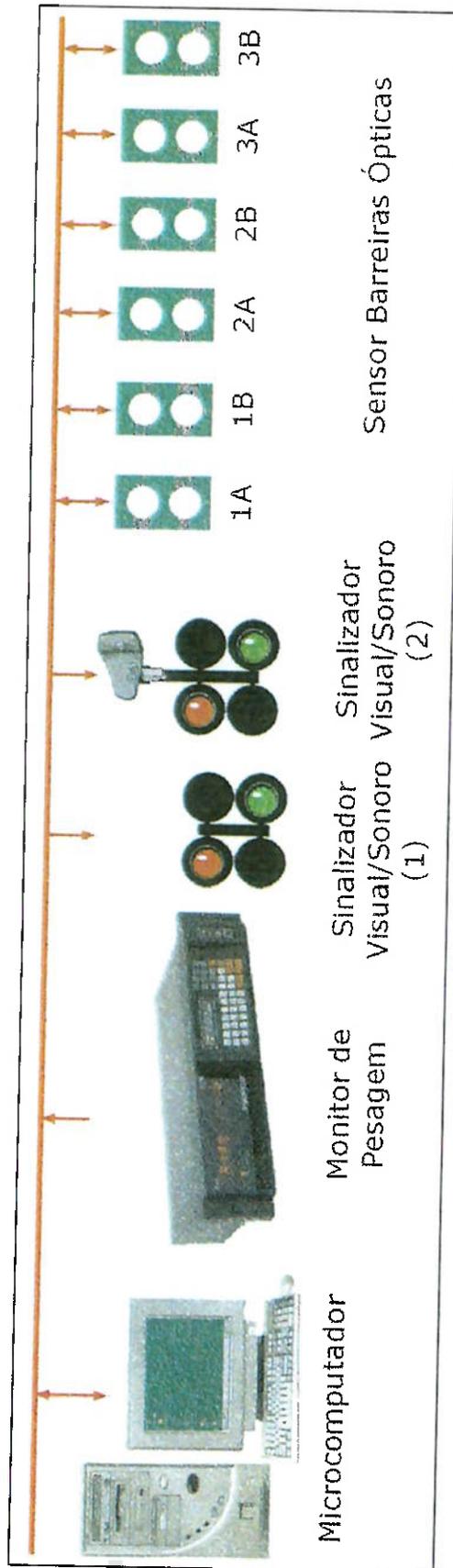


Figura IV. 4 - Barramento da Rede do Posto Automatizado

A figura IV.5 mostra o circuito principal ( hardware) de cada nó.

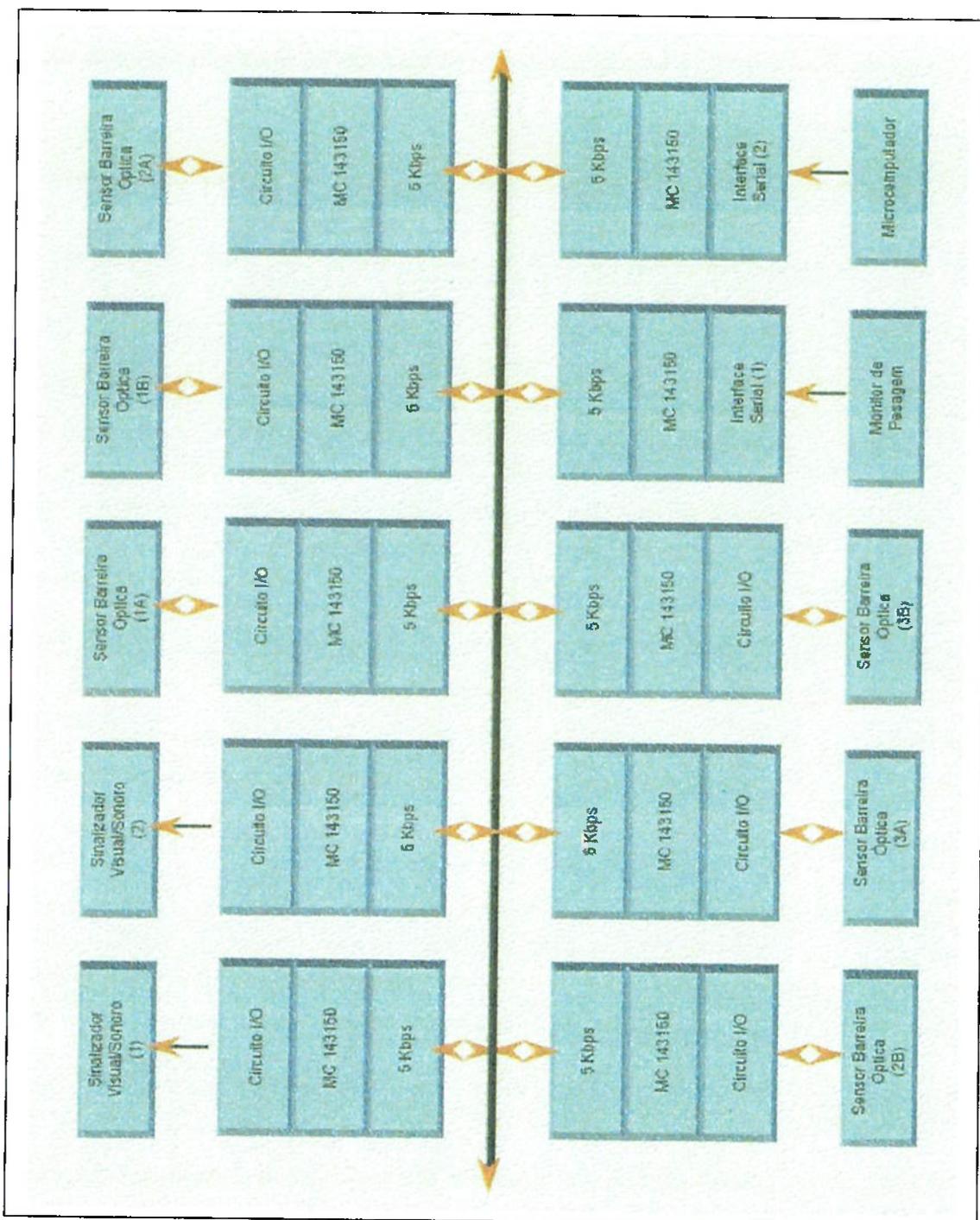


Figura IV. 5 - Hardware dos Nós

### **3 ESTRUTURAÇÃO BÁSICA DA LÓGICA DE AUTOMAÇÃO E INFORMATIZAÇÃO DO POSTO.**

A lógica de Automação e Informatização do Posto de Pesagem apresenta-se como responsável pelas seguintes funções básicas:

- Identificação do veículo portador do codificador magnético quando se posiciona sobre a plataforma
- Identificação dos documentos que acompanham a carga do veículo.
- Tratamento contínuo dos valores de peso.
- Controle do trânsito local sobre a plataforma com supervisão do posicionamento dos veículos e das correspondentes velocidades que deverão ser compatíveis a plataforma da balança.
- Monitoração contínua do processo de pesagem, supervisionando a ocorrência de anormalidades operacionais e de manutenção.
- Supervisão de Manutenção dos componentes integrantes do Posto.
- Controle das características e identificação de veículos.
- Comunicação das informações entre Posto de Pesagem e os Sistema(s) de Supervisor(es) administrativo(s), através de rede de comunicação de dados.
- Emissão do Bilhete de Pesagem, (emissão dispensada em caso de implantação de Postos de Pesagem sem operador).

Cada atividade ou atribuição mencionada acima é feita por um único Nó ou a por um conjunto de Nós da rede.

Sendo o intuito principal deste trabalho a demonstração comparativa entre a nova e a tecnologia tradicional, não foi acrescentado os Nós para captação da leitura do lacre e também o leitor código de barras.

Sendo que esta poderão ser acrescentados e mapeados na rede sem alterar nada do que está comentado e explicado neste trabalho.

### **3.1 Gerenciamento do posto de pesagem.**

O processo de gerenciamento do Posto de Pesagem ocorrerá em duas etapas, através de equipamentos distintos com tarefas bem estabelecidas e distribuídas, ou seja:

- A IHM para digitação e impressão dos dados da carga feitas pelo microcomputador.
- E a automação feito pela rede, da pesagem do veículo repassando ao sistema de processamento e armazenamento ( microcomputador) o resultado final da pesagem do veículo.

Dessa forma, o referido gerenciamento será processado de forma independente subdividido em módulos, apresentando lógica estruturada através das seguintes funções específicas e objetivas;

- Interação com o operador.
- Pesagem feita pela rede com toda lógica de controle de tráfego, posicionamento do veículo e discriminação dos pesos intermediários e final.
- Interação com a comunicação de dados da pesagem com o concentrador dos dados de pesagem quando for uma rede de postos de Pesagem.

### **3.2 Lógica de controle de tráfego, posicionamento e pesagem de veículo.**

O módulo de Controle de Tráfego, Posicionamento e Pesagem do veículo corresponde a uma interface serial ligada diretamente à Unidade de Processamento, Armazenamento e Controle de Dados (microcomputador).

Essa interface serial desenvolve todo o processo de pesagem e a correspondente análise anti-erros operacionais, através da leitura das variáveis de rede do Monitor de Pesagem em conjunto com as variáveis da rede dos sensores e atuadores verifica o posicionamento do veículo.

O referido módulo controla e relaciona os sinais dos sensores instalados junto à plataforma, monitora a posição do veículo e envia à unidade de processamento todas as análises prontas, aprovando ou não o posicionamento do veículo e emitindo as justificativas das conclusões.

A Unidade de Processamento (microcomputador) transaciona as seguintes informações com o Nó da rede ligado em duas interface serial:

- Recebe informações do ciclo de pesagem (transposição das barreiras de sensores). Para alimentar softwares supervisorio.
- Recebe informações de anormalidades do ciclo.
- Recebe informações de defeitos nos Nós.
- Recebe continuamente o valor peso na balança.
- Envia a informação sobre o sentido permitido para entrada do veículo, se houver. Ou a informação sobre a liberação de sentido, ou seja, permite entrada do veículo em qualquer um dos 2 (dois) sentidos.
- Envia a informação se a pesagem será rodoviária ou ferroviária.

Esta lógica apresenta as seguintes funções básicas, executadas integralmente pela rede de controle:

- Controle de informações referentes ao estado do posicionamento do veículo sobre a plataforma detectando anormalidades de forma contínua.
- Indicação das anormalidades em qualquer dispositivo da rede de controle enviando, para os níveis superiores da lógica, os procedimentos administrativos e de controle a serem executados.
- Determinação das curvas de pesagem (peso x tempo), para entrada e saída de veículo.

### **3.3 Lógica de comunicação de dados.**

A Lógica de Comunicação de Dados residente no microcomputador é responsável, através dos Modens ou interfaces "Ethernet" pela transmissão dos dados das pesagens realizadas para o Sistema Gerenciador da Rede de dados. Esse Gerenciador de Dados é o centralizador da comunicação entre o(s) Posto(s) e os Sistemas Supervisor, Administrativo e de Manutenção, utilizando o meio físico correspondente ao sistema telefônico privado, ou a rede de dados local da Empresa.

No caso de interface "Ethernet", a transmissão ocorrerá através de "drivers" "ODBC", com atualização direta do banco de dados da empresa.

