



## **Sistema de interconexão de equipamentos eletro/eletrônicos para Zootecnia de Precisão**

Autor:

José Jefferson Bandeira Filho

Orientador:

Prof. Dr. José Raimundo de Oliveira

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Alice Maria B. H. Tokarnia  
Profa. Dra. Irenilza de Alencar Naäs  
Prof. Dr. Maurício Ferreira Magalhães

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Campinas, Outubro de 2003

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

B221s	<p>Bandeira Filho, José Jefferson Sistema de interconexão de equipamentos eletro/eletrônicos para zootecnia de precisão / José Jefferson Bandeira Filho --Campinas, SP:[s.n.], 2003.</p>
	<p>Orientador: José Raimundo de Oliveira Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.</p>
	<p>1. Interconexão de redes (Telecomunicações). 2. OSI (Padrão de redes de computação). 3. Microcomputadores – Barramentos. 4. Comunicação no desenvolvimento rural. 5. Automação. I. Oliveira, José Raimundo. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.</p>

## **Resumo**

Este trabalho apresenta uma proposta de um sistema de interconexão para interligação simultânea de equipamentos utilizados nas propriedades rurais para promover a Zootecnia de Precisão, atendendo às premissas de baixo custo de desenvolvimento, baixo custo de instalação, flexibilidade, escalabilidade, facilidade de operação e aproveitando os equipamentos que já vêm sendo utilizados, com baixa taxa de erro.

Para tanto, sugerimos um sistema hierárquico com três níveis de ligações: um nível Superior que é formado pelo barramento que interliga os principais computadores das propriedades rurais e é caracterizado por grandes distâncias entre seus nós; um nível Intermediário que interliga as interfaces de conexão dos equipamentos da aplicação; e um nível Específico que engloba as ligações entre as interfaces específicas e os equipamentos utilizados na Zootecnia de Precisão.

## **Abstract**

This work presents a proposal of an interconnection system to connect, simultaneously, equipments used in agricultural installations to promote Precision Animal Production, satisfying the following requirements: - low development and installation cost, - flexibility, - scalability and, easy operation. This system must allow connection to equipments already designed to that application, and low error rate.

With these requirements in mind, we suggest a hierarchical system with three connection levels. An upper level formed by an standard bus that connects the main computers of the rural installation. This bus is characterized by the long distances between its nodes. An intermediary level formed by a bus that connects all interfaces to equipments used in the Precision Animal Production. The lower level, specific, that is formed by all dedicated connections between the equipments and their specific interfaces to the intermediary level.

# Tabela de Conteúdo

1	Introdução .....	1
1.1	Introdução ao conteúdo deste trabalho .....	4
2	Zootecnia de Precisão (O estado da arte) .....	7
2.1	Introdução .....	7
2.2	Recursos utilizados na Zootecnia de Precisão .....	7
2.3	Identificação Animal .....	7
2.3.1	O Processo de Identificação por <i>microchip</i> implantado .....	7
2.3.2	Leitoras .....	9
2.4	Balança Digital .....	11
2.5	Cartão de Eventos .....	11
2.6	Equipamento coletor/concentrador de dados de temperatura .....	12
2.7	Controlador de Temperatura/PH .....	12
2.8	Cenário atual .....	13
2.9	Conclusões sobre o estado da técnica .....	14
3	Estudo visando um sistema de interconexão de equipamentos para Zootecnia de Precisão .....	16
3.1	Alternativas estudadas .....	16
3.2	O padrão GPIB (General Purpose Interface Bus) .....	17
3.3	O padrão FIELDBUS .....	18
3.4	O padrão <i>Wireless Ethernet</i> (IEEE 802.11) .....	18
3.5	Concluindo o estudo de alternativas .....	19
4	Especificação de um sistema de interconexão próprio .....	21
4.1	Descrição funcional .....	21
4.2	Características Físicas ( <i>Hardware</i> ) .....	23
4.3	Características Lógicas ( <i>Software e Firmware</i> ) .....	25
4.3.1	O <i>software</i> do computador hospedeiro .....	25
4.3.2	O <i>firmware</i> da unidade concentradora .....	26
4.3.3	O <i>firmware</i> dos microterminais .....	26
4.4	Protocolo de acesso ao barramento intermediário .....	27
4.4.1	Camada Física .....	27
4.4.2	Camada de Enlace .....	27
4.4.3	Camada de Aplicação .....	28
4.5	Descrição dos diálogos entre o concentrador e os microterminais: .....	30
4.6	Outras especificações de características dos microterminais .....	35
4.6.1	Requisitos de memória para os microterminais .....	35
4.6.2	Requisitos de velocidade para os microterminais .....	36
4.6.3	Requisitos de Consumo para os microterminais .....	36
4.7	Comentários finais sobre a especificação do sistema de interconexão proposto .....	37
5	Simulação e comparação de resultados .....	39
5.1	Determinação do tráfego máximo no barramento intermediário .....	39
5.2	A aplicação em teste .....	40
5.3	Comparação com uma instalação com enlaces de rádio .....	42
6	Conclusões .....	44
6.1	Trabalhos futuros .....	44
7	Referências .....	46
Apêndice A - Considerações sobre a aplicação do FIELDBUS .....		A.1
A.1	FOUNDATION Fieldbus .....	A.1
A.2	Avaliação da aplicação rural do Fieldbus .....	A.4
Apêndice B - Redes de Computadores .....		B.1
B.1	Definições: .....	B.1
B.2	Hardware de Rede .....	B.1
B.3	Regra geral: .....	B.2
B.4	Redes Locais (Local Area Networks) .....	B.2

B.5	Software de Rede .....	B.4
B.6	Hierarquias de Protocolos .....	B.4
B.7	Modelo de referência OSI .....	B.4
B.8	Diagrama em blocos do Modelo OSI .....	B.5
B.8.1	A camada Física .....	B.5
B.8.2	A camada de Enlace .....	B.6
B.8.3	A camada de Rede .....	B.6
B.8.4	A camada de Transporte .....	B.6
B.8.5	A camada de Sessão .....	B.7
B.8.6	A camada de Apresentação .....	B.7
B.8.7	A camada de Aplicação .....	B.7
B.9	Redes sem Fio .....	B.8
Apêndice C -	Padrões de comunicação serial do EIA ( <i>Electronic Industries Alliance</i> ) .....	C.1
C.1	Transmissão de dados em linha com <i>driver</i> não balanceado .....	C.1
C.2	Transmissão de dados em linhas com <i>drivers</i> balanceados .....	C.1
C.2.1	Recepção de dados em linhas com <i>drivers</i> balanceados .....	C.2
C.2.2	Padrão EIA RS-422 de transmissão de dados .....	C.2
C.2.3	Padrão EIA RS-485 de transmissão de dados .....	C.3
Apêndice D -	Elementos para controle de processos .....	D.7
D.1	Controlador PID .....	D.7
D.2	Controladores PWM .....	D.8
D.3	Entrada e saídas digitais .....	D.9
Apêndice E -	Descrição dos comandos (mensagens) .....	E.1
E.1	Comandos sem dados/parâmetros .....	E.1
E.2	Comandos com um parâmetro .....	E.1
E.3	Comandos com dois parâmetros .....	E.2
E.4	Comandos com quatro parâmetros .....	E.2
E.5	Comandos com bloco de dados .....	E.3
E.6	Dados relativos aos microterminais: .....	E.3
Apêndice F -	Documentação do protótipo implantado .....	F.2
Apêndice G -	<i>Layout</i> da Placa de Circuito Impresso .....	G.1
Apêndice H -	Glossário .....	H.1

## Lista de Figuras

Figura 2-1 – Microchip ao lado de um lápis comum (Trovan, 2003).....	8
Figura 2-2 - Agulha utilizada para implante do microchip (Trovan, 2003) .....	8
Figura 2-3 - Exemplo de um sistema de rastreabilidade (Eradus, 1999).....	9
Figura 2-4 - Leitora portátil interagindo com um <i>microchip</i> (Trovan, 2003).....	10
Figura 2-5- Leitora manual coletando dados do microchip implantado na orelha de um suíno. ....	10
Figura 2-6 - Balança digital (Ruddweigh, 2003).....	11
Figura 2-7 - Cartão de eventos. ....	12
Figura 2-8 - Coletor/concentrador de dados de temperatura (Omega, 2003). ....	12
Figura 2-9 - Controlador de PH e Temperatura (Spectronic, 2003).....	13
Figura 3-1 - Exemplos de telas do programa LABVIEW (NI, 2003) .....	18
Figura 4-1 - Configuração típica para uma rede completa. ....	23
Figura 4-2 - Representação gráfica do fluxo de mensagens entre as três camadas do protocolo de acesso ao barramento intermediário. ....	29
Figura 4-3 - Formato para o campo ID.....	30
Figura 4-4 - Ilustração de um diálogo completo entre o concentrador e um microterminal.....	30
Figura 4-5 - Troca de mensagens entre o concentrador e os microterminais na iniciação do sistema. ....	31
Figura 4-6 - Mensagens de acordar e requisição de dados. ....	32
Figura 4-7 - Concentrador interrogando microterminal sobre dados do equipamento. ....	33
Figura 4-8 - Concentrador não entende resposta e repete a interrogação.....	34
Figura 4-9 - Concentrador interroga microterminal e este não responde. ....	35
Figura 5-1 - Diálogo entre um concentrador e um microterminal, com mensagem de dados. ....	39
Figura A-1 - Exemplo de uma aplicação do PlantWeb (Emerson, 2003).....	A.4
Figura B-1 - Topologias barramento e anel.....	B.3
Figura B-2 - Camadas e protocolos do modelo de referência OSI.....	B.5
Figura C-1 - Exemplo de conexão não balanceada - RS232 (BBElec, 2003) .....	C.1
Figura C-2 - Acionador de linha balanceada (BBElec, 2003).....	C.2
Figura C-3 - Receptor de linha balanceada (BBElec, 2003). ....	C.2
Figura C-4 - Exemplo de conexão balanceada - RS422 (BBElec, 2003).....	C.3
Figura C-5 - Exemplo de conexão multi-drop com dois fios - RS485 (BBElec, 2003) .....	C.4
Figura C-6 - Exemplo de conexão multi-drop com 4 fios (BBElec, 2003).....	C.4
Figura C-7 -Relação Taxa de transferência comprimento do cabo (Goldie, 1996a).....	C.5
Figura D-1 - Ilustração de um trem de pulsos PWM.....	D.8
Figura D-2 - Circuito característico de uma saída digital.....	D.9
Figura D-3 - Circuito característico de uma entrada digital. ....	D.10
Figura E-1 - Formato e campos para os comandos sem dados/parâmetros.....	E.1
Figura E-2 - Formato e campos para os comandos com um parâmetro. ....	E.2
Figura E-3 -Formatos e campos para comandos com dois parâmetros. ....	E.2
Figura E-4 - Formato e campos para o comando com quatro parâmetros.....	E.2
Figura E-5 - Formato e campos para os comandos com dados. ....	E.3
Figura G-1 - Lay-out do circuito .....	G.1

## Lista de Tabelas

Tabela 5-1 - Comparação de custos entre o sistema utilizando rádio e o sistema utilizando microterminais. ....	43
--	----

## 1 Introdução

O objetivo principal deste trabalho é a apresentação de um sistema de interconexão para promover a interligação, simultânea, de equipamentos eletro/eletrônicos, necessários às rotinas de tarefas nas propriedades rurais. Neste capítulo destacaremos a importância que estes equipamentos vêm assumindo na execução dessas tarefas, refletindo diretamente na qualidade dos serviços e produtos de origem animal desenvolvidos nestas propriedades.

Nas últimas décadas novas ferramentas e técnicas têm sido introduzidas na produção animal (fazendas, granjas e indústrias) como suporte à decisão, especialmente para o gerenciamento, implantação de estratégias de alimentação, controle de fertilidade, e técnicas para promover saúde/conforto animal. Sistemas computacionais específicos foram desenvolvidos para o manuseio das variáveis acima relatadas visando fornecer ao gerente/fazendeiro ferramentas adequadas e poderosas, e dispositivos indicadores de condições/situações específicas.

Segundo Nãas (2002), com o avanço da microeletrônica as possibilidades de sua utilização na produção animal são crescentes, promovendo a redução de perdas pela utilização de métodos de tomada de decisão mais avançados. A tecnologia dos biosensores tem grande potencial para a melhoria do bem estar animal, saúde e produção eficiente.

Em meados dos anos 70, foram realizados experimentos com transponders eletrônicos para alimentação individualizada de vacas e aquisição automática de dados (Rosing, 1976 e Rosing, 1978). Esta primeira geração de transponders era pendurada em colares colocados ao redor dos pescoços dos animais.

Mais tarde, com mais miniaturização da eletrônica, foi possível o desenvolvimento de transponders minúsculos (segunda geração), os quais eram implantados sob a pele dos animais. Além do tamanho o preço também declinou drasticamente.

Os benefícios obtidos com a identificação eletrônica associada à rastreabilidade animal, fez surgir um imenso mercado mundial, o qual requer a padronização dos códigos e técnicas de aquisição de dados. Para este propósito a ISO (International Standards Organization) introduziu em 1996 dois padrões: ISO 11.874 para a estrutura do código de 64 *bits* de identificação e o ISO 11.875 para o

protocolo de interrogação combinado FDX/HDX, trabalhando a 134.2 KHz (Erasmus, 1993, Erasmus, 1998 e Erasmus and Jansen, 1999).

A terceira geração, ainda em desenvolvimento, inclui também a possibilidade de leitura/escrita para o armazenamento do histórico (médico/genético) do animal e tecnologia de sensoriamento para monitoramento automático da saúde animal e desempenho. Além disto, os transponders mais novos da terceira geração podem também incluir protocolos de autenticação para prevenção de cópias fraudulentas dos códigos. A ISO está também desenvolvendo um padrão para esta nova geração, o qual será compatível com o padrão já existente.

De acordo com Holroyd (2000), o futuro do comércio de proteína animal depende principalmente de como a indústria conduzirá os seguintes conceitos: honestidade, disponibilidade de informações detalhadas, rastreabilidade, segurança/qualidade, e flexibilidade para mudanças. O consumidor final estará procurando por produtos de boa qualidade, no lugar certo e na hora certa.

Indo de encontro a tudo isto surge um novo conceito na produção de alimentos: Produção Animal de Precisão ou Zootecnia de Precisão (Naäs, Fialho, 1998). Entende-se por Zootecnia de Precisão a utilização de técnicas especiais e ferramentas que possibilitem manejos específicos em situações específicas que ocorrem no campo. O uso de tais técnicas e/ou ferramentas é direcionado para tomada de decisão e ações mais precisas do que aquelas baseadas em “valores médios” ou “valores típicos”. Este tipo de tomada de decisão (valores típicos) na produção animal, quando usada em grandes rebanhos, implica em grandes perdas. Como exemplo, a temperatura crítica máxima (TCM), para o alojamento de aves domésticas tem um valor típico em torno de 28° C. A partir desta temperatura as aves sentem um grande desconforto. Entretanto, estudos individuais constataram que a TCM pode variar entre 27° C e 32° C para indivíduos de uma mesma genética. Uma flutuação de temperatura desta ordem pode representar uma perda de 4% dos ovos férteis. De posse de ferramentas/técnicas adequadas e com base no comportamento individual, uma seleção genética pode ser realizada, identificando aqueles indivíduos que são menos susceptíveis a este tipo de estresse.

A olfatiometria eletrônica, imitando o olfato humano, utiliza um conjunto de sensores de gás, detectando a presença de compostos orgânicos em suspensão, indicando a sua

presença/concentração via sinal elétrico (Naäs, 2002) A combinação deste conjunto de sensores de gás e técnicas de redes neurais fornece um rápido método de medida do "cheiro", ajudando ao nariz humano na análise olfativa. Estes métodos têm sido utilizados largamente no controle de qualidade de indústrias alimentícias. O desenvolvimento da Zootecnia de Precisão está atrelado ao desenvolvimento e utilização de biosensores.

A RFID (Radio Frequency Identification) desempenha um papel importante nos sistemas de monitoramento eletrônico, os quais estão estreitamente relacionados com os sistemas de sensoriamento. A RFID é um importante instrumento utilizado pela Zootecnia de Precisão para promover a *rastreabilidade animal*.

A identificação eletrônica possibilita conhecer a procedência animal, ganho de peso, vacinações, doenças. Tudo isto sem o manejo de ninguém e sem estressar o animal.

A rastreabilidade de procedimentos/eventos para produção animal é uma meta que vem sendo amplamente buscada pelo mercado internacional, requerendo manejo com rigor científico, transparência e diminuição das normas nacionais, mantendo-se as normas internacionais.

A rastreabilidade é muito forte no mercado bovino, mas existe previsão para 2005 da sua inclusão no mercado de suínos e aves. O enfoque se dá devido à importância dos sistemas de rastreabilidade para monitoração dos processos, otimização da produção e redução de perdas, substituindo, assim, todo o processo manual (Naäs, 2002). A identificação dos animais se torna uma poderosa ferramenta ao interligar os elos da cadeia produtiva: produção, industrialização e comercialização de carne. A rastreabilidade exige troca de informação entre todos os elos da cadeia. É necessário que cada agente mantenha um sistema próprio de informação capaz de munir e trocar informações com um equipamento de dados, capaz de processá-los, possibilitando a tomada rápida de decisão. Surge então a necessidade de se implementar um esquema de interligação de todos os equipamentos (leitores, sensores, acionadores, etc) com um equipamento hospedeiro o qual *executa* uma aplicação, que trata os dados gerados nos diversos pontos (nós) da rede.

A produção e comércio de suínos cada vez mais conta com a rastreabilidade. Inicialmente foram relacionados propósitos de propriedade e identificação animal associados ao planejamento de

criação e esquemas de saúde. Recentemente, foram enfatizados outros aspectos, especialmente nos países onde a demanda de consumo conduziu à necessidade de rastrear animais e produtos ao longo da cadeia alimentar (Silva, Silva, Naäs, Miranda, 2002).

Na suinocultura, as formas mais utilizadas na identificação animal são: colar, brincos de plástico, etiqueta com código de barras, marcação a ferro quente no couro e marcação a ferro frio com tinta (*spray*). Todos estes métodos apresentam dificuldades de visualização à distância, necessidade de contenção do animal, problemas de leitura dos caracteres, sujeiras e erros de transcrição, além da possibilidade de existir mais de um animal com o mesmo código de identificação. Portanto, estes métodos tradicionais não são confiáveis e frequentemente ocasionam perda de informações e grandes prejuízos financeiros.

A identificação individual de animais é uma consideração importante para muitos países na melhoria dos sistemas de rastreabilidade animal.

Portanto, cada vez mais é notada a presença de equipamentos/sistemas na produção animal, tais como medidores de temperatura, pressão, umidade, PH, tensão, luminosidade, etc, todos visando a melhoria da qualidade dos produtos. Estes equipamentos/sistemas devem interagir, gerando e trocando dados, com um equipamento central (hospedeiro), o qual possibilita a rastreabilidade animal, bem como acompanhamento de dados relativos à saúde e ao conforto.

## **1.1 Introdução ao conteúdo deste trabalho**

No **Capítulo 2** deste trabalho são apresentados exemplos de recursos utilizados na Zootecnia de Precisão, com destaque para o processo de identificação animal, cartões de registro de eventos e sensores ambientais.

No **Capítulo 3** apresentamos os resultados do estudo realizado visando a definição de um sistema de interconexão de equipamentos para Zootecnia de Precisão. O problema é promover a interligação destes equipamentos a um computador hospedeiro, respeitando as seguintes premissas: baixo custo de desenvolvimento, baixo custo de instalação, flexibilidade, escalabilidade, facilidade de operação e aproveitando os equipamentos que já vêm sendo utilizados.

Com base nos estudos descritos no capítulo 3, a seguir no **Capítulo 4** foi feita especificação das características funcionais de um sistema de interconexão próprio. Neste capítulo procuramos detalhar tanto os aspectos físicos dos circuitos (*hardware*) quanto os aspectos lógicos (*software*), nestes últimos incluímos os detalhes do protocolo de acesso ao barramento especificado.

No **Capítulo 5** descrevemos a avaliação de uma implementação básica do sistema proposto, aqui chamada de Barramento Intermediário. Nesta implementação, procura-se exercitar as principais características do sistema proposto e fazemos uma comparação do sistema aqui desenvolvido, com um sistema que utiliza enlace de rádio.

No **Capítulo 6** são apresentadas as conclusões deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

O **Capítulo 7** apresenta a lista de referências bibliográficas citadas neste trabalho.

No **Apêndice A** incluímos uma breve introdução aos conceitos e características do padrão FIELDBUS, este apêndice encerra com uma análise da possibilidade de utilização deste padrão em aplicações rurais.

No **Apêndice B** apresentamos o resumo do estudo sobre Redes de Computadores, no qual destacamos o Modelo de Referência OSI que serviu de referência para definição do nosso sistema de interconexão.

No **Apêndice C** resumimos conceitos e informações referentes aos padrões de comunicações seriais recomendados pela EIA (*Electronic Industries Alliances*) e citados neste trabalho, ou seja: EIA-RS232c, EIA-RS422 e EIA-RS485.

O **Apêndice D** contém a apresentação de diversos elementos utilizados em controle de processos e que foram referenciados ao longo deste trabalho (PID, PWM, saídas e entradas digitais, etc).

No **Apêndice E** fizemos uma descrição detalhada dos comandos e mensagens trocadas entre o concentrador e os microterminais (Protocolo de acesso ao barramento intermediário).

No **Apêndice F** incluímos o código fonte do protótipo implementado, escrito em linguagem *assembly* para o microcontrolador PIC16F84 da Microchip.

Como **Apêndice G** incluímos uma cópia do *layout* da placa de circuito impresso do protótipo implementado.

No Apêndice H incluímos um glossário com os termos utilizados neste trabalho.

## **2 Zootecnia de Precisão (O estado da arte)**

### **2.1 Introdução**

No capítulo anterior, apresentou-se a crescente demanda por técnicas e ferramentas utilizadas no campo para auxiliar aos gerentes das propriedades rurais na tomada de decisão, visando promover a Produção Animal de Precisão. Neste capítulo apresentam-se os diversos dispositivos eletrônicos que podem ser utilizados no campo para coleta, armazenamento e manipulação dos dados necessários para realizar Zootecnia de Precisão.

### **2.2 Recursos utilizados na Zootecnia de Precisão**

As principais aplicações dos dispositivos eletrônicos em uma instalação rural são a identificação de animais, as medidas do peso e da temperatura dos animais, controle de parâmetros ambientais úteis tais como temperatura e umidade, além do registro de eventos tais como vacinação, cio, parto, etc.

