

TESE

672

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SISTEMA COMPUTADORIZADO PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS

ANDRÉ LUIZ ZAMBALDE

Dissertação submetida à Escola Federal de Engenharia de Itajubá para obtenção do grau de Mestre em Ciências da Engenharia, Área de Concentração Eletrônica.

ITAJUBÁ - MG

1991

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELETRICA



SISTEMA COMPUTADORIZADO PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE  
DADOS AGROMETEOROLÓGICOS

ANDRÉ LUIZ ZAMBALDE

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À ESCOLA FEDERAL  
DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ PARA OBTENÇÃO  
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS DA  
ENGENHARIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO  
ELETRÔNICA.

ORIENTADOR : Prof. Luiz Edival de Souza

CO-ORIENTADOR : Prof. José Antonio Cortez

ITAJUBÁ - MG

1991





Ministério da Educação  
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ  
Reconhecida Lei 3232 05/01/1917

A N E X O I

PRONUNCIAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

A Banca Examinadora, abaixo assinada, nomeada por Portaria nº 383 de 06/11/91, considerando o resultado do Julgamento da Prova de Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: "Sistema Computadorizado para Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos" apresenta pronunciamento no sentido de que o Coordenador dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Federal de Engenharia de Itajubá solicite ao DRA (Departamento de Registro Acadêmico) a expedição do título de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica, na Área de Concentração de Eletrônica, satisfeitas as demais exigências regimentais, a André Luiz Zambalde.

Itajubá, 12 de Novembro de 1991.

Prof. Mario Benincasa  
1º Examinador - UNESP

Prof. Gilberto Lage  
2º Examinador - ESAL

Prof. Jose Antonio Cortez  
3º Examinador - EFEI

Prof. Luiz Edval de Souza  
4º Examinador - Orientador - EFEI



Ministério da Educação  
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

Reconhecida Lei 3232 05/01/1917

A N E X O I I

FOLHA DE JULGAMENTO DA BANCA EXAMINADORA

Título da Dissertação "Sistema Computadorizado para Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos"

Autor: André Luiz Zambalde

JULGAMENTO

EXAMINADORES	CONCEITO	RUBRICA
1º	A <sup>+</sup>	
2º	A <sup>+</sup>	
3º	A <sup>+</sup>	
4º	A <sup>+</sup>	

Resultado Médio: Conceito A<sup>+</sup> , ou seja, aprovado  
com distinção

Observações: \_\_\_\_\_

Itajuba, 12 de Novembro de 1991.

Prof. Mario Benincasa  
1º Examinador - UNESP

Prof. Gilberto Lage  
2º Examinador - ESAL

Prof. Jose Antonio Cortez  
3º Examinador - EFEI

Prof. Luiz Epival de Souza  
4º Examinador - Orientador - LFEI

Aos meus pais  
José e Deolinda  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

De agradecimentos e de dedicações, não faltam exemplos em nossa vida, sobretudo na realização de um trabalho, e não falta a certeza de estar sendo obrigado a muitos dos fatos da vida.

Deus professor Luiz Edval de Souza e José Antonio Cortes são, com muita competência e dedicação, orientadores neste trabalho.

Deus professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Estruturas do Instituto Federal de Engenharia de São Carlos e do curso de Engenharia de Estruturas.

Deus professor Paulo Castro Neto do Departamento de Estruturas da Escola Superior de Agricultura de Lorena, pelo apoio e administração de confiança.

Deus senhoras Nardoni, Palovina, Sereia de Moraes e Sereia Oliveira pela constante atenção e hospitalidade sempre em atividades.

Deus senhoras Dirice, Roberto, Leonardo, Ricardo de Oliveira, Silvana, André, Mauro, Rosângela e Paulo, sempre em atividades e visitas.

Deus colegas do Departamento de Estruturas da Escola Superior de Agricultura de Lorena, pelo apoio e administração de confiança em atividades.

Deus senhoras Patrícia de Azevedo e Carolina pelo apoio e administração de confiança em atividades.

À minha esposa Ana e  
à minha filha Érika  
ofereço.

## AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos e a dedicatória são facilmente o passo mais agradável na confecção de um trabalho. É bom ter a chance de dizer "muito obrigado" àqueles que tanto ajudaram.

Aos professores Luiz Edival de Souza e José Antonio Cortez que, com muita competência e dedicação, orientaram este trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Eletrônica da Escola Federal de Engenharia de Itajubá pelo suporte oferecido.

Ao professor Pedro Castro Neto do Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura de Lavras pelo apoio e demonstração de confiança.

Aos consultores Marconi Palmeira Bezerra de Menezes e Dauster Oliveira pela constante atenção e disposição sempre que solicitados.

Aos amigos Carlos Roberto Lombardi, Ricardo de Oliveira, Gilberto Adão, Mauro Mazzarino e Fábio Jornada pela paciência e amizade.

Aos colegas do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Sr. Domingos Pereira de Abreu e D. Vincentina de Carvalho pela inestimável ajuda.

À CAPES-PICD pelo apoio financeiro.

## CONTEÚDO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	001
1.1. Considerações Básicas.....	001
1.2. Objetivos.....	003
1.3. Apresentação.....	004
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	005
2.1. Dado Meteorológico.....	005
2.2. Estações Meteorológicas.....	006
3. HARDWARE.....	010
3.1. Introdução.....	010
3.2. Estação Remota.....	011
3.2.1. Descrição Geral.....	011
3.2.2. Transdutores.....	012
3.2.2.1. Radiação Solar.....	013
3.2.2.2. Temperatura.....	016
3.2.2.3. Umidade.....	018
3.2.2.4. Vento.....	020
3.2.2.5. Precipitação.....	021
3.2.2.6. Aspecto do Conjunto de Transdutores..	023

3.2.3.	Microcomputador.....	024
3.2.4.	Módulos de Interfaceamento.....	026
3.2.4.1.	Módulo Principal (decodificação).....	027
3.2.4.2.	Módulo Pluviômetro Digital.....	030
3.2.4.3.	Módulo Anemômetro Digital.....	031
3.2.4.4.	Módulo Conversor Analógico Digital...	032
3.2.4.5.	Módulo Radiação Global.....	035
3.2.4.6.	Módulo Radiação Líquida.....	037
3.2.4.7.	Módulo Termopar.....	038
3.2.4.8.	Módulo Seleccionador de Termopares....	040
3.2.5.	Alimentação.....	042
3.3.	Comunicação de Dados.....	043
3.3.1.	Descrição Geral.....	043
3.3.2.	Métodos de Comunicação.....	044
3.3.3.	Módulo Interface Serial.....	047
3.3.4.	Sistemas Modulados.....	053
3.3.5.	Módulo FM.....	057
3.4.	Estação Central.....	061
3.4.1.	Descrição Geral.....	061
3.4.2.	Estruturas/Conexões.....	062
3.4.3.	Interface Serial.....	064
<b>4.</b>	<b>SOFTWARE.....</b>	<b>066</b>
4.1.	Introdução.....	066
4.2.	Protocolo de Comunicação.....	067
4.2.1.	Descrição Geral.....	067
4.2.2.	Enlaces e Códigos de Comunicação.....	068
4.2.3.	Um Protocolo Aplicado ao Sistema.....	070
4.3.	Estação Remota.....	074
4.3.1.	Descrição Geral.....	074
4.3.2.	Configuração/Inicialização.....	075
4.3.3.	Temporização.....	078
4.3.4.	Aquisição/Armazenamento de Dados.....	080
4.3.5.	Comunicação.....	083

4.4. Estação Central.....	088
4.4.1. Descrição Geral.....	088
4.4.2. Inicialização.....	089
4.4.3. Temporização.....	090
4.4.4. Comunicação.....	091
4.4.5. Tratamento de Dados.....	100
4.4.6. Outras Opções.....	107
4.4.7. Referências para Instalação do Usuário.....	
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	108
5.1. Introdução.....	108
5.2. Resultados.....	109
5.3. Discussão.....	121
5.3.1. Estação Remota.....	121
5.3.2. Sistema de Comunicação.....	122
5.3.3. Estação Central.....	124
6. CONCLUSÕES.....	125
7. ANEXOS.....	126
7.1. Software : Estação Central Gráficos.....	126
8. BIBLIOGRAFIA.....	140

## LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
3.3.1. Modems : Padronização Bell e CCITT.....	055
3.4.1. Sinais do Padrão RS-232C.....	064
4.3.1. Porta \$E0 : Habilitação de Interrupções.....	083
4.4.1. Parâmetros para Inicialização do USART.....	092
3.2.2. Pirradiômetro - Radiação Global.....	093
3.2.3. Pirradiômetro - Radiação Difusa.....	093
3.2.4. Pirradiômetro - Radiação Direta.....	093
3.2.5. Termômetro - Temperatura.....	093
3.2.6. Anemômetro - Velocidade do Vento.....	093
3.2.7. Pluviômetro - Precipitação.....	093
3.2.8. Fios de Constante de Transformação.....	093
3.2.9. Diagrama de Blocos - Estrutura do Microcomputador Base.....	094
3.2.10. Módulo Principal - Decodificação.....	097
3.2.11. Barramento de Interconexão.....	098
3.2.12. Módulo Multiplexador Digital.....	099
3.2.13. Módulo Analisador Digital.....	099
3.2.14. Módulo Armazenador Digital.....	099
3.2.15. Sistema Completo de Análise/Conversão de Dados Analógicos utilizando o ADC0804.....	099
3.2.16. Módulo Conversor Analógico Digital.....	099
3.2.17. Módulo Radiação Global.....	099
3.2.18. Módulo Radiação Direta.....	099
3.2.19. Circuito de Medição de Temperatura Referenciada a Zero Graus.....	099
3.2.20. Circuito de Medição de Temperatura utilizando-se a compensação.....	099
3.2.21. Módulo Termistor.....	099
3.2.22. Módulo - Multiplexação Direta de Sinais de Dados Tenso - Temperatura.....	099
3.2.23. Módulo Selecionador de Temperaturas.....	099
3.2.24. Diagrama de Blocos - Porta CC.....	099
3.2.25. Conversão de Dados - Módulo Geral.....	099

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
3.1.1. Hardware do Sistema de Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos.....	010
3.2.1. Estação Remota : Aquisição de Dados.....	011
3.2.2. Radiação Solar : Global e Líquida.....	013
3.2.3. Piranômetro : Radiação Global.....	014
3.2.4. Pirradiômetro: Radiação Líquida.....	015
3.2.5. Termopar : Temperatura.....	018
3.2.6. Psicrômetro : Umidade.....	019
3.2.7. Anemômetro : Velocidade do Vento.....	021
3.2.8. Pluviômetro : Precipitação.....	022
3.2.9. Aspecto do Conjunto de Transdutores.....	023
3.2.10 Diagrama em Blocos : Estrutura do Microcomputador Remoto.....	024
3.2.11. Módulo Principal : Decodificação.....	027
3.2.12. Barramento de Interconexão.....	028
3.2.13. Módulo Pluviômetro Digital.....	030
3.2.14. Módulo Anemômetro Digital.....	031
3.2.15. Sistema Completo de Aquisição/Conversão de Dados Analógicos utilizando o ADC-0800.....	032
3.2.16. Módulo Conversor Analógico Digital.....	034
3.2.17. Módulo Radiação Global.....	035
3.2.18. Módulo Radiação Líquida.....	037
3.2.19. Circuito de Medição de Temperatura, Referência a Zero Graus.....	038
3.2.20. Circuito de Medição de Temperatura, Utilizando-se a compensação.....	038
3.2.21. Módulo Termopar.....	039
3.2.22. Relés : Multiplexação Direta de Sinais de Baixa Tensão : Termopares.....	040
3.2.23. Módulo Seleccionador de Termopares.....	041
3.2.24. Diagrama em Blocos : Fonte CC.....	042
3.3.1. Comunicação de Dados, Aspecto Geral.....	043

3.3.2.	Transmissão Paralela de Dados.....	044
3.3.2.	Transmissão Serial de Dados.....	044
3.3.4.	Formato Assíncrono, Marca/Espaço.....	046
3.3.5.	Módulo Interface Serial : Estação Remota.....	047
3.3.6.	Pinagem e Diagrama em Blocos : USART.....	048
3.3.7.	Registro de Modo para Operação Assíncrona.....	050
3.3.8.	Registro de Comando Operação Assíncrona.....	051
3.3.9.	Registro de Status do USART.....	052
3.3.10.	Formas de Onda para a Modulação.....	053
3.3.11.	Uso do Modem.....	054
3.3.12.	Módulo FSK.....	056
3.3.13.	Módulo FM.....	057
3.3.14.	Dipolo de Meia Onda.....	058
3.3.15.	Recepção de Dados : Estação Central.....	059
3.3.16.	Recepção de Dados : Estação Remota.....	060
3.3.17.	Ligação Direta Remota ↔ Central.....	060
3.4.1.	Estação Central : Módulos Básicos.....	061
3.4.2.	Componetes do Computador Central.....	062
3.4.3.	Painel Traseiro : Estação Central.....	063
3.4.4.	Conector RS-232C ou DB-25, Indicação do Ponto de Ligação no Painel Traseiro do Microcomputador Central.....	064
4.2.1.	Tipos de Enlace.....	068
4.2.2.	Código ASCII.....	069
4.2.3.	Código EBCDIC.....	070
4.2.4.	Estrutura do Quadro de Comunicação.....	072
4.2.5.	Cenário da Comunicação de Dados.....	073
4.3.1.	Estrutura Modular : Estação Remota.....	074
4.3.2.	Programa Principal : Algoritmo.....	077
4.3.3.	Subrotina Acerta Relógio.....	079
4.3.4.	"Buffer" : Memória RAM.....	080
4.3.5.	Subrotina Aquisição/Armazenamento.....	082
4.3.6.	Subrotina Atende Interrupção.....	084
4.3.7.	Subrotinas de Recepção, Transmissão e Armazenamento/Teste de Dados : Estação Remota.....	085

4.3.8.	Subrotina para Transmissão de Dados em Tempo Real : Estação Remota.....	086
4.3.9.	(a) Subrotina Dados da Hora.....	087
4.3.9.	(b) Subrotina Dados do Dia.....	087
4.3.9.	(c) Subrotina Todos os Dados.....	087
4.4.1.	Estrutura Modular : Estação Central.....	088
4.4.2.	Menu Principal : Estação Central.....	089
4.4.3.	Menu Ativar Aquisição.....	091
4.4.4.	Subrotina Ativar Aquisição.....	094
4.4.5.	Subrotina Aguarda Resposta.....	095
4.4.6.	Menu Recepção de Dados.....	096
4.4.7.	Subrotina Receber Dados.....	097
4.4.8.	Subrotina TX_Info(Opção).....	098
4.4.9.	Subrotina Rx_Treal.....	099
4.4.10.	Subrotina Arquivar Dados.....	100
4.4.11.	Matriz de Dados.....	101
4.4.12.	Arquivo de Dados : Temperatura.....	104
4.4.13.	Subrotina Tratamento de Dados.....	105
4.4.14.	(a) Tabela/Relatório.....	106
4.4.14.	(b) Saída Gráfica.....	106
4.4.15.	Menu Principal : Opção HELP.....	107
5.1.1.	Apresentação Final do Equipamento.....	108
5.2.1.	Dados Aquisitados : Estação Remota.....	111
5.2.2.	Dados Recebidos : Estação Central.....	112
5.2.3.	(a) Opção : Ativar Aquisição.....	113
5.2.3.	(b) Atualizar Data e Hora.....	113
5.2.3.	(c) Envio de Dados.....	114
5.2.3.	(d) Recepção : Comunicação Correta.....	114
5.2.3.	(e) Recepção : Erro na Comunicação.....	115
5.2.4.	(a) Opção : Receber Dados.....	115
5.2.4.	(b) Opção : Em Tempo Real.....	116
5.2.4.	(c) Em Tempo Real : Envio de Dados.....	116
5.2.4.	(d) Recepção : Comunicação Correta.....	117
5.2.4.	(e) Recepção de Dados : Em Tempo Real.....	117
5.2.4.	(f) Saída de Dados : Estação Central.....	118
5.2.5.	(a) Dados Reais 19/07/91 - 09:00 Horas.....	118

5.2.5. (b) Dados Reais 19/07/91 - 12:00 Horas..... 119  
5.2.5. (c) Dados Reais 19/07/91 - 15:00 Horas..... 119  
5.2.6. Arquivo Temperatura : 01/08/91..... 120  
5.2.6. Gráfico Temperatura : 01/08/91..... 120  
5.3.1. Rede de Aquisição de Dados..... 122

Definida a metodologia de aquisição de dados, a seguir se descreve a implementação da aquisição de dados reais nos sistemas computacionais. Essa aquisição é feita de forma contínua em intervalos de tempo e não é possível a obtenção de dados de difícil acesso.

Este trabalho descreve os métodos que permitem a coleta de dados digitais em tempo real, de forma contínua e em intervalos de tempo, em sistemas de aquisição de dados, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real.

O sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real.

O sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real, com o uso de um sistema de aquisição de dados em tempo real.

Os dados reais são armazenados em disco, possibilitando a formação de uma base para análise e cálculos posteriores.

Relatórios, gráficos, edição, exclusão e outras operações, editores, minutas, impressão de arquivos, entre outros, podem ser facilmente obtidos a partir dos arquivos organizados.

## RESUMO

Áreas de pesquisa tais como a Biologia, Hidrologia, Geofísica, Oceanografia, Meteorologia e Agrometeorologia, requerem a representação numérica, de muitas variáveis, em meios compatíveis com sistemas computacionais. Essas variáveis são em geral sinais que variam lentamente com o tempo e estão disponíveis em regiões de difícil acesso.

Este trabalho descreve um sistema que permite a coleta e gravação digital remota, em memória RAM, de sinais analógicos e digitais, provenientes de sensores específicos, para transmissão, em tempo real ou posterior, a microcomputadores modelo IBM-PC, com entrada serial padrão RS-232C.

O sistema completo consiste em uma unidade central, baseada em microcomputador, comandando e recebendo dados de uma unidade remota, baseada em microprocessador, via canal de rádio modulado em frequência.