### **3.4 Sistema operacional do microcomputador.**

O Sistema Operacional, corresponde a um conjunto de programas de supervisão, controle e processamento, intrínseco ao microcomputador, gerando um canal de interface entre os elementos físicos integrados (vídeo, teclado, disco rígido, interfaces de comunicação RS-232, modem e impressora) e proporcionando interação do usuário com o microcomputador e o sistema de automação.

#### **4 CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DOS “NÓS” DA REDE DE CONTROLE.**

O Posto de Pesagem Automatizado e Informatizado, conforme descrito e representado na figura IV.1 e figura IV.2, está distribuído em diferentes partes e componentes básicos, que terão detalhamento especial, em razão do importante papel dessa tecnologia em distribuir as tarefas que cada um dos Nós desempenham dentro do processo funcional e operacional.

A distribuição das tarefas são sincronizadas com as Palavras da Rede que cada Nó envia ou recebe.

Na figura IV.6 está em evidência as conexões entre os vários Nós iniciando as variáveis da Rede que são trocadas entre os diferentes Nós,

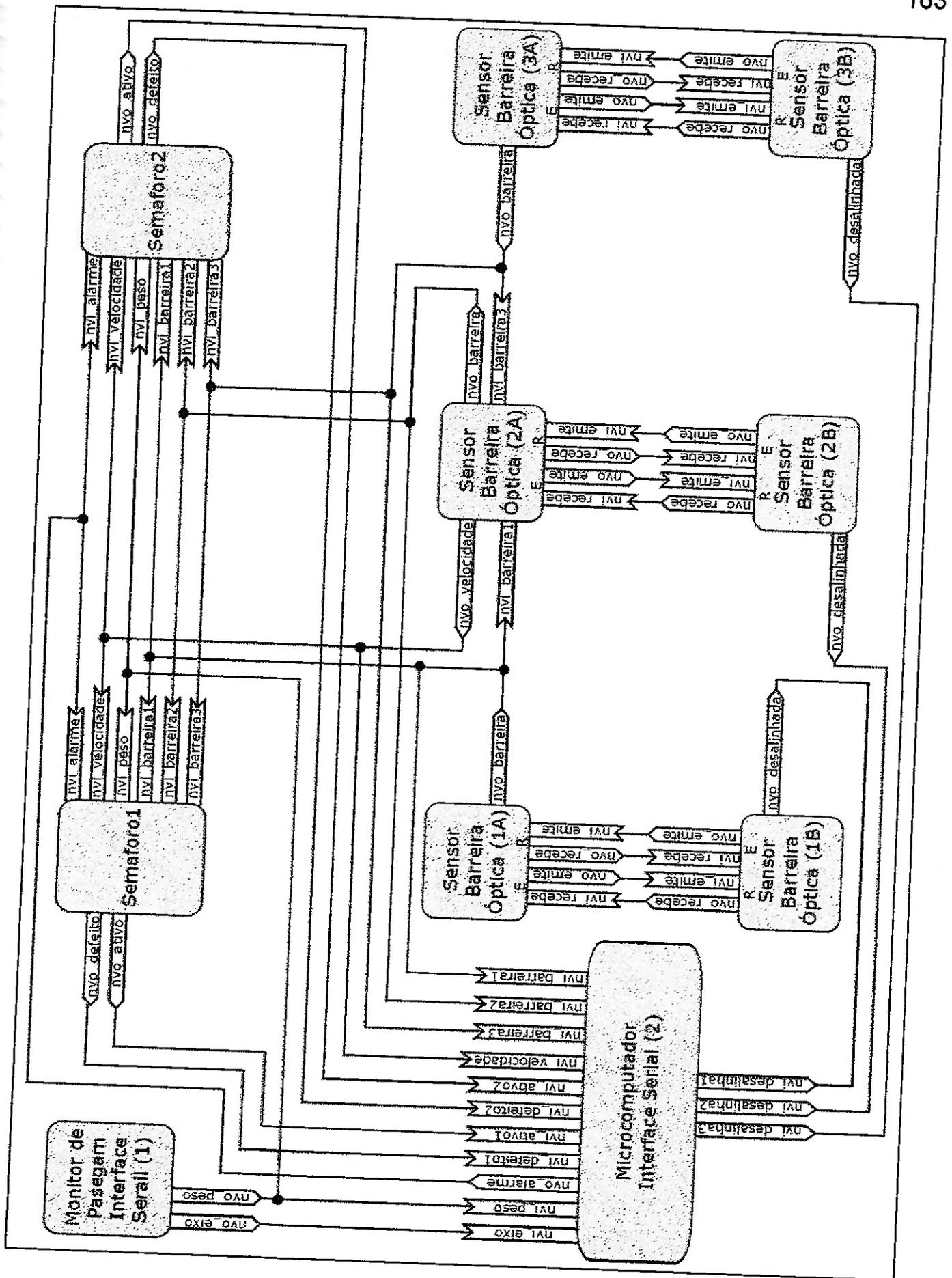


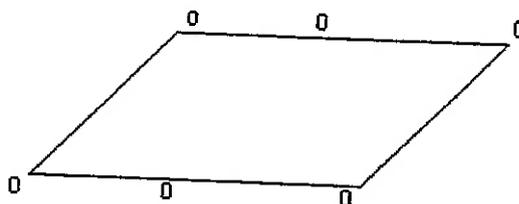
Figura IV. 6 - Visão Geral das Palavras de Rede

#### 4.1 Controle de deslocamento do veículo.

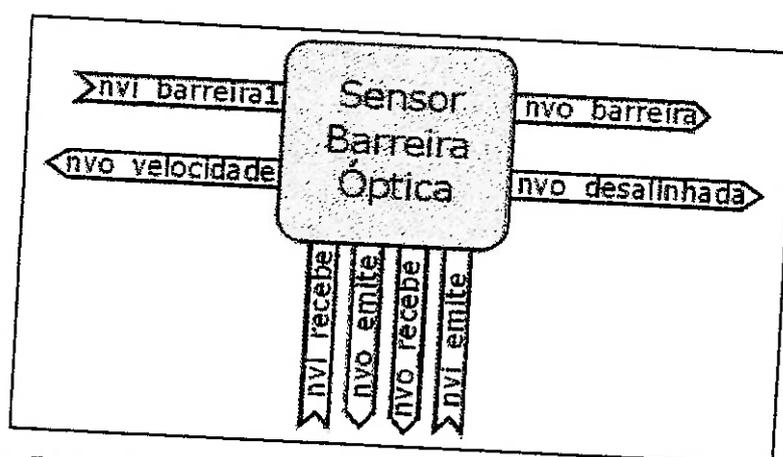
Esse controle é feito pelas barreiras ópticas, constituídas pelos 6 (seis) conjuntos emissor/receptor infra vermelho ou "laser", instalados em 3 (três) pontos distintos nas áreas anterior, central e posterior à plataforma, no sentido de deslocamento do veículo, caracterizando assim os sensores de entrada, velocidade e saída do veículo à plataforma de pesagem.

Tais sensores apresentam-se montados nas muretas paralelas a plataforma, com emissores e receptores instalados de modo alinhado, transversalmente à plataforma, um em cada lateral, devendo o conjunto da área central ser equidistante aos outros 2 (dois) conjuntos das extremidades.

Dessa forma 3 (três) emissores/receptores serão instalados a 30 cm de altura do piso da plataforma e os 3 (três) emissores/receptores correspondentes montados invertidos aos da mureta concorrente, obedecendo as mesmas alturas.



**Figura IV. 7 Diagrama de Instalação dos Sensores**



**Figura IV. 8 - Variáveis de Rede do Sensor para Barreira Óptica**

Física e logicamente tais sensores serão iguais entre si, informando à rede sempre que os correspondentes estados sofrerem mudança, devendo os que se encontram nas extremidades da plataforma de pesagem, identificar para o sistema de controle, o sentido de entrada do veículo (anterior à pesagem) e o de saída (posterior à pesagem). As pesagens corretas implicarão que o veículo entrou e saiu no mesmo sentido, caso contrário será acusado erro operacional.

Os sensores centrais executam cálculos da velocidade do veículo em função do tempo despendido pelo veículo em percorrer o espaço entre o sensor do extremo da plataforma e o sensor central, em função do sentido adotado para a movimentação do veículo sobre a plataforma.

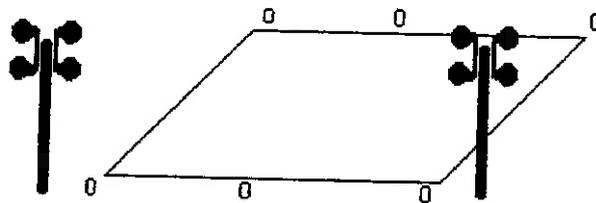
#### **4.2 Controle de trafego e posicionamento.**

A sinalização luminosa de controle constitui-se de 4 (quatro) semáforos para operação em duplo sentido ou 2 (dois) semáforos para operação em sentido

único. Tais atuadores de iluminação (semáforos), com lâmpadas indicadoras nas cores verde e vermelha, deverão ser instalados, um na entrada da plataforma e outro na saída, para orientação do condutor do veículo.

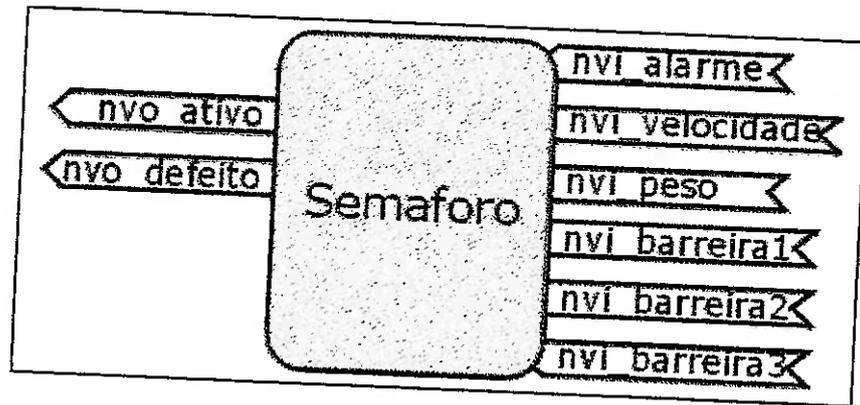
Ao lado de um desses conjuntos de semáforos instala-se 1 (uma) sirene para indicação de alarme sonoro. Tal atuador será ativado em todos os momentos de necessidade de atenção ou advertência ao motorista ou operador da balança, na indicação de irregularidades.

Os estados luminosos dos semáforos acompanham as situações de posição do veículo sobre a plataforma de pesagem. Esses estados da sinalização serão analisados nos próprios Nós que acionam os semáforos e a sirene, indicando ao motorista do veículo, através de estados lógicos de aceso ou apagado, se a correspondente posição encontra-se correta (verde aceso e vermelho apagado) ou não (verde apagado e vermelho aceso). Ao excesso de velocidade sobre a plataforma corresponde o estado piscante do semáforo.



**Figura IV. 9. Posicionamento dos Atuadores na Plataforma**

As variáveis de rede para esse nó estão no esquema das variáveis da figura IV.10.



**Figura IV. 10 - Variáveis de Rede do Nó do Semáforos e Sirene**

Esses conjuntos de sinalização trabalham de forma sincronizada e executam 4 (quatro) etapas do processo, a saber :

**1ª Etapa : Aguardando entrada do veículo.**

Os semáforos de entrada permanecem indicando Verde, para que o veículo entre na plataforma, e os de saída permanecem indicando Vermelho, alertando inicialmente para o limite da plataforma.