### **2.3 Identificação Animal**

A identificação por meio eletrônico é baseada na utilização de um *microchip* que pode ser implantado sob a pele do animal, colocado em brinco ou colar, ou mesmo introduzido em seu rúmen. Ela se processa de forma similar em qualquer das três maneiras acima citadas. Nos ítems 2.3.1 e 2.3.2, a seguir, discutiremos o processo de identificação que utilizam *microchip* implantado.

#### **2.3.1 O Processo de Identificação por *microchip* implantado.**

O método de identificação animal aqui apresentado é aquele que utiliza um *microchip* implantado no animal.

*O microchip* implantado é gravado a *laser*, encapsulado em vidro cirúrgico, revestido em capa de propileno biocompatível e anti-migratório, do tamanho de um grão de arroz, o qual contém em seu interior um *transponder* que transmite, em RF, o código de identificação do animal (ID tag universal). A Figura 2-1 apresenta um *microchip* ao lado de um lápis comum, dando uma idéia do

seu tamanho.



**Figura 2-1 – Microchip ao lado de um lápis comum (Trovan, 2003)**

Este *chip* é implantado no animal de forma que seu código o acompanha desde o seu nascimento até o frigorífico. A Figura 2-2 apresenta um dos modelos de agulha utilizada para o implante do *microchip*.



**Figura 2-2 - Agulha utilizada para implante do microchip (Trovan, 2003)**

A opção pelo *chip* implantado se deve ao fato de que este sistema tem um custo inicial relativamente baixo, é prático e seguro. A Figura 2-3 ilustra um processo completo de identificação, composto de uma leitora (*reader*), um meio de transmissão serial e um equipamento hospedeiro (PC). A leitora transmite um sinal RF para o *transponder* implantado no animal, realizando assim a interrogação. Este sinal tem potência suficiente para alimentar o *transponder*, que responde à interrogação com o ID do animal. Este ID é transmitido, serialmente, para um PC, aonde será armazenado.

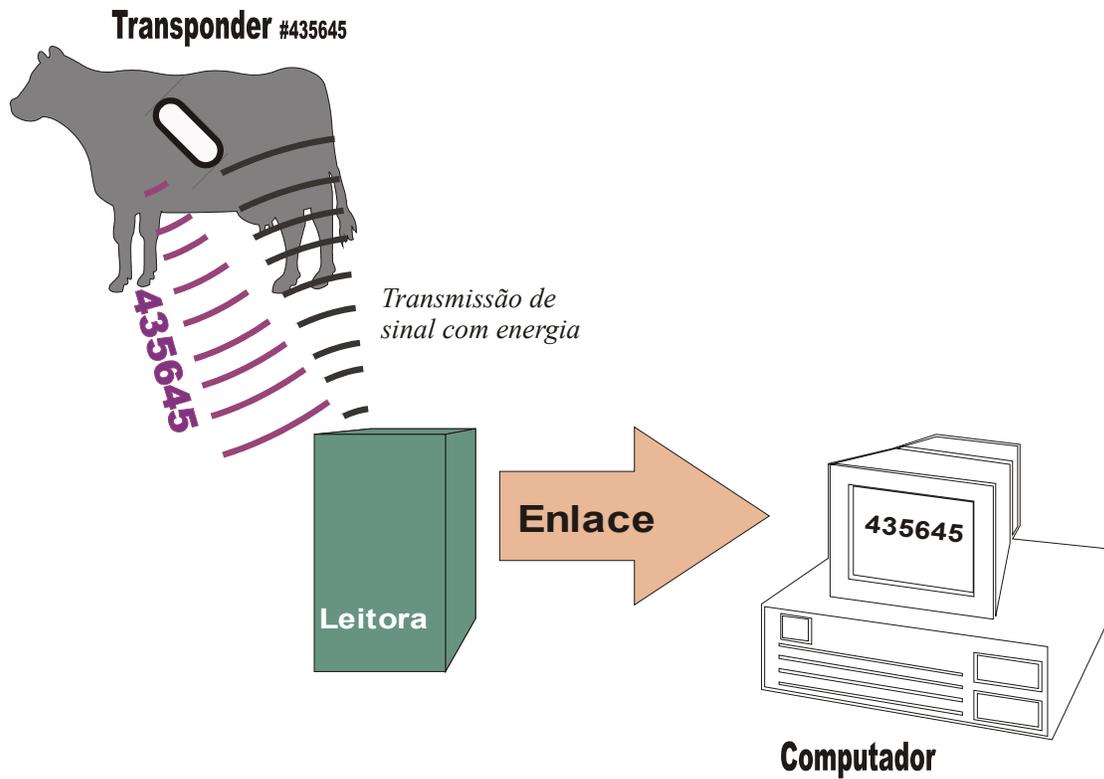


Figura 2-3 - Exemplo de um sistema de rastreabilidade (Eradius, 1999)

A identificação do animal é importante, pois ela é a peça fundamental para promover a rastreabilidade animal.

Os sistemas de rastreabilidade utilizados atualmente incluem equipamentos de coleta de dados tais como leitora (antena) manual, leitora (antena) painel, balança digital, termômetros digitais, cartão de vacinação, sensores, atuadores, etc.

### 2.3.2 Leitoras

Existem diversos tipos de leitoras para interrogar o ID dos *microchips* e transmiti-los até o equipamento hospedeiro. Nas Figuras 2.4 e 2.5 apresentamos dois modelos de leitoras - funcionalmente elas são idênticas.



**Figura 2-4 - Leitora portátil interagindo com um *microchip* (Trovan, 2003)**

As leitoras (manual/painel) são equipamentos utilizados para leitura dos códigos presentes nos *chips* RFID implantados nos animais ou presentes em outros subsistemas, tais como o de pesagem dos animais. Dentro das leitoras existe um gerador de RF, o qual emite uma onda eletromagnética em frequência pré-definida, cuja potência é suficiente para energizar o *microchip* implantado. Este *chip* ao ser energizado transmite um código, universal, gravado em seu interior, o qual é captado pela leitora. A leitora possui software capaz de transmitir esta informação pela interface serial (RS232c ou RS485), protocolo simples e com mecanismo de contenção.



**Figura 2-5- Leitora manual coletando dados do microchip implantado na orelha de um suíno.**

## 2.4 Balança Digital

A Figura 2-6 apresenta um modelo de balança digital, que consiste de um módulo leitor, o qual trabalha de forma semelhante às leitoras (manual/painel), realizando a identificação dos animais e um módulo de pesagem. A identidade e peso do animal são transmitidos, via interface serial, para o equipamento hospedeiro.



Figura 2-6 - Balança digital (Ruddweigh, 2003)

## 2.5 Cartão de Eventos

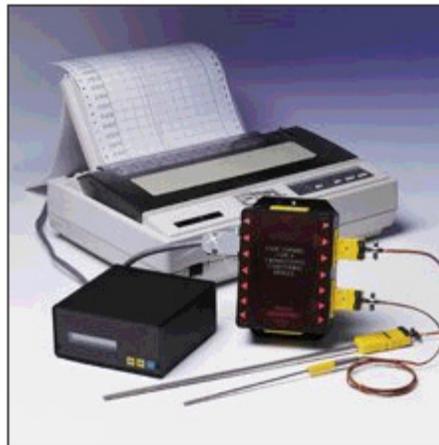
O cartão de eventos (vacinação, cio, etc) (Silva, 2003) ilustrado na Figura 2-7 contém um *transponder* semelhante aos que são implantados nos animais. Antes da realização de um dado evento, o encarregado passa este cartão próximo a uma leitora, que realiza a leitura do ID. Neste contexto o ID lido é um código de evento, que é transmitido para a aplicação no hospedeiro. No caso da vacinação, por exemplo, a aplicação é capaz de reconhecer este ID e saber que se trata da abertura de uma nova sessão de vacinação. Cada sessão de vacinação tem o seu cartão correspondente com o seu ID (código) associado. Para abrir uma nova sessão de vacinação, isto é, mudar o tipo da vacina, o encarregado deverá passar um novo cartão de vacinação, correspondente ao novo tipo de vacina. A Figura 2-7 apresenta um cartão de cio. Este cartão é utilizado para informar (abrir uma sessão) ao hospedeiro que os próximos IDs recebidos correspondem às fêmeas que recentemente entraram no cio.



**Figura 2-7 - Cartão de eventos.**

## **2.6 Equipamento coletor/concentrador de dados de temperatura**

Um equipamento coletor/concentrador de dados de temperatura típico é mostrado na Figura 2-8. Ele contém 16 sensores de temperatura, sendo capaz de transmitir os valores das temperaturas em intervalos pré-programados, via RS232c sem mecanismo de contenção.



**Figura 2-8 - Coletor/concentrador de dados de temperatura (Omega, 2003).**

## **2.7 Controlador de Temperatura/PH**

Na Figura 2-9 é apresentado um equipamento controlador de Temperatura e PH, o qual pode

controlar as grandezas tanto na forma liga/desliga como através de funções de controle proporcional. Este equipamento é dotado de uma interface RS232c e pode comunicar-se diretamente com o hospedeiro utilizando protocolo específico do fabricante.

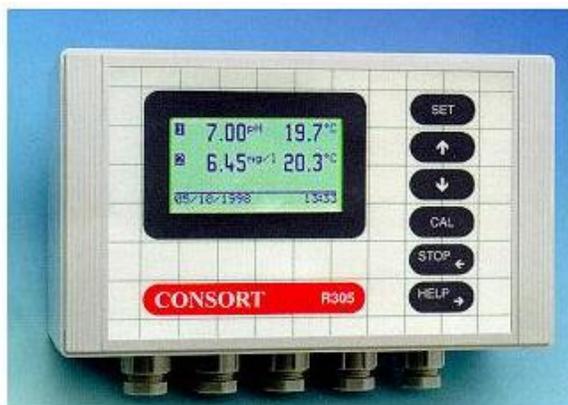


Figura 2-9 - Controlador de PH e Temperatura (Spectronic, 2003)

## 2.8 Cenário atual.

Para ilustrar a aplicação típica destes equipamentos, a seguir descrevem-se um cenário possível de sua utilização. Este cenário ajuda também a destacar os problemas encontrados quando da aplicação dos mesmos.

A UNICAMP mantém convênio com a Granja Querência, localizada em Salto/SP, a qual está voltada para produção de suínos. O processo de produção de suínos envolve diversas fases e cada uma delas está associada a um galpão distinto.

No Galpão de Gestação ficam as fêmeas prenhas aguardando a hora do parto. No Galpão Maternidade, ficam as fêmeas recém paridas e seus filhotes, por aproximadamente 20 dias. Em seguida, os filhotes desmamados são levados para o Galpão Pr -creche e l  permanecem por aproximadamente 15 dias. Na seqüencia, estes filhotes são levados para o Galpão Creche e são saem de l  após 15 dias. O próximo galpão envolvido no processo é o Galpão de Crescimento, onde os filhotes permanecem por aproximadamente 20 dias e finalmente são levados para o Galpão de Termina o.

Em cada um destes galpões estão presentes equipamentos tais como leitoras de identifica o,

balança digital, coletor/concentrador de dados de temperatura, exaustores, cartões de eventos, etc.

Nestes galpões são realizados manejos (eventos) específicos para cada fase do crescimento dos filhotes, até eles atingirem a fase adulta e serem levados para o abate. Destacaremos o Galpão Creche, onde estamos realizando a rastreabilidade dos animais, bem como estudo comportamental. Neste galpão, foram instaladas leitoras coletoras de dados nos bebedouros e nos comedouros, para identificar um lote de 20 animais com *microchips* implantados. Também foram instalados sensores de temperatura com bulbo seco e bulbo úmido, com os quais é possível determinar a umidade do ar. Um termômetro de globo negro também foi instalado e com ele representamos a temperatura do animal.

Com o conjunto de equipamentos relacionados acima é realizada a rastreabilidade eletrônica para compará-la com os resultados obtidos manualmente. Também são realizados estudos comportamentais, baseados na frequência de ida dos animais aos bebedouros e comedouros, em função de mudanças nas variáveis ambientais.

O objetivo deste trabalho foi promover a interligação a um computador hospedeiro os diversos equipamentos eletrônicos distribuídos nos diversos galpões de uma propriedade rural, utilizados para monitoramento, registros de eventos e controle. Estes equipamentos são dotados de interfaces RS232c e com protocolos não padronizados, para a comunicação com o computador hospedeiro, que em princípio contém no máximo duas interfaces seriais. Portanto, teremos que introduzir um elemento que seja capaz de promover a comunicação, eliminando os problemas discutidos no final do capítulo anterior.

## **2.9 Conclusões sobre o estado da técnica**

Todos os equipamentos descritos nos itens anteriores devem estar ligados a um equipamento hospedeiro aonde *roda* uma aplicação capaz de processar os dados recebidos destes equipamentos.

Basicamente, todos os equipamentos que estão sendo utilizados no campo são capazes de transmitir os dados para o hospedeiro via RS232c (em alguns casos via RS485) e sem padronização formato dos dados transmitidos. Alguns equipamentos comunicam-se com o

hospedeiro utilizando protocolos não padronizados.

O computador hospedeiro, em princípio, contém no máximo duas interfaces seriais. Nós queremos ligar a esta máquina os diversos equipamentos que estão espalhados pela propriedade. Neste esquema só poderíamos ter ligações ponto-a-ponto. A adoção de placa multi-serial implicaria em utilizar um par de fios para cada equipamento conectado, encarecendo o sistema e complicando a instalação física. A utilização de enlaces de rádio também encareceria o sistema e não é imune a ruídos e necessitando de um protocolo mais sofisticado.

No padrão RS232c, que é o mais utilizado, o comprimento dos cabos não pode ser maior que 15 metros. Na maioria das aplicações rurais as distâncias envolvidas dificilmente são menores que 100 metros. Para vencer esta barreira, normalmente é utilizado um *enlace* de rádio. Esta solução apresenta dois grandes problemas: falhas de comunicação devido à presença de ruídos típicos das granjas e fazendas e ao preço elevado dos rádios utilizados.

Outro problema é a falta de padronização no modo de comunicação entre os equipamentos e o hospedeiro. Não existe protocolo e padrão para codificação dos dados transmitidos. Problemas de colisão durante a transmissão podem ocorrer, implicando na perda dos dados.

Visando contornar os problemas de comunicação descritos acima, foram realizados estudos para interligação dos diversos equipamentos utilizados no campo. Os resultados destes estudos são apresentados no próximo capítulo, junto com uma proposta de solução do problema.

### **3 Estudo visando um sistema de interconexão de equipamentos para Zootenia de Precisão**

Este capítulo descreve os estudos realizados visando definir um sistema de interconexão que permitisse a ligação simultaneamente de diversos equipamentos distribuídos em uma propriedade rural a um computador hospedeiro.

O maior problema que foi encontrado, como visto anteriormente, tipicamente os equipamentos necessários às rotinas de tarefas rurais são projetados por diferentes fabricantes e os seus protocolos de comunicação, apesar de serem muito simples, consideram que o equipamento está ligado a um computador a ele dedicado.

Para promover a interconexão simultânea de equipamentos a um ponto central a forma mais adequada, do ponto de vista de custos de instalação, é a utilização de um barramento. A este seriam anexados os equipamentos necessários à rotina de tarefas da aplicação.

Como primeira tentativa de definição do barramento a ser utilizado para a aplicação rural, procuramos eleger um barramento padrão que seria ligado, numa ponta, ao computador hospedeiro e distribuído pelo ambiente da propriedade rural. A ligação de cada equipamento a este barramento seria feita por uma interface que, de um lado emula a comunicação entre o equipamento e um computador hospedeiro e de outro obedece ao padrão de comunicação do barramento utilizado.

#### **3.1 Alternativas estudadas**

A topologia para interligação dos equipamentos num ambiente rural é bem parecida com aquelas adotadas em aplicações de instrumentos em indústrias. A nossa primeira opção foi procurar adaptar um barramento industrial padrão e realizar as modificações necessárias para adequá-lo ao ambiente rural.

Considerando esta similaridade, estudamos as alternativas GPIB, FIELDBUS e *Wireless-Ethernet*. A seguir descrevemos rapidamente cada uma destas alternativas.

### 3.2 O padrão GPIB (General Purpose Interface Bus).

Trata-se de um barramento antigo mas, por isto mesmo, muito conhecido e com diversas soluções disponíveis (Papay, 2003). Este padrão de barramento foi proposto em 1965 pela companhia americana Hewlett Packard (HP) para interligar os instrumentos de medição por ela fabricados, como por exemplo: - multímetros, analisadores, osciloscópios, impressoras e computadores. Nesta época este barramento era chamado de HP-IB (Hewlett Packard Interface Bus). Este barramento basicamente considera que alguns instrumentos somente recebem informações (os *Listeners*), outros só são capazes de fornecer informações (os *talkeners*) e outros são capazes de gerenciar as operações dos demais (os *controllers*), escutando as informações dos *talkeners* e enviando outras informações para os *listeners*. Desta forma é possível a integração, a configuração e o controle centralizado de toda uma bancada de testes. Este barramento se mostrou importante no mercado de instrumentação e em 1975 foi padronizado pelo IEEE como norma IEEE 488. Entretanto, hoje em dia o termo GPIB é mais utilizado para designar esta norma. As características elétricas e mecânicas do barramento GPIB e das interfaces que podem ser conectadas a ele são definidas na norma IEEE 488-75. A especificação das mensagens trocadas entre os instrumentos e o controlador (*controller*) são definidas na norma IEEE 488-2 (Papay, 2003). Um destaque importante é a disponibilidade de programas de computadores para o gerenciamento de instrumentos ligados a um barramento compatível com GPIB, como por exemplo aquele fornecido pela National Instruments (NI LabVIEW) e muito utilizado em bancadas de desenvolvimento de circuitos eletrônicos. Na Figura 3-1 são mostrados exemplos da tela do programa LabView. Com este programa é possível ver no computador controlador do barramento GPIB o que é exibido nos instrumentos ligados a este barramento, como por exemplo osciloscópios. Nesta mesma tela são exibidas os botões de outros instrumentos como geradores de sinais. Através desta tela o usuário pode programar toda uma rotina de testes de circuitos eletrônicos numa bancada.

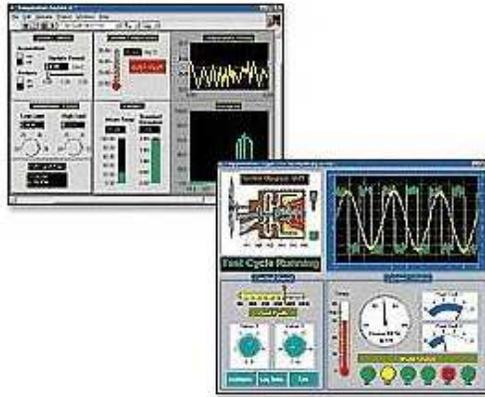


Figura 3-1 - Exemplos de telas do programa LABVIEW (NI, 2003)

### 3.3 O padrão FIELDBUS.

Trata-se de um barramento industrial muito utilizado em diversos setores da indústria, desde alimentícia até petroquímica (Foundation, 2003). Pode ser caracterizado, de forma resumida, como sendo um barramento serial (poucos fios), bidirecional e *multi-drop*. Ele pode ser usado para interligar equipamentos de campo (industrial) isolados, tais como controladores, transdutores, válvulas, atuadores e sensores. O destaque que fazemos neste resumo é sobre a robustez dos equipamentos compatíveis com este padrão. Isto se deve ao fato que, muitas vezes estes equipamentos são distribuídos remotamente em longas linhas de produção ou de transporte por esteiras ou por dutos estando sujeitos às intemperes. O nosso estudo sobre este padrão mereceu uma atenção especial pela sua complexidade e similaridade com a topologia de conexão necessária às aplicações rurais. Desta forma, preferimos colocar a íntegra deste estudo no Apêndice A. Este estudo foi feito com base na documentação disponibilizada pelos principais fornecedores de recursos compatíveis com este padrão (Smar, 2003 e Emerson, 2003) bem como pela entidade internacional que controla este padrão, Foundation Fieldbus (Foundation, 2003).

### 3.4 O padrão *Wireless Ethernet* (IEEE 802.11).

Trata-se de uma alternativa mais nova baseada nos conceitos de redes de computadores baseadas no padrão *ethernet* (Tanenbaum, 1996; Apêndice B). Neste caso, a interligação dos nós da rede não é feita por meio de fio e sim por rádio frequência. Podemos destacar, neste resumo, como

sendo a principal característica desta rede, a flexibilidade de deslocamento dos nós da rede. O estudo completo sobre este padrão é apresentado no Apêndice B (Rede de Computadores).

### **3.5 Concluindo o estudo de alternativas**

O nosso interesse em GPIB foi despertado pela simplicidade de seu protocolo, pelo conceito de equipamentos que só recebem (*listeners*) e outros que só fornecem informações (*talkeners*) muito parecidas com aqueles existentes num ambiente de aplicação rural. Entretanto, considerando a sua característica de barramento paralelo (16 sinais mais 8 de terra) e as distâncias envolvidas na aplicação rural ele foi descartado.

A adoção de um barramento compatível com FIELDBUS poderia ser considerada. Entretanto fomos levados a desprezar esta possibilidade devido aos seguintes fatores: - a escassez de documentação detalhada sobre as especificações deste padrão; existem diversos documentos descritivos de produtos ou de linha de produtos compatíveis; - o prazo disponível para este desenvolvimento; - o custo elevado dos equipamentos e interfaces industriais compatíveis com este padrão e a inexistência de equipamentos fabricados para a aplicação rural compatíveis com FIELDBUS.

A adoção do padrão *Wireless Ethernet* nos parece inviável economicamente dado o possível grande número de nós na rede. No entanto este padrão poderá ser utilizado em parte do barramento a ser adotado.

Considerando então o acima exposto, decidimos propor um barramento próprio.

Como principais premissas para esta proposta consideramos o baixo custo de desenvolvimento e de instalação, a flexibilidade para a adição de novos equipamentos, a escalabilidade, ou seja, a facilidade de ampliação do número de equipamentos conectados e por último a facilidade de operação.

Por **baixo custo de desenvolvimento**, entendemos que este desenvolvimento deveria ser realizado em um curto espaço de tempo, com a participação de dois engenheiros

Por **baixo custo de instalação**, entende-se a utilização de um barramento serial com o menor

número possível de fios. Como meta estipulamos o número de dois fios trançados com sinais diferenciais. O baixo número de fios reduz fortemente o custo de instalação. Ainda importa a esta premissa o custo dos conectores e de componentes, para estes foi imposto a adoção de elementos padrões de mercado com mais de um fornecedor.