O protocolo físico é serial assíncrono "half-duplex", permitindo a transferência de bytes a 300 bps, paridade par. Cada byte é precedido de um "start-bit" e encerrado por dois "stop-bits".

Os dados recebidos são armazenados em disco, possibilitando a formação de uma base para análise e cálculos posteriores.

Relatórios, gráficos, médias escalares, médias vetoriais, máximos, mínimos, frequência de ocorrência entre parâmetros e totalização podem então ser facilmente obtidos a partir dos arquivos organizados.

## ABSTRACT

Research areas such as Biology, Hydrology, Geophysics, Oceanography, Meteorology and Agrometeorology, require a numerical representation of many variables in compatible means with computer systems. In general those variables are signals which change slowly according to the time and are available in far-reaching regions as well.

This work was carried out with the objective of describing a system which enables both the remote digital recording and acquisition, in a RAM memory, of analogical and digital signals from specific transducers to be transmitted, in real time or further, to IBM-PC microcomputers with model RS-232C serial input.

The system consists in a central unit, based on a microcomputer, which tells the machine what to do as well as receives data from a remote unit, based on a microprocessor, through radio channel modulated in frequency.

The physical protocol is a "half-duplex" serial assincronon through which bytes at 300 bps, even parity. Each byte is in order for one "start-bit" and ended by two "stop-bits".

Data are received and stored in discs, thus enabling a data base for further analysis and calculations.

Reports, graphics, scalar averages, vetorial averages, maximum and minimum, occurrence and frequency between parameters as well as totalization can be obtained from the organized files.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações Básicas

De um modo geral, a Meteorologia pode ser definida como a "Ciência da atmosfera", a que estuda os fenômenos ocorridos na atmosfera.

Meteorologia Agrícola ou Agrometeorologia, é o ramo da Meteorologia que investiga as respostas das plantas ao meio atmosférico com objetivo principal de melhorar a produção agrícola.

O aumento da produção agrícola pode ser obtido de três formas: ampliando-se a área cultivada, intensificando-se o uso das áreas cultivadas já existentes e aumentando-se a produtividade. Nas três, informações sobre as relações entre o clima e a cultura são de extrema importância, uma vez que cada cultura tem suas exigências climáticas, isto é, necessita que os valores de certos "fenômenos" meteorológicos (temperatura do ar e solo, radiação solar, precipitação, velocidade do vento, umidade relativa do ar, etc) atinjam níveis considerados ótimos para que seu potencial genético de produção revele-se máximo.

O estudo do comportamento de qualquer fenômeno é feito a partir do instante em que se dispõe de dados, em quantidade suficiente, para permitir sua caracterização temporal e espacial.

Para se obter dados, é evidente que se deve medir as grandezas, ou seja o efeito das variáveis analisadas que podem levar à estimativa quantitativa. Isto é feito através de transdutores (ou sensores) capazes de converter essas grandezas em sinais elétricos.

A necessidade de automatização dos métodos de coleta de dados leva ao desenvolvimento de sistemas de aquisição, armazenagem e transferência de dados.

Microprocessadores permitem a utilização de sistemas computadorizados de aquisição e análise de dados.

Basicamente, deve-se efetuar a monitoração contínua e automática das variáveis meteorológicas, armazená-las e transmiti-las, por meios convencionais, a uma central para tratamento e análise.

Na literatura agrometeorológica já se tem conhecimento de vários sistemas de monitoração, baseados em microcomputador, com facilidades de gravação digital dos dados e recursos de comunicação, constantemente utilizados em pesquisas e estudos agrícolas (análise de épocas de semeadura, colheita, pulverização, estudo de variedades agrícolas, projetos de irrigação, etc).

Tais sistemas constituem-se especialmente úteis, também no acompanhamento e estudo de fenômenos nas áreas de biologia, física e geofísica (NETO, 1981), particularmente em :

-Ecologia : apoio ao estudo do impacto ambiental. Monitoramento de parâmetros de qualidade de água e ar (poluição do ar, poluição dos rios e mares), incêndios em florestas, etc.

-Hidrologia : apoio ao estudo de bacias hidrográficas. Vazão e nível da água de rios e lagos, temperatura da água, etc.

-Geologia : estudo da inércia térmica dos diversos tipos de solos, predição e acompanhamento de terremotos, erupções vulcânicas, etc.

-Oceanografia : temperatura e salinidade da água em diversas profundidades, velocidade e direção de correntes marítimas, nível ambiental de ruído acústico, detecção de cardumes através de ecossonador, etc.

-Meteorologia : apoio ao estudo de previsão do tempo. Medição da pressão atmosférica, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, temperatura do ar, etc.

Uma outra utilização é o monitoramento das condições meteorológicas dos aeroportos, permitindo que, através de transdutores conectados a um micro dedicado, a torre de controle do aeroporto tenha - em tempo real - controle de todos os componentes meteorológicos que influenciam na decolagem e pouso de um avião.

## 1.2. Objetivos

A documentação existente sobre sistemas de aquisição e análise de dados (agrometeorológicos e outros), restringe-se primordialmente à descrição do funcionamento dos mesmos, sendo o grau de dificuldade para conseguir documentos mais detalhados muito grande.

Neste contexto, os objetivos deste trabalho são: implementar, descrever e avaliar um Sistema Computadorizado para Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos.

O sistema consiste em uma estação remota de aquisição de dados e uma estação central para tratamento e análise dos mesmos.

A estação remota de aquisição, baseada em microprocessador, deverá ser capaz de sensorar e medir: velocidade do vento, temperatura do ar, temperatura do solo em vários níveis, precipitação pluviométrica, radiação solar líquida, radiação solar global e umidade relativa do ar.

Os dados adquiridos deverão ser enviados, via canal de rádio modulado em frequência, à estação central.

A estação central, baseada em microcomputador IBM-PC e/ou compatíveis, é responsável pela recepção e tratamento dos dados.

O software disponível deverá apresentar uma interface homem-máquina amigável permitindo, por exemplo, a supervisão dos dados em tempo real e/ou gravação em discos, possibilitando a formação de uma base de dados para análise e cálculos posteriores (tabelas, gráficos, etc).

### 1.3. Apresentação

No Capítulo 1 faz-se um breve relato de alguns aspectos da relação clima/produção agrícola e da necessidade de aquisição e estudo dos mesmos. Descreve-se os objetivos principais da dissertação e apresenta-se a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 traz a revisão bibliográfica. Aspectos básicos, tais como a necessidade do dado meteorológico e de estações (micro) meteorológicas.

No Capítulo 3 tem-se a descrição do hardware de todo o sistema de aquisição e análise de dados agrometeorológicos : estação remota, sistema de comunicação e estação central.

O Capítulo 4 apresenta o software : comunicação de dados (protocolo), algoritmos de aquisição, tratamento e análise de dados.

No Capítulo 5 faz-se a análise e discussão dos resultados obtidos, baseado-se no equipamento implementado em laboratório.

O Capítulo 6 apresenta as principais conclusões.

Por fim, temos os anexos e a bibliografia.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Dado Meteorológico

A produção agrícola é substancialmente afetada pelas condições atmosféricas. Esta influência se faz sentir nas fases de plantio, crescimento, frutificação e colheita dos produtos agrícolas. Mesmo depois de colhidos, a sua conservação e armazenamento continuam sendo afetados pelas condições atmosféricas.

Com o desenvolvimento da meteorologia agrícola foi possível conhecer-se o efeito dos principais fatores meteorológicos nos organismos vegetais.

Embora existam estas relações de causa e efeito, seu uso fica na dependência da existência de dados meteorológicos. Sem eles não é possível, por exemplo, avaliar quando as precipitações estão ou não sendo suficientes para atender a demanda de água das culturas, ou se a temperatura e umidade do ar são favoráveis ou não ao aparecimento de determinada doença.

Assim, a existência do dado meteorológico é condição essencial para o emprego de métodos climáticos na moderna agricultura (TUBELIS, 1988a).

Segundo HAYHOE & BALCHIN (1987), dados agrometeorológicos em tempo real podem ser empregados para estimar exigências de água das culturas, desenvolvimento de culturas, "stress" do gado e índices de secagem do feno. Podem ser úteis também na determinação da época de pulverização, para controle de doenças e pragas em plantações, por exemplo.

A necessidade de automatização dos métodos de coleta de dados meteorológicos leva ao desenvolvimento de sistemas computadorizados de aquisição, armazenagem e transferência de dados. O desenvolvimento de um sistema de aquisição compreende construção ou adaptação de sensores, interfaceamento de sensores com microcomputador, condicionamento de sinal, armazenagem e transmissão de dados (BRITO, 1987).

Entretanto, a diversidade de situações e climas traz sérios inconvenientes à padronização de equipamentos de medição remota, conseqüentemente dificultando a formação de redes meteorológicas e elevando o custo de tais instrumentos devido a necessidade de projetos especiais para cada caso.

## 2.2. Estações Meteorológicas

Um modelo de microcomputador para ser utilizado como unidade de aquisição, controle, armazenamento, processamento e comunicação de dados em subsistemas remotos de coleta de dados é descrito por NETO (1981).

Em seu trabalho RODRIGUES et al. (1982), apresenta um sistema para aquisição de dados ambientais em fita cassete. Segundo o autor o sistema permite a gravação, em fita cassete, de sinais analógicos ou digitais e fornece uma saída compatível com a maioria dos sistemas computacionais. O equipamento é composto de sensores e interfaces, coletor de dados e leitora /interface para computador. A saída pode ser, uma impressão dos valores das variáveis físicas em um sistema de unidades conveniente, indicando a data e o instante de cada medida.

As principais vantagens deste sistema baseiam-se no grau de automatização que elimina a necessidade de assistência permanente de operador no processo, como permite a recuperação direta e rápida (via fita cassete) da informação. Talvez a grande restrição com relação ao equipamento venha a ser a falta de recursos de comunicação para aplicações em tempo real.

Um sistema de aquisição de dados com a utilização de microcomputador, foi implementado por ARLINO et Al. (1987). Neste sistema os sensores podem ser de qualquer tipo, mas devem estar condicionados para que suas saídas sejam em tensão analógica ou em pulsos digitais. Os dados provenientes dos sensores são lidos em intervalos preestabelecidos e armazenados na memória da própria estação, para posterior transmissão serial RS-232C.

O sistema proposto possui recursos de comunicação local e de recuperação de dados em tempo real. Entretanto, recursos de comunicação a longa distância (telefone, rádio, etc) não foram citados ou não se encontram disponíveis, o que sugere a presença, quase que constante, de um operador.

Segundo LYRA & SCHENDEL (1983) em muitas aplicações de aquisição e controle de dados faz-se necessário um sistema local, com baixa taxa de amostragem, distribuído geograficamente.

Ou seja, divide-se a tarefa de aquisição de dados em uma parte, em tempo real, que é tratada por microcomputadores dedicados em configuração simples, sem memória de massa; e outra parte, não tão crítica no tempo, porém exigindo maior complexidade de cálculos e uso de discos ou outros periféricos de maior custo, tratada por um microcomputador central.

Os microcomputadores dedicados interligam-se ao microcomputador central através de um sistema de comunicação composto de hardware e software específicos (programas monitores em linguagem de máquina e pacotes de subrotinas em linguagem de alto nível).

A produção de equipamentos avançados, afirmam HAYHOE & BALCHIN (1987), tem facilitado a utilização e implementação de "Redes Automáticas de Dados de Tempo", próximas de tempo real. Em Nebraska, continuam os autores, dados são recuperados de estações "automatizadas" de tempo, através de microcomputadores que, via linhas telefônicas, "discam" automaticamente um código e interligam-se com uma estação central, transmitindo os dados; que são checados, classificados, arquivados e retransmitidos via redes computadorizadas de gerenciamento agrícola.

HOWELL et Al. (1981) descreve os processos necessários para instalação de uma rede de "Estações de Tempo" com o propósito de gerenciar sistemas de irrigação. Cada estação tem acesso a sistemas de alimentação especiais, afim de que linhas telefônicas, para comunicação on-line, sejam utilizadas pela rede. Tais equipamentos de comunicação, segundo os autores, são fáceis de se encontrar em áreas de produção agrícola.

Transmitir informações como temperatura, velocidade do vento, PH, pressão ou qualquer outra grandeza física à distância, sem usar meios materiais, é um problema da telemetria.

Pode-se dar como exemplo um caso de pesquisa científica em que se necessita tomar periodicamente a medida de temperatura de um local de difícil acesso ou então monitorar o nível de água num pluviômetro. Em lugar do pesquisador ter que se deslocar até o local em intervalos regulares, um dispositivo telemétrico "transmite" automaticamente, por ondas de rádio, as informações desejadas, que são anotadas numa estação receptora (BRAGA, 1987).

A avaliação de um sistema comercial de aquisição, recuperação e armazenamento de dados agrometeorológicos que utiliza rádio-telemetria em lugar de linhas telefônicas, também é feita por HAYHOE & BALCHIN (1987). Segundo os pesquisadores, o sistema é tão seguro e economicamente viável quanto linhas telefônicas. E mais, a rádio-telemetria torna o sistema de aquisição (aquisitor) móvel. Isto faz com que parâmetros agrometeorológicos possam ser monitorados "in situ", na plantação, localização de pomar ou outra área remota, onde não se encontram linhas telefônicas disponíveis.

Utilizando o princípio da telemetria BANDYOPADHYAY et Al. (1989), desenvolveu e testou um sistema de aquisição de dados, baseado em microprocessador, para monitoração contínua e automática do nível de poluição da água de rios, lagos e represas. O equipamento implementado consiste de dois conjuntos físicos isolados: um na água, instalado em uma boia flutuante, coletando e transmitindo dados. O outro na terra, recebendo os dados via rádio. Devidamente testado, o equipamento teve performance considerada satisfatória pelos autores.

A "Estação Micro-Meteorológica - ESMET", de CARVALHO & SANTOS (1988), destina-se à realização de medidas micro meteorológicas em campos experimentais agrícolas. O sistema utiliza técnicas e padrões de aquisição de dados empregados em "Plataformas de Coleta de Dados", viabilizando o seu uso em regiões de difícil acesso através da recepção via satélite.

Usualmente, no entanto, a coleta de dados é realizada via microcomputador dedicado através de uma interface serial RS-232C, o que possibilita o uso de um micro genérico, desde que dotado de uma interface serial.

Em seu trabalho FEITOSA et Al. (1987), descreve um modelo de estação meteorológica, baseada em microcomputador e um ou mais dispositivos de comunicação de dados, junto a um grupo de sensores, dispositivos e padrões de aquisição de dados para aplicações nas áreas de Climatologia, Agricultura e Controle de Poluição.

Um sistema completo de aquisição de dados, baseado em FEITOSA et Al. (1987), com microprocessador, que faz amostragens dos sensores instalados, processa e grava os dados de forma digital em um cartucho de memória sólida tipo EPROM. Apresentando também saída serial para comunicação via linha telefônica, rádio ou satélite é comercializado no país pela HOBECO (1990).

Pode-se afirmar que o conjunto de sistemas de aquisição e análise de dados já implementados no país (e exterior) é muito grande.

Entretanto, a documentação existente, em nível de hardware e principalmente de software, deixa muito a desejar. Uma vez que restringe-se primordialmente à descrição do funcionamento do subsistema remoto de aquisição de dados. E, mesmo aqui, o grau de dificuldade para se conseguir documentos mais detalhados é muito grande.

Em nenhum dos trabalhos pesquisados foram encontradas, por exemplo, ilustrações demonstrando a utilização de pacotes ou programas específicos de aplicação gráfica.

O mesmo ocorrendo com relação a detalhes sobre o protocolo de comunicação, ligação direta, telefone, rádio ou satélite.

### 3. HARDWARE

#### 3.1. Introdução

Um Sistema de Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos, baseado na utilização de estações remota e central, pode ser composto de subsistemas tais como os apresentados na figura 3.1.1.

- Estação Remota : Aquisição de dados.
- Sistema de Comunicação: Transmissão/Recepção de Dados
- Estação Central : Tratamento e análise de Dados.

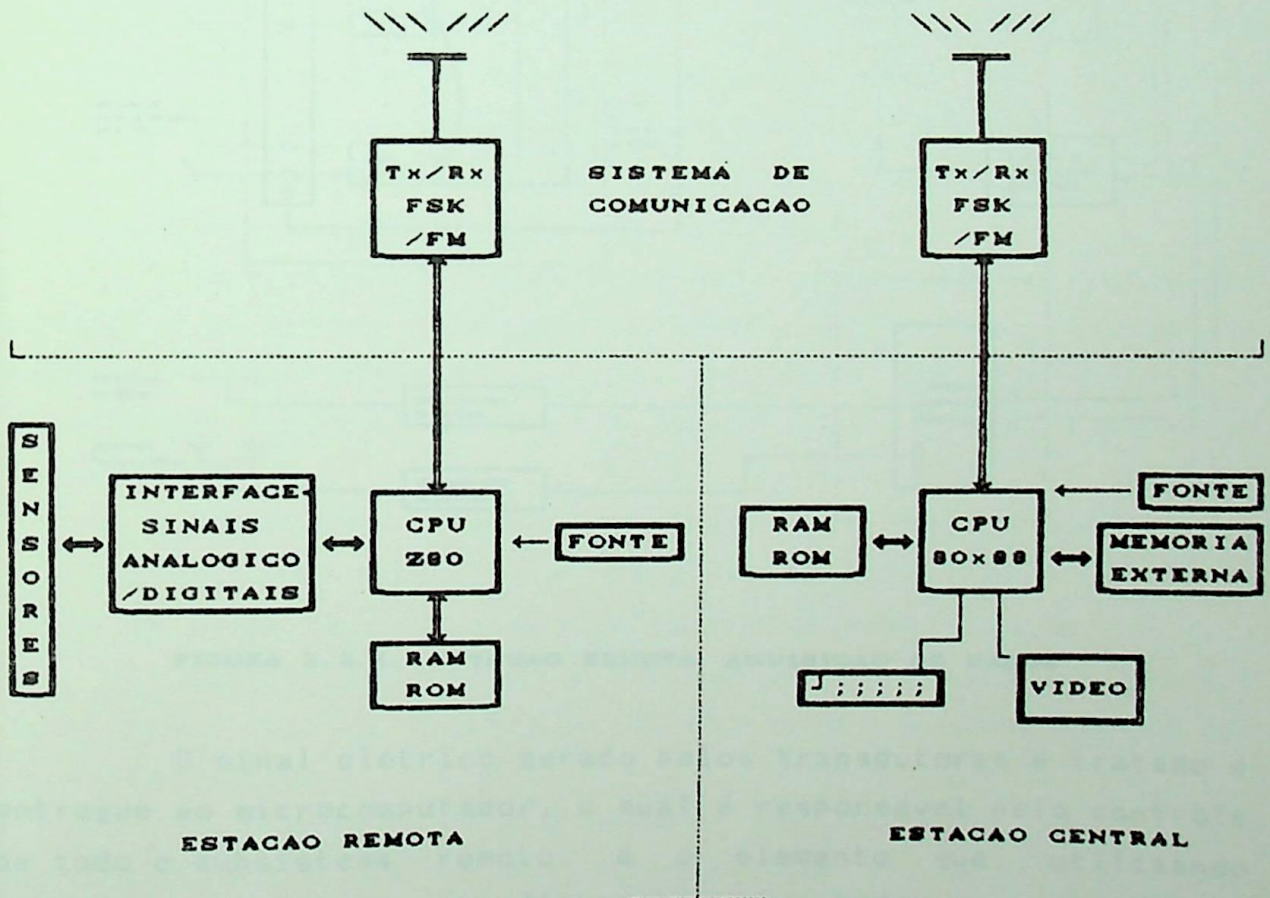


FIGURA 3.1.1. HARDWARE DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS

### 3.2. Estação Remota

#### 3.2.1. Descrição geral

Transdutores, amplificadores, condicionadores de sinal, multiplexadores, relés, circuitos de codificação e controle, conversor A/D, microprocessador e fonte compõem o subsistema remoto de aquisição de dados (figura 3.2.1).