**2ª Etapa : Início de processo de estacionamento.**

O semáforo de entrada, ao confirmar o primeiro eixo do veículo sobre a plataforma, passa do estado luminoso Verde para o Vermelho, indicando para que o veículo seguinte aguarde até o final do processo. O semáforo de saída passa do estado luminoso Vermelho para o estado luminoso Verde, indicando ao condutor do veículo, que siga em frente até posicionar-se totalmente sobre a plataforma.

No momento em que o primeiro eixo passa pela barreira óptica central é calculada a velocidade do veículo. Sendo considerada dentro da normalidade, a sinalização permanece, caso contrário o semáforo de saída passa a piscar indicando ao motorista do veículo para reduzir a velocidade, pois esta se encontra acima do desejável. Caso passe o segundo eixo ainda com indicação de velocidade acima da permitida, além de piscar em intensidade maior, aciona também o alarme. Na maioria das ocorrências desse tipo de alerta, o veículo ainda se encontra com eixos fora da plataforma, de modo que o impacto da velocidade não é transferido ao conjunto da balança.

### **3<sup>A</sup> Etapa : Final do processo de estacionamento.**

O semáforo de entrada permanece na indicação luminosa Vermelha e o semáforo de saída passa para o sinal luminoso vermelho indicando a parada do veículo. O acionamento dessa indicação resulta da análise do valor de velocidade do veículo, concluindo que o primeiro eixo atingiu o limite de saída da plataforma.

Caso o veículo ultrapasse esse limite, os semáforos permanecem com a mesma sinalização e o alarme fica com sinal sonoro pulsante, até o posicionamento correto. Caso o veículo saia completamente da plataforma, os sinalizadores voltam ao estado da 1<sup>A</sup> Etapa.

#### **4<sup>A</sup> Etapa : Termina da pesagem.**

O semáforo de saída da plataforma passa para o estado luminoso verde, e permanece nessa condição até a saída completa do veículo, retornando em seguida à situação da 1<sup>A</sup> Etapa.

Se o veículo sai no sentido contrário ao que entrou, o alarme soará de forma contínua, permanecendo nessa condição até que o veículo retorne o sentido correto de saída. Caso o veículo insista e resulte saindo totalmente da plataforma, o sistema impede o processamento de outra pesagem. O Posto sempre iniciará com alarme até que sejam tomadas as providências de reinicialização e identificação do motivo da irregularidade dessa pesagem.

#### **4.3 Controle da curva de pesagem.**

Em cada novo processo de pesagem, o sistema elabora uma Curva de Pesagem, que possibilita o controle do processo e o diagnóstico de anormalidades, por intermédio de desvios detectados no decorrer do posicionamento do veículo sobre a plataforma (entrada, parada e saída do veículo).

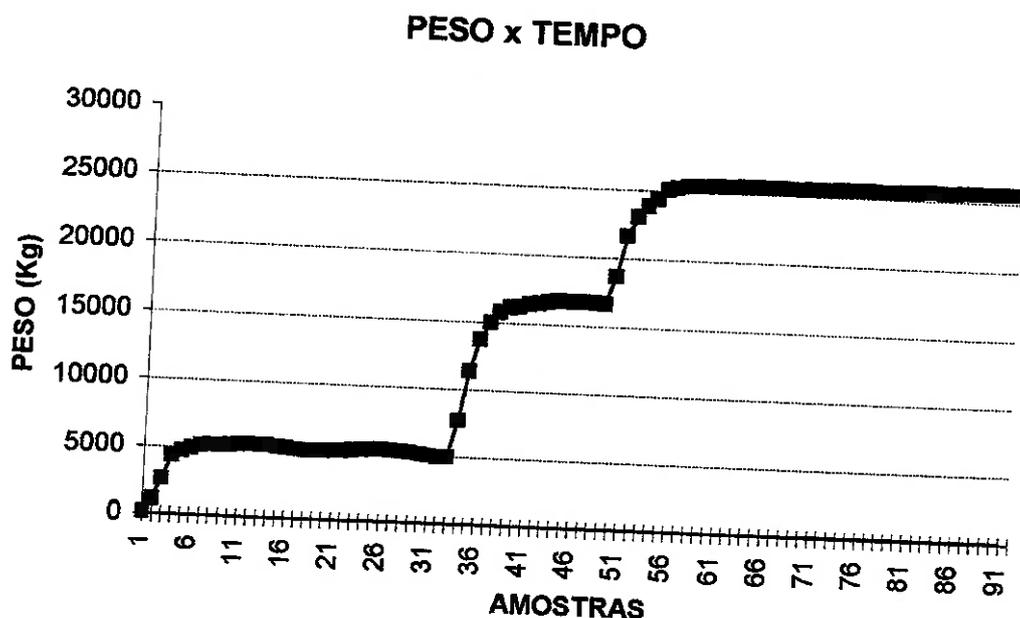
O Monitor de Pesagem, responsável por traduzir os sinais analógicos de peso sobre as células de carga, dispõe de interface serial para transferência de

todos os sinais de peso, desempenhando o papel de um Nó de recepção para valores de peso em tempo real.

Esse Nó é responsável pela combinação e composição dos sinais dos valores de peso associado a cada eixo do veículo um peso respectivo e informando as suas variáveis de rede.

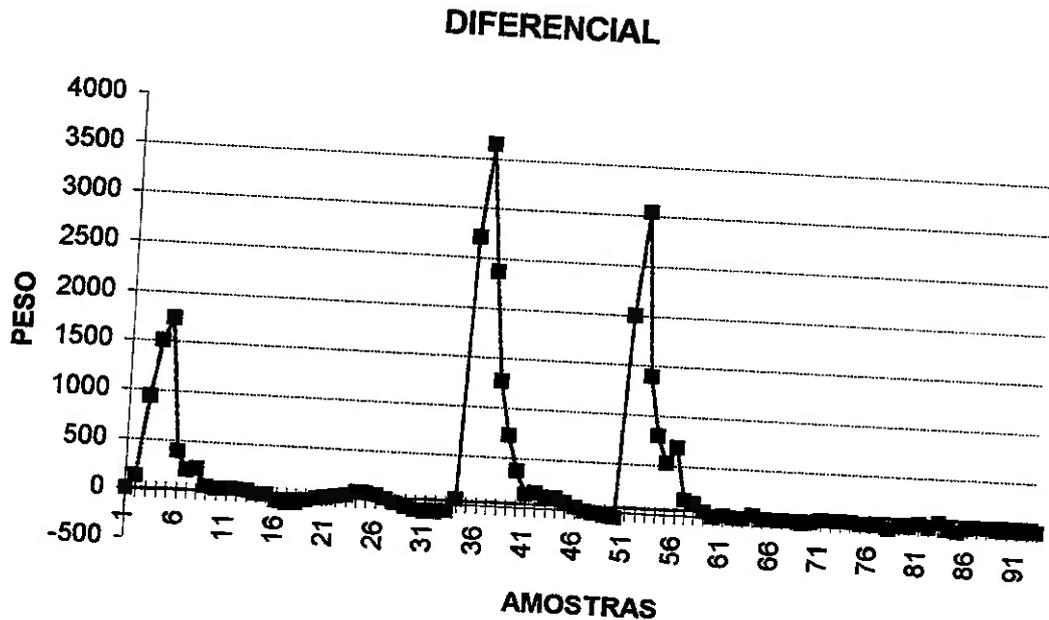
Nos gráficos da figura IV.11 e IV.12 encontra-se evidenciado o procedimento analítico realizado sucessivamente nesse Nó para cada operação de pesagem.

Na figura IV.11 observa-se a Curva de Pesagem através da relação (peso x tempo), onde se torna possível visualizar o processo sucessivo da entrada de um veículo sobre a plataforma da balança, assim como dos valores lidos no Monitor de Pesagem.



**Figura IV. 11. Curva de Pesagem Direta do Monitor de Pesagem**

Na figura IV.12 observa-se os valores diferenciais dos pesos obtidos, de forma contínua, na curva de Pesagem representado na figura IV.11, com detecção dos 3 (três) eixos do veículo em questão. Os picos da curva diferencial demonstram a decomposição do número de eixos do veículo.



**Figura IV. 12. Curva Diferencial em relação a Figura IV.11**

Na saída do veículo, de forma semelhante ao evento de entrada, o processo de construção da curva repete-se, apenas na condição inversa, com sucessivas reduções dos valores de peso.

Através da Curva de Pesagem e dos acréscimos de peso por eixo do veículo, torna-se possível apurar irregularidade de aferição entre as seções da plataforma, caso os referidos acréscimos por eixo desviarem igualmente em relação a um valor admissível.

A Curva de Pesagem constitui-se numa importante ferramenta na automação do Posto de Pesagem, uma vez que possibilita a execução, em todas as pesagens, de uma análise comparativa no momento da pesagem, pela rede de controle. De maneira comparativa com famílias de curvas levantadas em pesagens anteriores do mesmo veículo, registrada em bancos de dados no microcomputador, observando e identificando alterações feitas no veículo por motivos de reforma ou alteração provocadas intencionalmente no veículo.

Com base nessa análise das curvas torna-se possível detectar situações de anormalidades no processo de pesagem em Postos Automatizados, como divergências de peso entre as seções da plataforma, cutelos quebrados, que poderão alertar a Empresa acerca de irregularidades na plataforma, invalidando a pesagem de veículos em condições indesejáveis, inclusive caracterizando situações de erros operacionais intencionais (fraude).

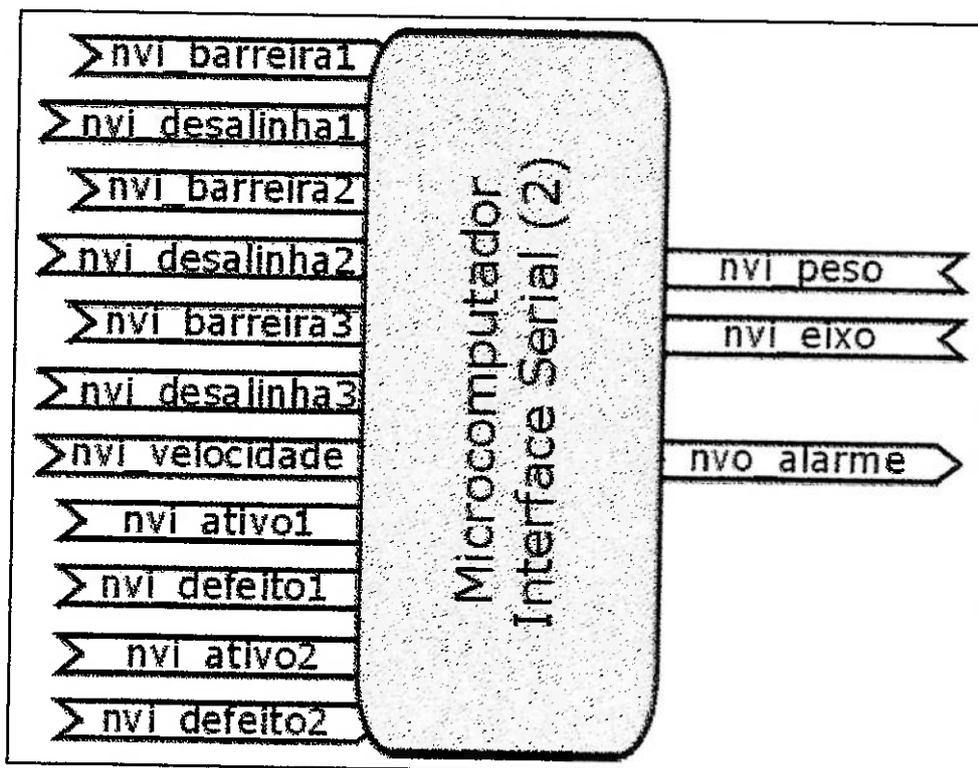
Desta forma ele atuará quase que apenas recebendo leituras traduzindo a regularidade ou irregularidade e atuando nas sinalizações visuais e sonoras dependendo se o processo for normal ou irregular. Sendo assim, tratará do envio dos registros das anormalidades ou da normalidade do processo de posicionamento de cada veículo para o microcomputador.