Por **flexibilidade de adição** de novos componentes entende-se a adoção de um padrão rígido de conexão ao meio comum (barramento) e a existência de uma biblioteca de funções parametrizadas de leitura e de escrita em dispositivos para o *firmware* das interfaces. Os parâmetros destas funções seriam relacionados a largura dos dados (8 ou 16 *bits*), a frequência de, ou o intervalo entre, transferências, o formato dos dados (um valor ou diversos valores).

Por **escalabilidade**, entende-se a possibilidade de permitir a adição de mais equipamentos compatíveis com o barramento, ampliando assim o seu número. Esta característica é natural de um sistema de barramento mas por limitações elétricas nesta premissa incluímos a necessidade de estabelecer uma hierarquia de barramentos.

Por **facilidade de operação** entende-se que a utilização dos equipamentos, por seus operadores, deverá ser feita da mesma forma que atualmente, com a diferença que o equipamento estará conectado a um conector da interface do barramento e não de um computador. Do ponto de vista gerencial, foi estipulado que o barramento deve permitir uma visão “em alto nível” ao gerente da fazenda (ou dono) deixando transparente os detalhes da interconexão. A este deverá parecer que o seu computador esta conectado a diversos equipamentos.

Assim com base nestas premissas no próximo capítulo iremos descrever a especificação da nossa proposta de barramento próprio.

## 4 Especificação de um sistema de interconexão próprio.

Este capítulo apresenta a proposta de um sistema de interconexão próprio que permite a ligação simultânea de diversos equipamentos de aplicação em Zootecnia de Precisão. Esta proposta é baseada nas conclusões do estudo realizado com as alternativas descritas no capítulo anterior.

### 4.1 Descrição funcional

A Figura 4-1 é usada para descrever funcionalmente a nossa proposta de interconexão. Nessa figura é apresentado um diagrama em blocos com a representação lógica de um sistema completo para automação de uma propriedade rural. Trata-se de um sistema hierárquico com três níveis de ligações, a saber:

- O **nível Superior** é formado por um barramento que interliga os principais computadores do ambiente rural. A principal característica deste barramento é a distância entre seus nós, Este barramento pode ser visto como sendo uma LAN (*local area network*) com nós distribuídos entre várias construções no ambiente rural, como por exemplo: galpões, escritórios de gerência e de venda, almoxarifado, depósitos ou silos, etc. Neste nível o meio físico de interligação pode ser, cabo de fibra de vidro, cabo Ethernet, WLE (Wireless Ethernet), EIA-RS485 ou outra forma para ligações em longa distância.
- No **nível Intermediário**, também um barramento que interliga as interfaces de conexão dos equipamentos da aplicação. Foi principalmente neste nível que nos concentramos neste trabalho. O meio físico é um par trançado simples utilizando o padrão EIA-RS485 (EIA, 1983; BBElec, 2003), o qual possibilita a comunicação a distâncias que chegam a 1.200 metros (4.000 pés), com alta velocidade (até cerca de 10 mega *bit* por segundo, em função do comprimento do cabo) e baixa taxa de erro devido ao baixo número de fios e sua característica de ligação diferencial (true, 1996; Vo, 1996; Apêndice C). As características de permitir atingir grandes distâncias e uma boa imunidade a ruídos são importantes para se estabelecer a comunicação entre os diversos pontos de trabalho numa aplicação rural.
- No último nível, o **Específico**, como visto no capítulo 2, a grande parte dos equipamentos

utilizados em Zootecnia de Precisão utilizam conexões no padrão EIA-RS232c, assim este nível de interconexão faz ligação dedicada entre o equipamento e a sua interface de conexão ao barramento de nível intermediário.

No diagrama da Figura 4-1, o bloco “**Hospedeiro**” é a representação do principal computador do sistema onde estão centralizadas todas as informações gerenciais e de configuração do ambiente. O programa de aplicação deve ser desenvolvido de forma a permitir uma visão “em alto nível” de toda a instalação mas também permitir uma visão detalhada das informações de cada equipamento instalado. Este programa de aplicação deve ter facilidades similares àquelas de sistemas como LabView (NI, 2003), PlantWeb (Emerson 2003) ou System302 (Smar, 2003) citados no capítulo anterior e no Apêndice A. No diagrama cada **bloco c<sub>i</sub>** representa um módulo **concentrador**, cuja principal função é interligar o barramento intermediário ao barramento superior. Para tanto, os concentradores devem ter interfaces (*hardware*) compatíveis eletricamente com os dois barramentos e um programa residente (*firmware*) capaz de receber ou enviar mensagens para cada equipamento instalado no barramento intermediário e para o computador hospedeiro instalado no barramento superior. O nome destes módulos é devido ao fato de eles concentrarem as informações de/para os equipamentos instalados no barramento intermediário. As interfaces específicas de conexão dos equipamentos ao barramento intermediário são representadas pelos **blocos u<sub>j</sub>**. Estas interfaces recebem o nome de **microterminais** e a sua principal função é realizar a conversão do padrão RS232c que é, conforme descrito no capítulo 2 usado pela maioria dos equipamentos utilizados em Zootecnia de Precisão, para o padrão RS485 que é utilizado no barramento intermediário. Outras funções são reservadas para os microterminais e elas serão discutidas mais adiante. Por último, os **equipamentos** são representados pelos **blocos e<sub>k</sub>**. Exemplos de equipamentos foram apresentados no Capítulo 2.

Pelas características elétricas do barramento intermediário, ou seja, de acordo com o padrão EIA RS485 o número de concentradores é função do número de equipamentos a serem utilizados. De acordo com a norma, um barramento RS485 é limitado a 32 nós, assim será necessário um concentrador para cada 31 equipamentos. Outra característica que pode determinar o número de concentradores é a alocação física dos equipamentos, por exemplo, num ambiente rural com diversos galpões com funções distintas, poderá ser utilizado um concentrador para cada galpão.

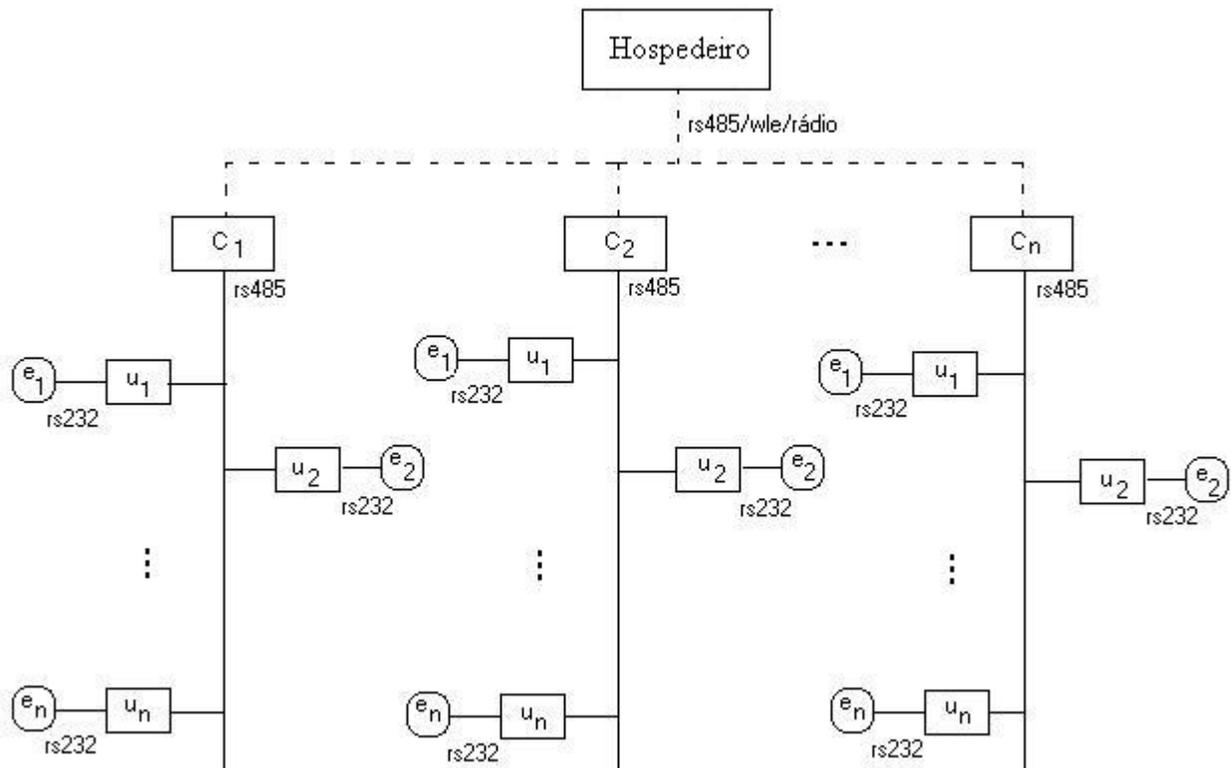


Figura 4-1 - Configuração típica para uma rede completa.

A especificação do barramento intermediário prevê a utilização de uma fiação barata e com baixo custo de instalação, além de circuitos concentradores e microterminais que utilizam microcontroladores de baixo custo.

## 4.2 Características Físicas (*Hardware*)

No **barramento superior** os principais elementos são o computador hospedeiro e as unidades concentradoras. O barramento em si é uma rede local (LAN) que pode ser implementada fisicamente por uma ligação via rádio, como por exemplo: *wireless ethernet*, ou por cabeção, 10baseT ou fibra de vidro.

O **computador hospedeiro** é uma unidade do tipo *desktop* podendo ser, por exemplo, um computador compatível com IBM PC. Além da interface de conexão ao barramento superior as principais características impostas a esta unidade são recursos de exibição gráfica, para a interação com o operador do sistema e uma boa capacidade de armazenamento secundário (disco rígido,

módulos de escrita em CD ou em fita magnética para *back-up*). Em função do tamanho da propriedade rural, outros computadores poderão estar conectados ao barramento superior, para um processamento distribuído. Neste caso será considerado como computador hospedeiro aquela unidade capaz de controlar o trabalho das unidades concentradoras e de todo o ambiente de trabalho nos barramentos intermediários.

Cada **unidade concentradora** faz a conversão das informações entre o barramento superior e um dos diversos barramentos intermediários possíveis. Além desta função, estas unidades são responsáveis pelo controle de todas as transferências nos barramentos intermediários a que estão ligadas. É necessário um concentrador para cada conjunto de 31 microterminais, ou um concentrador por edificação. Além das interfaces compatíveis com os dois barramentos aos quais ela estará ligada, esta unidade precisa ter uma quantidade de memória de trabalho suficiente para o armazenamento temporário das mensagens enviadas de/para os microterminais. O processador contido nestas unidades pode ser um microcontrolador de baixo custo, por exemplo, com 8 *bits* de dados. Por ser uma unidade dedicada à conversão de comunicação entre barramentos, esta unidade não precisa interagir com o operador, assim não são necessários recursos de exibição gráfica ou de entrada manual de dados.

Numa instalação de pequeno porte com um pequeno número de equipamentos a serem controlados, o barramento superior pode não ser necessário. Neste caso, as funções de controle das transferências no barramento intermediário podem ser feitas por um computador do tipo *desktop*, que também faria o papel de gerenciamento de todo o ambiente, como se fosse o computador hospedeiro.

Ao **barramento intermediário** estarão ligados os microterminais específicos de cada um dos equipamentos a ser controlado. Este barramento obedece ao padrão elétrico EIA-RS485 e é implementado fisicamente por um par de fios trançados e por até 31 conectores distribuídos em todo o ambiente de trabalho. Estes conectores devem ser robustos e fechados, pois eles poderão estar sujeitos a intemperes atmosféricos, a insetos e a outros animais. Nestes conectores deverão estar embutidos os circuitos dos microterminais.

Os **microterminais** são responsáveis pela conversão da informação transferida de/para o

equipamento específico (normalmente no padrão EIA-RS232c) e o barramento intermediário. Assim sendo estes microterminais devem essencialmente conter uma interface compatível com o padrão EIA-RS232c, outra interface compatível com o padrão EIA-RS485 e algum mecanismo de identificação própria, como por exemplo um conjunto de microchaves de configuração de endereço. O processamento desta conversão é feito por um microcontrolador de baixo custo e pouca memória de trabalho local. Esta especificação não pretende definir um tipo ou marca de microcontrolador para ser conectado ao barramento intermediário. No entanto, pelas características inerentes dos dispositivos mais baratos encontrados no mercado é possível até estender as características destes microterminais. Assim, é possível prever a ligação ao barramento intermediário de microterminais mais inteligentes que sejam capazes de, por exemplo, exercer uma função de controle local do acionamento de pequenos motores, abertura de persianas, controle de grandezas tais como temperatura, luminosidade, etc, sem alterar o custo final de cada microterminal.

Outros detalhes da especificação do microterminal serão fornecidos na seção 4.6 após descrevermos o protocolo de comunicação do barramento intermediário e os comandos previstos para os microterminais.

### **4.3 Características Lógicas (*Software* e *Firmware*)**

Esta seção descreve as principais características dos programas que serão executados no computador hospedeiro (*software*) e que ficarão residentes (*firmware*) nas unidades concentradoras e nos microterminais.

#### **4.3.1 O *software* do computador hospedeiro**

O sistema de programas a ser desenvolvido no computador hospedeiro deverá ser dividido em duas camadas. Uma camada básica com todos os recursos de acesso a todos os equipamentos, microterminais e concentradores. E uma outra camada, chamada de aplicação. Esta camada deve proporcionar ao usuário (gerente/administrador) uma interface amigável que possibilite configurar, interrogar e comandar todos os concentradores e microterminais presentes na rede, ficando transparente detalhes de implementação das funções básicas do *software* e do *hardware*.

O usuário enxergará cada ponto da rede como se este fosse um equipamento virtual – eles serão uma representação gráfica do equipamento real e operações utilizando um *mouse* e/ou caixas de diálogo provocarão alterações nos parâmetros/comportamento destes equipamentos.

A aplicação deverá ser desenvolvida em linguagem visual (por exemplo em Visual-Basic, Delphi, etc) e cada concentrador ou terminal será um objeto, com propriedades e caixas de diálogos associadas a ele. Cada objeto terá uma representação visual (painel), a qual apresentará sua identificação, tipo de objeto, e as principais características e caixas de alarmes.

Resumindo, cada concentrador é um objeto e terá associado a ele um conjunto de objetos microterminais. A partir da tela principal o usuário poderá criar os objetos concentradores e para cada concentrador, poderão ser criados os objetos microterminais ligados a ele. Na tela principal aparecerão os objetos concentradores criados. Com o cursor apontando para um dado concentrador e pressionando-se o botão esquerdo do *mouse* aparecerão os objetos microterminais associados a ele. Pressionar o botão direito do mouse, tanto para os concentradores como para os microterminais, fará aparecer um menu com as opções ativar/desativar, renomear, propriedades e remover. Para qualquer opção selecionada, aparecerá uma caixa de diálogo que possibilitará ao usuário realizar a operação desejada.

#### **4.3.2 O *firmware* da unidade concentradora**

A principal função do programa residente no concentrador é o controle do protocolo de comunicação no barramento intermediário pois neste, o concentrador é a unidade mestre. Além disto, este programa deverá incluir o protocolo para comunicação com o barramento superior. O programa residente mantém as informações de/para cada equipamento instalado no barramento intermediário.

#### **4.3.3 O *firmware* dos microterminais**

O programa residente (*firmware*) nos microterminais tem como principal função tornar transparente para o sistema todas as especificidades de comunicação e de estrutura de dados do equipamento a ele conectado. Para isto este programa deve ser montado a partir de uma biblioteca de rotinas de comunicação com parâmetros configuráveis como, por exemplo, largura de dados

(em *bits*), quantidade de dados em cada transferência (em *byte*), frequência de operações (em tempo real), tipo de operações possíveis no equipamento (leitura e escrita). Esta biblioteca permite que todos os tipos de equipamentos possam ser instalados no barramento, basta que o *firmware* do microterminal seja montado de forma compatível com o equipamento. Este programa deve ser formado por um núcleo, capaz gerar base de tempo para eventos internos e acionamento externos e gerenciar fila de mensagens. O programa residente deve obedecer ao protocolo de acesso ao barramento intermediário, descrito na seção a seguir.

#### **4.4 Protocolo de acesso ao barramento intermediário**

O protocolo de acesso ao barramento intermediário utiliza um subconjunto de camadas do modelo de referência OSI (Tanenbaum, 1996; Apêndice B). As Camadas Físicas e de Enlace têm funções análogas às camadas correspondentes do modelo citado. Devido à natureza dos equipamentos ligados ao nosso barramento e ao tipo de comunicação a ser estabelecida, as demais camadas foram reunidas em uma única camada: a Camada de Aplicação.

##### **4.4.1 Camada Física**

Esta camada recebe da Camada de Enlace dados *brutos* (sem entrar no mérito de seu conteúdo) e um sinal indicando que estes *bits* devem ser inseridos no meio físico. Antes e depois da transmissão destes *bits* a Camada Física insere a seqüência de *bits* 01111110 (**byte flag**) no meio, realizando assim o enquadramento da mensagem (**frame**) (Tanenbaum, 1996).

Após a transmissão de um **quadro**, a Camada Física informa à Camada de Enlace que está pronta para a transmissão de um novo quadro.

Durante a recepção de um quadro a Camada Física encarrega-se de extrair a seqüência de *bits* 01111110 (*byte flag*) do início e do fim do quadro recebido (Tanenbaum, 1996), e sinaliza para Camada de Enlace que um quadro foi recebido .

##### **4.4.2 Camada de Enlace**

Na transmissão, a Camada de Enlace encarrega-se de inserir um 0 (zero) após seqüências de 11111 (cinco uns) presentes no campo de dados da mensagem recebida da Camada de Aplicação

(Tanenbaum, 1996), calcular e adicionar um *check sum* e sinalizar para Camada Física que existe um buffer pronto para ser transmitido.

Na recepção a Camada de Enlace encarrega-se de recalculer o *check sum* e compará-lo com o *check sum* recebido. Caso o *check sum* calculado esteja correto, esta camada retira os 0s (zeros) extras que foram inseridos após as seqüências 11111 (cinco uns) e sinaliza para Camada de Aplicação que uma mensagem foi recebida e disponibiliza esta mensagem no buffer de mensagens.

Também é função da Camada de Enlace a implementação de um mecanismo de confirmação de recebimento de mensagens, mecanismo de *timeout* e repetição de mensagens (Tanenbaum, 1996). Na ocorrência de três *estouros* de *timeout* ou três repetições de uma mensagem sem sucesso, a Camada de Enlace informa à Camada de Aplicação que o microterminal não responde.

No microterminal, a Camada de Enlace se encarrega de responder com NAK às mensagens que chegam com problema (*check sum*, código inválido, etc).

Sempre que o nó (microterminal) não tiver mensagem para enviar ele responde com um ACK e assim libera o concentrador.

#### **4.4.3 Camada de Aplicação**

No concentrador, a aplicação presente deve ser capaz de inicialmente interrogar (acordar) os 31 possíveis microterminais e a partir daí montar uma tabela de dados dos microterminais ativos, tais como ID, tipo de dados gerais e particulares para cada microterminal. A partir desta tabela a aplicação faz uma varredura seqüencial e cíclica, interrogando estes microterminais sobre a existência de dados para serem transmitidos.

A aplicação que presente no concentrador deve também fornecer uma interface homem máquina capaz de realizar a programação remota dos microterminais e dos equipamentos ligados a eles. Também deverá ser capaz de armazenar os dados recebidos pelo barramento, reconhecer situações críticas, indicar alarmes no monitor de vídeo, caso o concentrador seja um PC.

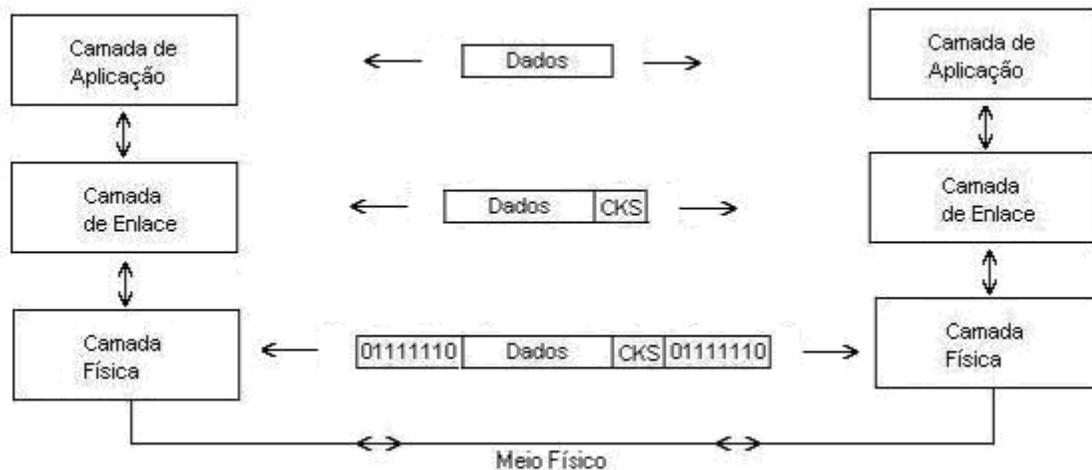
Nos microterminais, a Camada de Aplicação deverá interpretar os comandos que chegam pelo

barramento e respondê-los adequadamente. É na camada de aplicação que aparecerão características peculiares a cada tipo de microterminal. Por exemplo dados de identificação, características de comunicação, etc.

No protocolo de acesso ao barramento não é permitida a comunicação direta entre equipamentos: a comunicação é sempre feita entre um equipamento e o concentrador, que por sua vez pode repassar a mensagem para outro equipamento.

A iniciativa de comunicação é sempre tomada pelo mestre (concentrador) e é sempre encerrada com um ACK originado pelo escravo.

Na Figura 3.2 encontramos uma representação gráfica do fluxo de mensagens entre as três camadas do protocolo de acesso ao barramento intermediário.



**Figura 4-2 - Representação gráfica do fluxo de mensagens entre as três camadas do protocolo de acesso ao barramento intermediário.**

Cada camada conversa com a camada correspondente no equipamento remoto.