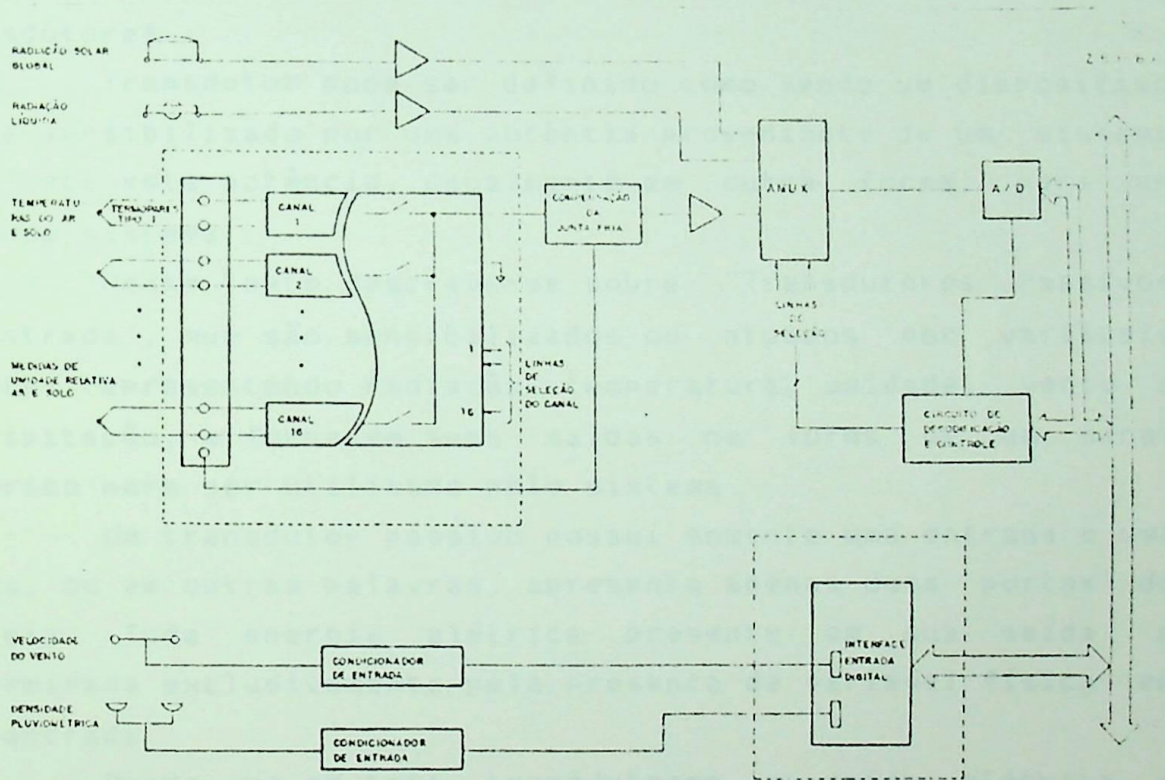


FIGURA 3.2.1. ESTAÇÃO REMOTA: AQUISIÇÃO DE DADOS

O sinal elétrico gerado pelos transdutores é tratado e entregue ao microcomputador, o qual é responsável pelo controle de todo o subsistema remoto. É o elemento que, utilizando software específico, periodicamente ativa todos os componentes, faz a aquisição dos dados, armazena-os em memória RAM e, quando solicitado, os envia à estação central.

### 3.2.2. Transdutores

Para se fazer uma análise das condições ambientais em determinado lugar, em um determinado instante, é necessário proceder-se à observação sistemática das variáveis atmosféricas existentes. Os elementos meteorológicos essenciais são: temperatura do ar e solo, precipitação pluviométrica, velocidade do vento, radiação solar e umidade relativa do ar.

O estudo do comportamento de qualquer variável é feito a partir do instante em que se dispõe de dados, em quantidade suficiente, relativos à variável. Estes dados são obtidos via transdutores.

Transdutor pode ser definido como sendo um dispositivo que é sensibilizado por uma potência proveniente de um sistema e fornece esta potência, usualmente em outra forma, para um segundo sistema.

Neste texto descreve-se sobre "Transdutores Passivos de Entrada", que são sensibilizados ou atuados por variáveis físicas representando radiação, temperatura, umidade, vento e precipitação, e fornecem suas saídas na forma de um sinal elétrico para ser utilizado pelo sistema.

Um transdutor passivo possui somente uma entrada e uma saída, ou em outras palavras, apresenta apenas duas portas de energia. Toda energia elétrica presente em sua saída é determinada exclusivamente pela presença de variável física em sua entrada.

Desde que em tais transdutores a saída elétrica é limitada pela entrada física, geralmente apresentam um baixo nível de sinal necessitando uma posterior amplificação.

Os transdutores de saída executam a função inversa aos de entrada, isto é, tomam o sinal elétrico e o convertem em uma variável física.

Um transdutor ativo possui uma entrada física, uma saída elétrica e uma entrada de excitação. A entrada física, com efeito, modula a excitação e como exemplos podemos citar as pontes, os strain gages resistivos e os sensores de temperatura baseados em semicondutor.

### 3.2.2.1. Radiação solar

A Radiação Solar é a energia recebida na Terra, sob a forma de ondas eletromagnéticas, provenientes do sol. Ela é fonte primária de energia que o globo terrestre dispõe, e a sua distribuição variável é geratriz dos processos atmosféricos.

A Radiação Solar, ao atravessar a atmosfera, sofre os fenômenos de reflexão, difusão e absorção.

Uma parte da Radiação Solar atinge a superfície terrestre diretamente (Radiação Direta), a outra atinge a superfície após sofrer o processo de difusão (Radiação Difusa ou do Céu). Estes dois fluxos representam o total de Radiação Solar que atinge uma superfície plana e horizontal na Terra, que é denominado Radiação Solar Global.

Uma parte desta Radiação Solar Global é absorvida pela superfície (Radiação Absorvida). O restante é refletido, dando origem a Radiação Refletida. A superfície, após absorção, emite radiação na forma de ondas eletromagnéticas não visíveis, denominada Radiação Terrestre. A radiação recebida pela superfície terrestre, que não é refletida ou reirradiada, é denominada Radiação Líquida.

A figura 3.2.2. ilustra o fenômeno Radiação Solar.

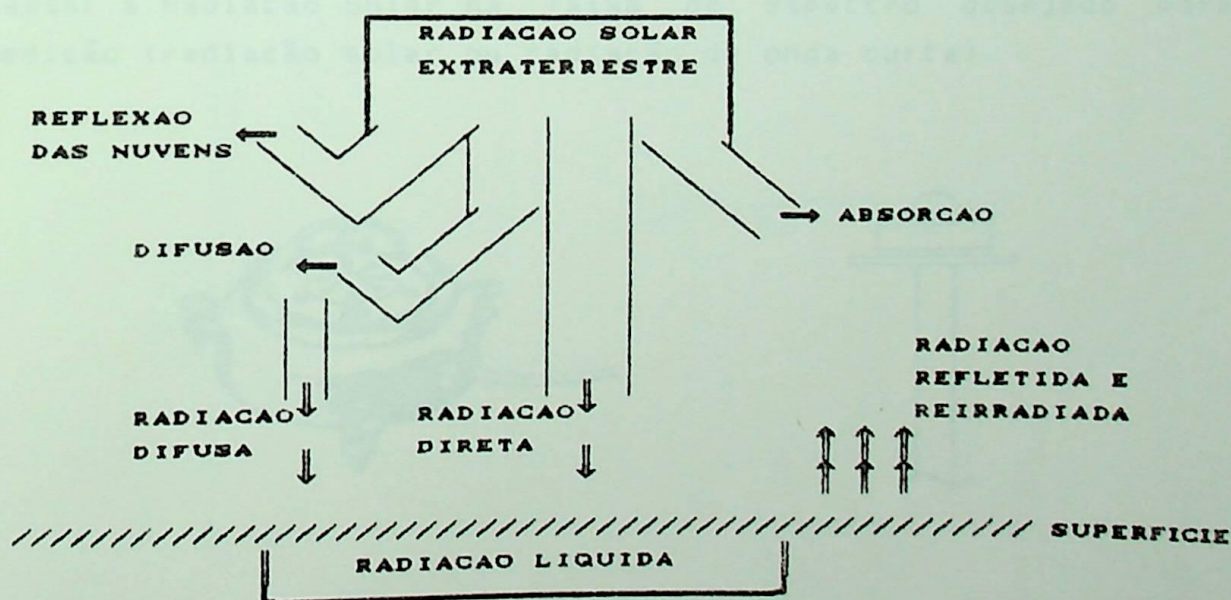


FIGURA 3.2.2. RADIACAO SOLAR : GLOBAL E LIQUIDA

Um Piranômetro tipo estrela, também conhecido como Piranômetro Dirmhirm-Sauberer ou Piranômetro Stern, é utilizado para medir Radiação Solar Global Direta e Radiação Solar Global Difusa num plano horizontal.

Neste Piranômetro um arranjo circular alternando placas de cobre pintadas de branco e preto ligadas a um ponto central (tipo estrela) é utilizado como superfície sensível à radiação.

A variação de temperatura, proporcional à intensidade de radiação incidente, desenvolvida nas placas de cobre brancas e pretas, é registrada por termopares afixados no fundo do Piranômetro. Estes termopares convertem esta intensidade de radiação em uma força eletromotriz proporcional a ser obtida na saída do transdutor.

A figura 3.2.3 ilustra o Piranômetro tipo estrela utilizado, próprio para medição da Radiação Solar Global (Direta e Difusa) com erro inferior a 1%, no intervalo de  $0$   $\text{Cal/cm}^2$  min a  $1.8$   $\text{Cal/cm}^2$  min. O sinal de saída é de aproximadamente  $8$  mV para  $1$   $\text{Cal/cm}^2$  min. Possui ainda as seguintes características: Região Espectral  $0.3 \dots 3$   $\mu\text{m}$ , Condução  $2 \times 0.5$   $\text{mm}^2$  cabo, 2 metros de comprimento e Resistência de entrada:  $30 \dots 34$  ohm.

O disco sensor é protegido por uma cúpula que deixa passar a Radiação Solar na faixa do espectro desejado para medição (radiação solar ou radiação de onda curta).

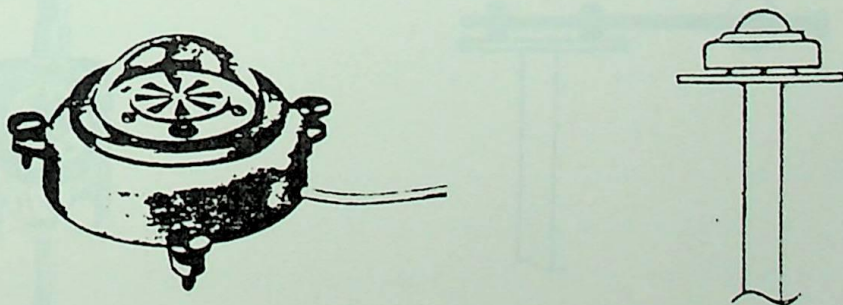


FIGURA 3.2.3. PIRANOMETRO : RADIACAO GLOBAL

Para medição da Radiação Líquida utilizou-se um Pirradiômetro, também conhecido como Pirradiômetro Balanceado ou Medidor de Balanço de Radiação (Net Pirradiômetro Pirradiômetro Líquido).

A figura 3.2.4 ilustra o Pirradiômetro utilizado, próprio para medição da Radiação Solar Líquida com erro inferior a 1%, no intervalo de  $-1.5 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$  a  $+1.5 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$ . O sinal de saída é de aproximadamente 8 mV para  $1 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$ . Possui ainda as seguintes características: Região Espectral:  $0.3 \dots 60 \mu\text{m}$ , Condução:  $4 * 0.5 \text{ mm}$  cabo, 2 metros de comprimento e Resistência de entrada: 5 ohm.

Placas de cobre pintadas de preto colocadas em ambos os lados de uma superfície, são ligadas a elementos termopares que medem as temperaturas de aquecimento de cada uma das placas e registram a diferença entre estas

A diferença de potencial estabelecida entre as junções termopares é função da diferença de temperatura entre tais placas.

Estas placas de cobre são protegidas contra influência do tempo por cúpulas de material especial que deixam passar a radiação na faixa espectral desejada para medição (radiação solar ou radiação de onda curta e radiação atmosférica ou radiação de onda longa).

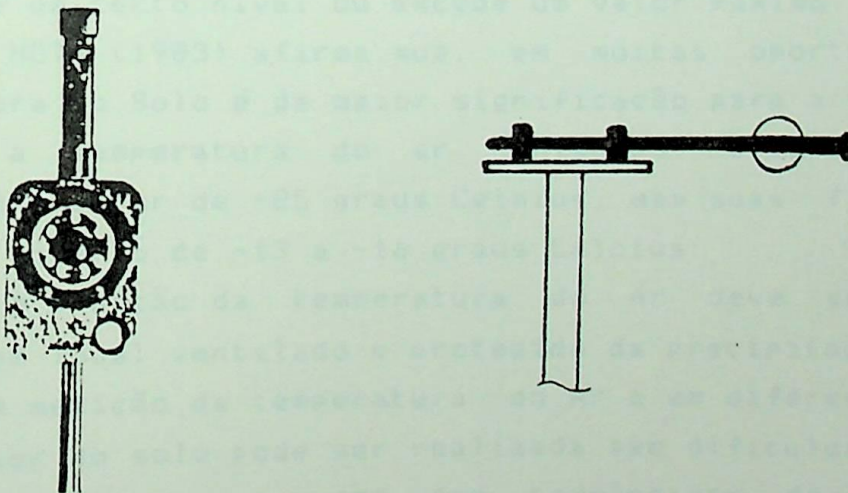


FIGURA 3.2.4. PIRRADIOMETRO : RADIACAO LIQUIDA

### 3.2.2.2. Temperatura

Segundo a Termologia, parte da Física que estuda o calor, pode-se interpretar o fenômeno Temperatura por dois pontos de vista diferentes, que muitas vezes se completam : o ponto de vista macroscópico e o microscópico

Sob o ponto de vista macroscópico a noção de temperatura é dada a partir da sensação de quente e frio sugerida pelos sentidos (noção subjetiva de temperatura), esta noção se aprofunda quando considera-se o movimento molecular e entende-se temperatura como sendo a medida do grau de agitação das moléculas de um corpo (ponto de vista microscópico).

Causa inicial de grande número de fenômenos meteorológicos, a temperatura possui relação das mais estreitas com o desenvolvimento das plantas e sua distribuição sobre a Terra.

A temperatura do ar expressa de maneira simples a energia contida no meio. Segundo TUBELIS (1988b), sob o ponto de vista Agrometeorológico, é importante o conhecimento dos valores médios, extremos e absolutos da Temperatura do Ar. Estes valores, vão permitir identificar as condições mais propícias para uma determinada cultura, uma vez que independente de quão favoráveis possam ser as condições de luz, o crescimento da planta é interrompido quando a temperatura cai abaixo de um certo nível ou excede um valor máximo.

MOTA (1983) afirma que, em muitas oportunidades, a temperatura do Solo é de maior significação para a vida vegetal do que a temperatura do ar. Algumas árvores suportam Temperatura do Ar de -25 graus Celsius, mas suas finas raízes sucumbem ao frio de -13 a -16 graus Celcius.

A medição da temperatura do Ar deve ser feita à sombra, em local ventilado e protegido da precipitação.

A medição da temperatura do Ar e em diferentes níveis no interior do solo pode ser realizada sem dificuldade alguma, tanto com termopares como com termômetros de bulbo. A utilização deste ou daquele refere-se à facilidade de uso e sensibilidade desejada.

Neste trabalho utiliza-se Termopares tipo T com compensação de junta fria, liga cobre-constantan, especialmente indicados para medições em pesquisas agronômicas e ambientais (ECIL, 1990). As faixas de temperaturas medidas são de -5 a 45 graus Celsius (-0.193 a 1.822 milivolts) com precisão de  $\pm 1^\circ \text{C}$  e utiliza-se uma tabela que correlaciona, para o Termopar tipo T, a força eletromotriz gerada em função da temperatura.