#### 4.4 Registro da característica do veículo.

O microcomputador também terá instalado em sua interface serial um Nó, que receberá em tempo real todos os estados dos sensores em combinação com os sinais analógicos do Monitor de Pesagem. Esse Nó receberá a análise da curva de pesagem completa feita no Nó do monitor de pesagem, já totalmente traduzida, interpretada e pronta, sendo informado o número do eixo e o respectivo peso.

Esse Nó terá a função de ir repassando para a interface serial do microcomputador em tempo real as condições de pesagem em andamento, e no final termina por registrar a curva de pesagem do veículo em bancos de dados.

Sendo o responsável pela combinação das variáveis de rede provenientes dos Nós de Controle de Deslocamento do Veículo (Nós sensores), Controle de Tráfego e Posicionamento (Nós semáforos/Sirene) e dos valores do peso sobre a plataforma (Nó do MP), detectando os valores de peso associado a cada eixo do veículo.



**Figura IV. 13 - Variáveis de rede da Interface serial 2 do Microcomputador**

Desta forma este Nó atuará recebendo estados e leituras e armazenando os registros das anormalidades ou da normalidade do processo de posicionamento de cada veículo no microcomputador.

Assim, depois do posicionamento correto do veículo sobre a plataforma, a Unidade Central de Processamento (microcomputador), realiza uma comparação analítica com as características das curvas arquivadas no banco de dados de pesagens. Caso as características do veículo já estejam cadastradas irregularmente, o operador será notificado pela Interface Homem Máquina, bem como os sistemas supervisores através da rede de dados do sistema de informatização.

No caso haja condição irregular detectada no sistema de comparação na base de dados no microcomputador, nesse caso esse nó recebendo do microcomputador sinal de alarme esse é repassado para os sinalizadores tanto visual e sonoro.

## **5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS “NÓS”.**

O sistema todo contará com 3 (três) modelos de circuitos eletrônicos, ou Nós, distintos em todo o processo, que são:

- Circuitos dos sensores ópticos.
- Circuitos dos Atuadores Semáforos já com a saída do Sinalizador Acústico, Sirene.
- Circuitos de interfaces seriais de entrada e/ou saída. Uma ligada ao microcomputador, outra ao Monitor de Pesagem e outra ligada ao leitor dos codificadores magnéticos dos veículos.

### **5.1 Detectar seus próprios defeitos.**

Todos os Nós deverão identificar se estão funcionando corretamente.

- Os Sensores ópticos estarão trabalhando aos pares, cada um tendo um emissor e um receptor. A análise será a simples constatação de que as duas barreiras estejam nos mesmos estados, caso contrário um dos

emissores ou receptores da barreira estarão danificados. Sendo uma sinalização luminosa, com um anteparo se identifica se é o emissor ou o receptor que não está em operação, de forma rápida e objetiva.

- Os semáforos e sirene serão monitorados pelo consumo de corrente já no próprio projeto de hardware desse Nó, verificando se estão obedecendo ao comando de ascender e tocar ou não.
- As interfaces seriais serão verificadas continuamente com circuito de "watch dog time", que analisa se a tarefa passou com a periodicidade correta pelas rotinas definidas.

## **5.2 Sensores das barreiras ópticas**

A aplicação desse Nó terá as seguintes funções:

- Acionar o emissor de infra vermelho ou "laser", e mante-lo nessa condição de forma permanente.
- Testar sua funcionalidade operacional identificando os estados da Barreira Óptica, combinado o estado lógico do seu receptor óptico com o estado lógico presente no Nó do emissor óptico correspondente. Observando a figura IV.4 percebe-se a posição invertida dos sensores emissores e receptores fazendo dupla barreira óptica em cada Nó.

- Em operação normal as barreiras duplas sempre estarão no mesmo estado lógico, somente mudando seus estados no momento que a barreira for acionada obstáculo veículo ou qualquer outro objeto que bloquear o feixe de luz. A aplicação somente informa no momento da troca de estado, não sendo necessário ficar informando o seus estados estáveis.
  
- Caso as barreiras de Nós colocados frente a frente não apresentem o mesmo estado, será gerada uma informação na rede de controle informando o fato.

Os Nós de sensoramento ópticos da rede terão o mesmo comportamento, ou seja a mesma aplicação. O que os diferenciam será a posição que ocupam na plataforma, pois seus estados lógicos serão combinados nos Nós de controle e atuação presentes na rede.

### **5.3 Atuadores dos semáforos e sirene.**

O aplicativo desses Nós terá a função de:

- Inicialmente acionar seus semáforos e conferir se a lâmpada correspondente acendeu, através do seu consumo de corrente. Em caso afirmativo, passa a operação normal e em caso negativo informa a rede a ocorrência e continua atuando normalmente.

- Em operação normal, sempre que o Nó do Monitor de Pesagem informar que existe carga sobre a plataforma, confirmando entrada ou saída de eixos do veículo, o Nó dos semáforos combina com os sinais dos sensores ópticos e executa a seqüência de sinalização, acompanhando a entrada ou saída do veículo. Essa combinação dos estados dos semáforos está comentado no item 4.2.
- Quando identificado excesso de velocidade o Nó de controle dos semáforos de saída da balança aciona os semáforos no modo piscante.
- O acionamento da Sirene poderá ser ativado através de comandos remotos vindos pela rede pelo Nó do microcomputador, e pelo excesso de velocidade, tratado o calculo de velocidade no Nó sensor central e o Nó dos semáforos é que atua sinalização se ultrapassar ou não os valores nele pré estabelecidos na aplicação.

#### **5.4 Monitores de pesagem.**

A aplicação residente nesse nó terá a função de:

- Fazer aquisição permanente do valor do peso na balança.
- Executar a análise da Curva de Pesagem.
- A cada eixo identificado, envia sinalização pela rede para que os outros atuadores executem suas tarefas de controle.

- Os sinais gerados por este Nó atualizam a rede com informações da balança de forma cadenciada enquanto não estiver em processo de pesagem. Quando em processo de pesagem, mantém a rede atualizada em tempo real. Em aplicações especiais transmite o peso no final da análise completa, juntamente com número de eixos.

É importante notar que o conjunto de automação é mais importante no caso de ausência de informações em cadastro pois na identificação prévia do veículo, este não poderá pesar parcialmente mantendo eixos fora da balança, sendo conhecido seu número de eixos.

### **5.5 Microcomputador.**

A aplicação presente nesse Nó terá as seguintes funções:

- Receber continuamente os sinais de anormalidades dos demais Nós da rede.
- Receber continuamente os sinais da balança e repassar ao microcomputador para que esse atualize no monitor de vídeo, que é a interface com o operador.
- Receber ao término de posicionamento, os dados gerais da pesagem para que o operador da balança possa proceder a entrada dos dados e impressão do bilhete de pesagem.

O microcomputador ao receber os dados faz uma pesquisa no banco de dados e em casos de anormalidade posiciona o operador e nos casos graves aciona os sinais nos atuadores da sirene e semáforos, sinalizando a intervenção à autoridades superiores ao balanceiro.

Como esse Nó tem a aplicação geral de fechamento de pesagem e posicionamento, tratará em casos de contingência, o processo apenas com a curva de pesagem, sendo nesse caso perdida a confiabilidade operacional para veículos não cadastrados anteriormente.

A aplicação presente nesse nó tratará as contingências e irá produzindo resultados possíveis mesmo na falta de partes dos Nós apresentando irregularidade em seu funcionamento.

#### **5.6 Leitor dos codificadores magnéticos dos veículos.**

Esse Nó não é envolvido no controle de automação das informações da carga, portanto não atua e nem lê os sinais da rede de controle. Sua atribuição é identificar o codificador magnético que o veículo possui no momento de seu posicionamento sobre a plataforma da balança. Esse dispositivo sensor emite apenas nesse momento, utilizando a rede de controle para informar o número do codificador ao sistema gerencial.

## 6 ESCOLHA DO TRANSEPTOR

O meio físico para o trafego de informações pela rede de controle será os próprios cabos de alimentação dos Nós, portanto os transceptores serão todos do mesmo tipo.

Os sensores e atuadores deverão trabalhar com fonte DC de 12Volts, com vistas a facilitar o "driver" para acionamento das lâmpadas dos semáforos. Além de viabilizar de maneira simples a implementação com veículos nas balanças rodoviária móveis.

## 7 CONCLUSÃO

- Foi eliminado do sistema de alimentação geral o nobreak e passou a ser usado um carregador de baterias.
- Fiação simples de barramento de alimentação de 12 Volts que alimenta todos os sensores e atuadores minimizou de forma significativa o quantitativo de 500 metros de cabos e duas fontes de alimentação necessárias na tecnologia tradicional.
- Como o sistemas de Nós tem funcionamento independente a manutenção e operação pode degradar a medida que o equipamento saia de operação

mas os demais circuitos Nós da planta automatizada permanece operando normalmente.

- Foi agregado circuitos sem necessidade de alteração aos circuitos e lógicas existentes.
- A interoperabilidade entre circuitos criados nessa plataforma é demonstrada na simplicidade de ligação e implementação das novas variáveis da rede de controle.

## **CAPITULO V – COMPARATIVO EM ANÁLISE DE CONFIABILIDADE**

### **1 DETERMINAÇÃO DA CONFIABILIDADE DE UM POSTO DE PESAGEM - INTRODUÇÃO**

Neste capítulo apresentamos uma forma comparativa entre a confiabilidade do posto de pesagem tradicional e sua melhoria com o uso da Nova Tecnologia proposta utilizando para isso o método apresentado na dissertação de mestrado do Eng. Rubens Rolin [19].

#### **1.1 Determinação da confiabilidade operacional dos componentes do posto de pesagem tradicional.**

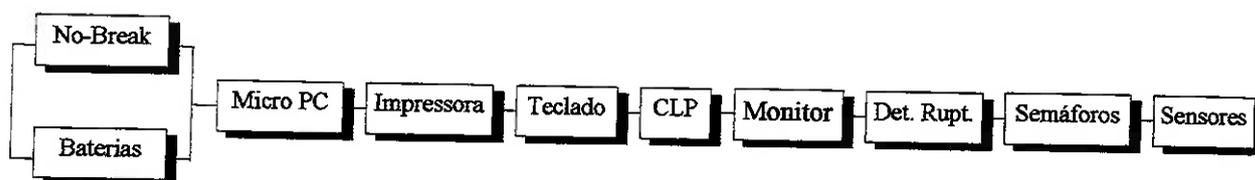
Para determinar a confiabilidade de um posto de pesagem foi feita uma análise dos períodos de vida  $L_{10}$  (tabela V.1), tomando como base o período de vida nominal de 2206 horas de operação do controlador lógico. A tabela V.1 mostra os valores de confiabilidade de cada componente associado ao período  $t=2206$ .