A adoção de um único par trançado implica em um protocolo de acesso ao barramento intermediário mais complexo. Para evitar colisão de mensagens adotamos o esquema mestre/escravo: apenas o concentrador (mestre) toma a iniciativa da comunicação e os microterminais (escravos) ficam monitorando a linha e só responde aquele cujo ID corresponde ao ID presente na mensagem. Este esquema de trabalho apresenta uma pequena dificuldade: se a mensagem de resposta de um dos microterminais tiver uma seqüência de dados que coincida com



mensagens.

A Figura 4-5 ilustra dois diálogos entre o concentrador (mestre) e o microterminal (escravo) durante a iniciação do sistema. Na parte superior, o concentrador envia um comando de acordar para o microterminal e este responde com seus dados de configuração. Na parte inferior, o microterminal entende que a mensagem é para ele, mas não entende o código do comando ou detecta erro no check sum.

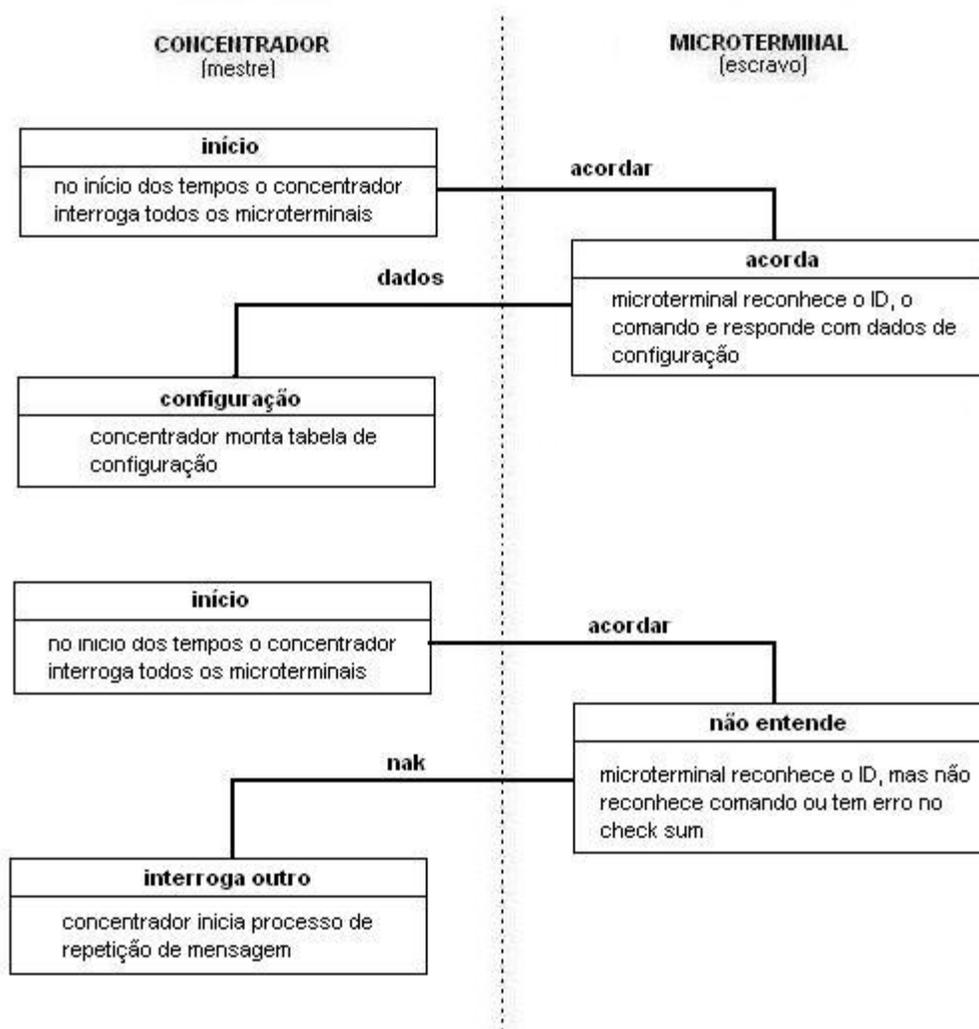
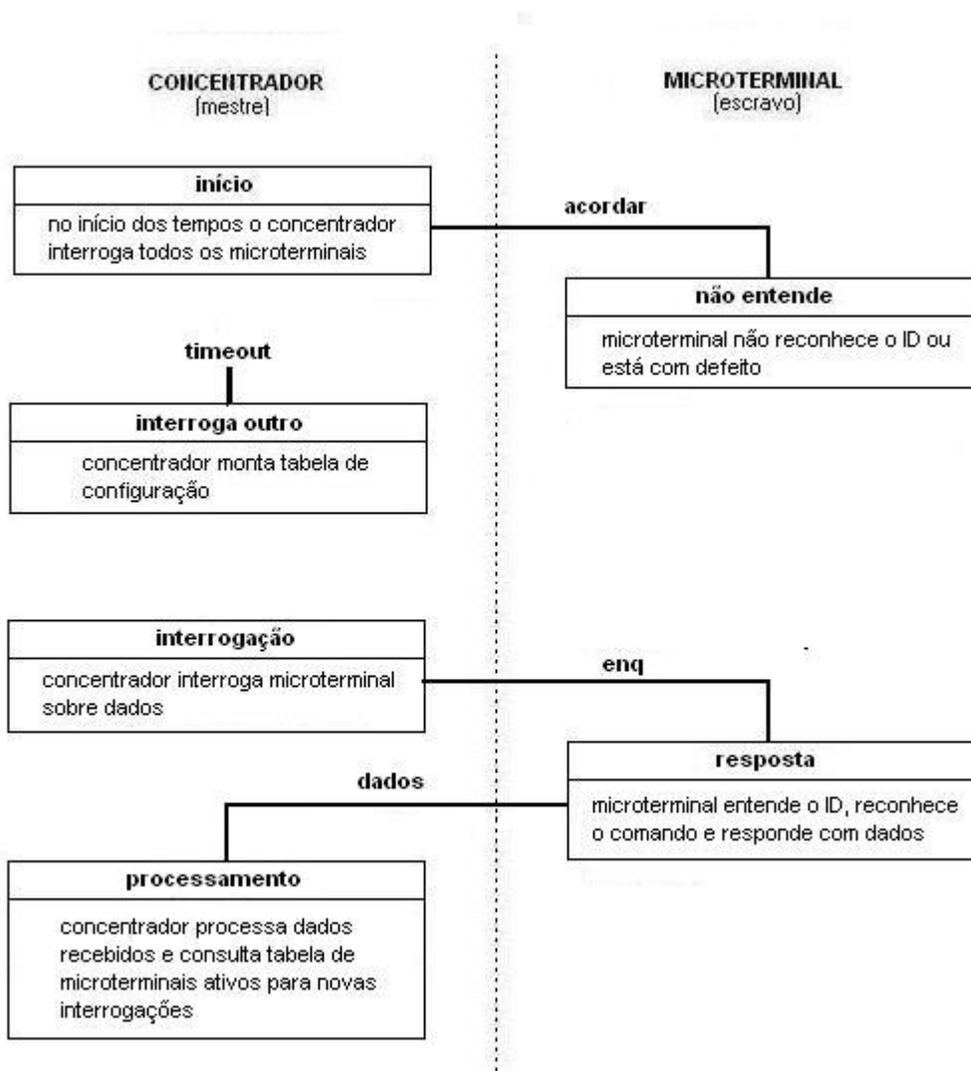


Figura 4-5 - Troca de mensagens entre o concentrador e os microterminais na iniciação do sistema.

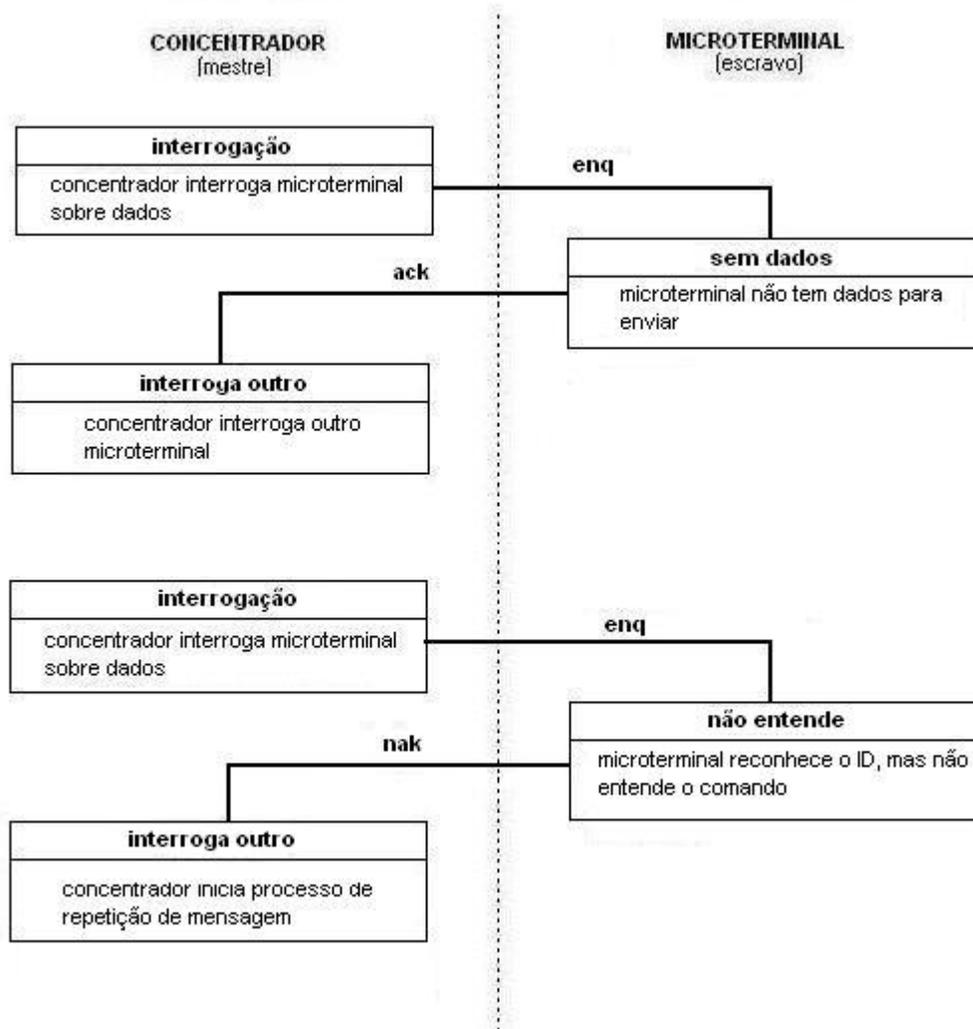
A Figura 4-6 ilustra na parte superior a situação em que o concentrador envia o comando para

acordar o microterminal, este não reconhece o seu ID ou está com defeito e, portanto não responde. Após um intervalo de tempo pré-definido ocorre um timeout para que o concentrador possa prosseguir interrogando outro microterminal. Na parte inferior da Figura 4-6 o concentrador requisita dados ao microterminal e este responde com dados relativos aos equipamentos.



**Figura 4-6 - Mensagens de acordar e requisição de dados.**

A Figura 4-7 apresenta a situação de diálogo entre o concentrador requisitando dados a um microterminal. Na parte superior, o microterminal entende a mensagem e responde com um ACK para indicar que não tem dados para transmitir. Na parte inferior, o microterminal não reconhece o comando e responde com NAK.



**Figura 4-7 - Concentrador interrogando microterminal sobre dados do equipamento.**

Na Figura 4-8 é apresentada a seqüência de mensagens em que o concentrador interroga o microterminal sobre dados do equipamento, este responde com os dados. O concentrador não reconhece o código da mensagem ou encontra erro no check sum. Neste caso o concentrador repete a mensagem de interrogação.



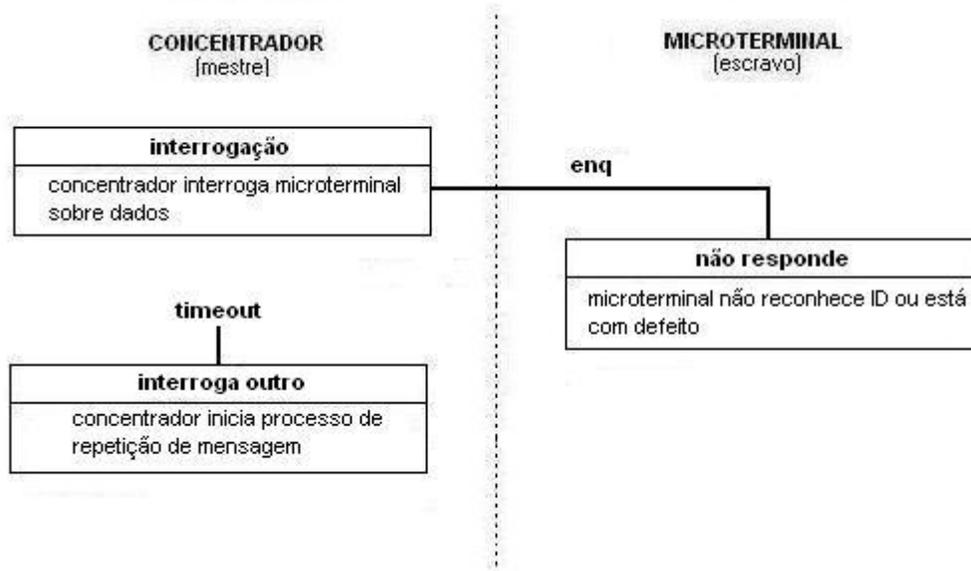


Figura 4-9 - Concentrador interroga microterminal e este não responde.

As mensagens trocadas entre o concentrador e os microterminais são composta de um ID, um código de comando, um campo reservado, parâmetros e dados de acordo com o tipo do comando e um *check sum*.

Os comandos podem ser do tipo sem parâmetros, com um parâmetro, com dois parâmetros, com quatro parâmetros e mensagens com dados.

Estes comandos podem ser de acordar, adormecer, escrever nas saídas digitais, ler entradas digitais e analógicas, programar timer, programar saídas PID e PWM (Pidtutorial, 2003; Casemods, 2003; Oddparts, 1997).

Uma descrição completa dos comandos (mensagens) e seus campos é apresentada no Apêndice E.

## 4.6 Outras especificações de características dos microterminais.

### 4.6.1 Requisitos de memória para os microterminais

O *baud rate* no barramento (1 Mbps) é bem maior que o *baud rate* típico de comunicação entre os microterminais e os equipamentos a eles ligados (9.600 bps): da ordem de 100 vezes. Portanto, é desnecessária a implementação de mecanismo de contenção dos dados originados nos

equipamentos.

Como o diálogo entre o concentrador e os microterminais é feito na forma mestre / escravo, cada microterminal deve ter capacidade de armazenar suas variáveis internas e a maior mensagem que possa ser gerada pelos equipamentos. Dentre os equipamentos estudados, aquele que gera a maior mensagem é o coletor/concentrador de dados de temperatura. Cada mensagem contém 220 *bytes*. Portanto, se utilizarmos um microcontrolador com 256 *bytes* de memória RAM reservada para armazenamento das mensagens, atenderemos ao pior caso.

Os equipamentos geradores de imagens deverão adotar mecanismos de contenção, para limitar os tamanhos das mensagens em 256 *bytes*.

#### **4.6.2 Requisitos de velocidade para os microterminais**

No Capítulo 5 deste trabalho serão apresentados exemplos de cálculos relativos ao *baud rate* para o barramento intermediário, trabalhando no pior caso com equipamentos típicos. Será visto que nestas condições ainda existe folga na comunicação.

O padrão RS485 possibilita comunicação com *baud rate* que em torno de 1 Mbps. Nesta velocidade de comunicação cada *bit* no barramento tem a duração de 1 microsegundo. Portanto para o máximo aproveitamento do meio o microterminal deverá ter a capacidade de reconhecer e armazenar *bits* a esta taxa, bem como realizar todas as outras funções para as quais ele foi projetado.

#### **4.6.3 Requisitos de Consumo para os microterminais**

Os microterminais são alimentados por uma fonte de tensão de 9 volts e capacidade de corrente de 250 mA.

Uma outra opção de alimentação para os microterminais é a utilização de baterias de 9 volts. Neste caso, devemos adicionar um circuito detector de nível baixo de tensão para gerar alarme indicando que a bateria deverá ser substituída.

#### **4.7 Comentários finais sobre a especificação do sistema de interconexão proposto.**

Este capítulo apresentou uma proposta de uma estrutura hierárquica de comunicação simultânea de vários equipamentos de aplicação em Zootecnia de Precisão a uma central de processamento.

A seguir fazemos uma análise de como esta proposta atende as premissas recomendadas na Seção 3.5.

Primeiro com respeito ao **baixo custo de desenvolvimento**, a proposta aqui apresentada envolveu o nosso trabalho no desenvolvimento deste estudo e especificação.

O **baixo custo de instalação** será garantido pela opção da adoção de um barramento serial compatível com o padrão EIA RS485. Além de reduzir o número de fios a serem instalados, este padrão, sendo universalmente aceito, garante a disponibilidade de diversos fornecedores de dispositivos eletrônicos compatíveis, isto faz com que os circuitos tenham um custo mais baixo.

A **flexibilidade de adição** de novos equipamentos é inerente desta proposta por ser centrada num barramento. A adição de outros equipamentos a uma instalação já existente é muito simples, se houver disponibilidade da interface (microterminal) compatível. Neste caso, basta adicionar mais um conector à fiação do barramento intermediário existente, obedecendo a limitação de 31 conectores. Para novos equipamentos, cuja interface compatível não esteja disponível, será necessário o desenvolvimento desta interface. Isto deve ser facilitado pela existência de uma biblioteca de rotinas a serem montadas junto com os programas específicos dos novos equipamentos. À medida que novas interfaces forem adicionadas a este barramento, será melhorada a “curva de aprendizado” do desenvolvimento de novas interfaces e este custo será cada vez menor.

Com respeito à **escalabilidade**, ou seja facilidades para adição de mais equipamentos compatíveis com o barramento intermediário, esta proposta atende a esta premissa por suas característica hierárquica. Ela permite de uma instalação muito simples com poucos equipamentos ligados simultaneamente ao barramento intermediário e um único computador servindo como hospedeiro e controlador deste barramento (eliminado assim a necessidade do barramento superior) até uma instalação com vários barramentos intermediários ligados por meio de concentradores a um

barramento superior, que por sua vez pode interconectar outros computadores além do hospedeiro e até estar ligada a rede mundial pela Internet.

Por último, sobre **facilidade de operação**, deve ser assegurado que a operação dos equipamentos não deverá ser diferente daquela recomendada pelo seu fabricante. Ou seja, o operador do equipamento não precisará saber detalhes da forma com que os dados serão enviados para o hospedeiro. Esta transparência deverá ser fornecida pelo *firmware* do microterminal e dos concentradores.

Sobre a operação gerencial, espera-se que o sistema de programas de alto nível assegure uma visão funcional de cada equipamento ligado à rede e possua facilidades de configuração e de manipulação das informações sem o ônus de detalhes da forma de comunicação. Com isto o operador deverá ficar atento somente aos aspectos da aplicação.

## 5 Simulação e comparação de resultados

Este capítulo apresenta os resultados dos trabalhos práticos de implementação de uma configuração mínima do barramento intermediário e que serviram para validar esta nossa proposta. No texto a seguir, o termo “barramento” refere-se ao barramento intermediário.

### 5.1 Determinação do tráfego máximo no barramento intermediário.

Para o cálculo da capacidade máxima de utilização do barramento, consideramos o pior caso: aquele em que estão conectados 31 microterminais, e estes estão ligados a equipamentos que respondem com mensagens de dados longas (256 *bytes* de dados).

A Figura 5-1 é um caso particular da seqüência de mensagem já descrita na Figura 4-4. Nela é apresentado o diálogo em que o microterminal responde com uma mensagem de dados. Para o cálculo de ocupação do barramento este é o pior caso.

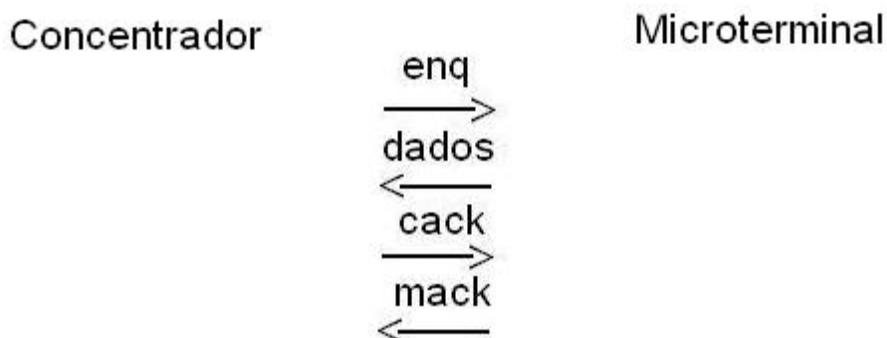


Figura 5-1 - Diálogo entre um concentrador e um microterminal, com mensagem de dados.

Cada uma das mensagens ENQ, ACK e NAK é composta de 1 *byte flag* (inicial), 1 *byte* de identificação do microterminal (ID), 1 código do comando, 1 *byte* reservado, 1 *byte* de *check sum* e 1 *byte flag* (final), totalizando 6 *bytes*.

A mensagem de dados é composta por 1 *byte flag* (inicial), 1 *byte* de identificação do microterminal (ID), 1 *byte* código do comando, 1 *byte* reservado, 256 *bytes* de dados, 1 *byte* de *check sum* e 1 *byte flag* (final), totalizando 262 *bytes*. Portanto, um diálogo completo consome  $6 + 6 + 6 + 262 = 280$  *bytes* por microterminal.

Como são 31 terminais, teremos  $31 \times 280 = 8.680$  bytes trafegando pelo barramento a cada varredura completa da rede. Um total de 69.440 bits é consumido para realizar o diálogo completo dos microterminais conectados.

Em nossa implementação de testes foi utilizada uma taxa de transferência (*baud rate*) no barramento de 115.200 bps devido a limitações da porta serial do PC utilizado como concentrador. Portanto, o tempo de duração de cada bit no barramento é de 10 micro segundos.

Trabalhando com *baud rate* de 115.200 bps no barramento teremos uma taxa de ocupação de  $69.440 / 115.200 = 0.60$ .

Cada terminal contribui com 280 bytes, totalizando 2.240 bits. Portanto, nas condições descritas acima, cada terminal tem uma taxa de transferência efetiva de  $2.240 / 0.60 = 3.733$  bps.