Um termopar consiste de dois fios metálicos de ligas diferentes os quais têm uma junção comum em uma das extremidades, denominada junção quente. Uma diferença de temperatura entre a junção quente e os terminais livres (denominados junção fria ou de referência) do par resulta em uma força eletromotriz cuja magnitude depende dos metais que formam o termopar, os quais possuem sensibilidade termoelétrica própria. A figura 3.2.5 ilustra o "termopar" e sua utilização na medição da temperatura do solo em vários níveis

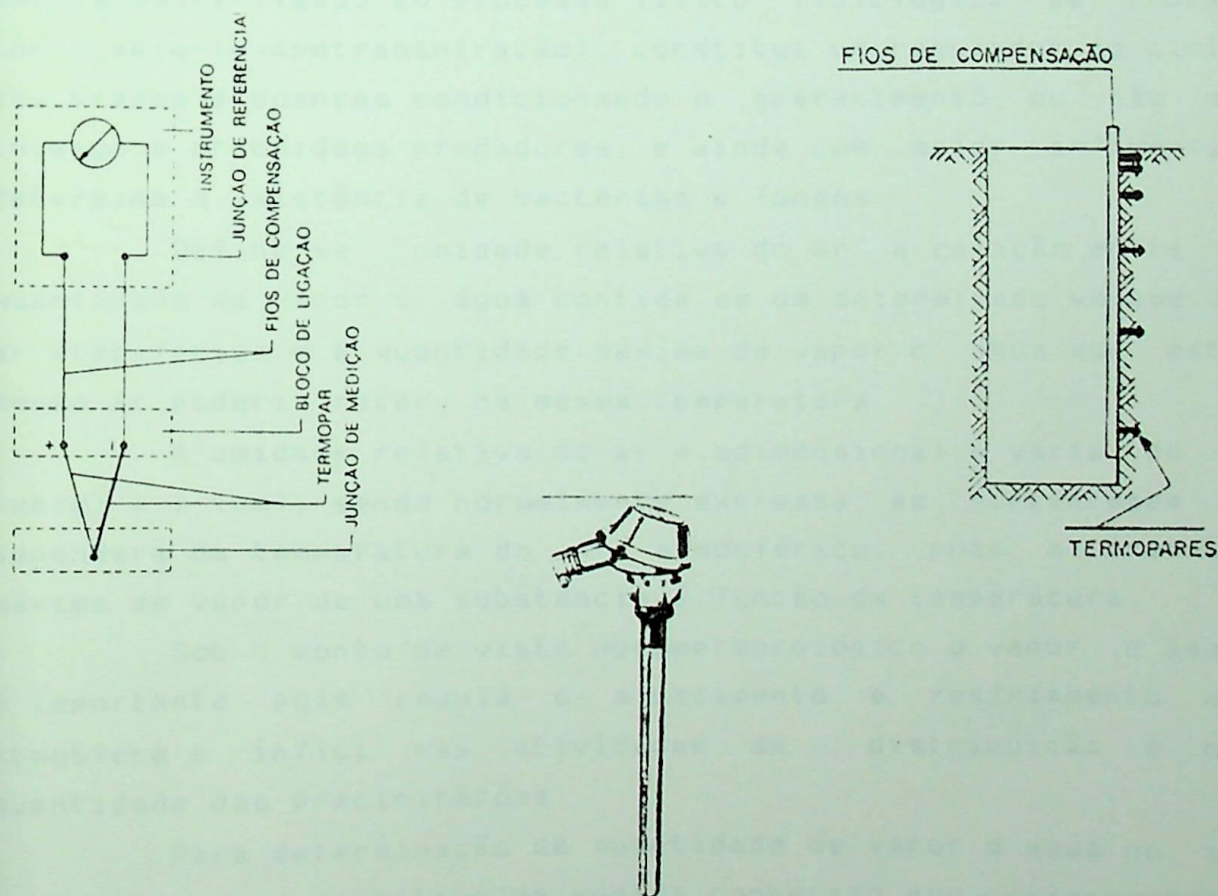


FIGURA 3.2.5. TERMOPAR : TEMPERATURA

### 3.2.2.3. Umidade

Grandeza que exprime a quantidade de vapor d'água contido na atmosfera.

Como um dos constituintes do ar atmosférico, o vapor d'água tem como características, ser variável em quantidade, de acordo com a disponibilidade de água no local e energia do meio. Apesar de ser um elemento variável em tempo e espaço é extremamente importante, tanto no aspecto físico associado as suas características moleculares, como no aspecto fisiológico, decorrente de sua dependência pelos seres vivos.

No que diz respeito às interações físicas, o vapor d'água é um equalizador da energia do meio, amenizando, devido a isso, as trocas de energia, regulando o aquecimento e resfriamento da atmosfera e influenciando na distribuição das precipitações. Sendo, com relação às interações fisiológicas, extremamente ligado ao processo físico fisiológico de trocas com o meio (evapotranspiração), constitui um regulador do ciclo das pragas e doenças condicionando o aparecimento ou não de insetos e aracnídeos predadores, e ainda com maior influência determina a existência de bactérias e fungos.

Define-se "umidade relativa do ar" à relação entre a quantidade de vapor d'água contida em um determinado volume de ar atmosférico e a quantidade máxima de vapor d'água que este mesmo ar poderia reter, na mesma temperatura.

A umidade relativa do ar é adimensional e varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo normalmente expressa em porcentagem e dependerá da temperatura do ar atmosférico, pois a pressão máxima de vapor de uma substância é função da temperatura.

Sob o ponto de vista Agrometeorológico o vapor d'água é importante pois regula o aquecimento e resfriamento da atmosfera e influi nas atividades de distribuição e na quantidade das precipitações.

Para determinação da quantidade de vapor d'água no ar emprega-se um dispositivo de medida conhecido por psicrometro. Tal como a Temperatura, a Umidade do Ar deve ser medida à sombra, em local ventilado e protegido da precipitação.

A umidade de uma mistura ar-vapor d'água é usualmente estabelecida através das temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco. Estas são obtidas, como vimos, com o concurso de um psicrômetro, o que envolve o escoamento de ar através dos termopares de bulbo úmido e bulbo seco.

O "termopar de bulbo úmido" é coberto com uma mecha de algodão, saturada com água.

O "termopar de bulbo seco" é usado simplesmente para medir a temperatura do ar.

Segundo ROSENBERG (1974) a equação matemática para cálculo da umidade relativa do ar (UR), em função das temperaturas de bulbo seco (Ts) e de bulbo úmido (Tu), é a seguinte

$$UR = \frac{10^{0.02604 Tu} * 10^{0.82488} - 0.59 (Ts - Tu)}{10^{0.02604 Ts} * 10^{0.82488}} * 100$$

O fluxo de ar pode ser mantido por um ventilador, como no psicrômetro de fluxo contínuo, ilustrado na figura 3.2.6.

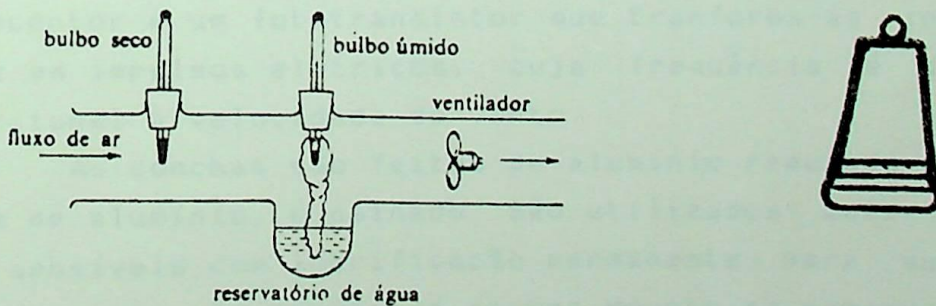


FIGURA 3.2.6. PSICROMETRO : UMIDADE

#### 3.2.2.4. Vento

O Vento é o movimento do ar em relação à superfície terrestre. É gerado pela ação dos gradientes de pressão atmosférica e sofre influências modificadoras pelo movimento de rotação da Terra, pela força centrífuga ao seu movimento e pelo atrito com a superfície.

Dados sobre o perfil do Vento permitem avaliar as transferências de vapor d'água e CO<sub>2</sub> e ajudam a estimar a velocidade do vento em determinada altura a partir da medida em outra altura.

O Vento afeta o crescimento das plantas sob três aspectos: transpiração, absorção de CO<sub>2</sub> e efeito mecânico sobre as folhas.

A transpiração aumenta com a velocidade do vento até certo ponto, o mesmo ocorrendo com absorção de CO<sub>2</sub> pelas plantas. Altas velocidades são prejudiciais ao crescimento das plantas, as folhas, mecanicamente danificadas pelo vento, têm reduzida a sua capacidade de translocação e fotossíntese.

Realiza-se a medição da intensidade ou velocidade de uma corrente aérea, utilizando-se um Anemômetro.

Este sensor de velocidade do vento é do tipo três conchas rotativas apresentando grande sensibilidade e baixo ponto de partida, funcionando com um disco perfurado, preso a um eixo que é ligado às conchas, o qual interrompe um feixe de luz oito vezes a cada rotação completa das conchas.

A luz é fornecida por um diodo infravermelho tipo LED, e o receptor é um fototransistor que transforma as interrupções da luz em impulsos elétricos, cuja frequência é diretamente proporcional à velocidade do vento.

As conchas são feitas de alumínio repuxado e o corpo, também de alumínio, é usinado. São utilizados dois rolamentos extra sensíveis com lubrificação permanente para sustentar o eixo, os quais são as únicas partes móveis do sensor.

Seu baixo peso, permite que seja escolhido o local de instalação de forma a obter-se informações mais representativas da região em estudo, praticamente sem limitações.

As características básicas do transdutor são : frequência de saída . 0 a 187 hz ( $\cong$  0 a 30 m/s), faixa de medição de  $\cong$  0 a 50 m/s e precisão de  $\pm$  0.5 m/s.

A figura 3.2.7 a seguir ilustra o sensor de velocidade do vento.

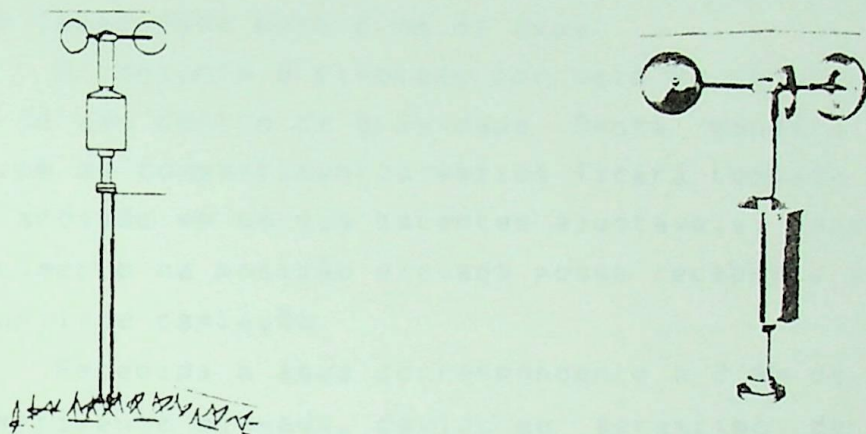


FIGURA 3.2.7. ANEMOMETRO : VELOCIDADE DO VENTO

### 3.2.2.5. Precipitação

O conceito de precipitação em meteorologia abrange a noção geral de queda de umidade sobre o solo, por qualquer aspecto, e mais a quantidade de água depositada.

As principais formas de precipitação são a chuva, a neve e o granizo.

A primeira é a precipitação de água em estado líquido.

A segunda é a precipitação de água em estado sólido

A terceira é a precipitação formada por grãos de gelo.

Em virtude da água ser o componente principal na constituição dos organismos vivos, a distribuição temporal e espacial das precipitações é um dos fatores que condicionam o clima e que estabelecem o tipo de vida de uma região.

A medida da Precipitação Pluviométrica é feita por um pluviômetro.

O pluviômetro consiste de duas peças cilíndricas que se encaixam. A peça superior define a área de captação e possui um funil em seu fundo. A peça inferior contém um sensor do tipo conhecido como "bóia basculante", um pequeno recipiente metálico, alongado, e subdividido em dois compartimentos, cada um com capacidade para 2 mm de água.

O conjunto é pivotado por meio de um eixo horizontal abaixo do seu centro de gravidade. Desta maneira o conjunto, mesmo com os compartimentos vazios ficará tombado para um dos lados, apoiado em um dos batentes ajustáveis, fazendo com que o compartimento na posição elevada possa receber a água coletada pelo funil de captação.

Recebida a água correspondente a 2 mm de precipitação o compartimento elevado, devido ao acréscimo de peso faz o conjunto tombar para o outro lado, despejando a água acumulada e levando simultâneamente o segundo compartimento para junto do funil.

No trânsito de uma posição para outra a "bóia basculante" aciona uma chave magnética, produzindo, assim, um pulso, a cada 2 milímetros de precipitação.

A figura 3.2.8 ilustra o pluviômetro.

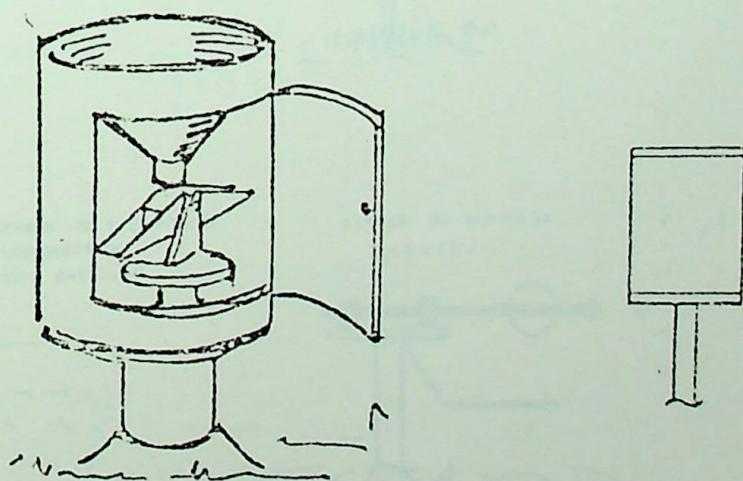


FIGURA 3.2.8. PLUVIÔMETRO : PRECIPITAÇÃO

3.2.2.6. Aspecto do conjunto de transdutores

O local destinado a instalação de uma Estação Meteorológica deverá estar bem exposto aos ventos mais frequentes; ter largos horizontes, principalmente nos quadrantes leste e oeste; estar, o mais possível afastado de qualquer obstáculo, como casas, muros e grandes árvores, devendo ter o solo gramado, evitar solo granítico ou de cascalho; estar afastado de praias. O local de instalação deve ser elevado e de fácil acesso.

A figura 3.2.9 ilustra o conjunto de transdutores "instalados" no Jardim meteorológico.

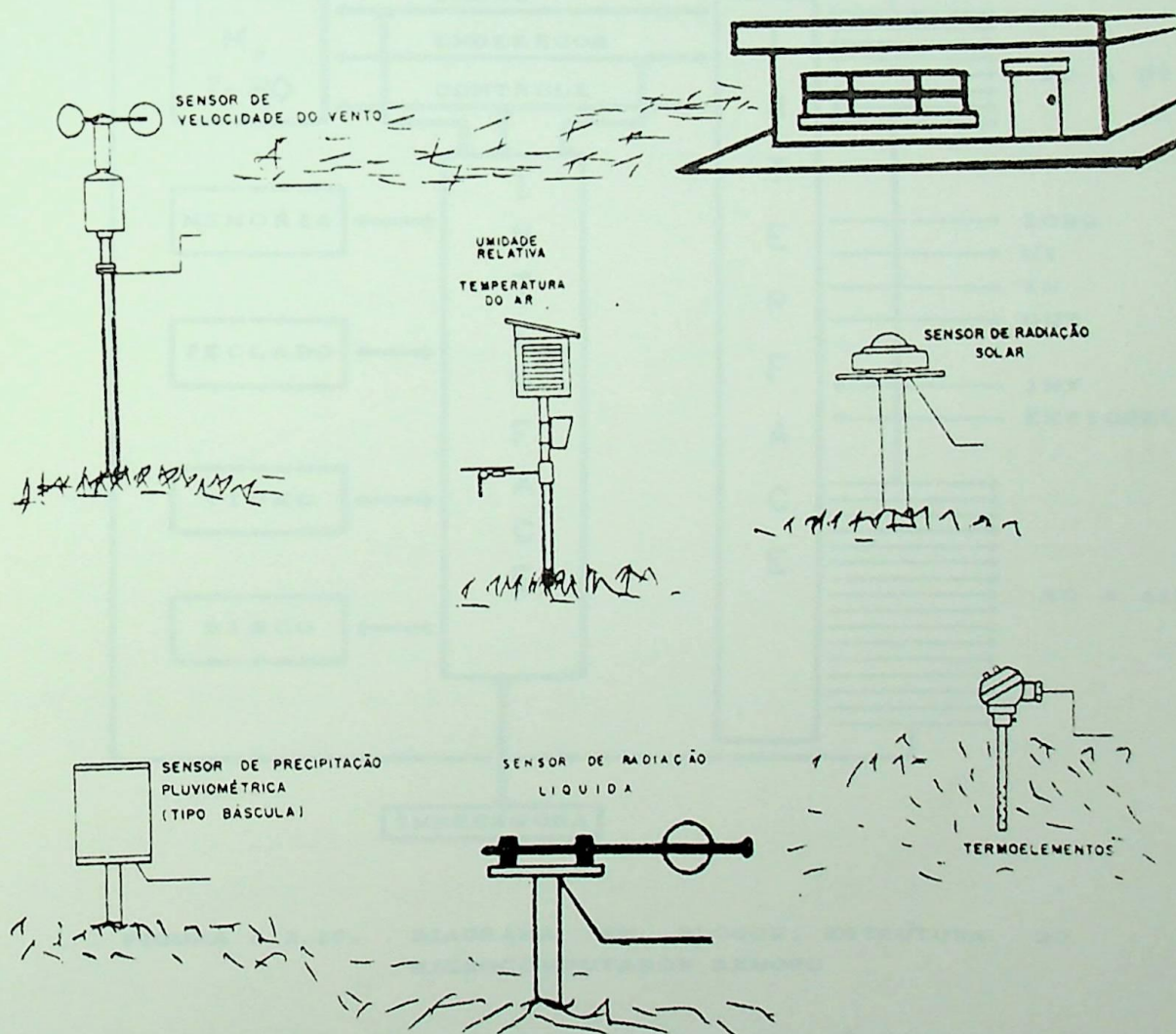


FIGURA 3.2.9. ASPECTO DO CONJUNTO DE TRANSDUTORES

### 3.2.3. Microcomputador

Qualquer sistema de computação não passa de um conjunto de unidades de interface convergindo para um núcleo O Microprocessador. Portanto a arquitetura interna do microprocessador determina os componentes que serão necessários para o sistema microcomputador.