CONFIABILIDADE OPERACIONAL		
Período de 2206 horas		
Componente		R(t) %
1	Controlador Lógico	90,00
2	Micro Industrial	100,00
3	Monitor de Vídeo	98,59
4	Teclado	100,00
5	Impressora	100,00
6	Detectores de Ruptura	78,08
7	No-Break	84,71
8	Baterias	100,00
9	Semáforos	100,00
10	Sensores Óticos	84,25

**Tabela V. 1 – Confiabilidade operacional dos componentes de pesagem na tecnologia tradicional**

## 1.2 Determinação da confiabilidade geral do posto com tecnologia tradicional

Através das associações dos componentes em diagrama de blocos, caracterizando como um posto de pesagem, mostrado na figura V.1, foi obtida confiabilidade global do posto:



**Figura V. 1 - Representação de um posto de pesagem pela associação dos componentes em diagrama de blocos**

Com os valores indicados na tabela V.1, aplicados na equação (5-1), obtém-se a confiabilidade equivalente aos componentes em série do sistema:

$$R_s(t) = \prod_1^n R_i(t) \quad (5-1)$$

Para componentes em paralelo, a confiabilidade é obtida por:

$$R_s(t) = 1 - \prod_1^n (1 - R_i(t)) \quad (5-2)$$

Aplicando as equações (5-1) e (5-2) de acordo com a montagem da figura V.1, temos:

$$R_G(t) = \left[ 1 - \prod_{i=1}^2 (1 - R_i(t)) \right] \cdot \prod_{i=3}^{10} R_i(t) \quad (5-3)$$

$$R_G = 0,5837.$$

Portanto, a confiabilidade global do posto de pesagem com a tecnologia tradicional fica reduzida em  $R_G(t)=0,5837$ . Isto significa que a confiabilidade global de um posto de pesagem é de 58,37% para um período de operação de 2206 horas.

### 1.3 Determinação da confiabilidade do posto com a nova tecnologia

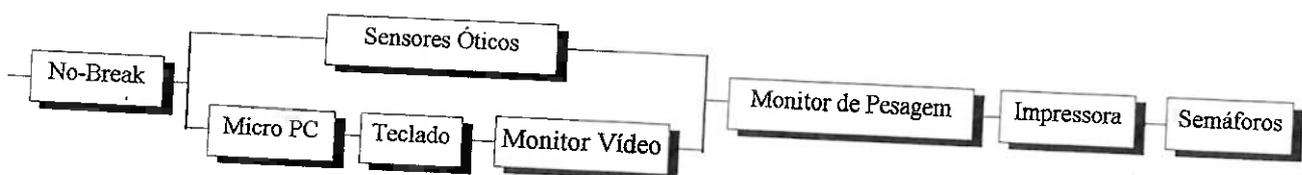
A tabela V.2 mostra a nova concepção de um posto de pesagem implementado com a tecnologia de rede de controle distribuído entre seus sensores e atuadores, mantendo-se as mesmas características de determinados componentes e a exclusão do CLP e Detectores de Ruptura, porém, com a

confiabilidade dos Sensores Óticos otimizada em função de sua característica operacional, ou seja, adaptados à tecnologia de componentes para rede de controle distribuído.

CONFIABILIDADE OPERACIONAL		
Período de 2206 horas		
Componente		R(t) %
1	Micro Industrial	100,00
2	Monitor de Vídeo	98,59
3	Teclado	100,00
4	Impressora	100,00
5	No-Break	84,71
6	Monitor de Pesagem	98,59
7	Semáforos	100,00
8	Sensores Óticos	99,94

**Tabela V. 2 – Componentes que compõem um posto com a nova tecnologia**

Seguindo a mesma analogia aplicada ao Posto de Pesagem Tradicional, temos uma nova configuração do posto, mostrada na figura V.2.



**Figura V. 2 - Representação de um Posto de Pesagem com a Nova Tecnologia**

Aplicando as equações (5-1) e (5-2), temos:

$$R_G = 0,8352$$

Isto significa uma confiabilidade de 83,52 % para o mesmo período considerado para o Posto de Pesagem implementado com a tecnologia tradicional.

## 2 DETERMINAÇÃO DO MTTF GLOBAL DE UM POSTO DE PESAGEM

### 2.1 Determinação do MTTF global de um posto tradicional

Para determinar o MTTF global do posto de pesagem tradicional foi aplicado o cálculo da taxa de falha equivalente para associações de componentes em série (equação (5-4)) e paralelo (equação (5-5)).

$$\lambda_e = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (5-4)$$

$$\frac{1}{\lambda_e} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (5-5)$$

A função equivalente da probabilidade de falha do sistema da figura V.1 é dada por:

$$F_G(t) = 1 - \left[ \left[ 1 - \prod_{i=1}^2 (1 - R_i(t)) \right] \cdot \prod_{i=3}^{10} R_i(t) \right] \quad (5-6)$$

Com as equações de taxa de falha equivalente e confiabilidade global, obtém-se a densidade de probabilidade de falha.

$$f_G(t) = \lambda_e(t) \cdot R_G(t) \quad (5-7)$$

Com os resultados obtidos para  $t$  variando entre 0 e 10000 horas, substituídos nas equações (5-3), (5-6) e (5-7), foram registrados os gráficos de confiabilidade e probabilidade de falha e os gráficos de taxa instantânea de falha e densidade de probabilidade de falha, e obtidos os parâmetros de Weibull.

$$\beta = 1,925 \quad \eta = 4463,85 \quad \text{e} \quad \gamma = -1318,71$$

Com as equações características do posto de pesagem, e com os parâmetros de Weibull, obtém-se as curvas ajustadas, mostradas nas figuras V.3 e V.4.

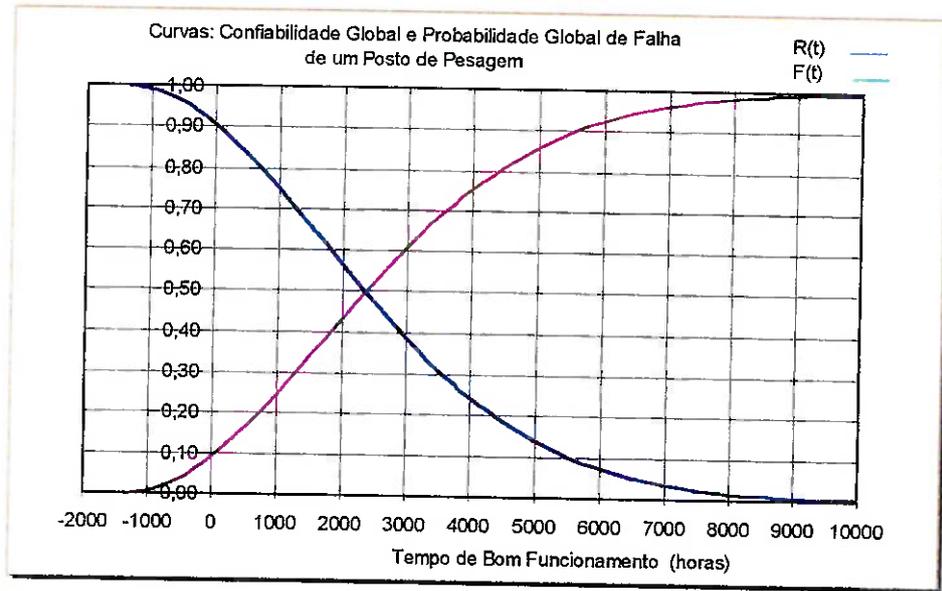


Figura V. 3 - Curvas ajustadas: Confiabilidade e Probabilidade de Falhas.

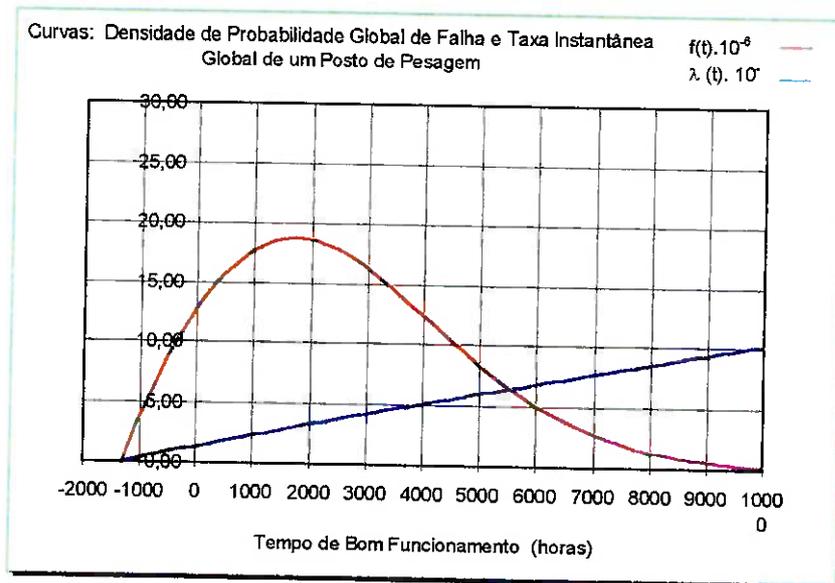


Figura V. 4 - Curvas ajustadas: Taxa de Falha Instantânea e Densidade de Probabilidade de Falha.

O MTTF global do posto de pesagem tradicional pode ser obtido pela equação (5-8).

$$MTTF = \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \cdot dt + \gamma \quad (5-8)$$

$$MTTF_G = 3959,50 - 1318,71$$

$$MTTF_G = 2640,79 \text{ horas.}$$

A confiabilidade do posto para  $t = MTTF$ :

$$R_p = e^{-\left(\frac{2640,79+1318,71}{4463,85}\right)^{1,925}}$$

$$R_p = 0,4521$$

### 2.1 Determinação do MTTF global de um posto com nova tecnologia

A confiabilidade global de um posto de pesagem com a nova tecnologia é obtida pela equação (5-9).

$$R_G(t) = R_1(t) \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \prod_{i=3}^5 R_i(t) \right) \cdot (1 - R_2(t)) \right] \cdot \prod_{i=6}^7 R_i(t) \quad (5-9)$$

Logo a equação de probabilidade de falha será dada por:

$$F_G(t) = 1 - R_G(t) \quad (5-10)$$

Com os valores de  $t$  variando de 0 a 15000 horas, substituídos nas equações do posto de pesagem com a nova tecnologia, foram determinados os parâmetros de Weibull, onde:

$$\beta = 1,235 \quad \eta = 4193,46 \quad e \quad \gamma = 79,31$$

Com as equações características do posto de pesagem com a nova tecnologia e os parâmetros de Weibull, obtém-se as curvas ajustadas, mostradas nas figuras V.5 e V.6.