Com um *baud rate* de 115.200 bps, os 69.440 bits consumidos em uma varredura completa ocuparão o meio por 0,60 segundos. A comunicação entre os equipamentos e microterminais é realizada a um *baud rate* de 9.600 bps. Em 0,60 segundos fluirão  $9.600 \times 0,60 = 5.760$  bits, que é maior que 3.733, isto é, poderíamos trabalhar com um *baud rate* 2,5 vezes maior que 9.600 bps, o que permite o tráfego de mensagens de voz, bem como imagens estáticas.

Observe que nestes cálculos foram desprezadas as situações em que uma seqüência com cinco ou mais 1's (11111...) ocorra entre os bits de dados das mensagens, bem como aquelas em que os microterminais respondem com NAK ou ocorre *timeout* na espera de uma resposta.

## 5.2 A aplicação em teste

Para efeito de teste, utilizou-se um sistema que já está em operação na granja conveniada com a UNICAMP (Granja Querência). É um sistema de rastreabilidade animal e de estudo comportamental, que utiliza um esquema de comunicação que em vários aspectos se assemelha com o sistema proposto neste trabalho. Ele é composto de uma aplicação, em visual-basic, rodando no hospedeiro, a qual identifica os dados que chegam pela porta serial, exibindo-os em tempo real no monitor, e salvando-os em memória de massa. Estes dados, posteriormente, sofrerão uma análise estatística para levantar características de saúde, comportamento e conforto animal.

Neste sistema, o concentrador é um *hardware* idêntico ao dos microterminais. Ele repassa para o hospedeiro as informações que trafegam no barramento, sem qualquer intervenção.

Os microterminais trabalham sem protocolo. Esta limitação se deve ao fato de que o processador utilizado é o PIC16F84 da MICROCHIP, o qual tem pouca área de memória RAM, não possibilitando um esquema de *bufferização*. O microterminal fica repassando as informações que vêm dos equipamentos para o barramento, inserindo um caractere de identificação ao final de cada mensagem. Na próxima fase do projeto, será também inserido um *check sum*, aumentando confiabilidade às mensagens.

Esta rede é composta de quatro leitoras de dados de identificação animal do tipo painel (operação sem intervenção humana) e um coletor/concentrador de dados de temperatura.

Para calcular a taxa efetiva de ocupação do barramento no pior caso, isto é, aquele em que todos os equipamentos têm dados para ser enviados para a aplicação, utilizaremos um esquema semelhante ao que foi apresentado anteriormente para o cálculo com a rede completa.

Cada um dos comandos ENQ, ACK e NAK é composto 1 *byte flag* (inicial), 1 *byte* de identificação do microterminal (ID), 1 código do comando, 1 *byte* reservado, 1 *byte* de *check sum* e 1 *byte flag* (final), totalizando 6 *bytes*.

A mensagem de dados para cada leitora é composta por de 1 *byte flag* (inicial), 1 *byte* de identificação do microterminal (ID), 1 código do comando, 1 *byte* reservado, 11 *bytes* de dados, 1 *byte* de *check sum* e 1 *byte flag* (final), totalizando 17 *bytes*.

Um diálogo completo consome  $3 \times 6 + 17 = 35$  *bytes*. Para o total de leitora temos  $4 \times 35 = 140$  *bytes*.

A mensagem de dados para coletor/concentrador de dados de temperatura é composta por de 1 *byte flag* (inicial), 1 *byte* de identificação do microterminal (ID), 1 código do comando, 1 *byte* reservado, 216 *bytes* de dados, 1 *byte* de *check sum* e 1 *byte flag* (final), totalizando 222 *bytes*.

Um diálogo completo envolvendo todos os equipamentos consome  $140 + 222 = 362$  *bytes*.

A cada varredura, nas condições descritas acima, circulam pelo barramento um total de  $362 \times 8 =$

2.896 *bits*.

A taxa de ocupação total é  $2.896 / 115.200 = 0,025$

A leitora contribui com 222 *bytes*, totalizando 1.776 *bits*. Portanto, nas condições descritas acima, cada terminal tem uma taxa de transferência efetiva de  $1.776 / 0,025 = 71.040$  bps. Isto implica que este equipamento pode iniciar uma transmissão a cada  $9.600 / 1.776 = 0,185$  segundo sem provocar *overrun*.

Com relação à confiabilidade da comunicação utilizando interface RS485, já foi testada com *baud rate* de 115 Kbps, com cabo de 500 metros e com zero erro de comunicação.

### **5.3 Comparação com uma instalação com enlaces de rádio**

O sistema antigo que usava enlaces de rádio entre os equipamentos (leitoras, etc) e o hospedeiro, foi totalmente abandonados, pois o ambiente na granja é inadequado, sofrendo interferência de geradores, fábrica de ração, as antenas sofrendo ataques de insetos e pássaros, etc.

A utilização da comunicação via cabo não é imune a colisão de mensagens. Mas como os tempos entre a geração de mensagens nos diversos equipamento é muito grande se comparado com a duração destas mensagens, a probabilidade de ocorrer uma colisão é desprezível.

Um grande desafio na adaptação dos equipamentos ao ambiente rural é como evitar o ataque de insetos e fungos, bem como a presença de poeira e umidade. Simplesmente lacrar a caixa plástica que contém os microterminais não é uma boa medida pois teremos problemas de super aquecimento. Chegamos a utilizar uma tela de material plástico para envolver os equipamentos, mas isto só resolveu o problema do ataque dos insetos. Acreditamos que uma caixa metálica lacrada conseguiria melhores resultados, uma vez que a sua estrutura metálica além de oferecer a proteção mecânica necessária, ainda serviria como um dissipador de calor.

Outro cuidado que devemos ter é com a localização dos cabos e suas conexões. Nos ambientes externos nem sempre temos postes nos locais por onde o cabeção deveria passar. Nestes casos, utilizar um enlace de rádio (*wle*) é mais eficiente do que dar grandes voltas com a cabeção. Dentro dos galpões além da preocupação com o local por onde os cabos devem passar, temos que

nos preocupar com suas conexões, pois em geral as estruturas os galpões são de madeira e estão sujeitas a grandes vibrações. Nenhuma das conexões deve estar sob tensão mecânica.

Para o sistema montado na Granja Querência, fizemos uma comparação de preços entre a opção que usa *enlaces* de rádios e a nossa proposta, usando os microterminais. A Tabela 5-1 apresenta a comparação de custos entre as duas opções de implementação.

**Tabela 5-1 - Comparação de custos entre o sistema utilizando rádio e o sistema utilizando microterminais.**

<b>Item</b>	<b>Rádio (R\$)</b>	<b>Microterminais (R\$)</b>
150 m de cabo tipo par trançado		90,00
Mão de obra para instalação	100,00	120,00
Material de instalação (braçadeiras, fitas, canos, tomadas)	50,00	50,00
6 rádios	2.400,00	0
6 microterminais		600,00
<b>Total</b>	<b>2.550,00</b>	<b>860,00</b>

Devemos destacar que os itens que demandam mais recursos em ambos os sistemas são os nós da rede (rádios e microterminais).

Para uma rede com 32 nós, gastaríamos R\$ 12.800,00 em rádio, enquanto gastaríamos apenas 3.200,00 em microterminais.

A comunicação no barramento é feita de forma serial com *baud rate* de 115 Kbps e o meio físico é um par trançado utilizando o padrão RS485. Testes práticos demonstraram que é um sistema confiável. Utilizamos dois PCs, em cada um rodando o Hyper-Terminal do Windows, e fizemos a transmissão de longos arquivos, com cabo de 500 metros, sem a ocorrência de erros.

## 6 Conclusões

Com o sistema proposto neste trabalho foi possível realizar a interligação simultânea dos equipamentos utilizados nas propriedades rurais para promover a Zootecnia de Precisão, atendendo as premissas de baixo custo de desenvolvimento, baixo custo de instalação, flexibilidade, escalabilidade e facilidade de operação, aproveitando os equipamentos que já vêm sendo utilizados, com baixa taxa de erro. Além destas premissas que havia-se considerado anteriormente, avaliou-se que esta proposta também permite um baixo custo de manutenção.

Com a adoção dos padrões sugeridos neste trabalho para os novos equipamentos será possível fazer todo o controle da propriedade rural com o mínimo de intervenção humana: configuração, calibração, sensoriamento, acionamento, alarmes, etc.

Espera-se que, com a divulgação deste trabalho e a adoção do padrão de comunicação aqui sugerido, surjam no mercado, novos equipamentos que sejam compatíveis diretamente com este padrão, assim dispensando os microterminais como elementos puramente conversores do padrão RS232c para o padrão RS485. Também é interessante que estes equipamentos possam ser configurados remotamente. Hoje, uma das maiores dificuldades para a utilização de equipamentos eletrônicos de precisão no campo, é a necessidade de mão de obra especializada para operá-los. A título de exemplo, um equipamento coletor/concentrador de dados de temperatura requer que o seu programador tenha um nível de conhecimento que está bem acima da média dos simples operários do campo. Com a adoção das medidas sugeridas acima, os microterminais ficariam exclusivamente para conectar à rede os antigos equipamentos e para serem usados nas funções de sensoriamento, acionamento, PWM e PID.

### 6.1 Trabalhos futuros

Como continuação deste trabalho pode-se sugerir desenvolvimento de um programa aplicativo para rodar no equipamento hospedeiro, em linguagem visual, que possibilite ao usuário configurar, interrogar e comandar todos os concentradores e microterminais presentes na rede, como se estes fossem equipamentos virtuais, tornando transparente detalhes básicos de *hardware* e *software*. Alternativamente, poderia ser feito o estudo de integração da nossa proposta a um

ambiente de gerenciamento, já disponível. Como exemplo possível, para esta alternativa, podemos citar o ambiente PlantWeb que possui característica de um sistema aberto ao gerenciamento de outros barramentos. Sugerimos que este desenvolvimento possa ser feito como um trabalho de mestrado.

Os desenvolvimentos de novas interfaces (microterminais), microterminais controladores PWM e PID, e de equipamentos de testes para o barramento intermediário poderiam ser feitos como atividade de iniciação científica.

Por último, apresenta-se uma sugestão de continuação deste trabalho num nível mais elevado. Seria um sistema de análise do comportamento animal baseado num ambiente com sensores, atuadores, imagens, sons e outros recursos interligados pelo barramento intermediário. Estes recursos poderiam ser configurados, lidos, ativados e desligados de forma remota, afastando assim a presença humana, que poderia interferir no comportamento analisado. Sendo este ambiente de análise baseado no nosso barramento intermediário, é possível interligar através de um barramento superior vários ambientes de análise, possibilitando assim que eles sejam observados simultaneamente e de forma centralizada.

## 7 Referências

ANSI/TIA/EIA-422-B-1995, Electrical characteristics of balanced-voltage digital-interface circuits.

BBElec, 2003, “[http://www.bb-elec.com/tech\\_articles/rs422\\_485\\_app\\_note/overview.asp](http://www.bb-elec.com/tech_articles/rs422_485_app_note/overview.asp)”, acessado em agosto de 2003

Casemods, 2003: “<http://www.casemods.pointofnoreturn.org/pwm/pwmtheory.html>”, acessado em agosto 2003.

EIA Standard EIA-485 (RS-485), -1983, *Standard for Electrical Characteristics of Generators and Receivers for use in a Balanced Digital Multipoint Systems*, EIA, Washington, D.C.

Emerson, 2003, Emerson Process Management home page, “<http://www.emersonprocess.com>”, acessado em agosto 2003.

Eradius, W. J. 1993. “The Development of Standards for Automatic animal identification.” *Proceedings of the XXV CIOSTA – CIGR V Congress*. Waneginen, 1993, pp 307-311.

Eradius, W. J. 1998. “Development of electronic animal identification in Europe.” *Proceedings of the TAG Europe 98 Congress*. Antwerp, 1998.

Eradius, W. J. and Jansen, M. B. 1999. “Animal identification and monitoring”. *Computers and Eletronics in Agriculture* (24) 91-98.

Foundation 2003, Foundation Fieldbus home page, “<http://www.fieldbus.org>”, acessado em agosto de 2003.

Goldie, J, 1996, “AN-847: Fail-safe biasing of differential buses,” *Interface Databook*, National Semiconductor Corp.

Goldie,J., 1996a, “AN-1057 -Ten Ways to Bulletproof RS-485 Interfaces”, *Interface Databook*, National Semiconductor Corp.

Holroyd, P. “Tendências do mercado de carne no novo milênio (Tendency of meat market for

- the new milenium).” *Proceedings APINCO*. Campinas, May 2000 93-109.
- ISO/IEC 8482:1993, *Information technology—telecommunications and information exchange between systems—twisted-pair multipoint interconnections*.
- Lough, Daniel L., Blankenship, T. Keith, Krizman, Kevin J., 1997. Virginia Polytechnic Institute and State University, summer 97,
- Murdock, G and J Goldie, 1996, “AN-702: Build a direction-sensing bidirectional repeater,” *Interface Databook*, National Semiconductor Corp.
- Näas, I. A. And Fialho, F. B. 1998. “Zootecnia de precisão (Precision Animal Production).” Organized by Silva, I. J. O. *Ambiência na produção de leite em clima quente*. Piracicaba, 1998, v.1 ,1-9.
- Näas, I. A., 2002, “Applications of mechatronics to animal productions”, Clube de Bologna, *ASAE International Meeting*, Chicago, 1-15.
- NI, 2003, National Instruments home page, “<http://www.ni.com>”, acessado em agosto 2003.
- Oddparts, 1997: “<http://www.oddparts.com/acsi/defines/pwm.htm>”, acessado em agosto 2003.
- Omega, 2003,: “<http://www.omega.co.uk>”, acessado em agosto 2003.
- Papay, 2003,: “<http://www.hit.bme.hu/people/papay/edu/GPIB/tutor.htm>”, acessado em agosto 2003.
- Pidtutorial, 2003,: “<http://www.shu.ac.uk/schools/eng/teaching/rw/pidtutorial.htm>”, acessado em agosto 2003.
- Rosening, W. 1978. “Automatic data recording for dairy herd management.” *Proceedings of the International Milking Machine Symposium*, Lousville, 1978.
- Rosing, W. 1976. “Cow identification for individual feeding or outside the milking parlor.” *Proceedings of the Symposium on Animal Identification Systems and Applications*. Wageningen, 1976.

Rotronics, 2003, : “<http://www.rotronics-usa.com>”, acessado em agosto 2003.

Ruddweigh, “<http://www.ruddweigh.com.br>”, acessado em agosto 2003.

Silva, Késia de Oliveira da, Silva, Tatiana de Paula Orofino, Nãas, Irenilza de Alencar, Miranda, Jarbas Honório de, *Metanica 2002*, La Habana, Cuba, Volume1 páginas 1-6.

Silva, Késia de Oliveira da, 2003, “Relatório de Tese de Doutorado em desenvolvimento” – FEAGRI/UNICAMP”

Sivakumar Sivasothy, 1998, “AN-409, Transceivers and Repeaters Meeting the EIA RS-485 Interface Standard, *Interface Databook*, National Semiconductor, Santa Clara, CA.

Sivasothy, S, 1996, “AN-409: Transceivers and repeaters meeting the EIA RS-485 interface standard,” *Interface Databook*, National Semiconductor Corp.

Smar, 2003, Smar home page, “<http://www.smar.com>”, acessado em agosto 2003.

Spectronic, “<http://www.spectronic.co.uk/r305.htm>”, acessado em agosto de 2003.

Tanenbaum, Andrew S. 1996, *Computer Networks*, 3<sup>rd</sup> Ed. Prentice Hall

Trovan, 2003, : “<http://www.trovan.com>”, acessado em agosto 2003.

True, K, 1996, “AN-808: Long transmission lines and data-signal quality.” *Interface Databook*, National Semiconductor Corp.

Vo, J. , 1996 “AN-903: A comparison of differential-termination techniques,” *Interface Databook*, National Semiconductor Corp.

## **Apêndice A - Considerações sobre a aplicação do FIELDBUS**

Fieldbus é um padrão de barramento, interfaces e equipamentos adotado em vários setores da indústria. Dada à sua importância no mercado e à arquitetura, ele tornou-se um elemento importante a ser estudado e serve e em alguns aspectos de referência para o desenvolvimento do nosso trabalho.

### **A.1 FOUNDATION Fieldbus**

FOUNDATION Fieldbus é um sistema de comunicação digital, bidirecional e serial que funciona como uma Rede Local (LAN) para a instrumentação e dispositivos de controle da planta fabril (automação de processos).

O esforço de estabelecer um padrão internacional reuniu a Instrument Society of América (ISA), a International Electrotechnical Commission (IEC), Profibus (padrão Alemão) e a FIP (padrão francês), para formarem o comitê IEC/ISA SP50. O padrão a ser desenvolvido deveria integrar uma grande quantidade de instrumentos e interfaces. Esta difícil tarefa caminhou lentamente: companhias de grande porte participaram do processo e cada uma tentando introduzir no padrão as idéias presentes em seus próprios produtos.

Em 1992, dois grupos, cada qual incorporando a maiores companhias do mercado mundial, emergiram para liderar o mercado de Fieldbus. A ISP (Interoperable System Project) e a WoldFIP (Factory Instrumentation Protocol), cada qual com uma implementação diferente de Fieldbus, mas comprometidas em alterar seus produtos para o padrão ISA's SP50 assim que este fosse formalizado.

O comitê SP50 decidiu concentrar a solução Fieldbus em quatro camadas:

- Camada Física – Define o meio físico de comunicação.
- Camada de Enlace de Dados – Monitora as comunicações, realizando a interligação entre os diversos equipamentos e a detecção de erros.
- Camada de Aplicação – Formata os dados em mensagens, com as quais todos os dispositivos conectados à rede podem entender e fornecer serviços para controle de processos, suprimindo assim a Camada do Usuário.
- Camada do Usuário – Ela conecta instalações individuais (plantas) e fornece ambiente

para a aplicação. Ela é implementada usando-se as funções de controle de alto nível.

Em 1994, a WordFIP e a ISP, juntaram esforços e criaram a Fieldbus Foundation (FF), visando acelerar o processo de padronização.

Fieldbus Foundation é uma organização sem fins lucrativos formada por mais de 100 fabricantes de instrumentação e controle de usuários finais. A tecnologia FOUNDATION Fieldbus é um subconjunto dos padrões Fieldbus ISA S50 e IEC 1158.

Há muitos tipos de barramentos no mercado atualmente. Para controle discreto de manufatura, o tipo de barramento mais comum é descrito como **sensor bus**. Ele é projetado para interfacear dispositivos discretos como chaves. O próximo nível de barramento é chamado de **device bus** que geralmente trata de dispositivos discretos mais complexos tais como acionamento de motores ou válvulas discretas.

O próximo nível de barramento é genericamente chamado de **Fieldbus**. É projetado para lidar com dispositivos complexos e fornecer informação da variável de processo. Fieldbus é apropriado para manusear controle de processo e diagnósticos. Há diversos barramentos Fieldbus no mercado, mas o mais apropriado para controle regulatório de processo é FOUNDATION Fieldbus.

Ao contrário de tecnologias de Fieldbus originalmente projetadas para aplicações discretas de manufatura, o FOUNDATION Fieldbus foi projetado especificamente para atender às necessidades da indústria de processo - incluindo variáveis de processo, controle de processo determinístico em tempo real e diagnósticos.

O FOUNDATION Fieldbus é uma tecnologia aberta, independente do fabricante, com múltiplas opções para todos os produtos: de chips a dispositivos e sistemas. Pode ser expandido de forma que a nova funcionalidade pode ser adicionada sem requerer reprogramação no sistema de controle.

Enquanto FOUNDATION Fieldbus mantém muitas das características desejadas de um sistema analógico 4-20 mA, tais como interface física padronizada para a fiação de campo, dispositivos alimentados no próprio barramento e opções de segurança intrínseca, a tecnologia oferece uma série de benefícios adicionais ao usuário

Interoperabilidade permite que instrumentos digitais sejam conectados no barramento Fieldbus e eles se comuniquem entre si e com a rede de sistemas de controle. Cada dispositivo passa por rigorosos testes de conformidade e interoperabilidade pela Foundation antes que seja certificado e registrado como em conformidade com FOUNDATION Fieldbus e autorizado a portar o logo da Fieldbus Foundation.

FOUNDATION Fieldbus oferece todos os blocos funcionais necessários para atender o controle básico e regulatório nos dispositivos de campo. Blocos funcionais - incluindo controle PID - podem ser executados nos dispositivos de campo e esses dispositivos podem conversar diretamente entre si sem passarem pelo sistema de controle.

Dentre diversas ferramentas para FOUNDATION Fieldbus no mercado, apresentamos aqui a desenvolvida pela Emerson Process Management: PlantWeb.

O ambiente PlantWeb, é uma arquitetura que oferece uma única ferramenta para configuração do controle e dos dispositivos, possibilitando adicionar dispositivos ou mudar a configuração *online*. A solução PlantWeb também oferece uma única ferramenta para documentação, simulação, treinamento e verificação *online*.

A arquitetura PlantWeb é uma solução de automação que oferece gerenciamento de ativos, controle do processo e execução do gerenciamento através de três componentes chaves:

Dispositivos inteligentes de campo dotados de diagnósticos

Plataformas baseadas em PC e padrões abertos de comunicação

Softwares modulares de Controle e Gerenciamento de Ativos Integrados

Estes componentes em rede, estão conectados pelos padrões de comunicação abertos, que incluem FOUNDATION™ Fieldbus no nível de campo, a Ethernet no nível da Planta e o OPC no nível empresarial.

Todos os componentes agem como nós na rede, coletando, distribuindo e utilizando as informações. A PantWeb funciona da seguinte forma:

Dispositivos de campo inteligentes coletam informação.

O sistema de automação recebe as informações e proporciona fácil gerenciamento dessas

informações para o controle do processo e execução das funções de gerenciamento.

A Figura A-1 apresenta uma tela típica do ambiente PlantWeb, onde são exibidos diversos dispositivos de um sistema de controle e as variáveis associados a eles, necessárias para visualização da planta e o seu estado atual. O usuário pode alterar estas variáveis para alterar o estado atual do sistema.

## A.2 Avaliação da aplicação rural do Fieldbus

A adoção do padrão Fieldbus implicaria em mudanças para poder ser utilizado no meio rural, pois além de envolver altos custos, suas interfaces são diferentes daquelas encontradas nos equipamentos usuais no campo, e sua instalação/manutenção requer um nível de especialização que está muito acima do encontrado entre os trabalhadores no meio rural.

Destacamos os programas de Gerenciamentos utilizados por alguns fornecedores da tecnologia Fieldbus, em especial o PlantWeb, cujas ferramentas e telas servem de referência para o desenvolvimento da aplicação que rodará na máquina hospedeira.