A figura 3.2.10 ilustra, de forma simplificada, o microcomputador remoto.

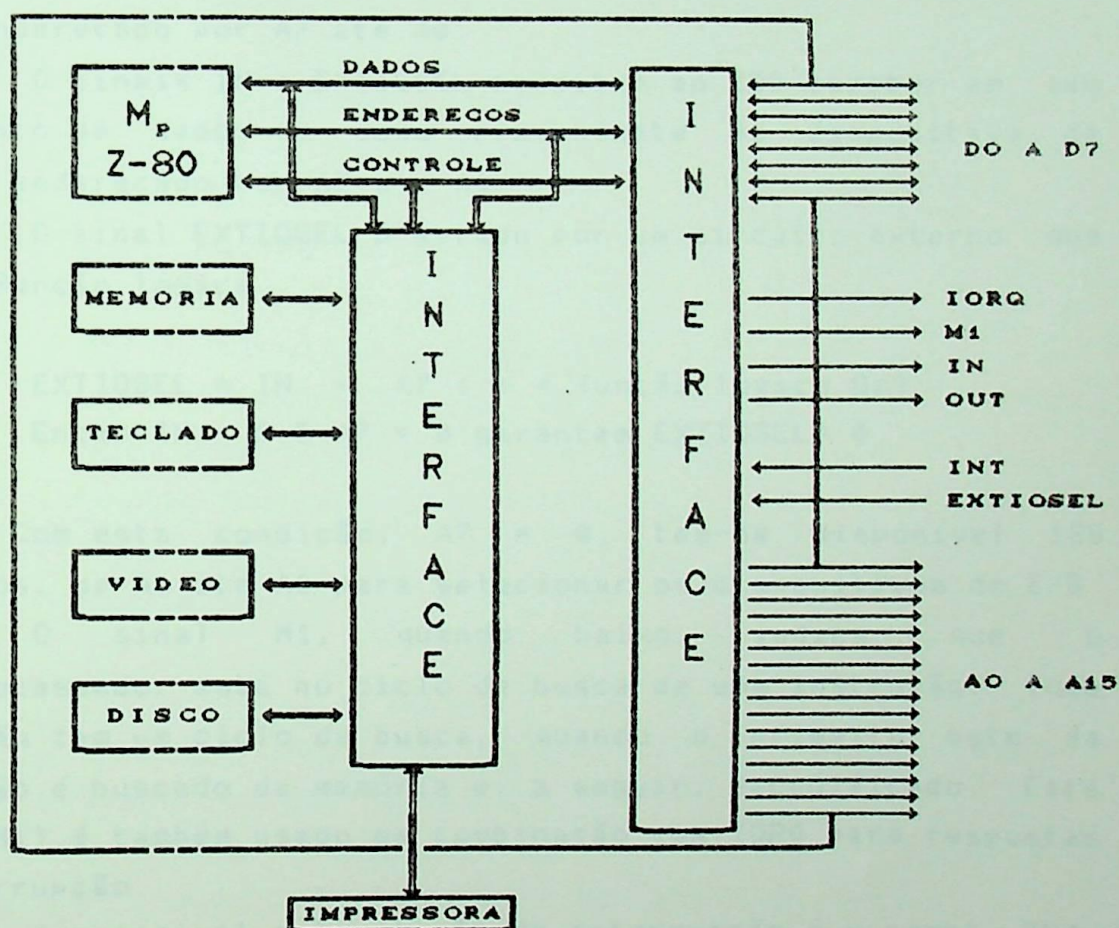


FIGURA 3.2.10. DIAGRAMA EM BLOCOS: ESTRUTURA DO MICROCOMPUTADOR REMOTO

Seu núcleo é o microprocessador Z-80 da ZILOG, escolhido por sua grande capacidade de cálculo, baixo custo, simplicidade de uso e quantidade de programas disponíveis.

O barramento de endereços, unidirecional, é representado por 16 bits designados A0, A1, A2, ... A15. Somente estão disponíveis para o exterior os endereços definidos pelos bits de A0 a A7.

O barramento de dados, bidirecional, é representado por 08 bits designados D0, D1, D2...D7. Os dados manipulados pelo Z80 são transferidos de seus registros internos para a memória ou para os dispositivos de entrada/saída e vice-versa.

Para controle, os sinais de interesse são IN, OUT, EXTIOSEL, M1 e INT.

O sinal OUT = 0 significa que o Z80 irá transferir o dado presente no barramento de dados para o dispositivo de saída endereçado por A7 até A0.

O sinais IN e EXTIOSEL permitem ao Z80 receber em seu barramento de dados o dado proveniente do dispositivo de entrada endereçado por A7 até A0.

O sinal EXTIOSEL é gerado por um circuito externo que faça a função lógica :

$$\text{EXTIOSEL} = \text{IN} + \text{A7} \quad (+ = \text{função lógica Or}).$$

$$\text{Então } \text{IN} = 0 \text{ E } \text{A7} = 0 \text{ garantem } \text{EXTIOSEL} = 0.$$

Com esta condição, A7 = 0, tem-se disponível 128 endereços, de A6 até A0 para selecionar os dispositivos de E/S.

O sinal M1, quando baixo, indica que o microprocessador está no ciclo de busca de uma instrução. Toda instrução tem um ciclo de busca, quando o primeiro byte da instrução é buscado da memória e, a seguir, decodificado. Este sinal (M1) é também usado em combinação com IORQ para respostas de interrupção.

A principal solicitação de interrupção é o sinal INT, fornecido por dispositivos externos. O Z80 aceita e confirma uma interrupção deste tipo, enviando um sinal IORQ durante o período de busca M1 da instrução seguinte. Como IORQ nunca ocorre durante M1 de uma instrução de entrada/saída, o dispositivo interruptor reconhece a condição de IORQ e de M1 como confirmação de interrupção.

### 3.2.4. Módulos de interfaceamento

A principal característica de um projeto executado com microprocessadores é a sua flexibilidade e modularidade, que facilitam alterações e eventuais expansões no sistema.

No subsistema remoto, todos os circuitos, da aquisição da grandeza física a ser medida a transformação da mesma em sinal elétrico digital que será lido pela unidade de controle, aquisição e tratamento, foram implementados de forma modular.

Compõem o subsistema remoto de aquisição de dados os seguintes módulos .

- Módulo Principal (Decodificação),
- Módulo Pluviometro Digital;
- Módulo Anemometro Digital;
- Módulo Conversor Analógico Digital,
- Módulo Radiação Global;
- Módulo Radiação Líquida;
- Módulo Termopar;
- Módulo Seleccionador de Termopares;
- Módulo Interface Serial;
- Módulo FSK;
- Módulo FM.

Para facilitar a visualização da relação entre os módulos de interfaceamento e o conjunto de transdutores é adequado proceder-se uma revisão do item "Transdutores".

Os módulos Interface Serial, FSK e FM compõe o subsistema de comunicação, e não serão descritos aqui.

Faz-se a seguir a descrição e algumas considerações a respeito dos módulos efetivamente pertencentes ao subsistema remoto de aquisição de dados. Inclui-se nesta descrição o "Barramento de Interconexão", elemento de ligação entre o módulo gerador dos sinais de interfaceamento (Módulo Principal) e os demais módulos componentes do subsistema remoto de aquisição de dados.

3.2.4.1. Módulo principal (decodificação)

A figura 3.2.11 ilustra o módulo principal (decodificação), projetado para gerar os sinais de controle necessários ao interfaceamento entre o microcomputador e os demais circuitos (módulos) do subsistema remoto.

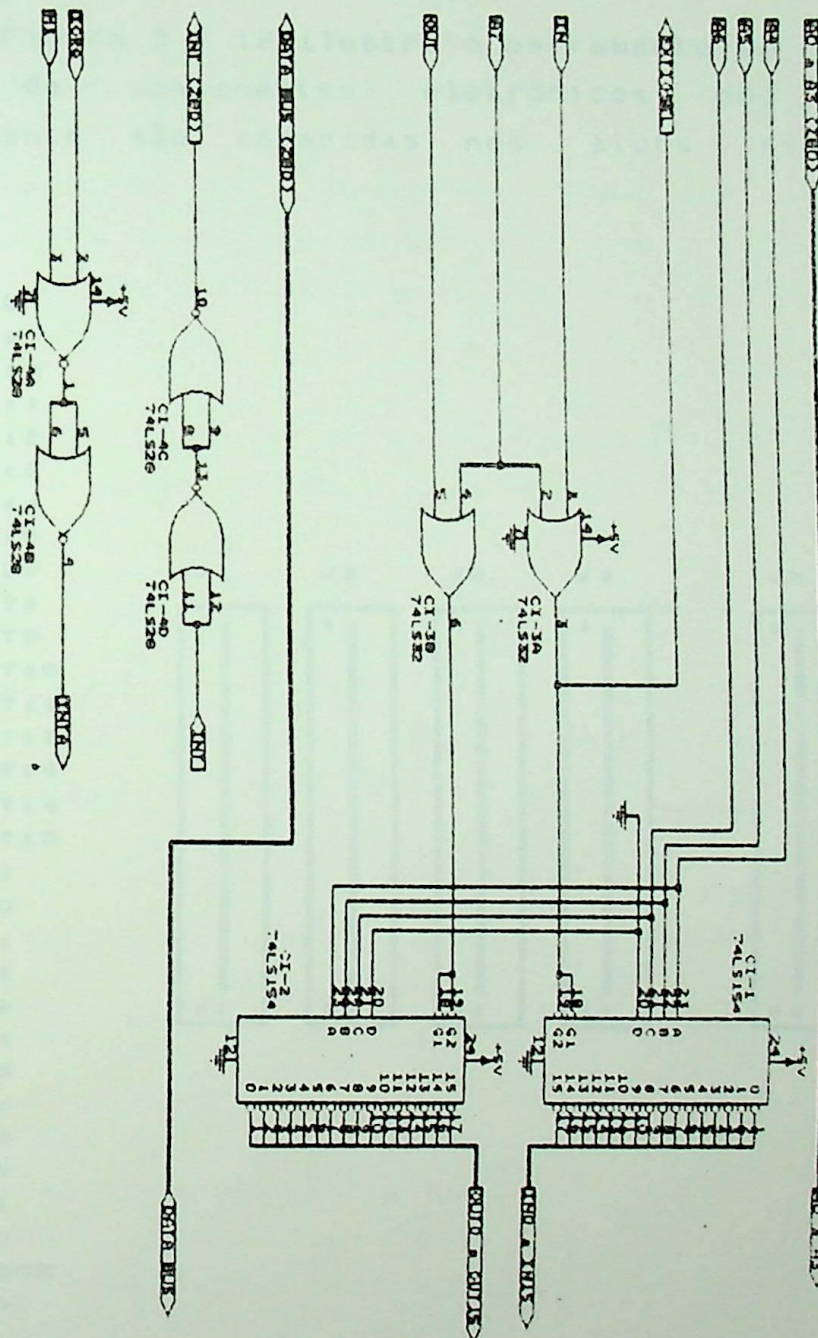


FIGURA 3.2.11. MÓDULO PRINCIPAL : DECODIFICAÇÃO.

Observe que os bits A4 A5 A6, devidamente decodificados (CIs 1 e 2 74LS154), vão gerar os sinais IN0, IN1 ... IN8 e OUT0, OUT1, OUT8 que, juntamente com o barramento de dados (Data Bus), com o bit INTA e os bits A0, A1, A2 e A3 (ainda não decodificados), vão ser levados a todos os demais módulos de interfaceamento via "Barramento de Interconexão".

A Figura 3.2.12 ilustra o barramento de interconexão. As placas de componentes eletrônicos dos módulos de interfaceamento são inseridas nos slots (fendas) deste barramento.

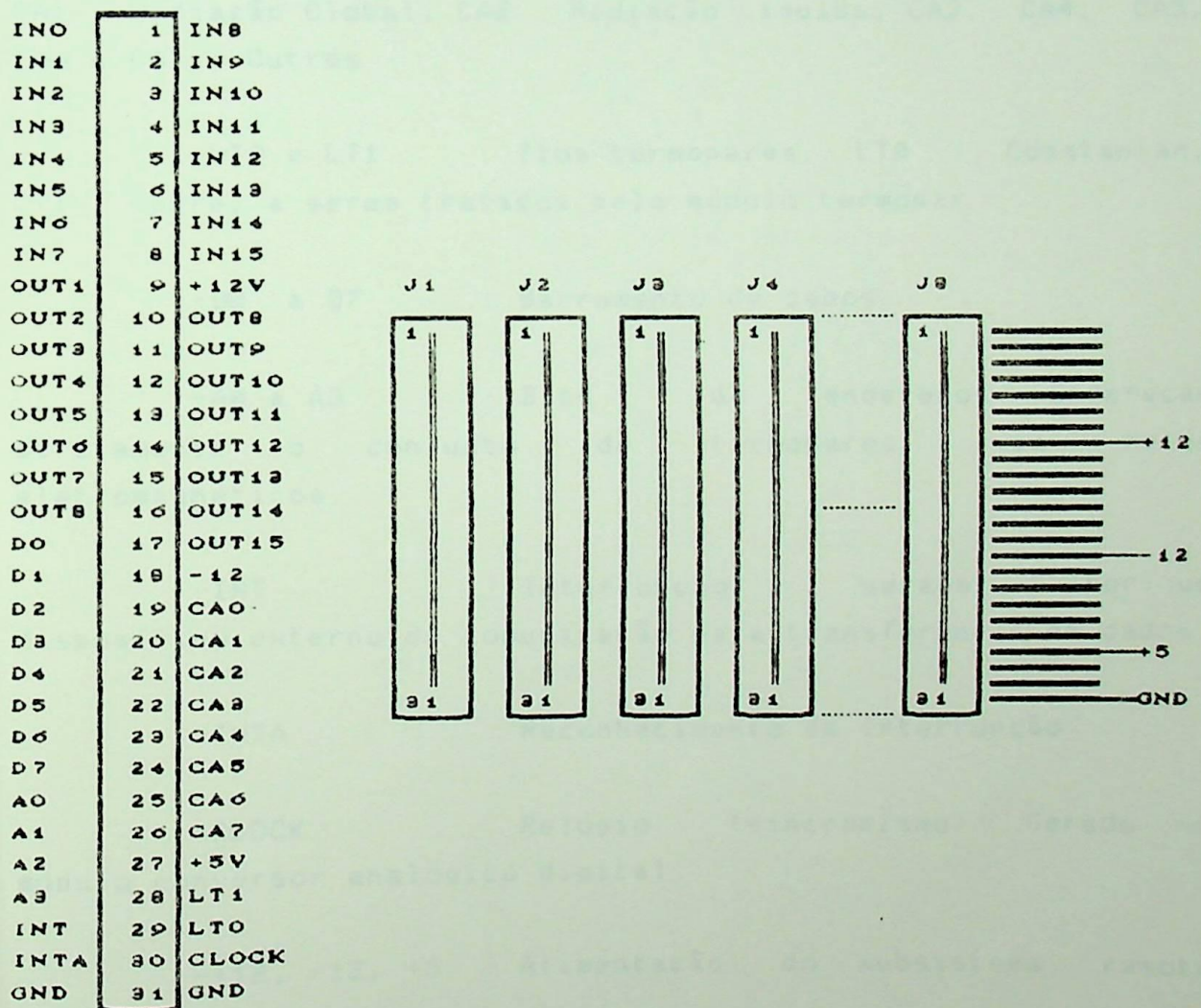


FIGURA 3.2.12. BARRAMENTO DE INTERCONEXAO

A seguir é dada uma descrição resumida do conjunto de sinais disponíveis no Barramento de interconexão

-OUT0 a OUT8 : Utilizados para enviar dados do microcomputador para um dispositivo externo. Ativos em nível baixo.

-IN 0 a IN 8 : Permitem ao microcomputador receber dados de dispositivos externos. Ativos em nível baixo

-CA0 a CA7 : Conjunto de canais analógicos disponíveis para aquisição de dados, temos CA0 Termopares, CA1 : Radiação Global, CA2 : Radiação Líquida, CA3, CA4, CA5, CA6 e CA7 : Outros.

-LT0 e LT1 : fios termopares, LT0 Constantan, LT1 : Cobre, a serem tratados pelo módulo termopar

-D0 a D7 : Barramento de dados

-A0 a A3 : Bits de endereços Endereçam diretamente o conjunto de termopares, via relés eletromagnéticos.

-INT : Interrupção, gerada por um dispositivo externo de comunicação para transferência de dados

-INTA : Reconhecimento de Interrupção

-CLOCK : Relógio (sincronismo) Gerado no módulo conversor analógico digital.

-+12, -12, +5 : Alimentação do subsistema remoto (Volts)

-GND : Terra, único para todo o subsistema remoto.