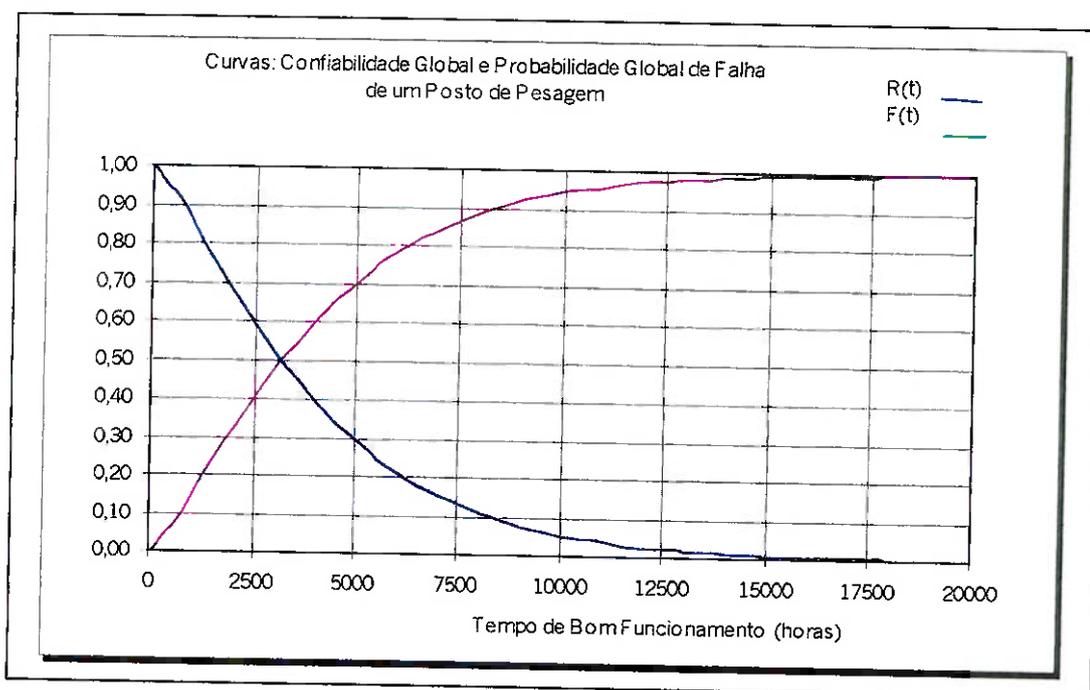


Figura V. 5 - Curvas ajustadas: Confiabilidade e Probabilidade de Falhas.

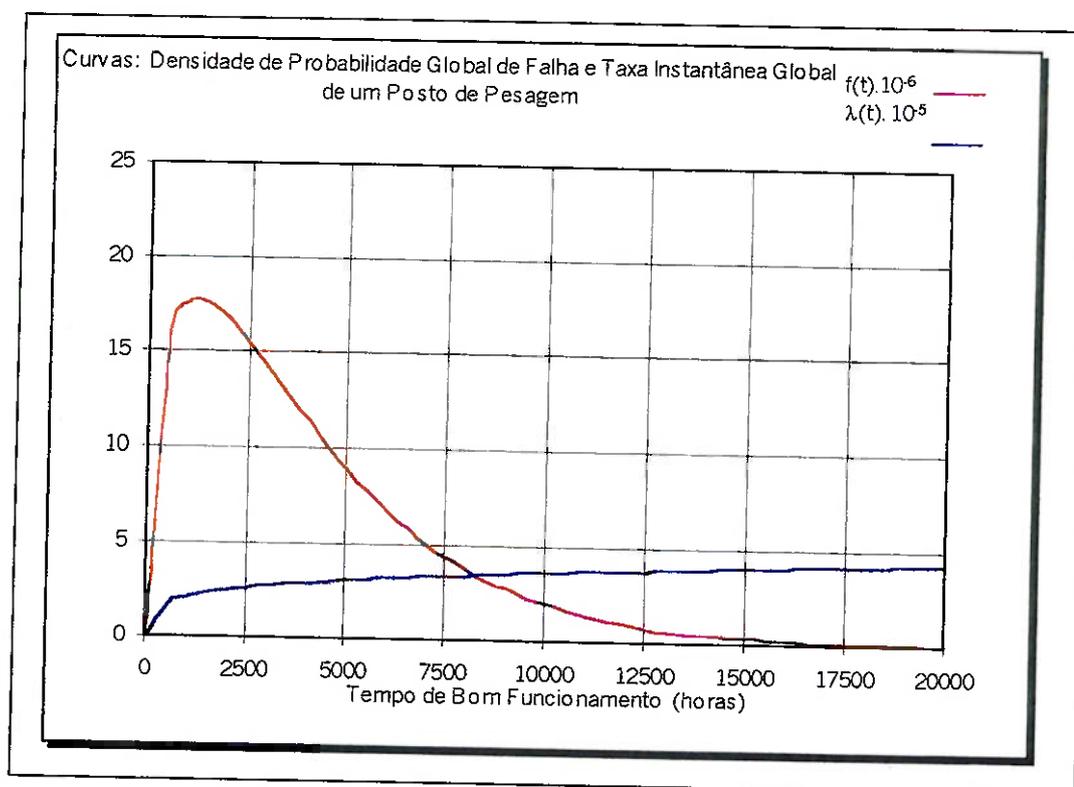


Figura V. 6 - Curvas ajustadas: Taxa de Falha Instantânea e Densidade de Probabilidade de Falha.

### **3 ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DE CONFIGURAÇÕES COM POSTOS DE PESAGEM**

Os postos automatizados e informatizados são interligados a um sistema central de servidor de rede, que recebe todas as informações referentes às pesagens realizadas. Com este sistema o veículo poderá efetuar a entrada em um posto e a saída em outro posto, agilizando a operação e aumentando a produtividade operacional do sistema.

#### **3.1 CONFIGURAÇÕES POSSÍVEIS DE SISTEMAS DE PESAGEM**

##### **3.1.1 SISTEMAS OPERACIONAIS COM DOIS POSTOS DE PESAGEM**

Para otimizar o processo de pesagem em função do método de operação, ou seja, pesagem parcial, carga ou descarga do veículo nos armazéns e pesagem final, é fundamental a participação de dois postos alocados estrategicamente na área portuária, normalmente no início e no final do processo.

Este sistema não só otimiza o transporte de veículos, tempo de espera, tempo de fila dos usuários como também minimiza o número de veículos em trânsito na área portuária.

##### **3.1.1.1 Postos de Pesagem com funções complementares**

A figura V.7 mostra uma característica de postos com funções complementares.

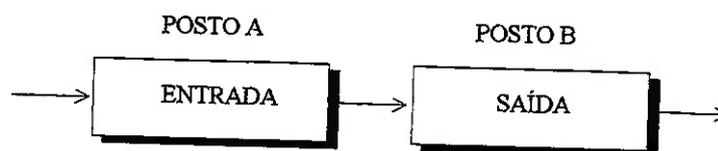


Figura V. 7 - Configuração de dois postos com funções complementares

A confiabilidade do sistema da figura V.7 é obtida pela equação (5-11).

$$R_s = (R_p)^2 \quad (5-11)$$

Pela equação de Weibull, temos:

$$R_s = \left( e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^2 \quad (5-12)$$

Substituindo os valores de  $\beta = 1,925$ ,  $\eta = 4463,85$  e  $\gamma = -1318,71$ , obtidos para o Posto Convencional e  $\beta = 1,235$ ,  $\eta = 4193,46$  e  $\gamma = 79,31$ , obtidos para o Posto Inteligente, nas equações acima, obtém-se os valores de confiabilidade e os MTTF correspondentes, porém, para o cálculo da confiabilidade do Posto Inteligente, está sendo tomada como base de tempo o valor do MTTF do Posto Convencional ou seja, 2640,79 horas, desta forma obteremos um quantitativo

do ganho da confiabilidade para o mesmo período de vida do Posto de Pesagem.

**$R_{s1} = 0,2044$  para o Posto Convencional.**

**$R_{s2} = 0,3368$  para o Posto Inteligente.**

A determinação do MTTF do sistema é obtida pela equação (5-13).

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} \left( e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^2 dt, \quad (5-13)$$

Aplicando a definição obtida pela confiabilidade, temos:

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} e^{-2\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} dt + \gamma \quad (5-14)$$

**$MTTFs1 = 1443,53$  horas para o Posto Convencional.**

**$MTTFs2 = 2213,76$  horas para o Posto Inteligente.**

### 3.1.1.2 Postos de Pesagem com funções independentes

Os postos de pesagem têm funções independentes quando os mesmos, em função do fluxo de veículos na área portuária, podem realizar as duas formas de pesagem, parcial e final, em qualquer horário do período de trabalho.

A figura V.8 mostra o diagrama de blocos caracterizando um sistema com dois postos de funções independentes.



Figura V. 8 Configuração de dois postos com funções independentes

$$R_s = 1 - (1 - R_p)^2, \quad (5-15)$$

$R_{s1} = 0,6998$  para o Posto Convencional.

$R_{s2} = 0,8239$  para o Posto Inteligente.

O tempo médio de bom funcionamento deste sistema, cujos componentes são idênticos, será obtido pela equação (5-16).

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} \left[ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_p) \right] dt, \quad (5-16)$$

Substituindo os parâmetros de Weibull, temos:

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} \left[ 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^n \right] dt, \quad (5-17)$$

$MTTF_{s1} = 3838,05$  horas para o Posto Convencional.

$MTTF_{s2} = 5678,24$  horas para o Posto Inteligente.

### 3.2 SISTEMAS OPERACIONAIS COM TRÊS POSTOS DE PESAGEM

A operação com três postos de pesagem permite mais agilidade no processo, principalmente se os postos estiverem localizados a uma certa distância um do outro. Este sistema funciona da seguinte forma: quando um veículo entra na área portuária, procura o posto mais próximo, dirigindo-se em seguida para carga ou descarga; em outro posto, no local mais próximo à carga/descarga poderá ser feito o fechamento.

Com isso, o condutor do veículo otimiza o seu tempo e evita-se congestionamento no posto em que se efetuou a pesagem parcial, pois é comum a ocorrência de postos com filas imensas e outros postos com poucas filas, ou até mesmo ociosos, ou seja, sem movimento.

A figura V.9 mostra um de sistemas formado por três postos com funções independentes.

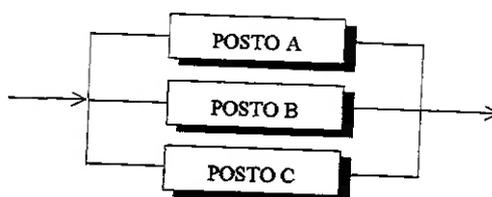


Figura V. 9 - Configuração de três postos com funções independentes.

Aplicando novamente a distribuição binomial, para  $r=1$  e  $n=3$ , temos:

$$R_s = 1 - (1 - R_p)^3 \quad (5-18)$$

$R_{s1} = 0,8355$  para o Posto Convencional.

$R_{s2} = 0,9261$  para o Posto Inteligente.

O MTTF do sistema com três postos de pesagem com funções independentes é obtido pela equação (5-19).

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} \left[ 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^3 \right] dt, \quad (5-19)$$

$MTTF_{s1} = 4510,68$  horas para o Posto Convencional.

$MTTF_{s2} = 6735,14$  horas para o Posto Inteligente.

A figura V.10 mostra um caso de configuração mista, ou seja, trata-se de um sistema com três postos de pesagem, sendo um posto complementado por outros dois, operando com funções independentes.

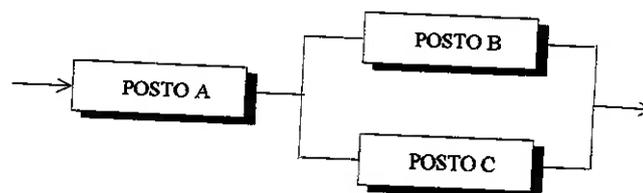


Figura V. 10 - Configuração com três postos de pesagem: um posto sendo complementado por dois postos com funções independentes.