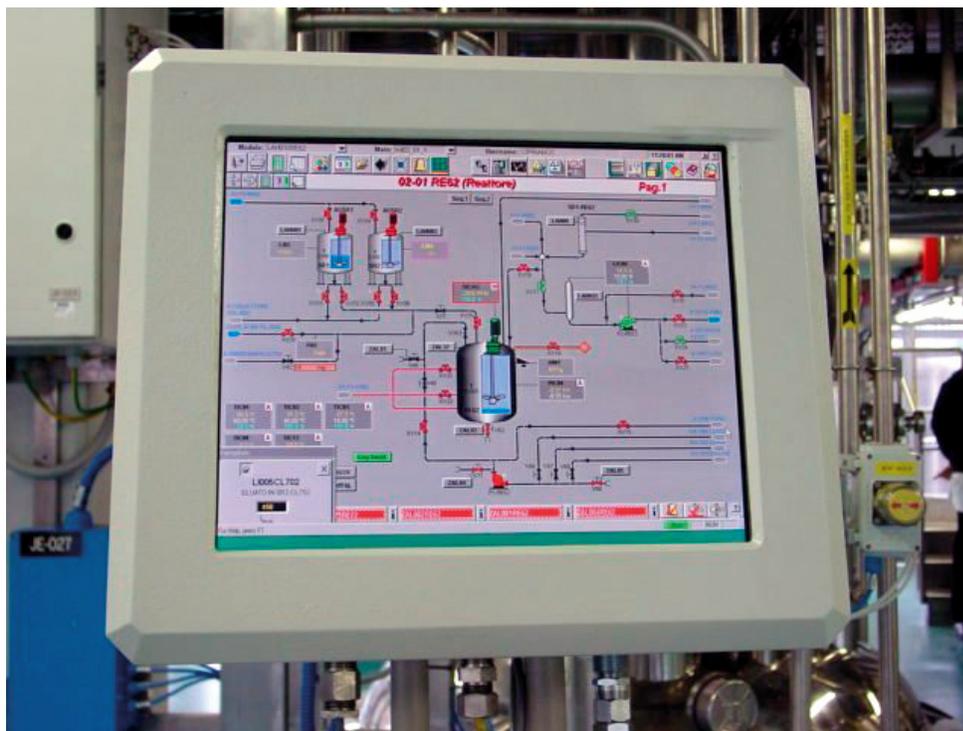


Figura A-1 - Exemplo de uma aplicação do PlantWeb (Emerson, 2003)

## Apêndice B - Redes de Computadores

Este apêndice apresenta um estudo sobre Redes de Computadores, destacando o Modelo de Referência OSI, o qual serviu de inspiração na definição do protocolo de acesso ao barramento RS-485.

### B.1 Definições:

- Redes de Computadores - uma coleção de computadores autônomos interconectados;
- Dois computadores são ditos interconectados se eles estão aptos a trocar informações. A conexão não necessariamente terá que ser via fio de cobre. Ela pode ser via fibra óptica, micro-ondas (rádio), ou via satélite.- Computador autônomo - é aquele que não é controlado (iniciado, paralisado ou controlado) por outro computador.
- Sistema Distribuído - a existência de múltiplos computadores autônomos é transparente para o usuário. O sistema operacional se encarrega de localizar o melhor processador para executar um determinado trabalho, encontra e transfere os arquivos necessários para o processador, e os resultados são colocados no local apropriado.

Completando a definição de rede: O usuário abre a sessão em uma determinada máquina, explicitamente submete um “serviço” remotamente.

### B.2 Hardware de Rede

Para classificarmos as redes de computadores, existe uma grande quantidade de critérios, e nenhuma consegue envolver completamente todas as redes existentes. Porém, existem duas dimensões importantes para enquadrarmos as redes de computadores: tecnologia de transmissão e escala.

Quanto à tecnologia de transmissão, podemos enquadrar as redes de computadores em dois tipos principais:

1. Broadcast Networks.
2. Redes ponto-a-ponto

As *Broadcast Networks* têm um único canal de transmissão, o qual é compartilhado por todas as máquinas conectadas à rede. Pequenas mensagens, denominadas *pacotes*, são transmitidas por qualquer das máquinas e são recebidas por todas as outras. O destinatário deste pacote processa-o,

enquanto os demais pontos da rede ignora-o. A operação de transmissão de um pacote para todos os pontos da rede é denominada **Broadcasting**.

As redes **ponto-a-ponto** consistem de várias conexões entre pares de máquinas. Um pacote para ir desde origem até o destino, tem que visitar um ou mais máquinas (pontos) de rede. Muitas vezes, várias rotas, de diferentes tamanhos são utilizados, fazendo com que algoritmos de roteamento tenham importante papel nas redes ponto-a-ponto.

### **B.3 Regra geral:**

- Pequenas redes, geograficamente localizadas tendem a usar o broadcasting.
- Grandes redes, cobrindo grandes áreas geográficas, usualmente são ponto-a-ponto.

Um outro critério alternativo para classificação de redes é a escala (área geográfica ou tamanho físico)

Data flow machine - computador de alto paralelismo com diversas unidades funcionais, trabalhando juntos no mesmo programa.

Multicomputers - sistemas que se comunicam enviando mensagens através de barramentos, pequenos e muito rápidos.

True Networks - Computadores que se comunicam trocando mensagens através de longos cabos (LAN, MAN, WAN).

Internetwork - conexões de duas ou mais redes. A distância é importante método de classificação, pois diferentes técnicas são usadas em diferentes escalas.

### **B.4 Redes Locais (Local Area Networks)**

Utilizadas para conectar computadores pessoais e estações de trabalho (workstation) em escritórios companhia, fábricas, escolas, para compartilhamento de recursos (impressoras, etc) e troca de mensagens.

As LANs distinguem-se dos outros tipos de rede em três características: tamanho, tipo de tecnologia e topologia.

- (1) São restritas em tamanho (espaço), portanto o tempo de transmissão é facilmente determinado, possibilitando a utilização de projetos diferenciados, facilitando o

gerenciamento.

- (2) Normalmente utilizam tecnologia de transmissão consistindo de um único cabo, ao qual todas as máquinas são ligadas. As LANs tradicionais trabalham com velocidades entre 10 e 100 Mbps, tendo assim um pequeno atraso (dezenas de microssegundos) e baixa taxa de erro. Novas tecnologias possibilitam operar até com milhares de Mbits/seg.
- (3) Diversas topologias são possíveis para a transmissão nas LANs. A Figura B.1 apresenta 2 delas.

Na topologia **barramento**, a qualquer instante uma determinada máquina é master (mestre) podendo realizar uma transmissão, e as demais devem aguardar seu instante de transmissão. Se duas máquinas resolverem transmitir simultaneamente, haverá colisão e o mecanismo para arbitrar quem deve transmitir pode ser centralizado ou distribuído.

No padrão ETHERNET (IEEE 802.3) utiliza como meio de transmissão um barramento operando entre 10 e 100 Mbps. O mecanismo de arbitragem é descentralizado. Após uma colisão, cada máquina deve esperar por um tempo randômico e só depois tentar novamente transmitir um novo pacote.

Outra topologia também muito utilizada é a em **anel**. Nesta configuração de rede cada bit propaga-se pela rede tão logo seja produzido, não fica esperando pelo resto do pacote ao qual ele pertence.

A Figura B-1 apresenta as duas topologias descritas acima.

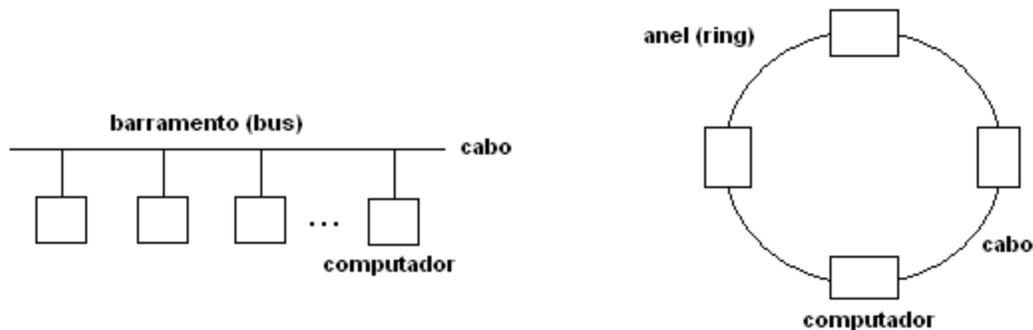


Figura B-1 - Topologias barramento e anel.

## **B.5 Software de Rede**

As primeiras redes de computadores foram projetadas com hardware ocupando o papel principal, desempenhando as principais tarefas, enquanto o software ocupava um segundo plano. Isto não foi muito longe.

O software de rede é agora altamente estruturado.

## **B.6 Hierarquias de Protocolos**

Para reduzir a complexidade dos projetos de redes, elas são organizadas em camadas ou níveis, superpostas. O número de camadas, seus nomes, conteúdos e funções, diferem de rede para rede. Contudo, em todas as redes o propósito de cada camada é oferecer certos serviços para camada imediatamente superior, abstraindo-as dos detalhes de como os serviços oferecidos são implementados.

A camada  $n$  de uma máquina conversa com a camada  $n$  da outra máquina. As regras e convenções usadas nestas conversações, juntas, formam o protocolo da camada  $n$ .

Entre cada par de camadas adjacentes existe uma **interface**. A interface define quais operações básicas e serviços a camada oferece para a camada imediatamente superior. Quando um projetista de rede decide quantas camadas incluir na rede e o que cada uma deve fazer (realizar), uma das importantes considerações é definir claramente as interfaces entre as camadas. Isto implica em que cada camada deva executar uma específica coleção de funções bem definidas.

## **B.7 Modelo de referência OSI**

Este modelo é baseado em uma proposta feita pela International Standards Organization (ISO), como um primeiro passo para padronização internacional da utilização das diversas camadas do protocolo. Este modelo é chamado ISO OSI (Open Systems Interconnection) Reference Model. Sistemas abertos são aqueles que estão abertos para comunicação com outros sistemas. Por razões de simplificação, chamamos o modelo simplesmente de OSI

O modelo OSI tem sete camadas. Os princípios aplicados para se chegar às sete camadas são os seguintes:

1. Uma camada deve ser criada aonde um diferente nível ou abstração é necessário.

2. Cada camada deve realizar uma função bem definida.
3. A função de cada camada deve ser escolhida levando em conta as padronizações internacionais de protocolos.
4. As fronteiras entre as camadas devem ser escolhidas de forma a minimizar o fluxo de informações através das camadas.
5. O número de camadas deve ser grande o suficiente para garantir que distintas funções que não tem nada em comum fiquem juntas na mesma camada, e pequeno o suficiente (no mínimo) para garantir que a arquitetura seja “manuseável”.

A Figura B-2 apresenta um diagrama que ilustra as sete camadas do modelo de referência OSI e os protocolos a elas associados.

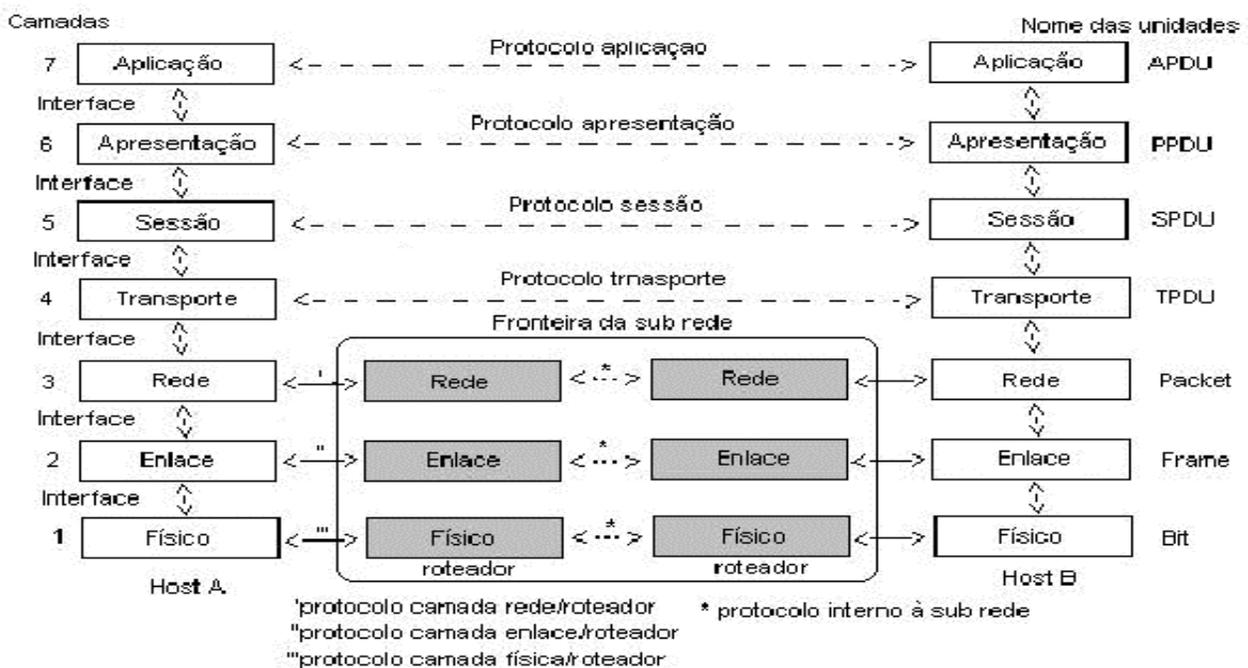


Figura B-2 - Camadas e protocolos do modelo de referência OSI.

## B.8 Diagrama em blocos do Modelo OSI

### B.8.1 A camada Física

O projeto do nível físico (camada 1) deve garantir que quando um dos lados envia um bit 1, este seja recebido do outro lado como bit 1, e não como bit 0. Típica questão aqui é quantos volts

devem ser usados para representar um 1 e quantos volts para representar um 0, qual a duração em microssegundos de um bit, se a transmissão pode ser feita em ambas as direções, simultaneamente, como a conexão é estabelecida e como é feita a desconexão quando ambos os lados finalizarem a comunicação, e quantos pinos o conector da rede tem e quais pinos são usados, e quais suas funções.

### **B.8.2 A camada de Enlace**

Uma vez que a camada física meramente aceita e transmite cadeias de bits sem atentar para o seu conteúdo ou estrutura, a camada de enlace deve encarregar-se de criar e reconhecer as fronteiras (limites) dos *frames*. Isto pode ser conseguido incluindo-se figuras de bits (*bit patterns*) no início e no fim de cada *frame*.

Uma rajada de ruídos pode destruir completamente um frame. A camada de enlace da máquina origem deve ser capaz de retransmitir o frame. Esta camada também deve estar apta a resolver problemas como perda de *frames* ou *frames* duplicados.

Outra característica necessária para camada de enlace é garantir a comunicação entre um equipamento rápido e outro equipamento lento.

### **B.8.3 A camada de Rede**

Esta camada controla a operação de uma sub-rede. É ela que estabelece o roteamento para rede. O roteamento pode ser baseado em tabelas estáticas (*wired into*). Elas também podem determinar o início de cada conversação, por exemplo uma sessão de terminal.

A camada de rede se encarrega de levantar dados dinâmicos que reflitam o estado atual de carga da rede. O controle de congestionamento também deve ser realizado pela camada de enlace.

Nesta camada também costuma estar presente funções de contabilidade (tarifação) para remuneração das operadoras das redes.

A camada de rede também deve estar apta a resolver problemas de heterogeneidade de redes, quando um pacote de viajar de uma rede para outra.

### **B.8.4 A camada de Transporte**

A função básica da camada de transporte é aceitar dados da camada de sessão, quebrá-los em unidades menores se necessário, passar estas unidades para a camada de rede, e garantir que todos

os pedaços de mensagem cheguem corretamente no outro lado do meio. Ainda mais, tudo isto deve ser feito eficientemente, e de modo a isolar as camadas superiores de inevitáveis mudanças na tecnologia de hardware.

#### **B.8.5 A camada de Sessão**

Esta camada permite a usuários em diferentes máquinas estabelecer sessões entre elas. Uma sessão pode ser usada para permitir um usuário a *logar-se* em um sistema remoto, ou transferência de arquivos entre duas máquinas.

Um serviço da camada de sessão é o gerenciamento de *token*. Para alguns protocolos, é essencial que ambos os lados não tentem a mesma operação ao mesmo tempo. Para gerenciar estas atividades, a camada de sessão fornece *tokens* que podem ser intercambiados. Somente o lado que está com o token pode realizar operações críticas.

Outro serviço desta camada é a sincronização. Considere o problema que pode ocorrer quando a transferência de um arquivo que dure duas horas é abortada. Se ao ser abortada a retransmissão tiver que ser feita desde o início, a chance de falhar novamente é grande e perde-se muito tempo até que o arquivo seja transferido sem falhas. Para eliminar este problema a camada de sessão deve fornecer uma maneira de inserir *checkpoint*, na cadeia de dados, tal que após um *crash*, somente deve ser transmitido os dados que se acham após o último *checkpoint*.

#### **B.8.6 A camada de Apresentação**

Ao contrário das camadas mais baixas, as quais estão apenas interessadas com a movimentação e recuperação de bits, a camada de apresentação está envolvida com a sintaxe e a semântica da informação transmitida.

Um típico exemplo do serviço desta camada é codificar dados em padrões amplamente aceitos. A camada de apresentação gerencia estas estruturas de dados e converte-as da representação interna do computador para aquela usada na rede e vice-versa.

#### **B.8.7 A camada de Aplicação**

A camada de aplicação contém uma variedade de protocolos que são normalmente necessárias. Por exemplo, existe um número grande de terminais, incompatíveis no mundo, cada um com características diferentes tais como lay-out de tela, seqüência de escape, inserção e retirada de

texto, movimentação de cursor, etc.

Uma outra função para camada de aplicação é a transferência de arquivo. Diferentes sistemas de arquivo têm diferentes regras de nomeação, diferentes representações para linhas de texto, etc. A transferência de arquivos entre diferentes sistemas exige o gerenciamento destas incompatibilidades. Este é mais um dos serviços da camada de aplicação.

## **B.9 Redes sem Fio**

O termo Rede sem Fio (*wireless networking*) refere-se à tecnologia que possibilita dois ou mais computadores comunicarem-se usando um protocolo padrão de rede, mas sem cabo de rede. Estritamente falando, qualquer tecnologia que realize este tipo de comunicação é conhecida como Rede sem Fio. Ultimamente este termo refere-se a LANs (*Local Area Network*) sem fio. Esta tecnologia, impulsionada pelo crescimento de mercado emergente, foi padronizada pelo IEEE (IEEE 802.11), e tem oferecido um grande número de soluções sem fio, que tem crescido em popularidade, com usuários em escolas bem como em aplicações sofisticadas, onde Redes com Fio são impossíveis de serem utilizadas, tais como em armazens ou em equipamentos de ponto-de-venda manuais (Lough, Blankenship, Krizman, 1997).

Existem dois tipos de Redes sem Fio:

- Uma rede sem fio *ad-hoc*, ou *peer-to-peer* consiste de um número de computadores, equipados com cartão de interface para redes sem fio. Cada um pode comunicar-se diretamente com os demais habilitados. Eles podem compartilhar arquivos e impressoras, mas não estão aptos a acessar recursos de redes com fio, a não ser que um dos computadores atue como uma ponte para este tipo de rede, usando um software especial. (Isto é conhecido por *ponte* ou *bridging*).
- Uma rede sem fio pode, também, usar um ponto de acesso ou estação base. Neste tipo de rede o ponto de acesso atua como um *hub*, fornecendo conectividade para os demais computadores. Este esquema pode conectar uma LAN sem Fio com uma LAN com fio, permitindo aos computadores sem fio, acessarem recursos tais como servidores de arquivos ou à Internet.

Existem dois tipos de ponto de acesso:

- Ponto de acesso com hardware dedicado (HAP) tais como o WaveLAN da Lucent, o Airport

Base Station da Apple, ou o AviatorPRO da WebGear.

- Software de ponto de acesso, o qual roda em um computador equipado com cartão de interface de rede sem fio, como os usados nas redes *ad-hoc* ou *peer-to-peer*. O *Vicomsoft Internet Gateway* é um conjunto de softwares roteadores, o qual pode ser usado como ponto de acesso por software, que inclui características comumente encontradas nas soluções por hardware, flexibilidade de configuração, mas não oferece o conjunto completo de características definidas no padrão 802.11.

Com o auxílio de um software de rede apropriado, o usuário de uma LAN sem fio pode compartilhar arquivos e impressoras localizadas em uma LAN com fio e vice-versa. Este compartilhamento também pode ser conseguido via TCP/IP.

As redes sem fio requerem a utilização de tecnologias de rádio frequência bem como de transmissão de dados. O padrão mais utilizado é o 802.11 produzido pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Este padrão define todos os aspectos de rádio frequência utilizados nas Redes sem Fio.

A ponte entre um computador ligado à uma rede sem fio e uma rede com fio pode ser realizada de duas maneiras: por ponto de acesso de hardware ou por ponto de acesso de software. Os pontos de acesso de hardware estão disponíveis com vários tipos de interfaces de rede, tais como Ethernet ou Token Ring, mas tipicamente requerem compra de hardware extra se as necessidades de rede mudarem.

Para interconectar uma rede com fio a uma pequena rede sem fio, um ponto de acesso de software quase sempre é a melhor solução. Ele não limita o tipo ou o número de interfaces a serem usadas. Ele, também, possibilita considerável flexibilidade, permitindo o acesso a diferentes tipos de Ethernet, Redes sem Fio e Token Ring. Tais conexões são somente limitadas pelo número de interfaces ou de *slots* permitidos no computador usado para este fim.

O número de computadores que podem usar um único ponto de acesso depende da fabricante deste ponto de acesso. Alguns pontos de acesso de hardware têm um limite recomendado de 10. Outros suportam até 100 conexões sem fio. A utilização de mais computadores do que o recomendado pode provocar perda de desempenho.

Pontos de acesso de software podem também sofrer algumas limitações, dependendo do software

específico que está sendo usado, e da capacidade do computador *hospedeiro* de processar as informações requeridas.

Vários pontos de acesso podem ser conectados a uma LAN com fio. Também é possível a conexão a uma segunda LAN sem fio se o ponto de acesso permitir (suportar).

Em muitos casos, pontos de acesso independentes são conectados através de uma LAN com fio, possibilitando a conectividade em uma área específica, tal como escritório ou sala de aula, acessando recursos de redes tais como servidor de arquivos.