### 3.2.4.2. Módulo pluviômetro digital

No trânsito de uma posição para outra a "boia" do Pluviômetro aciona uma chave, gerando um pulso (2 mm de precipitação) que será tratado pelo trigger (CI-2B 74132) e pelos contadores (CIs-8 e 9: 7493). Figura 3.2.13

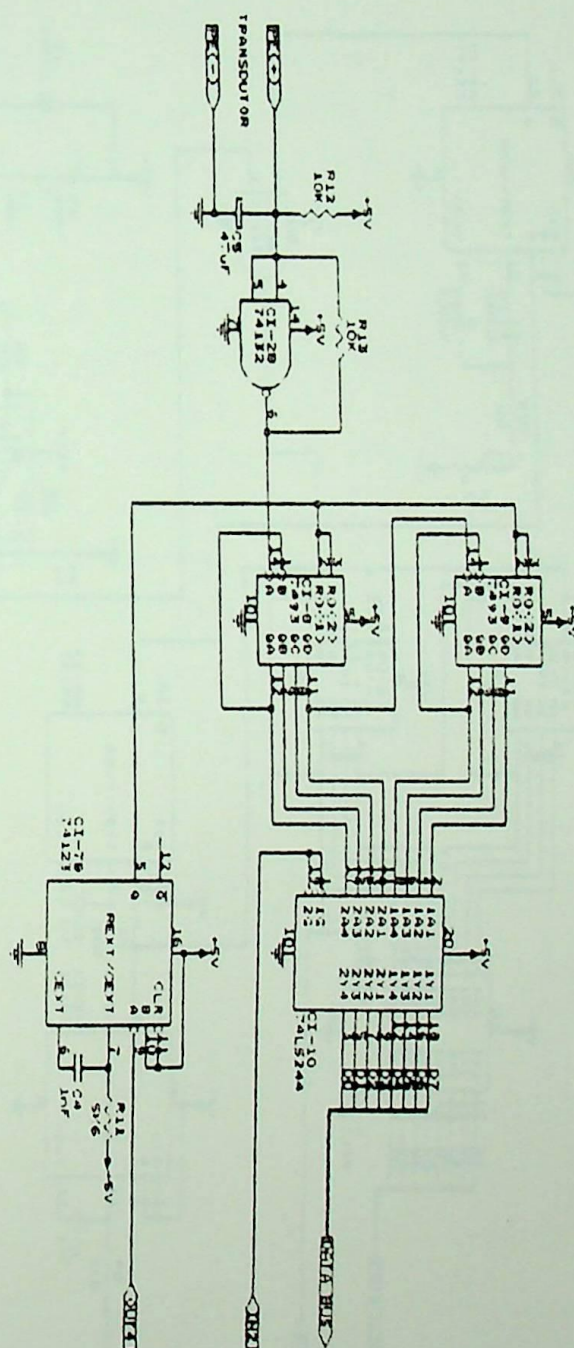


FIGURA 3.2.13. MÓDULO PLUVIÔMETRO DIGITAL

### 3.2.4.3. Módulo anemômetro digital

A figura 3.2.14. ilustra o Módulo anemômetro digital. Um monoestável (CI-3 [A,B]: 74123) inicializa os contadores (CIs 4 e 5: 7493) e a "base de tempo" (CI-7A 74123). Base de Tempo" e anemômetro geram os pulsos, via porta "não e" (CI-2A 74132), a serem enviados aos contadores digitais

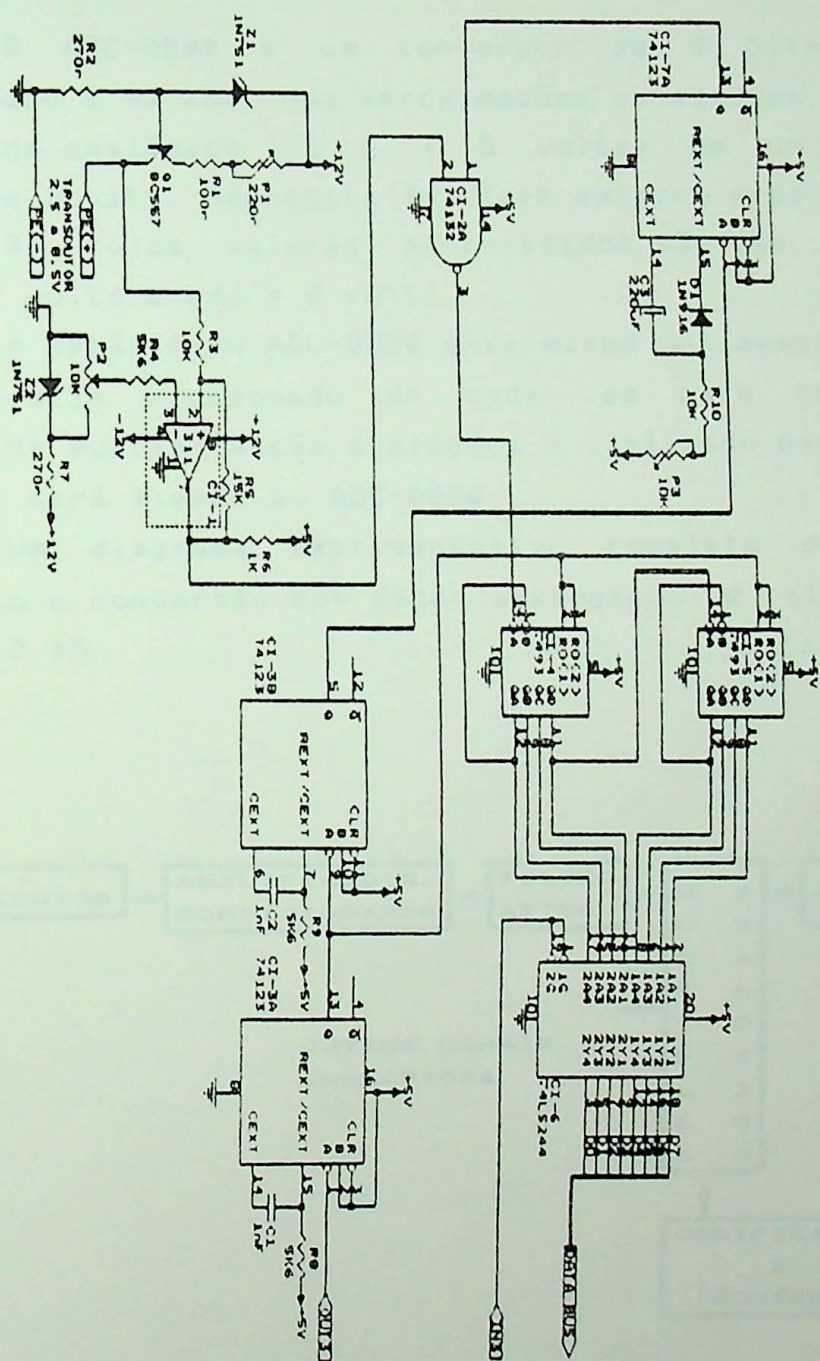


FIGURA 3.2.14. MÓDULO ANEMÔMETRO DIGITAL

### 3.2.4.4 Módulo conversor analógico digital (A/D)

Diversos são os conversores analógico digitais que podem ser utilizados para implementar o sistema. A escolha do tipo de conversor a ser adotado é feita baseada em um compromisso entre custo, exatidão, velocidade e disponibilidade de componentes.

O conversor analógico digital escolhido foi o ADC-0800

O ADC-0800 é um conversor de 8 bits facilmente interfaceado a um Z80, usa aproximações sucessivas, convertendo uma entrada analógica (-5 a + 5 volts) em um equivalente digital de 8 bits. Necessita de clock externo e de uma fonte de alimentação, cujos valores padronizados são  $V_{ss} = 5$  volts,  $V_{gg} = -12$  volts e  $V_{dd} = 0$  volts.

A opção pelo ADC-0800 determinou que apenas um sinal analógico seja processado de cada vez para conversão. Um circuito de multiplexação analógica é utilizado para selecionar que canal será ligado ao ADC-0800.

Um diagrama representativo completo da aquisição, tratamento e conversão dos dados analógicos é ilustrado pela figura 3.2.15

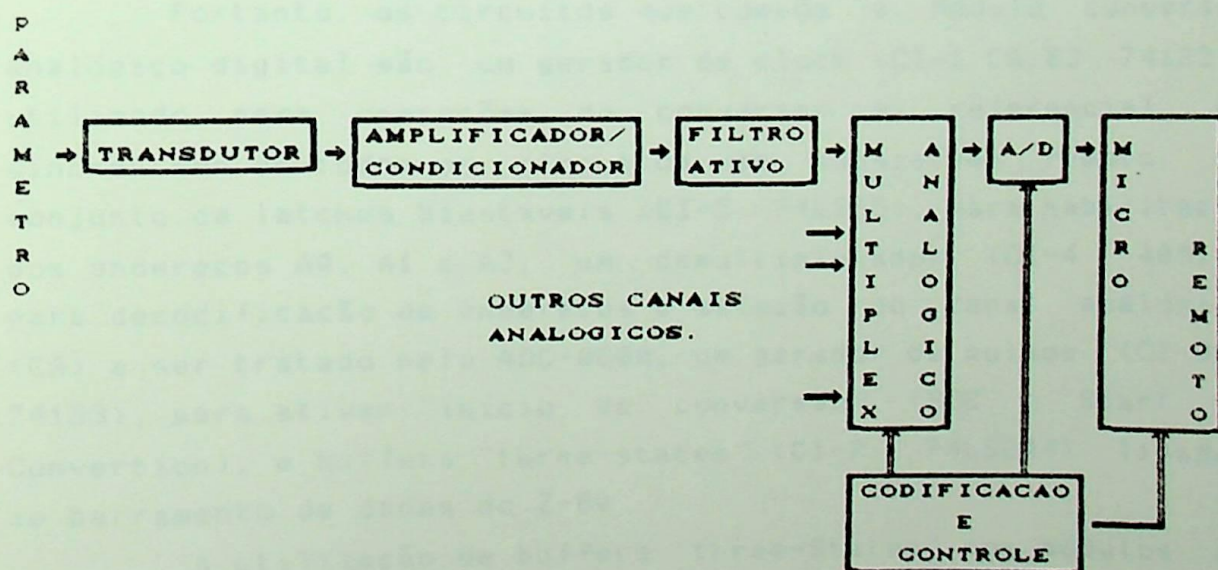


FIGURA 3.2.15. SISTEMA COMPLETO DE AQUISIÇÃO/CONVERSÃO DE DADOS ANALÓGICOS UTILIZANDO ADC-0800

Na entrada do sistema é aplicado um parâmetro físico a ser medido que em seguida é transformado em sinal elétrico por um transdutor. Esse sinal alimenta um amplificador

A função do amplificador é elevar o nível do sinal de entrada, de forma a permitir tratamento posterior

O amplificador, por sua vez, é seguido por um filtro ativo passa baixa, o qual é utilizado para eliminar as componentes de alta-frequência ou ruídos que estão presentes no sinal.

Após o filtro, tem-se um multiplexador analógico.

Cada canal analógico de entrada é conectado sequencialmente à saída do multiplexador por um certo período de tempo especificado. Os circuitos que se seguem ao multiplexador são então compartilhados temporalmente entre os vários sinais analógicos. A saída do multiplexador analógico vai para o conversor A/D.

As temporizações e controle do sistema são realizadas por um circuito de codificação e controle o qual controla o multiplexador e o conversor analógico digital. O circuito de codificação e controle por sua vez é controlado via software, através de suas entradas digitais, por um processador de dados ou microcomputador

Portanto, os circuitos que compõe o Módulo conversor analógico digital são um gerador de clock (CI-1 [A,B]. 74123) utilizado para operações do conversor e referencial de sincronismo de todos os circuitos do subsistema remoto, um conjunto de latches biestáveis (CI-5: 74LS75), para habilitação dos endereços A0, A1 e A3; um demultiplexador (CI-4. 4051), para decodificação de endereços e seleção do canal analógico (CA) a ser tratado pelo ADC-0800; um gerador de pulsos (CI-3A. 74123), para ativar "início de conversão" (SOC . Start Of Conversion); e buffers "three-states" (CI-7: 74LS244) ligados ao barramento de dados do Z-80.

A utilização de buffers "three-States" nos módulos de interfaceamento, visa manter os barramentos de entrada/saída e controle do microcomputador dominado por um único elemento ligado a ele.

A figura 3.2.16 ilustra o módulo conversor analógico digital (A/D) utilizado. Os inversores (CIs 2B e 2A: 74LS05) têm funções específicas, uma vez que opera-se em nível lógico baixo.

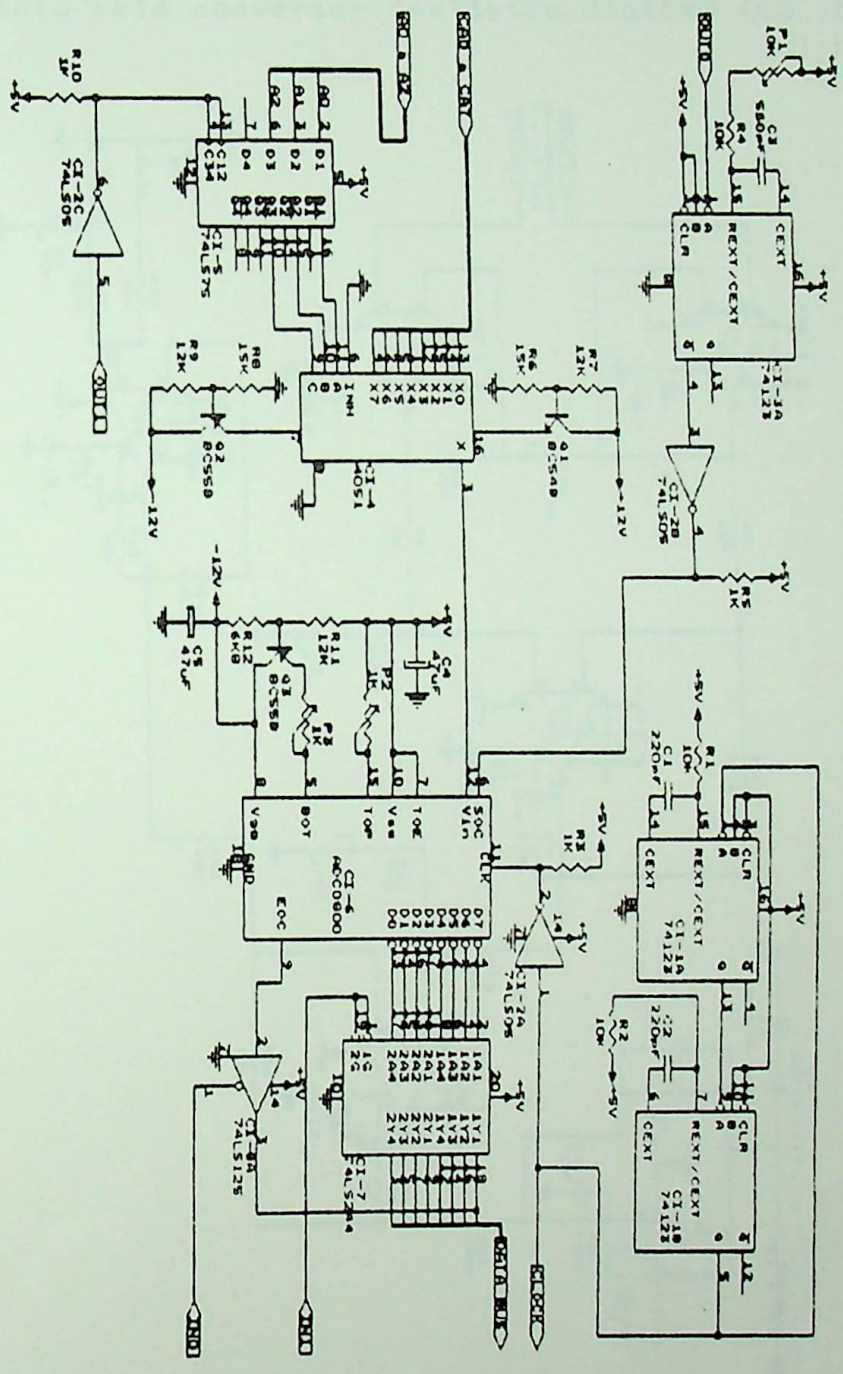


FIGURA 3.2.16. MÓDULO CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL

3.2.4.5. Módulo radiação global

A figura 3.2.17 ilustra o circuito amplificador/condicionador responsável pelo tratamento do sinal analógico gerado pelo piranômetro (0 a 14.4 milivolts), adequando-o ao processamento pelo conversor analógico digital ( $\pm 5$  volts)

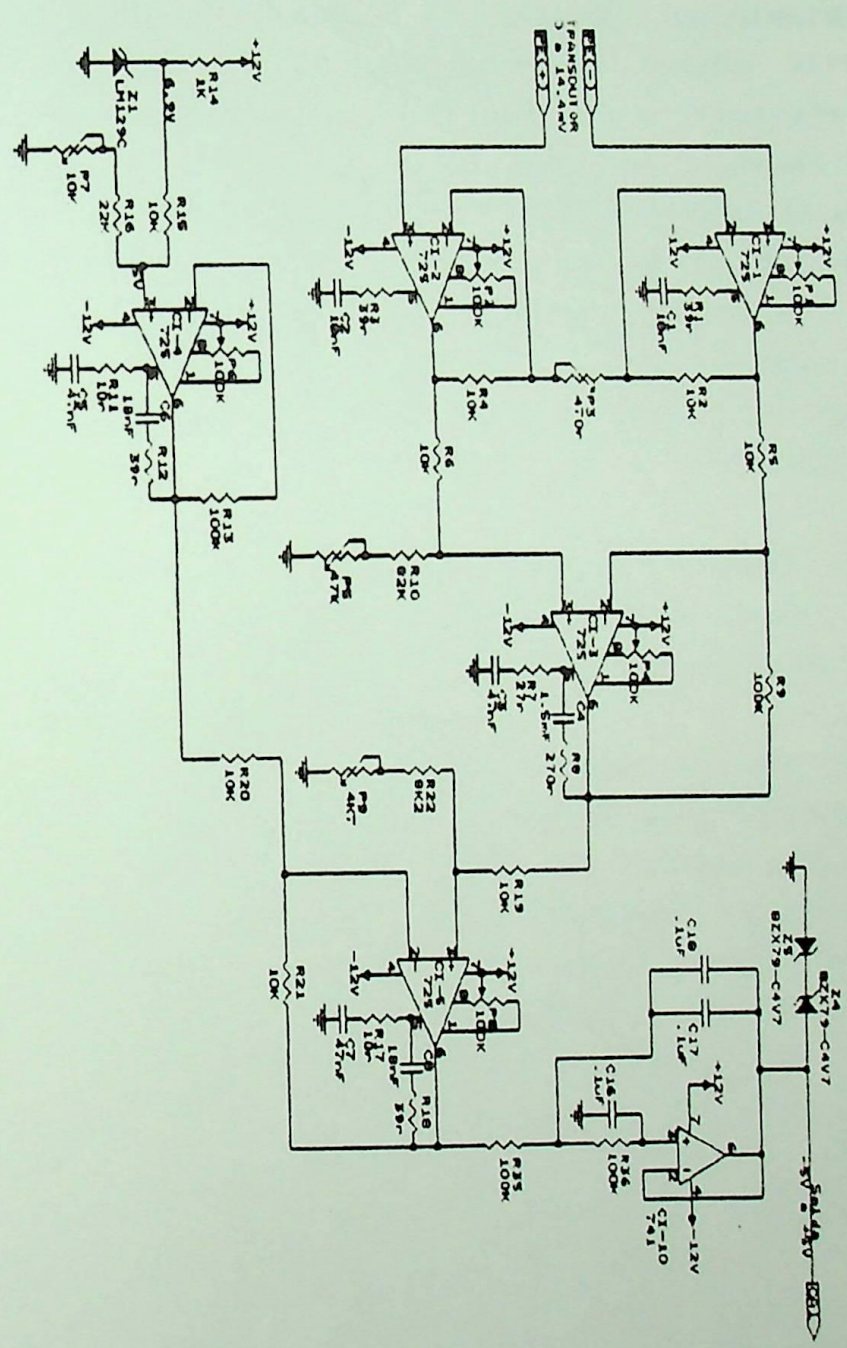


FIGURA 3.2.17. MÓDULO RADIAÇÃO GLOBAL

A amplificação é feita utilizando-se um amplificador de instrumentação, que proporciona uma elevadíssima resistência de entrada para o circuito, alta rejeição de modo comum (CMRR) e possibilita o ajuste do ganho através de uma única resistência (P3). Montado utilizando-se chips amplificadores operacionais (CIs 1,2 e 3 : 725) de baixo drift.