A confiabilidade do sistema da figura V.10 será determinada aplicando o conceito das equações (5-1) e (5-6), resultando na equação (5-20).

$$R_s = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \left[ 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^2 \right] \quad (5-20)$$

**$R_{s1} = 0,3164$  para o Posto Convencional.**

**$R_{s2} = 0,4782$  para o Posto Inteligente.**

O MTTF do sistema será determinado pela integral da equação (5-20).

$$\text{MTTF}_s = \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \left[ 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^2 \right] dt \quad (5-21)$$

**$\text{MTTF}_{s1} = 1968,15$  horas para o Posto Convencional.**

**$\text{MTTF}_{s2} = 2939,09$  horas para o Posto Inteligente.**

### **3.3 SISTEMAS OPERACIONAIS COM QUATRO POSTOS DE PESAGEM**

Devido à localização dos postos no terminal, viabiliza-se a operação com três e quatro postos, pois tratam-se de quatro postos com operações bidirecionais, integrados a um sistema servidor de rede central.

Quando o fluxo de veículos é muito grande, operam-se com dois postos para entrada e dois postos para a saída, formando uma configuração de funções

complementares, associando dois sistemas com postos de funções independentes, como mostrado na figura V.11.

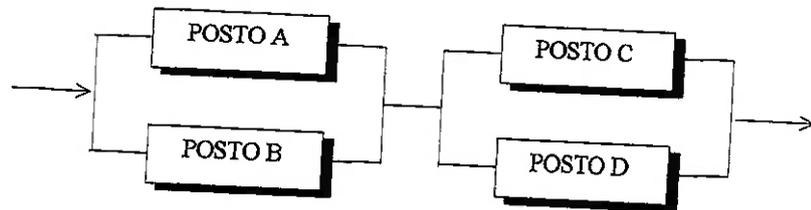


Figura V. 11 - Configuração com quatro postos de pesagem: dois sistemas complementares, com postos de funções independentes

A confiabilidade do sistema da figura V.11 é obtida pela associação série de dois sistemas idênticos ao sistema mostrado na figura V.8, conforme mostra a equação (5-22).

$$R_s = [1 - (1 - R_p)^2] [1 - (1 - R_p)^2] \quad (5-22)$$

$$R_s = \left[ 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^2 \right]^2 \quad (5-23)$$

$R_{s1} = 0,4897$  para o Posto Convencional.

$R_{s2} = 0,6789$  para o Posto Inteligente.

O MTTF do sistema será determinado pela integral da equação (5-24).

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} \left[ 1 - \left( 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right)^2 \right]^2 dt \quad (5-24)$$

**MTTFs1 = 2706,78 horas para o Posto Convencional.**

**MTTFs2 = 3855,39 horas para o Posto Inteligente.**

### **3.4 Sistemas operacionais com três postos em operação e um posto reserva**

Estes sistemas permitem uma confiabilidade maximizada de forma que, quando ocorre a falha de um dos postos, imediatamente é colocado em operação o posto de reserva, que deverá estar apto para entrar em operação quando solicitado.

A figura V.12 mostra uma configuração com três postos em operação: sendo, dois sistemas com funções complementares; um deles, formado por dois postos com funções independentes e outro formado por um posto com função complementar e um posto reserva.

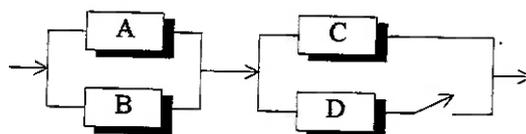


Figura V. 12 - Configuração com quatro postos de pesagem: dois sistemas complementares:

- 1 - Dois postos com funções independentes.
- 2 - Um sistema com um posto em operação e um posto reserva.

A confiabilidade do sistema da figura V.12 será obtida de acordo com a equação (5-25), de onde se observa que o sistema formado pelos blocos A e B opera em série com o sistema formado pelos blocos C e D; logo:

$$R_s = P(AB).P(CD) \quad (5-25)$$

A confiabilidade do sistema dos blocos AB já foi obtida anteriormente, onde:

$$P(AB) = 1 - [1 - (0,4521)]^2 = 0,6998$$

Para que o sistema formado pelos blocos C e D falhe, é necessário que ambos falhem; ao contrário,.

Para garantir a operacionalidade do sistema é preciso que não ocorra nenhuma falha ou no máximo uma falha. A da confiabilidade do sistema formado pelos blocos C e D, será obtida pela distribuição de Poisson conforme mostra a equação (5-26), que fornece a probabilidade de x falhas no período de t = MTTF do posto.

Pelas equações de Weibull, temos:

$$P_x = \frac{\left( \frac{\beta}{\eta} \left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot t \right)^x}{x!} \cdot e^{-\left( \frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (5-26)$$

$$P(CD) = P_0(CD) + P_1(CD) \quad (5-27)$$

$$P(CD) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} + e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} t \quad (5-28)$$

Portanto, a confiabilidade do sistema da figura V.12 será determinada pela associação série dos blocos AB com os blocos CD, conforme mostra a equação (5-29).

$$R_s = \left[ 2e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} - e^{-2\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right] \left[ e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} + e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} t \right] \quad (5-29)$$

**$R_{s1} = 0,6388$  para o Posto Convencional.**

**$R_{s2} = 0,8095$  para o Posto Inteligente.**

O MTTF global do sistema, será obtido pelo o cálculo integral da equação (5-29), conforme mostra a equação (5-30).

$$MTTF_s = \int_0^{\infty} \left[ 2e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} - e^{-2\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \right] \left[ e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} + e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} t \right] dt \quad (5-30)$$

**$MTTF_{s1} = 2665,86$  horas para o Posto Convencional.**

**$MTTF_{s2} = 4716,48$  horas para o Posto Inteligente.**

O quadro da tabela V.3 mostra as diferentes configurações de sistemas com postos de pesagem, bem como, um comparativo dos resultados da confiabilidade operacional do posto com tecnologia tradicional e com Nova.

QUADRO DE CONFIGURAÇÕES COM POSTOS DE PESAGEM					
CONFIGURAÇÃO		POSTO TECNOLOGIA TRADICIONAL		POSTO NOVA TECNOLOGIA	
		MTTF (horas)	CONFIABILIDADE (%)	MTTF (horas)	CONFIABILIDADE (%)
1		2640,79	45,21	3996	58,04
2		1443,53	20,44	2213,76	33,68
3		3838,05	69,98	5678,24	82,39
4		5281,57	91,28	7992	98,24
5		4510,12	83,55	6735,14	92,61
6		6416,42	95,23	8477,70	99,26
7		1968,15	31,64	2939,09	47,82
8		1505,93	41,27	3510,29	57,02
9		2706,78	48,97	3855,39	67,89
10		2665,86	63,88	4716,48	80,95
11		2269,51	83,34	6034,63	96,52
12		6453,87	97,39	8953,75	99,69
13		8356,03	99,24	11145,89	99,97

Tabela V. 3 – Quadro demonstrativo das configurações de sistemas com postos de pesagem

#### 4 MANUTENABILIDADE E DISPONIBILIDADE DE UM POSTO DE PESAGEM COM TECNOLOGIA TRADICIONAL

A tabela V.4 mostra os valores dos tempos médios de reparo de cada componente de um posto de pesagem, bem como, a taxa de reparo dos mesmos, em função do número de falhas ocorridas no período.

TEMPO MÉDIO DE REPARO, MANUTENABILIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE REPARO				
	Componentes	MTTR (h)	M(t) (%)	$\mu(t) \times 10^{-2}$ reparos/hora
1	Controlador Lógico	26,31	58,05	1,92
2	Micro Industrial	28,43	61,59	2,58
3	Monitor de Vídeo	17,14	54,13	2,87
4	Teclado	3,47	62,74	64,41
5	Impressora	8,53	69,92	9,51
6	Detectores de Ruptura	16,86	58,52	2,69
7	No-Break	119,29	56,86	2,02
8	Baterias	47,70	54,13	1,29
9	Semáforos	2,07	60,51	53,89
10	Sensores Óticos	3,03	59,00	39,49

Tabela V. 4 -TEMPO MÉDIO DE REPARO, MANUTENABILIDADE E TAXA INSTANTÂNEA DE REPARO

#### 4.1 DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE GLOBAL DE UM POSTO DE PESAGEM COM TECNOLOGIA TRADICIONAL

##### 4.1.1 Determinação da Disponibilidade dos Componentes do Posto de Pesagem

A Disponibilidade parcial é obtida através da equação (5-31).

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (5-31)$$

Com os valores de MTTR da tabela V.4 e os valores de MTTF de cada componente, aplicados na equação (5-31), foram obtidos os valores da disponibilidade operacional de cada componente, conforme tabela V.5.

DISPONIBILIDADE		
	Componente	D %
1	Controlador Lógico	99,63
2	Micro Industrial	99,68
3	Monitor de Vídeo	99,77
4	Teclado	99,97
5	Impressora	99,91
6	Detectores de Ruptura	99,78
7	No-Break	99,13
8	Baterias	99,71
9	Semáforos	99,98
10	Sensores Óticos	99,97

Tabela V. 5 - DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DOS COMPONENTES DO POSTO DE PESAGEM

#### 4.1.1 Determinação da Disponibilidade Global de um Posto de Pesagem

A disponibilidade global de um posto é obtida pela equação (5-32).

$$D_g = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{D_i} - (N-1)} \quad (5-32)$$

onde:

$D_i$  : disponibilidade do componente  $i$ .

$N$  : número de componentes.

$$D_g = \frac{1}{10,0248 - (10-1)} = 0,9758$$

Isto significa que, em geral, os postos de pesagem automatizados têm uma disponibilidade de 97,58%, ou seja, para uma programação mensal de 720 horas de operação, os postos terão uma disponibilidade para operação de 702,60 horas.

Com o valor de MTTF global e o valor de disponibilidade global na equação (5-31), obtém-se o MTTR global de um posto de pesagem.

$$MTTR_G = \frac{2640,79 - 0,9758 \times 2640,79}{0,9758}$$

$$MTTR_G = 65,49 \text{ horas.}$$

#### **4.1 DISPONIBILIDADE DE UM POSTO DE PESAGEM IMPLEMENTADO COM A NOVA TECNOLOGIA**

Para esta análise serão utilizados os mesmos valores dos tempos médios de reparo dos componentes analisados no postos com tecnologia tradicional, ou seja, foram levados em consideração as mesmas taxas de falhas parciais e disponibilidades parciais, porém, para o posto em questão, estão sendo considerados 100% de disponibilidade para os componentes que não acarretam em paralisação do posto em caso de falha, levando em consideração que mesmo seja substituído durante o seu período médio de reparo, uma vez, que o sistema identifica o componente quando há falha.