Se uma dada área é muito grande para ser coberta por um único ponto de acesso, vários pontos de acesso ou *extensões* podem ser usadas. Os pontos de extensão sem fio ainda não estão padronizados, mas alguns fabricantes têm desenvolvido este tipo de ponto de acesso. Quando vários pontos de acesso sem fio são utilizados, eles devem ter uma sobreposição de área de atuação com o seu vizinho. Isto possibilita ao usuário mover-se por uma área usando uma propriedade das redes sem fio conhecida por “*roaming*”.

Alguns fabricantes produzem pontos de extensão, os quais atuam como um relé sem fio, aumentando o alcance de um único ponto de acesso. Vários pontos extensores podem ser usados para possibilitar o acesso a um ponto de acesso distante.

Um equipamento sem fio pode *vaguear* entre dois pontos de acesso, com o software e o hardware mantendo uma conexão estável com a rede, monitorando o nível do sinal e conectando-o ao ponto de acesso, no qual este sinal chega com melhor qualidade.

As redes sem fio oferecem uma relação custo/benefício ideal quando utilizadas em ambientes desfavoráveis, tais como no campo (fazendas e sítios), hospitais e/ou empresas com mais de uma instalação física, separadas, mas guardando uma certa proximidade. Estes tipos de instalações requerem mais de um ponto de acesso. Cada um destes pontos atua como uma ponte ou roteador conectado à sua própria LAN através de uma conexão sem fio. A conexão sem fio possibilita aos pontos de acesso comunicarem-se entre si, e portanto interconectarem duas LANs.

Ainda que a rede sem fio ofereça benefícios óbvios para os usuários de *laptops* que movem-se dentro da sua área de cobertura, existem também benefícios para aqueles usuários de equipamentos fixos. Muitas empresas e escolas que têm *layout* arquitetônico impeditivo ou paredes que não podem ser cabeadas por qualquer razão, tornam difícil ou impossível a instalação

de uma rede com fio. Rede sem fio nestas condições é a alternativa mais viável, garantindo flexibilidade futura.

Nos casos em que um pequeno número de equipamentos está separado de uma rede principal, um enlace sem fio pode ser uma alternativa mais atraente que uma rede a cabo, ainda que um futuro cabeamento seja realizável.

A comunicação sem fio obviamente fornece segurança e privacidade, através de uma função denominada WEP (Wired Equivalent Privacy), que consiste de uma forma de criptografia comparável com a presente nas redes tradicionais com fio. Se por uma rede sem fio trafegará informações confidenciais, uma WEP deve ser utilizada, garantindo assim a proteção dos dados.

A tradicional *técnica Virtual Private Networking* (VPN) poderá ser utilizada em redes sem fio da mesma maneira que são usadas nas tradicionais redes com fio.

## Apêndice C - Padrões de comunicação serial do EIA (*Electronic Industries Alliance*)

Este apêndice apresenta estudos de alguns padrões definidos pela EIA, começando pelo padrão RS-232 e encerrando com o padrão RS-485, que é o padrão adotado neste trabalho.

Como os sistemas RS-422 e RS-485 são ambos sistemas de transmissão diferenciais balanceados, com características bem parecidas, apresentaremos ambos os sistemas.

Adotaremos os termos genéricos RS-232, RS-422 e RS-485, para designar os padrões EIA/TIA-232, EIA/TIA-422 e EIA/TIA-485, respectivamente.

### C.1 Transmissão de dados em linha com *driver* não balanceado

Cada sinal que é transmitido em um sistema de transmissão RS232 aparece no conector da interface com uma tensão relativa a um sinal de terra. Esta tensão será negativa sempre que a linha estiver em repouso e alterará entre negativo e positivo quando dados são transmitidos com magnitude variando entre +5 e +15 e entre -3 e -15 volts. O receptor RS232 opera tipicamente com tensão variando entre +3 e +12 e entre -3 e -12 volts, como ilustra a Figura C-1

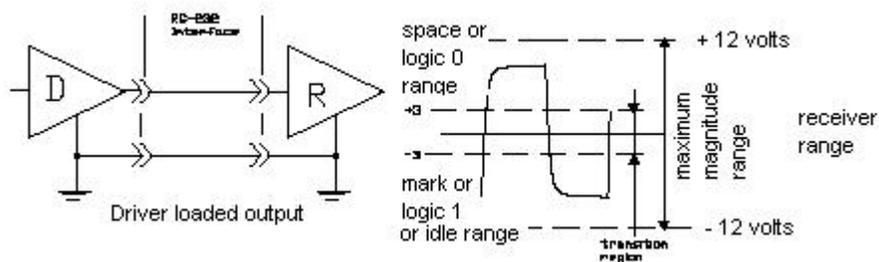


Figura C-1 - Exemplo de conexão não balanceada - RS232 (BBElec, 2003)

### C.2 Transmissão de dados em linhas com *drivers* balanceados

Em um sistema diferencial balanceado a tensão produzida pelo *driver* aparece através de um par de linhas (A e B), que transmitem somente um sinal. O *driver* produzirá um sinal que varia entre -2 e -6 volts e +2 e +6 volts, através das linhas A e B, e também terá uma conexão terra, como mostra a Figura C-2. Um *driver* para uma linha balanceada deverá ter um sinal de entrada denominado *enable*. Este sinal conecta o *driver* aos seus terminais de saída A e B. Se o *enable* estiver em estado inativo (off), o comportamento da linha é idêntico a aquele que teria se o *driver* estivesse não conectado (*tristate*) Um *driver* RS-485 deve ter o sinal de controle *enable*. Um *driver* RS-422 pode ter este sinal de controle, mas quase sempre não é necessário.

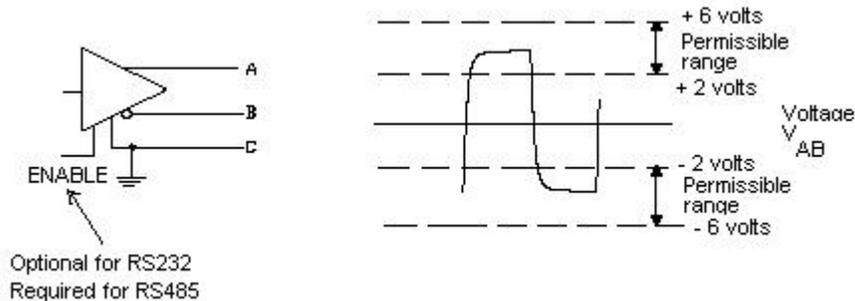


Figura C-2 - Acionador de linha balanceada (BBElec, 2003)

### C.2.1 Recepção de dados em linhas com *drivers* balanceados

Um *driver* receptor de uma linha diferencial balanceado deve sensoriar o estado da tensão de uma linha de transmissão através de suas linhas de entrada A e B. Ele também deve conter um sinal *terra* (C). A Figura C-3 apresenta um diagrama esquemático para um receptor de linha diferencial balanceado. Se a tensão diferencial de entrada  $V_{AB}$  é maior que +200 mV o receptor terá um específico estado lógico em sua saída. Se  $V_{AB}$  for menor que -200 mV o receptor terá em sua saída um estado lógico oposto. A faixa entre 200 mV e 6 V é necessária para compensar a atenuação da linha de transmissão.

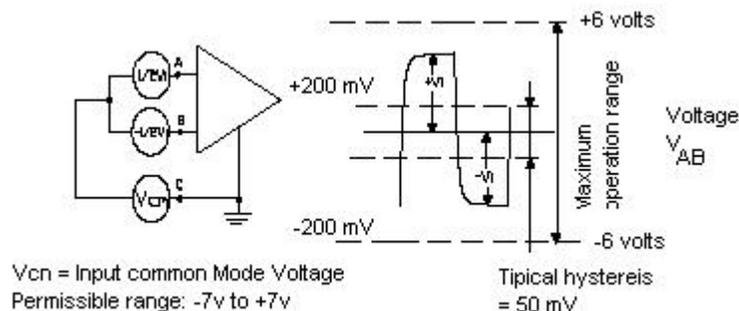


Figura C-3 - Receptor de linha balanceada (BBElec, 2003).

### C.2.2 Padrão EIA RS-422 de transmissão de dados

O padrão EIA RS-422-A denominado “Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits” define as características do circuito interface RS-422. A Figura C-4 apresenta uma interface típica RS-422 utilizando quatro fios. Os dois estados de sinalização da linha são definidos abaixo:

- Quando o terminal A do *driver* está negativo em relação ao terminal B, a linha está em estado binário 1 (marca ou espaço)
- Quando o terminal A do *driver* está positivo em relação ao terminal B, a linha está em estado

binário 0 (marca ou OFF)

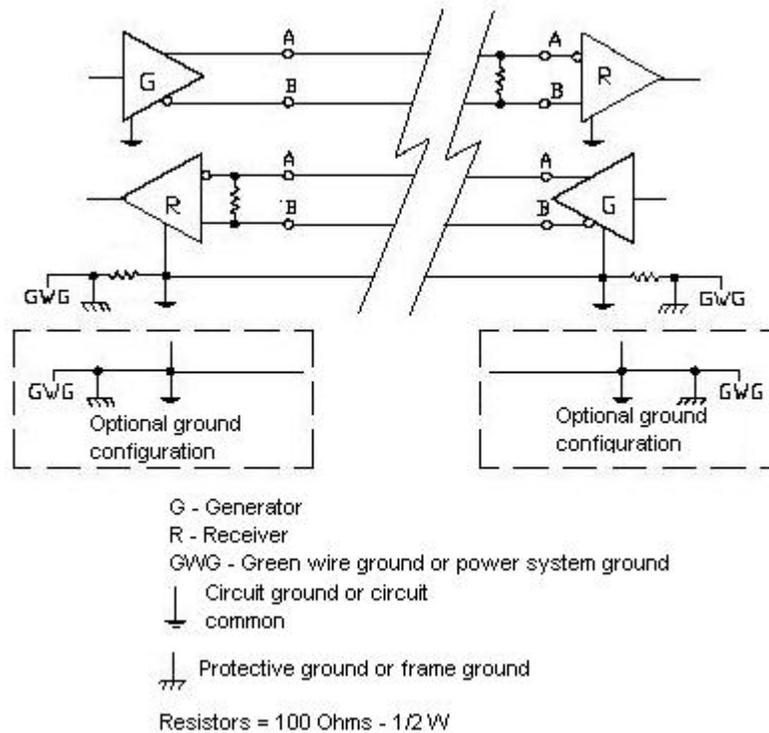


Figura C-4 - Exemplo de conexão balanceada - RS422 (BBElec, 2003)

### C.2.3 Padrão EIA RS-485 de transmissão de dados

O padrão RS-485 permite que uma linha de transmissão possa ser compartilhada no modo *multidrop*. Até 32 pares *drive/receiver* podem compartilhar uma rede *multidrop*. Muitas das características dos *drivers* e *receivers* são as mesmas que as dos *drivers* e *receivers* do RS-422. A faixa de tensão no modo comum  $V_{cm}$  que o *driver* e o *receiver* pode tolerar é expandida para +12 volts até -7 volts. Uma vez que o *driver* pode ser desconectado da linha (colocado em *tristate*), ele pode agüentar a faixa de tensão de modo comum. Alguns *drivers* RS-422, mesmo em *tristate*, não conseguem agüentar a faixa de tensão  $V_{cm}$  expandida (+12 volts a -7 volts).

A Figura C-5 apresenta uma rede *multidrop* típica com dois fios. Note que a linha de transmissão tem terminação nas duas pontas, mas não nos *nós* em seus pontos intermediários.

Uma rede RS-485 pode também ser conectada no modo quatro fios como mostra a Figura C-6.

Note que quatro fios de dados e um fio de terra adicional são usados na conexão a quatro fios.

Nesta configuração é necessário que um nó seja *master* e todos os demais sejam escravos.

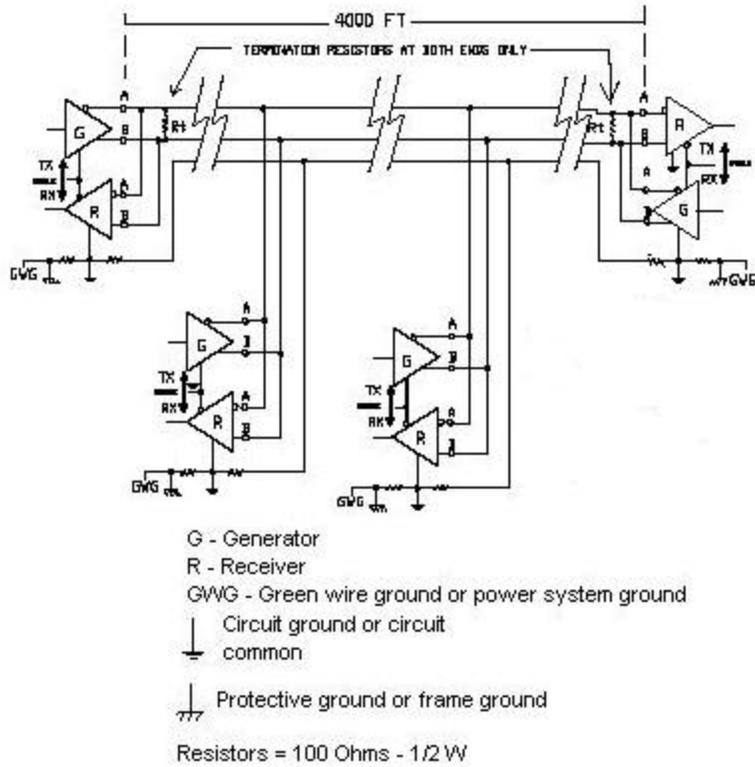


Figura C-5 -Exemplo de conexão multi-drop com dois fios - RS485 (BBElec, 2003)

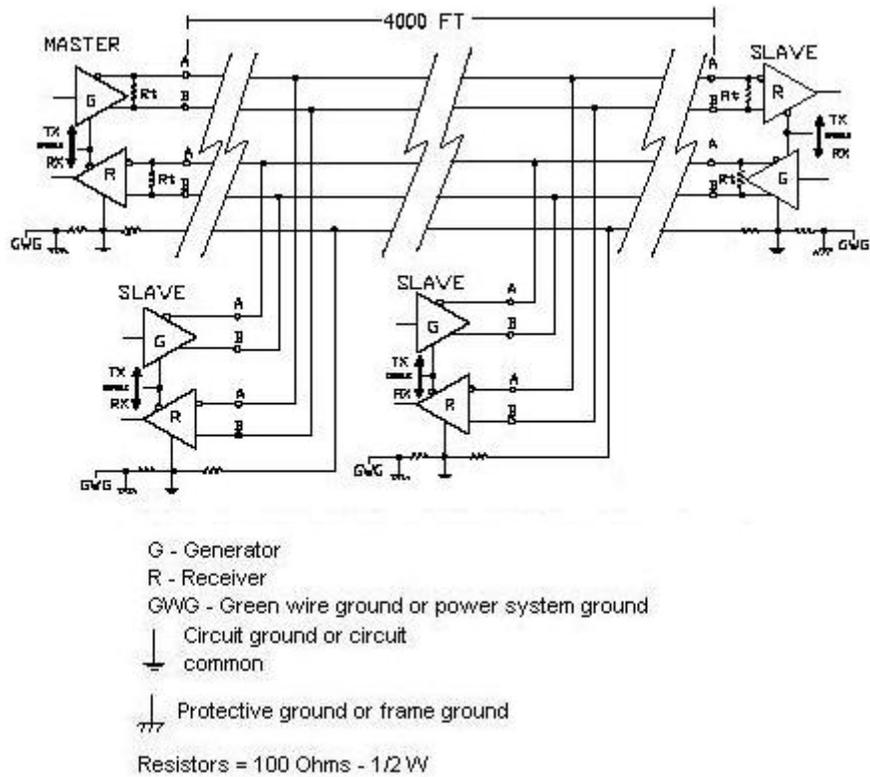


Figura C-6 - Exemplo de conexão multi-drop com 4 fios (BBElec, 2003)

A Figura C-7 ilustra a relação entre o comprimento do cabo e a taxa de transferência, onde podemos ver a taxa de transferência é função do comprimento do cabo. Até cerca de 1200 metros é assegurado uma transferência de 100 Kbps, somente em ligações curtas com cerca de 12 metros é possível taxas de 10 Mbps.

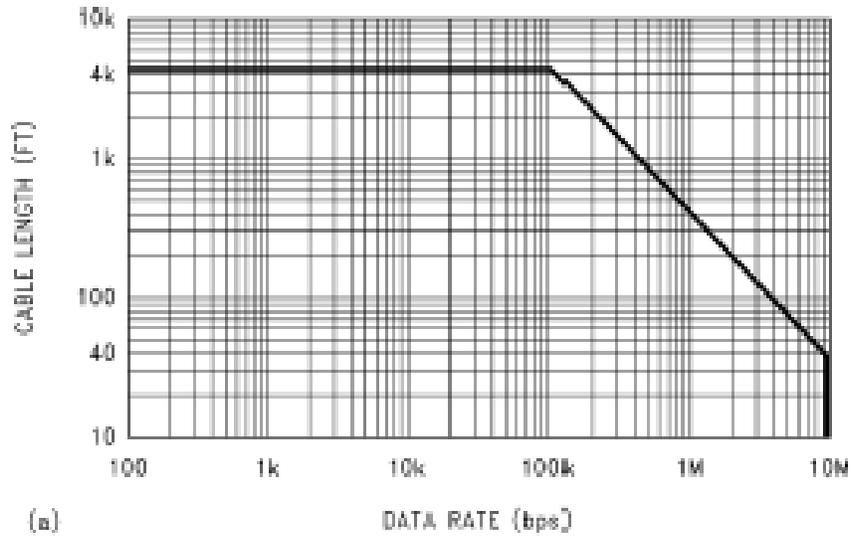


Figura C-7 -Relação Taxa de transferência comprimento do cabo (Goldie, 1996a)

A seguir são apresentadas tabelas com características elétricas para os padrões RS-422, RS-485 e RS-232.

<b>EIA RS-422 Specification Summary</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Conditions</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Units</b>
Driver Output Voltage Open Circuit			10 -10	V V
Driver Output Voltage Loaded	$R_T = 100 \text{ Ohms}$	2 -2		V V
Driver Output Resistance	A to B		100	OHM
Driver Output Short-Circuit Current	Per output to common		$\pm 150$	MA
Driver Output Rise Time	$R_T = 100 \text{ Ohms}$		10	% of Bit Width
Driver Common Mode Voltage	$R_T = 100 \text{ Ohms}$		$\pm 3$	V
Receiver Sensitivity	$V_{cm} \leq \pm 7$		$\pm 200$	MV
Receiver Common-Mode Voltage		-7	+7	V
Receiver Input Resistance		4000		Ohm
Differential Receiver Voltage	Operational: Withstand:		$\pm 10$ $\pm 12$	V V

<b>EIA RS-485 Specification Summary</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Conditions</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Units</b>
Driver Output Voltage Open Circuit		1.5	6	V
		-1.5	-6	V
Driver Output Voltage Loaded	$R_{LOAD} = 54 \text{ Ohms}$	1.5	5	V
		-1.5	-5	V
Driver Output Short-Circuit Current	Per output to +12V or -7V		$\pm 250$	MA
Driver Output Rise Time	$R_{LOAD} = 54 \text{ Ohms}$ $C_{LOAD} = 50 \text{ pF}$		30	% of Bit Width
Driver Common Mode Voltage	$R_{LOAD} = 54 \text{ Ohms}$	-1	3	V
Receiver Sensitivity	$-7 \leq V_{cm} \leq +12$		$\pm 200$	MV
Receiver Common-Mode Voltage		-7	+12	V
Receiver Input Resistance		12K		Ohm

<b>EIA RS-232 Specification Summary</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Conditions</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Units</b>
Driver Output Voltage Open Circuit			25	V
Driver Output Voltage Loaded	$3 \text{ KOhm} \leq R_L \leq 7 \text{ K Ohms}$	5	15	$\frac{V}{V}$
Driver Output Resistance, Power Off	$-2V \leq V_o \leq 2V$		300	Ohm
Driver Output Short-Circuit Current			500	mA
Driver Output Slew Rate			30	V/ $\mu$ s
Maximum Load Capacitance			2500	pF
Receiver Input Resistance	$3V \leq V_{IN} \leq 25V$	3000	7000	Ohm
Receiver Input Threshold Output = Mark		-3		V
Output = Space			3	V

## Apêndice D - Elementos para controle de processos

Pelas características das aplicações estudadas no Capítulo 2 os micro-terminais propostos no Capítulo 3 podem ser simplesmente um conversor da comunicação entre os equipamentos e o barramento proposto. Entretanto, pelas características do ambiente proposto é possível anexar terminais com controle inteligente ao barramento. Ou seja, terminais que a partir de um comando da unidade central possam manter o controle completo do funcionamento de equipamentos externos. Por exemplo, o controle de velocidade de rotação de um motor poderia ser feito inteiramente por um terminal inteligente, evitando assim o tráfego de informações de seu controle pelo barramento. Destacamos a seguir os tópicos considerados importantes para complementar o desenvolvimento destes terminais inteligentes. São eles, os conceitos de controlador PID, o controle PWM e as interfaces digitais de entrada e saída.

### D.1 Controlador PID

PID é uma das mais utilizadas estratégias de controle na indústria (Pidtutorial). Um controlador PID consiste de três diferentes elementos. Estes três elementos fazem com que o PID seja conhecido como controlador de três termos:

**P** – Controle Proporcional

**I** - Controle Integral

**D** - Controle Derivativo

O Controle Proporcional (P) consiste do ajuste de ganho atuando em cima do sinal de erro para exercer controle sobre a entrada do sistema. Este termo é usado para ajustar a *velocidade* do sistema.

O Controle Integral (I) é implementado através da introdução de um integrador. Este termo é usado para fornecer a requerida precisão para o controle do sistema.

O Controle Derivativo (D) é normalmente utilizado para melhorar o *damping* no sistema. Este termo também amplifica o ruído existente o qual pode causar problemas que inclui instabilidade.

Função de Transferência do Controlador PID, incluindo os três termos é pode ser escrita como segue:

$$G_c(s) = \frac{K_p (T_i \cdot T_d \cdot s^2 + T_i s + 1)}{T_i s}$$

Onde:

$K_p$  é o ganho proporcional

$T_i$  é a constante integral de tempo

$T_d$  é a constante derivativa de tempo

Estes três valores podem ser ajustados para se conseguir uma melhor desempenho do sistema a ser controlado.