Amplificadores de instrumentação são amplificadores que medem a diferença entre as tensões existentes nos seus terminais de entrada, amplificam esta tensão através de um conjunto preciso de ganhos e apresentam o resultado em um par de terminais de saída. Isto significa que a tensão de saída é proporcional a diferença entre as duas tensões de entrada (que apresentam uma alta impedância para a fonte de sinal) e os terminais de entrada são eletricamente similares.

Alto CMRR significa que o amplificador é sensível somente a diferença entre as duas tensões de entrada, mesmo se estas estiverem sobre uma faixa e se a diferença for muito pequena.

Um conjunto Buffer/Somador/Amplificador (CIs-4 e 5 : 725) efetuam o condicionamento do sinal amplificado, proporcionando uma saída de  $\pm 5$  volts representativa do sinal analógico gerado pelo Piranômetro.

Logo após vem um filtro passa baixas ativo (CI-10: 741), utilizado para reduzir ruídos de alta frequência.

Segundo GUIMARÃES (1990), os filtros ativos são muito populares devido ao número de excelentes características que possuem comparados aos antigos filtros RLC passivos. Eles eliminam indutores e a sua saturação inerente, bem como os problemas de sua estabilidade com a temperatura. A resposta de um filtro ativo pode ser cuidadosamente ajustada por resistores e capacitores estáveis com a temperatura. Eles eliminam ainda os problemas originados pela inserção ou retirada de carga, isso por usarem amplificadores operacionais.

Um par de diodos zener ligados em oposição (Z4 e Z5 : BZX79-C4V7) limitam em  $\pm 5$  volts o valor da tensão de saída.

A esta saída denominamos CA1- Canal analógico 1 que se encontra disponível no Barramento de interconexão.

3 2 4 6 Módulo radiação líquida

O transdutor de radiação solar líquida (Pirrâdiometro Balanceado) fornece um sinal de  $\pm 12$  milivolts. O tratamento deste sinal é ilustrado pela figura 3.2.18, módulo radiação líquida

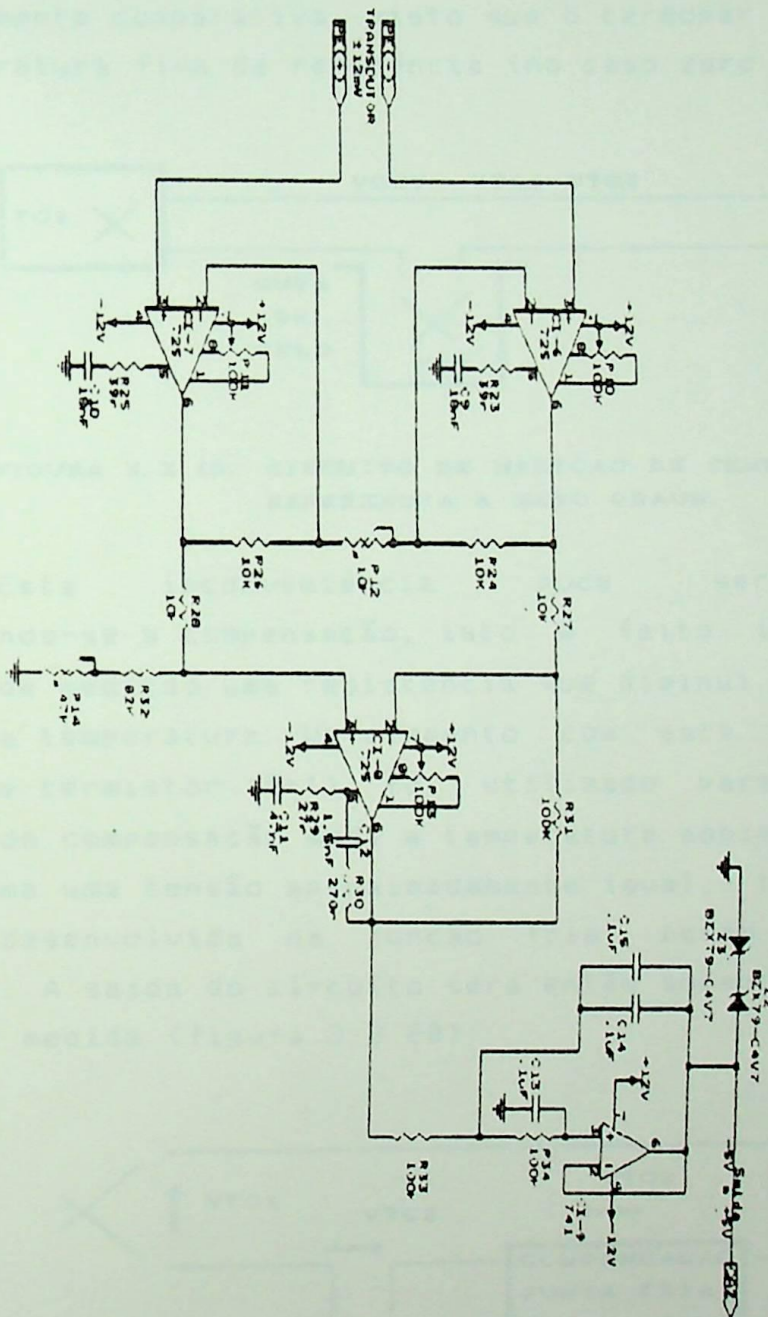


FIGURA 3.2.18. MÓDULO RADIAÇÃO LÍQUIDA

### 3.2.4.7 Módulo termopar

Observou-se que a F.E.M. do termopar é proporcional à diferença de potencial da temperatura na junção de medição (junção quente) e da referência (junção fria).

A figura 3.2.19. ilustra um circuito simples de medição usando termopares. Observe que a medida é essencialmente comparativa, visto que o termopar TC2 está em uma temperatura fixa de referência (no caso zero graus).

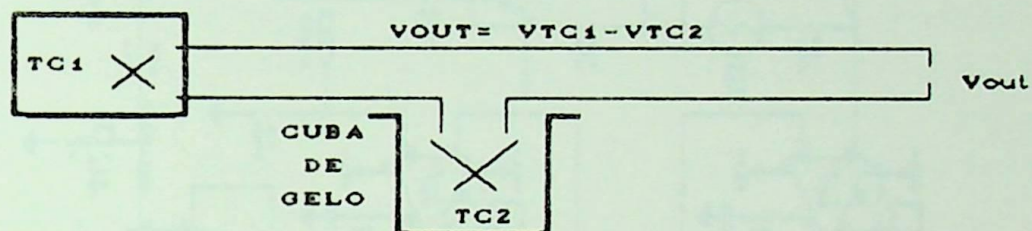


FIGURA 3.2.19. CIRCUITO DE MEDICAO DE TEMPERATURA, REFERENCIA A ZERO GRAUS.

Esta inconveniência pode ser contornada introduzindo-se a compensação, isto é feito inserindo-se no circuito de medição uma resistência que diminui o valor com o aumento da temperatura. Um elemento com esta característica, chamado de termistor ( $R_{t1}$ ), foi utilizado para este fim. O circuito de compensação mede a temperatura ambiente na junção fria e soma uma tensão aproximadamente igual à tensão esperada (a ser desenvolvida na junção fria) porém de polaridade contrária. A saída do circuito será então somente a saída da junção de medida (figura 3.2.20).

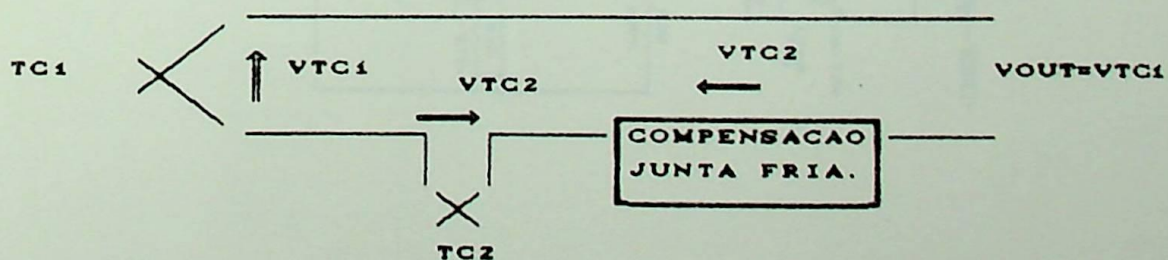


FIGURA 3.2.20. CIRCUITO DE MEDICAO DE TEMPERATURA, UTILIZANDO-SE A COMPENSACAO.

O conjunto completo dos circuitos de compensação, amplificação e do módulo termopar são apresentados na figura 3.2.21.

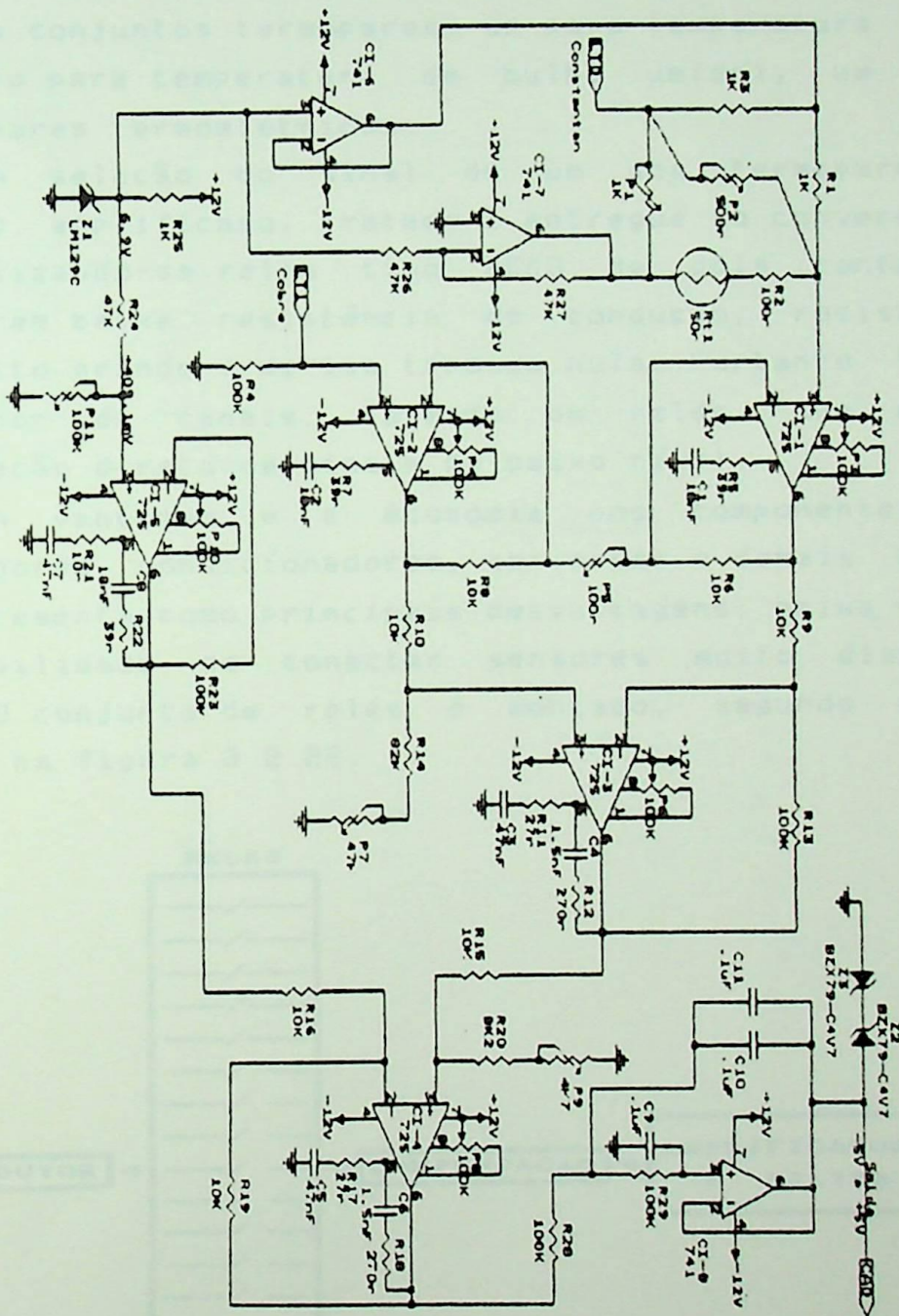


FIGURA 3.2.21. MÓDULO TERMOPAR

### 3.2 4.8 Módulo selecionador de termopares

Termopares foram utilizados para medição de temperatura do solo (seis níveis, doze conjuntos termopares) temperatura do ar (dois conjuntos termopares) e umidade relativa do ar (dois conjuntos termopares, um para temperatura de bulbo sêco e outro para temperatura de bulbo úmido), um total de dezesseis pares termoelétricos.

A seleção do sinal de um dos termopares a ser compensado, amplificado, tratado e entregue ao conversor A/D é feita utilizando-se relés tipo REED de dois contatos, por apresentarem baixa resistência de condução, resistência em aberto muito grande e deriva térmica nula. Portanto tem-se um selecionador de canais, baseado em relés, que efetua a multiplexação direta de sinais de baixo nível.

A vantagem é a economia nos componentes básicos amplificadores, condicionadores, conversor e demais circuitos, porém, apresenta como principais desvantagens: baixa velocidade e impossibilidade de conectar sensores muito distantes do sistema. O conjunto de relés é montado, segundo o esquema constante na figura 3.2.22.

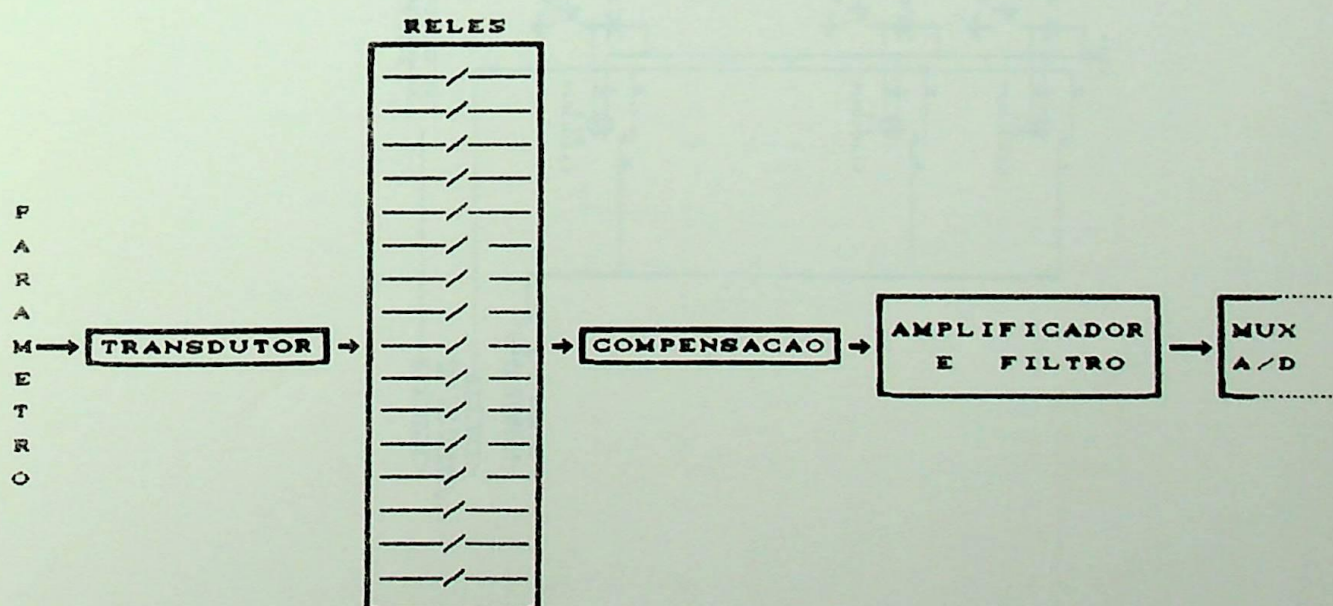


FIGURA 3.2.22. RELES : MULTIPLEXACAO DIRETA DE SINAIS DE BAIXA TENSÃO : TERMOPARES.

Foi adotada esta solução por ser adequada ao tipo de aplicação que se pretendia e ser a de mais fácil realização, devido a infraestrutura que se dispunha. A figura 3.2.23 ilustra o módulo selecionador de termopares.