DISPONIBILIDADE		
	Componente	D %
1	Controlador Lógico	100,00
2	Micro Industrial	100,00
3	Monitor de Vídeo	100,00
4	Teclado	99,97
5	Impressora	99,91
6	Detectores de Ruptura	100,00
7	No-Break	99,13
8	Baterias	100,00
9	Semáforos	99,98
10	Sensores Óticos	99,97

Tabela V. 6 -DISPONIBILIDADE OPERACIONAL DOS COMPONENTES DO POSTO DE PESAGEM

A disponibilidade global é obtida pela equação (5-33).

$$D_g = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{D_i} - (N-1)} \quad (5-33)$$

$$D_g = \frac{1}{10,01047 - (10-1)} = 0,9896$$

Através da equação (5-31), obtém-se o valor do MTTR global do posto, rescreita aqui como equação 5-34.

$$MTTR_G = \frac{MTTF - D_g \times MTTF}{D_g} \quad (5-34)$$

$$MTTR_G = \frac{3996 - 0,9896 \times 3996}{0,9896}$$

$$MTTR_G = 41,86 \text{ horas.}$$

Isto significa que, para cada 2640,79 horas de operação, o Posto Inteligente terá em média uma paralisação de 27,38 horas, considerando-se o pior caso, ou seja, mantendo-se as mesmas características de vida útil dos componentes já existentes.

## **5 CONCLUSÃO**

Através do método para a análise de confiabilidade desenvolvida por [19], foi possível com a sua aplicação e desenvolvimentos matemáticos, utilizados para os postos com tecnologia tradicional, uma análise global da confiabilidade do posto com nova tecnologia e também o ganho considerável nos tempos médios de vida útil obtidos a partir dessa Nova Tecnologia, bem como nas configurações operacionais envolvendo vários postos de pesagem, caracterizando uma realidade operativa.

Observa-se ainda o ganho com relação a disponibilidade do posto, que passou de 65,49 horas para 41,86 horas, pode parecer pouco, porém, durante o levantamento dos dados para a análise de confiabilidade do posto com tecnologia tradicional, não foram considerados componentes reserva, o que diminui consideravelmente o tempo médio de reparo.

## **CAPITULO VI - CONCLUSÃO GERAL**

Essa nova tecnologia ampliada para uso geral em sensores diversos viabiliza, com significativa racionalização de custos, espaço físico, e fiação, automação em diferentes segmentos da economia.

Os dispositivos criados com essa tecnologia poderão ser credenciados ao órgão "LonMark®", e ter seu selo de interoperabilidade mundial, ou seja sensores de inúmeros fabricantes serem utilizados em rede. Assim o leque de aplicações vai a números incalculáveis de soluções em automação de qualquer tipo.

Proporciona maior segurança no ambiente de trabalho, pois em termos funcionais e operacionais os funcionários de um posto de pesagem, como o exemplo de implementação dessa tecnologia tratado em todo este trabalho, demonstra um arranjo físico mais saudável, permitindo ser contemplada uma visão ergonômica eficiente.

Esse aspecto tomado como exemplo em automação predial, residencial e automotiva pode-se extrapolar que manterá praticamente um visual mais limpo e moderado de cabos, leitos para acomodar os vários fios e outros dispositivos usados na tecnologia tradicional.

A nova tecnologia agregará a Postos de Pesagem Automatizados maiores facilidades de manutenção tais como, as barreiras ópticas estando no fundo da coluna das barreiras longitudinais de concreto, não necessitaram de limpezas constantes principalmente na época das chuvas.

As instalações dos sensores junto a plataforma assim como os atuadores, que são semáforos e sirene, tem uma fiação simples somente para sua alimentação, dispensando os 500 metros de cabos para a tecnologia tradicional. Portanto o custo das instalações e manutenções serão racionalizados, pois o número de componentes foram reduzido e a eficiência aumentou.

A nova tecnologia propicia investimentos para sistemas automatizados de forma modular, racionalizando os reembolsos financeiros, pois permite ser implementado por partes, até chegar ao conjunto completo, sem trazer necessidades de rearranjos nas fiações e componentes.

Pode ser implementado sem o microcomputador e mesmo assim garantir total segurança nas pesagens efetuadas sem erros operacionais ou intencionais.

Nos casos de sensores defeituosos o sistema continua em operação sem prejuízo ao andamento das pesagens até que seja reparado. (Desde que esses sensores não prejudiquem ao controle das operações da automação. Por

exemplo, se a barreira central encontrar-se desativada o sistema deixa de controlar a velocidade do veículo, mas permanece todos os demais controles, até o reparo do problema).

Aumento da confiabilidade operacional dos postos de pesagem, pois os documentos serão identificados com o veículo sobre a plataforma. Com a leitura do código de barras presente no documento origem e confirmação do código do lacre que acompanha o veículo e a respectiva carga.

Um posto com essa tecnologia pode funcionar sem operador, pois os veículos portando os lacres eletrônicos, emitem automaticamente os dados cadastrados na origem ao serem identificados quando se posicionam sobre a plataforma.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Terminal de Contêineres do Porto de Santos**. Santos, 1995.
- [2] FILIZOLA FAIRBANKS MORSE BALANÇAS S/A. – **Catálogos e Documentos Específicos Diversos**
- [3] DIAS, EDUARDO MÁRIO – **Automação de Sistemas de Movimentação de Carga no porto de Santos**. Escola Politécnica – USP – 1988/1989
- [4] TOLEDO DO BRASIL INDÚSTRIA DE BALANÇAS LTDA. **Catálogos e Documentos Específicos Diversos**.
- [5] COMPANHIA DOCAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeto Santos 2000**. Santos, 1998.
- [6] DIAS, D. S. **Projeto de Sistemas de processamento de dados**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1982
- [7] ECHELON CORPORSTION. **Neuron C Programer's Guide**. Paulo Alto, 1995
- [8] ATHANI, V. V. Electronic weighing systems. **Journal of the Institution of Engineers (India)**. Eletronics and Telecommunication Engineering Division, V. 72, n.4, p.122-5, Feb 1992.
- [9] FARQUI, E. A. **Automação e informatização aplicadas a controle e supervisão de processos de pesagem**. São Paulo, 1994 Tese (doutorado) Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.
- [10] ECHELON CORPORSTION. **LonBuildes User's Guide**. Paulo Alto, 1995
- [11] DIAS, EDUARDO MÁRIO/MORAES, CÍCERO COUTO – **Interligação de Sistema de Pesagem do Porto de Santos a Redes Administrativas da Empresa e de Usuários**. Escola Politécnica – USP – 1992/1993
- [12] ECHELON CORPORSTION. **NodeBuilder User's Guide**. Paulo Alto, 1995
- [13] DIAS, EDUARDO MÁRIO/MORAES, CÍCERO COUTO – **Análise Funcional e Operacional de Balanças Eletrônicas do Porto de Santos**. Escola Politécnica – USP – 1990
- [14] DIAS, EDUARDO MÁRIO/MORAES, CÍCERO COUTO – **Sistema Integrado de Balanças Eletromecânicas do Porto de Santos**, Escola Politécnica – USP – 1991/ 1992/1993

- [15] PEREIRA, S. L. **Aspectos sobre processos automatizados de pesagem rodoferroviária: Uma proposta de modernização de posto em operação.** São Paulo, 1995 Tese (DOUTORADO) Escola Politécnica – Universidade DE São Paulo.
- [16] ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGAL. **Instuments de pesage à fonctionnent non automatique.** Partie 1: Exigences métrlogiques et techniques – essais. Paris, 1988.
- [17] SALVI, L. **Modelo de sistema de supervisão e controle operacional de terminais de contêineres.** São Paulo, 1998 Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.
- [18] MINISTÉRIO DA TECNOLOGIA, INDÚSTRIA E COMÉRCIO – **Portaria nº 63 (17/11/44)**
- [19] ROLIN, R. L. **Analise de confiabilidade para gerenciamento operacional de sistemas automatizados de pesagem rodoferroviária.** São Paulo, 1997. Dissertação (mestrado) Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.
- [20] GRIFFITHS, E. H. /METCALFE T. J. – **Weighing Machines (vol. 1, 2, e 3).** Charles Griffin & Co – 1973
- [21] OWER, GEORGE A. – **A Treatrise on Weighing Machines.** Charles Griffin & Co - 1957
- [22] PONTIUS, P. E. / CAMERON, J. M. – **Incertezas Realísticas e o Processo de Medição de Massas,** IPT – ACM 43 - 1982
- [23] WAENY, JOSE CARLOS DE CASTRO - **Noções Básicas de Confiabilidade METROLÓGICA.** IPT – ACM 10 (IPT N° 1163) – 1980
- [24] WAENY, JOSE CARLOS DE CASTRO – **Repetitividade e Reprodutibilidade I.** IPT – ACM 18 (IPT N° 1156) - 1980
- [25] WAENY, JOSE CAROS DE CASTRO – **Conceito e Técnicas Probabilísticas Aplicáveis em Projetos e Medições.** IPT – ACM 47 (IPT N° 1223) - 1982
- [26] WAENY, JOSE CARLOS DE CASTRO - **Tolerâncias.** IPT - ACM 23 (IPT N° 1156) – 1980
- [27] WAENY, JOSE CARLOS DE CASTRO - **Recomendações para Nomenclatura de Confiabilidade Metrológica.** IPT – ACM 10 (IPT N° 1147) – 1979

- [28] WAENY, JOSE CARLOS DE CASTRO - **Nocões Básicas de Confiabilidade Metrológica**. IPT - ACM 23 (IPT N° 1163) - 1980
- [29] WAENY, JOSE CARLOS DE CASTRO - **Recomendações Sobre METODOLOGIA para Aferição/ Calibração**. IPT - CM 49 - 1983
- [30] MERRICK SCALE MFG. COMPANY - **Catálogos e Documentos Específicos Diversos**
- [31] NEUBERT, HERMAN K. P. - **Instruments Transducers**. Clarendon Press - Oxford
- [32] SANTEN, VAN - **Electronic Weighing and Process Control**. Philips Tecnical - Library
- [33] TRANS TECH S/A. **Bulk Solids Handling**. Trans Tech Publications - Germany - 1990/1994
- [34] TRANS TECH S/A. **Powder Handling and Processing**. Trans Tech Publications - Germany - 1990/1994
- [35] ZIMMERMAN - **OSI Reference Model**. IEEE Tr. on Communications - Abril /80
- [36] SENAI - **Controladores Lógicos Programáveis**. Escola SENAI - 1990
- [37] SOCIEDADE BRASILEIRA PARA INTERCONEXÃO DE SISTEMAS ABERTOS - **Gerenciamento de Redes**. Makron Books - 1992
- [38] SPETH R. - **Research into Networks and Distributed Applications**. Elsevier Science Publishers B. V. ( North-Holland) - 1988
- [39] FREER R. JOHN - **Computer Communications and Networks** Pitman Publishing, London - 1988
- [40] CATTINI, ORLANDO - **Manual de Manutenção da Empresa** Management Center do Brasil - 1983
- [41] SILVA, M. G. **Netware Instalação e Configuração**. São Paulo, Érica, 1996.
- [42] BLUMENTAL, S. C. **Management Information System: A Framework for Planning and Development**. New York, Prentice - 1989.
- [43] RBIN, M. **Introduction to System Life Cycle**. Princeton, Auerbach, 1980.

- [44] KORTH, H. F.; SILBERSCHATZ, A. **Sistemas de banco de dados**. Trad. De Mauricio H. Galvan Abe. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo, Makron Books, 1993.
- [45] INTERMEC CORPORATION. **Automated Data Collection**. Washington, 1995
- [46] INTERMEC CORPORATION. **Portable Terminals & Hand - Held Computers**. Washington, 1994.
- [47] SYSTEMS MODELING CORPORATION. **Arena - User's Guide**. Sewickley, 1994.
- [48] ECHELON CORPORSTION. **Engineering Bulletins LonWorks**. Paulo Alto, 1995