## D.2 Controladores PWM

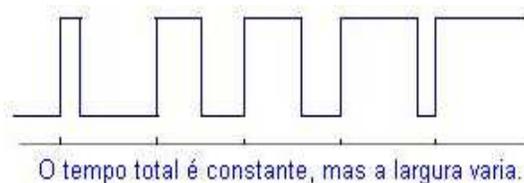
O termo PWM é a sigla para *Pulse Width Modulation* (Casemods e Oddparts), o qual é um *drive* de baixo custo utilizado para controlar a velocidade de um motor. Com um dispositivo PWM é possível chavear rapidamente um transistor de potência que controla de forma precisa o total de corrente que flui através de um motor.

Através de um sistema de realimentação, o PWM controla a tensão utilizada para gerar o campo de armadura de um motor, e assim controlar de forma precisa a velocidade deste motor.

A técnica PWM consiste na geração de uma seqüência de pulsos que guardam uma relação fixa entre os tempos (duração) em que estes permanecem em nível alto (on) e em nível baixo (off). Esta relação é conhecida por **duty cycle**: razão entre o tempo em nível alto e o tempo total.

Na prática, o ajuste de tempos consiste em controlar os instantes em que o pulso muda de nível, com cada pulso iniciando em intervalos regulares de tempo. O número de pulsos por segundo é chamado de freqüência. A idéia é manter a freqüência constante e ajustar a largura dos pulsos.

A Figura D-1 apresenta um trem de pulsos PWM. Note que a modulação é feita na largura dos pulsos.



**Figura D-1 - Ilustração de um trem de pulsos PWM.**

Uma vez que a freqüência é mantida constante e a largura do pulso é varia, esta técnica é

conhecida por PWM (Modulação por Largura de Pulso).

### D.3 Entrada e saídas digitais.

Para ligar ou desligar dispositivos externos como por exemplo, lâmpadas, relês, solenóides, aquecedores, válvulas, etc. são utilizadas saídas de chaves eletrônicas que são acionadas digitalmente. Este tipo de saída é também chamado de saída ON-OFF, ou seja LIGA-DESLIGA. Elas são formadas por dois fios, um com o sinal de alimentação do dispositivo e outro com a ligação para o dispositivo. Desta forma, o valor da voltagem de alimentação do dispositivo externo fica isolado e independente do circuito de controle. Para ligar ou desligar um dispositivo basta ao sistema de controle escrever no seu *bit* correspondente num registrador. A Figura D-2 ilustra um circuito característico de uma saída digital utilizando relê. Neste circuito um sinal digital vindo do controlador faz passar uma corrente na bobina do relê suficiente para fechar o circuito de alimentação do dispositivo externo. Ao retirar o sinal digital a corrente deixa de passar pela bobina, liberando assim o interruptor do circuito de alimentação do dispositivo externo. Este tipo de saída é especificada em função do limite máximo de voltagem e de corrente do circuito de alimentação externo e pelos níveis digitais (0, 1) de acionamento do relê.

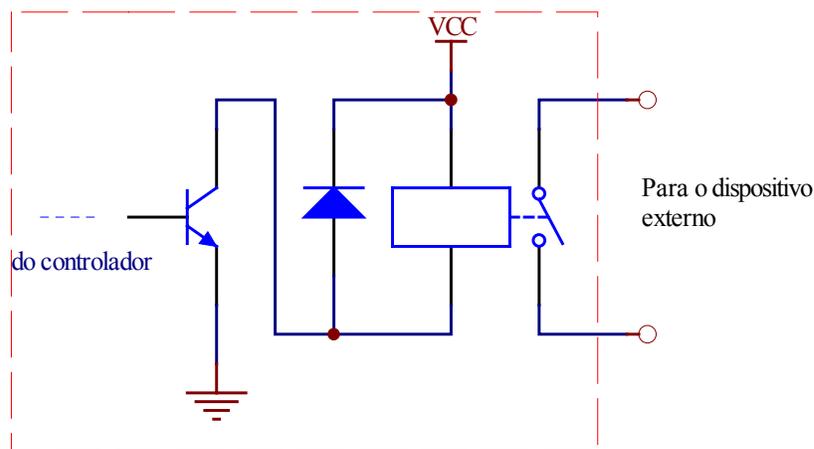
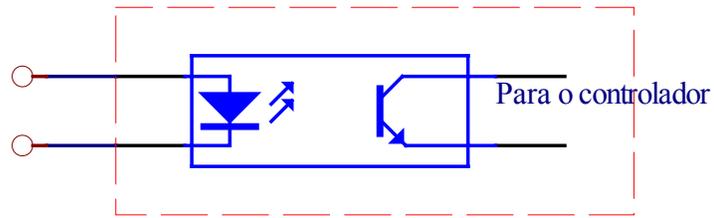


Figura D-2 - Circuito característico de uma saída digital.

Entradas digitais são importantes para o controle de sistemas. Elas permitem detectar valores dois estados possíveis num dispositivo externo – Ligado ou Desligado. Possíveis aplicações para este tipo de entrada são detectores de níveis, detectores de limites de excursão de dispositivo mecânico e sensores digitais. Em geral o circuito dos dispositivos externos são isolados do circuito do controlador através de, por exemplo, circuitos foto-acopladores como o da Figura D-3. Naquela figura, o circuito externo faz passar uma corrente no diodo do pare foto-acoplado, suficiente para

saturar o transistor do par. Este transistor por sua vez está ligado ao circuito do controlador em níveis elétricos compatíveis com o circuito deste.



**Figura D-3 - Circuito característico de uma entrada digital.**

## Apêndice E - Descrição dos comandos (mensagens).

Os comandos trocados entre o concentrador e os microterminais são compostos códigos compostos de campos de identificação, código do comando, campo reservado, parâmetros, dados e *check sum*.

A seguir são listadas as abreviações utilizadas na descrição dos campos dos comandos.

ACK – acknowledge  
CACK – ACK originado no concentrador  
COD - código do comando.  
CKS - check sum, cuja forma de cálculo será descrita mais adiante.  
DADO - dado.  
ENQ - requisição de dados.  
GRA – grandeza a ser controlada pelo PID.  
ID - identidade do dispositivo, na faixa entre 1 e 32.  
NAK - not acknowledge.  
PRM - parâmetro.  
RES - reservado.  
MACK – ACK originado no microterminal.  
% - percentual utilizado pelo PWM.

### E.1 Comandos sem dados/parâmetros

Os comandos sem parâmetros, em geral, são comandos de controle de estado dos microterminais. Por exemplo, comandos ENQ, ACK, NAK, acordar, adormecer, disparar timer, parar timer, reiniciar timer.

A Figura E-1 apresenta o formato e os campos para os comandos sem dados/parâmetros.

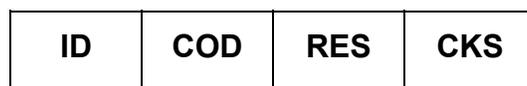


Figura E-1 - Formato e campos para os comandos sem dados/parâmetros.

### E.2 Comandos com um parâmetro

Os comandos com um parâmetro são, em geral, utilizados para comandos de sensoriamento.

Ler entrada digital - PRM = número da entrada

Ler entrada analógica - PRM = número da entrada

A Figura E-2 apresenta o formato e os campos para os comandos com um parâmetro.



**Figura E-2 - Formato e campos para os comandos com um parâmetro.**

### **E.3 Comandos com dois parâmetros**

Os comandos com dois parâmetros são, em geral, utilizados para comandos de atuadores.

Escrever na saída analógica - PRM1 = número da saída

PRM2 = %

Ativar PWM - PARM1 = número da saída

PARM2 = %

Escrever na saída digital - PRM1 = número da saída

PRM2 = configuração de bits

Carrega timer - PRM1 = tempo em mili segundos

PRM2 = número de múltiplos do PRM1

A Figura E-3 apresenta o formato e os campos para os comandos com dois parâmetros.

<b>ID</b>	<b>COD</b>	<b>RES</b>	<b>PRM1</b>	<b>PRM2</b>	<b>CKS</b>
-----------	------------	------------	-------------	-------------	------------

**Figura E-3 -Formatos e campos para comandos com dois parâmetros.**

### **E.4 Comandos com quatro parâmetros**

Com quatro parâmetros existe apenas um comando, o qual é utilizado pelo controlador PID.

Ativar PID – PRM1 = P (6 bytes)

PRM2 = I (6 bytes)

PRM3 = D (6 bytes)

PRM3 = GRA (6 bytes)

A Figura E-4 apresenta o formato e os campos para o comando com quatro parâmetros.

<b>ID</b>	<b>COD</b>	<b>RES</b>	<b>PRM1</b>	<b>PRM2</b>	<b>PRM3</b>	<b>PRM4</b>	<b>CKS</b>
-----------	------------	------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

**Figura E-4 - Formato e campos para o comando com quatro parâmetros.**

## E.5 Comandos com bloco de dados

A Figura E-5 apresenta o formato e os campos para os comandos com dados.

<b>ID</b>	<b>COD</b>	<b>RES</b>	<b>DADO</b>	<b>CKS</b>
-----------	------------	------------	-------------	------------

Figura E-5 - Formato e campos para os comandos com dados.

O número de bytes do bloco de dados é determinado de acordo com o tipo (COD) do comando.

O check sum é realizado utilizando-se o método do código de redundância cíclica (CRC) (tanenbaum, 1996).

## E.6 Dados relativos aos microterminais:

- Identidade (ID)
- Características físicas de comunicação.
- Estado (ativo/inativo)
- Tipo de terminal.
- Janela para o ENQ.(Existe nó que não precisa ser interrogado por longos intervalos de tempo: concentrador de dados de temperatura, por exemplo).

Estes dados podem ter uma configuração *default* (EPROM) ou pode ser passado pela rede (RAM).

## Apêndice F - Documentação do protótipo implantado

O código apresentado a seguir foi desenvolvido em linguagem assembly para o microcontrolador PIF 16F84 da MICROCHIP no ambiente de desenvolvimento MPLAB.

```
;*****
;*
;* Programa:          mictrm02.asm
;*
;* Autor :           J.J. Bandeira Filho
;*
;* Data  :           24/08/03
;*
;*
;* Este programa implementa um microterminal *
;* utilizado na Granja Querência
;*
;*
;*
;*****

list p=16F628
radix dec

#include <P16F628.INC>
ERRORLEVEL          -302          ;Nao exibe "Register in operand not in
bank 0.
;Ensure that bank bits are correct"

__config _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC

;***** definições das variáveis *****

cblock 20h
    temp01
    temp02
    estadtx          ;estado para transmissão do ID
    estadbp          ;estado do bypass
    flags
    contaum1
    contaum2
    ID
    txbuff
endc

;***** definição das constantes *****

W          equ    0
TEMPO      equ    50          ;cada bit dura 104 uS. Só que o
;prescaler é 1:2

#define     txidon      flags,0
#define     BANK0      bcf STATUS,RP0
#define     BANK1      bsf STATUS,RP0
#define     RxD2bit    PORTB,2
```

```

#define          TxD2bit PORTB,1
#define          RxD4bit PORTB,6
#define          TxD4bit PORTB,5
#define          led PORTB,3

;***** Memoria de Programa *****

        org      0
        goto     inicio

        org      4
isrt0:          ;reprograma o timer 0
        bcf      INTCON,T0IF
        movlw    .256-TEMPO
        movwf    TMR0
                                ;MEF para transmissão do ID

        movf     estadtx,W
        addwf    PCL,F
goto      est0
        goto     est1
        goto     est2
        goto     est3
        goto     est4
        goto     est5
        goto     est6
        goto     est7
        goto     est8
        goto     est9
        goto     est10

est0:          ;transmite start bit (0)
        bcf      TxD2bit
        movlw    1
        movwf    estadtx
        goto     tempo
                                ;transmite primeiro bit de dado
est1:
                                ;transmite segundo bit de dado
est2:
                                ;transmite terceiro bit de dado
est3:
                                ;transmite quarto bit de dado
est4:
                                ;transmite quinto bit de dado
est5:
                                ;transmite sexto bit de dado
est6:
                                ;transmite sétimo bit de dado
est7:
                                ;transmite oitavo bit de dado
est8:
                                ;é bit um?

        rrf      txbuff
        btfss    STATUS,C

```

```

um:      goto      zero
        ;transmite um!
        bsf       TxD2bit
        goto      estcont
zero:    ;transmite zero!
        bcf       TxD2bit
estcont: ;avança estado
        incf      estadtx,1
        goto      tempo
        ;transmite stop bit (1)
est9:   bsf       TxD2bit
        movlw     10
        movwf     estadtx
        goto      tempo
        ;transmite stop bit (1)
est10:  bsf       TxD2bit
        ;reinicia máquina de estados no início
        clrf      estadtx
        clrf      estadbp
        ;desabilita interrupções
        movlw     B'00000000'
        movwf     INTCON
        ;encerra transmissão do ID
        bcf       txidon
        ;recarrega ID
        movf      ID,W
        movwf     txbuff
tempo:  ;trata LED
trataled:
        btfss     led
        goto      acende
        ;led aceso?
apaga:  bcf       led
        retfie    ;apaga led
acende: ;acende led
        bsf       led
        retfie
;***** programa principal *****
inicio:
        BANK1
        clrf      PORTA
        clrf      PORTB

```

```

movlw      B'00001111'
movwf      TRISA

movlw      B'01000100'
movwf      TRISB
;desabilita todas as interrupções

movlw      B'00000000'
movwf      INTCON

movlw      .256-TEMPO
movwf      TMR0
; habilita geral e desabilita individual
movlw      B'10000000'
movwf      INTCON
;timer 0 clock interno
;e prescaler p/ Watch Dog (nao
usado)
movlw      B'11010000'
movwf      OPTION_REG
;retira pedido int. pendente
bcf        INTCON,T0IF
;habilita int. do timer 0
bcf        INTCON,T0IE

BANK0
;lê straps e monda ID
call       achaID

movwf      ID
movwf      txbuff
;programa delay de 1 segundo
movlw      0
movwf      tempo1
movlw      38
movwf      tempo2

;habilita transmissão do ID
bcf        txidon
clrf       contaum1
movlw      200
movwf      contaum2

;estado inicial
clrf       estadtx
clrf       estadbp

;máquina para o bypass
bypass:
movfw      estadbp
addwf      PCL,F
goto       estbp0
goto       estbp1
goto       estbp2
;neste estado, a máquina fica

```

```

;aguardando o start bit e bypassando
;assim que identifica um start bit
;muda de estado
estbp0:
    btfss RxD2bit        ;é um na 232?
    goto  estbp01        ;não é um! É um start bit
    bsf   TxD4bit        ;é um!
    goto  estbp02
estbp01:
    bcf   TxD4bit        ;não é um! É um start bit
    movlw 1              ;vai bypassar dados
    movwf estadbp
estbp02:
    btfss RxD4bit        ;é um na 485?
    goto  estbp03        ;não é um!
    bsf   TxD2bit        ;é um!
    goto  bypass
estbp03:
    bcf   TxD2bit        ;não é um!
    Goto  bypass
;Neste estado a máquina fica repassando
;os bits e fica esperando a linha voltar
;para o repouso
estbp1:
    btfss RxD2bit        ;é um na 232?
    goto  estbp11        ;não é um!
    bsf   TxD4bit        ;é um!
    decfsz          contaum1,F ;se contou 256x200 uns muda de
estado
    goto  estbp12
    decfsz          contaum2
    goto  estbp12
    movlw 200
    movwf  contaum2
    movlw 2
    movwf  estadbp
    goto  estbp12
estbp11:
    bcf   TxD4bit        ;não é um!
    clrf  contaum1
    movlw 200
    movwf  contaum2
estbp12:
    btfss RxD4bit        ;é um na 485?
    goto  estbp13        ;não é um!
    bsf   TxD2bit        ;é um!
    goto  bypass

```

```

estbp13:
    ;não é um!
    bcf      TxD2bit
    goto    bypass

estbp2:
    ; retira pedido int. pendente
    bcf      INTCON,T0IF
    ;reprograma o timer
    movlw   .256-TEMPO
    movwf   TMR0
    ; habilita geral e individual
    movlw   B'10100000'
    movwf   INTCON
    ;dispara transmissão do ID
    bsf     txidon

txid:
    btfsc   txidon
    goto    txid

    movlw   0
    movwf   estadbp

    goto    bypass

;*****
;*
;* Lê strap e devolve em W o caractere de identificação do microterminal
;*
;*
;*****

achaID:
    movlw   0xFF
    movwf   ID

    btfss   PORTA,0
    bcf     ID,0

    btfss   PORTA,1
    bcf     ID,1

    btfss   PORTA,2
    bcf     ID,2

    btfss   PORTA,3
    bcf     ID,3

    movfw   ID

    addwf   PCL,F
    retlw   "A"
    retlw   "B"
    retlw   "C"

```

```
retlw    "D"  
retlw    "E"  
retlw    "F"  
retlw    "G"  
retlw    "H"  
retlw    "I"  
retlw    "J"  
retlw    "K"  
retlw    "L"  
retlw    "M"  
retlw    "N"  
retlw    "O"  
retlw    "P"
```

```
END
```

## Apêndice G - Layout da Placa de Circuito Impresso

O *layout* apresentado a seguir foi desenvolvido utilizando-se o software **TANGO**.

O microcontrolador utilizado é o PIC 16F84 com cristal de 4 MHz. O driver RS232 é o MAX232 da MAXIM e o driver RS485 é o LTC491 da Linear Technology Co.

Os componentes utilizados na montagem dos protótipos são todos facilmente encontrados no mercado nacional. O custo total de cada protótipo (incluindo a placa de circuito impresso), não é maior que R\$ 70,00. A produção em maior escala reduzirá significativamente este valor.

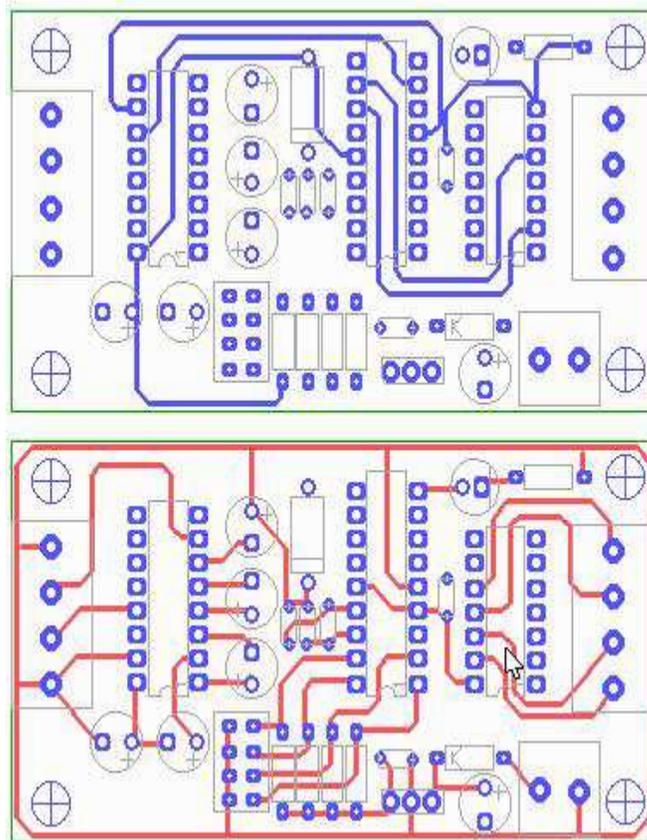


Figura G-1 - Lay-out do circuito

## **Apêndice H - Glossário**

**ACK** – *Acknowledge*. Sinal de reconhecimento de evento ou comando utilizado na comunicação entre dispositivos.

**ASCII** – *American Standard Code for Information Interchange*. Código usado pela maioria dos fabricantes de computadores, para representação de letras, números, sinais de pontuação e caracteres especiais.

**Atuador** – Dispositivo acionado eletricamente que controla uma variável física.

**Barramento** – Conjunto de fios que transportam bits relacionados a uma informação.

**Baud rate** – Termo utilizado para designar a taxa de transmissão ou recepção de bits em um sistema de comunicação. Em geral é medida em bps (*bits* por segundo)

**Bit** – Do inglês *binary digit*. Dígito no sistema numérico binário. Menor unidade de informação.

**bps** – *Bits* por segundo. Unidade de transferência de informação num sistema de comunicação, vide *baud rate*.

**Byte** – Conjunto de oito bits.

**Check sum** – Palavra especial utilizada com o propósito de verificação de erros, calculada pela soma de todas as outras palavras contidas em um bloco de informação.

**Chip** – Do inglês – pastilha. Termo genérico utilizado para designar um circuito integrado.

**Delphi** – Linguagem de programação em ambiente visual (*for Windows*) composta de objetos visuais e não visuais, orientada a eventos.

**EIA** – *Electronic Industries Alliance*.

**ENQ** – *Enquire*. Sinal de requisição de informação, utilizado na comunicação entre dispositivos.

**Ethernet** – Rede de transmissão de barramento, que permite uma operação de controle descentralizada à velocidade de 10 ou 100 Mbps.

**Firmware** – Programa residente em memória **ROM**.

**Hyper Terminal** – Programa que acompanha o sistema *windows* da MICROSOFT, utilizado para gerenciamento de comunicação pelas portas seriais do microcomputador.

**IEEE** – *Institute of Electrical and Electronics Engineers.*

**LAN** – *Local Area Network*

**MAN** – *Metropolitan Área Network.*

**Master** – Equipamento principal em um sistema; aquele que toma iniciativa e gerencia as transações entre os equipamentos do sistema.

**MICROCHIP** – Fabricante de dispositivos eletrônicos, incluindo uma extensa família de microcontroladores.

**Multi-drop** – Denominação para redes com multi-pontos.

**NAK** – *Not acknowledge.* Sinal de não reconhecimento de evento ou comando utilizado na comunicação entre dispositivos.

**OSI** – *International Organization for Standardization.*

**PIC** – Família de microcontroladores fornecidos pela MICROCHIP.

**RAM** – *Random Access Memory* - Memória de acesso aleatório utilizada para escrita e leitura de dados.

**Sensor** – Dispositivo que capaz de converter uma dada grandeza física em tensão ou corrente elétrica.

**TCP/IP** – *Transmission Control Protocol / Internet Protocol.*

**Transponder** – Dispositivo eletrônico capaz de se energizar com um sinal de RF e transmitir um novo sinal.

**Visual-Basic** – Linguagem de programação em ambiente visual (*for windows*) composta de objetos visuais e não visuais, orientada a eventos.

**WAN** – *World Area Network.*