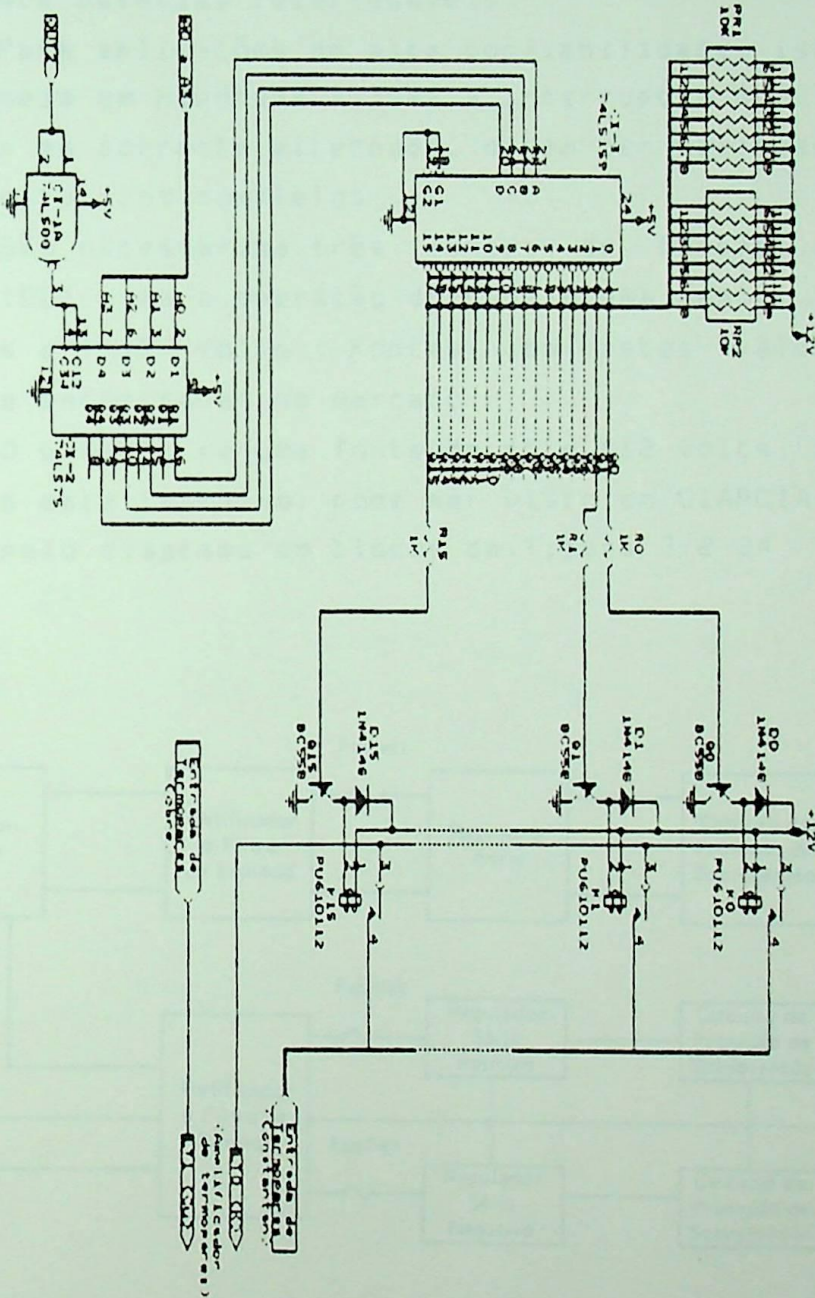


FIGURA 3.2.23. MÓDULO SELECIONADOR DE TERMOPARES

### 3.2.5. Alimentação

A alimentação do Subsistema Remoto de Aquisição de Dados pode ser realizada com painel solar, rede elétrica convencional de 110/220 volts, redes de alimentação rural ou simplesmente baterias recarregáveis.

Para aplicações de alta confiabilidade, isto é, quando não se deseja em hipótese alguma a interrupção de fornecimento de energia em corrente alternada, devem ser utilizados sistemas NO-BREAK estáticos completos.

São necessárias três fontes de tensão em corrente contínua (CC) para a operação do subsistema remoto: +5 volts, +12 volts e -12 volts. Fontes com estes valores CC são facilmente encontradas no mercado.

O projeto de uma fonte de +5 e  $\pm 12$  volts, inteiramente aplicável a este trabalho, pode ser visto em CIARCIA (1984) e é ilustrado pelo diagrama em blocos da figura 3.2.24.

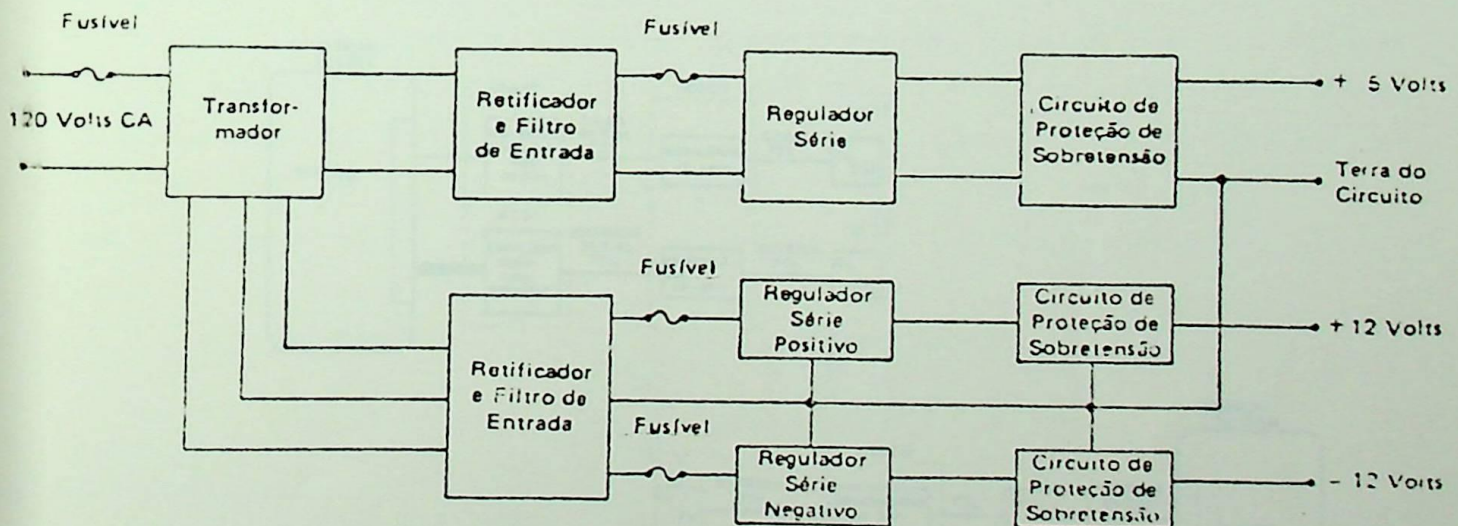


FIGURA 3.2.24. DIAGRAMA EM BLOCOS: FONTE CC

### 3.3. Comunicação de Dados

#### 3.3.1. Descrição Geral

Fisicamente a comunicação se faz através de canal de rádio modulado em frequência. A serialização e desserialização, para comunicação assíncrona, é feita por circuitos integrados especiais, ligados ao barramento dos microcomputadores.

A conversão digital/analógico, para transmissão, é feita por um circuito modulador FSK (Modulação por Chaveamento de Frequência). Após conversão, o sinal FSK é aplicado a um bloco oscilador/transmissor e irradiado pela antena do transmissor FM.

O bloco receptor é constituído por um receptor FM e pelo circuito demodulador FSK. O sinal FSK ao passar pelo demodulador volta ao modo digital, é tratado, e entregue ao microcomputador.

A figura 3.3.1 apresenta o diagrama em blocos do sistema de comunicação de dados.

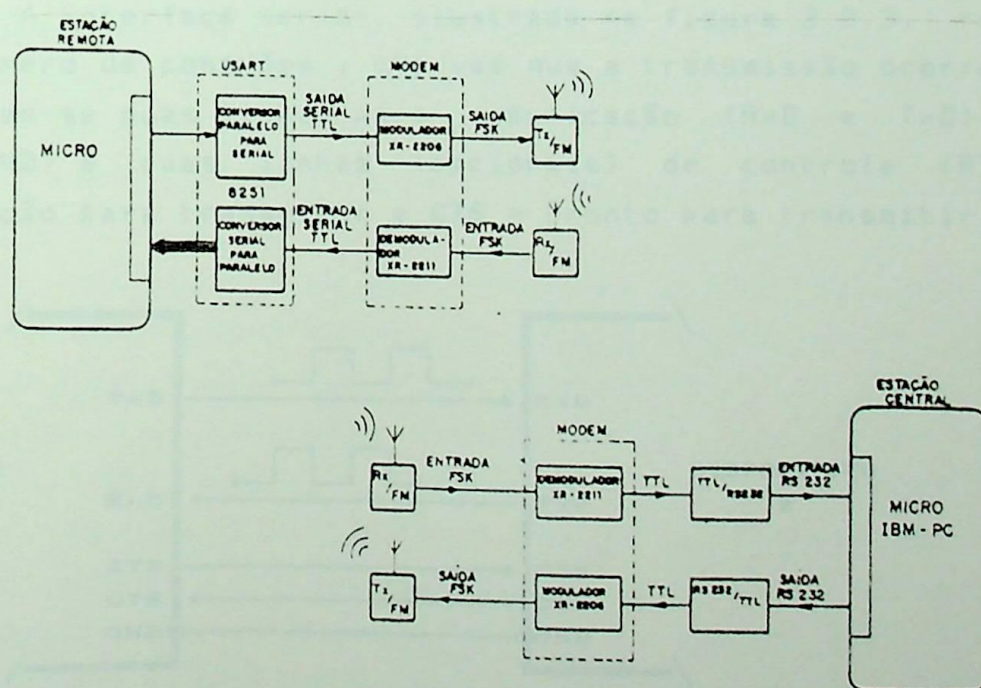


FIGURA 3.3.1. COMUNICAÇÃO DE DADOS, ASPECTO GERAL

### 3.3.2. Métodos de Comunicação

Existem dois métodos básicos segundo os quais os dados podem ser transmitidos entre dois pontos : Serial e Paralelo

A interface paralela, ilustrada na figura 3.3.2, contém várias linhas de dados, uma conexão terra e duas linhas de controle.

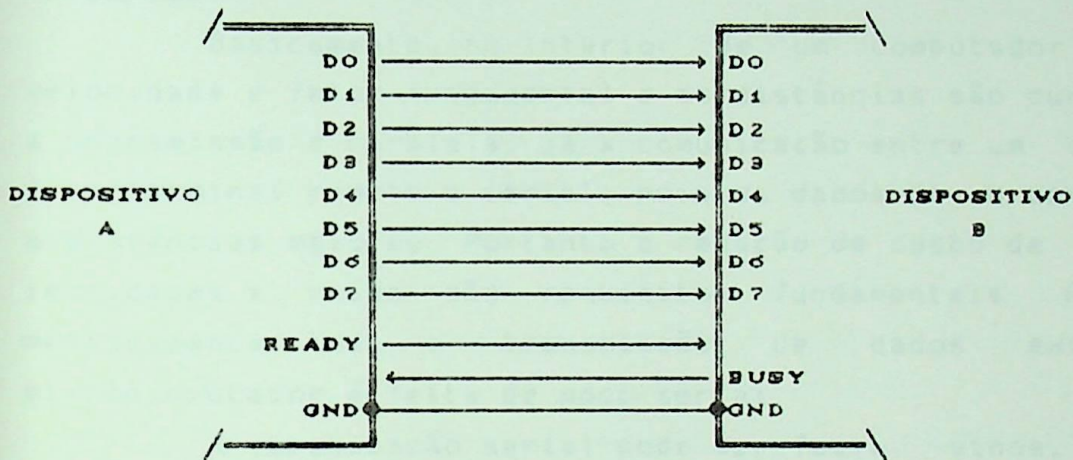


FIGURA 3.3.2. TRANSMISSÃO PARALELA DE DADOS.

A interface serial, ilustrada na figura 3.3.3, requer menor número de conexões, uma vez que a transmissão ocorre bit a bit. Tem-se duas linhas para comunicação (RXD e TXD), um terra (GND) e duas linhas (opcionais) de controle (RTS = Solicitação para transmitir e CTS = Pronto para transmitir)

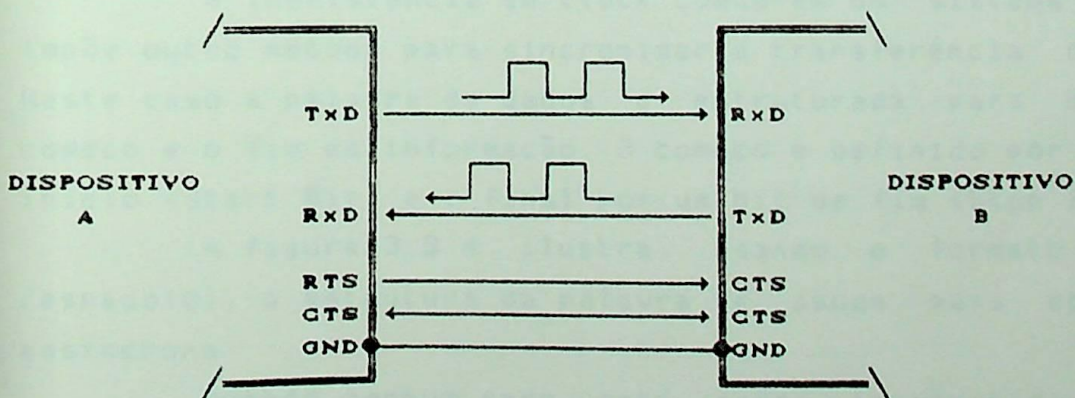


FIGURA 3.3.3. TRANSMISSÃO SERIAL DE DADOS.

Em ambos métodos, a comunicação pode ocorrer em full ou half duplex. No modo full duplex a transmissão de dados é simultânea nos dois sentidos, no modo half duplex a transmissão também ocorre nos dois sentidos mas não simultaneamente.

Evidentemente a comunicação paralela é muito mais rápida mas, em compensação, a serial é muito mais barata, por necessitar somente de duas linhas de dados (transmissão /Recepção).

Basicamente, no interior de um computador, onde a velocidade é fator fundamental e as distâncias são curtíssimas, a transmissão é paralela, já a comunicação entre um computador e um terminal remoto é serial, pois os dados devem ser enviados a distâncias maiores. Portanto a redução de custo de fiação e imunidades a ruído são requisitos fundamentais. Resumindo, praticamente toda a transmissão de dados externa ao microcomputador é feita de modo serial.

A comunicação serial pode ser feita, ainda, de duas formas. Síncrona e Assíncrona.

No primeiro caso, a transmissão de um sinal de sincronismo é feita juntamente com o sinal de dados ou através de um circuito independente do circuito de dados. Os caracteres são transmitidos em um fluxo contínuo, em único bloco, existindo perfeita sincronização entre o emissor e receptor.

O termo assíncrono significa "sem clock" e portanto não existe clock comum entre os dispositivos de transmissão e recepção.

A inexistência de clock comum em um sistema digital, impõe outro método para sincronizar a transferência de dados. Neste caso a palavra de dados é estruturada para definir o começo e o fim da informação. O começo é definido por um bit de início (Start Bit) e o final por um bit de fim (Stop Bit).

A figura 3.3.4. ilustra, usando o formato marca(1) /espaço(0), a estrutura da palavra de dados para comunicação assíncrona.

Quando nenhum dado está sendo transmitido a linha série é mantida alta (Marca), diz-se então que está marcando até o Start bit ser gerado.

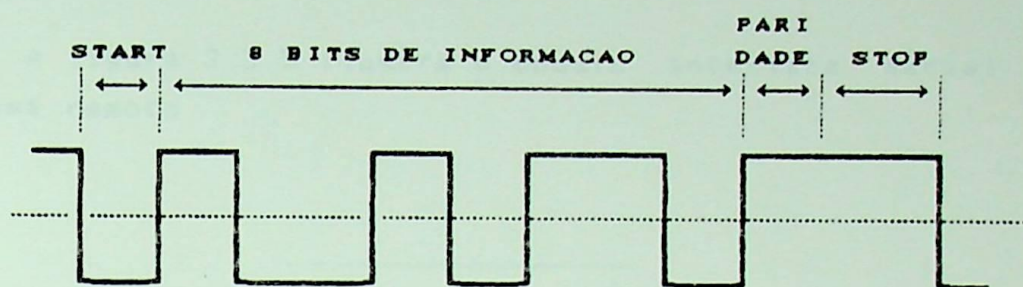


FIGURA 3.3.4. FORMATO ASSINCRONO, MARCA/ESPACO.

Estruturando a palavra de dados com Start e Stop bits, o receptor pode detectar o início da palavra, e estabelecer sincronização com o transmissor sem o clock comum. Os clocks individuais do transmissor e receptor estabelecem a duração de cada bit, e portanto controlam a velocidade de comunicação.

A curta distância, a comunicação série é tão segura quanto a paralela, mas a medida que a distância aumenta torna-se necessário substituir "cabos" por outros meios físicos de comunicação sujeitos a distúrbios, ruído e atenuação do sinal.

Para enfrentar esses problemas, as interfaces seriais, dispõem de vários artifícios, capazes de detectar erros em diversos níveis, desde o elétrico até o lógico.

A verificação de paridade é um dos recursos mais comumente empregados para a detecção de erros. A paridade de um caractere consiste em um bit que é acrescentado a cada caractere transmitido, de modo a manter ímpar (ou par) a contagem total de bits "1" do caractere.

A detecção do chamado "erro de moldura" (Frame Error), típico da transmissão assíncrona, também é possível. Este erro consiste em problemas com bits de sincronismo que envolvem o caractere, daí o nome.

Finalmente, as interfaces seriais também devem ter condições de detectar erros de "overrun" (sobreposição).

As velocidades de comunicação série são especificadas em BPS (bits por segundo). Neste trabalho opera-se a uma velocidade de 300 BPS, modo série, assíncrono, half-duplex.

3 3 3 Módulo Interface Serial

A figura 3.3.5 ilustra o módulo interface serial do subsistema remoto

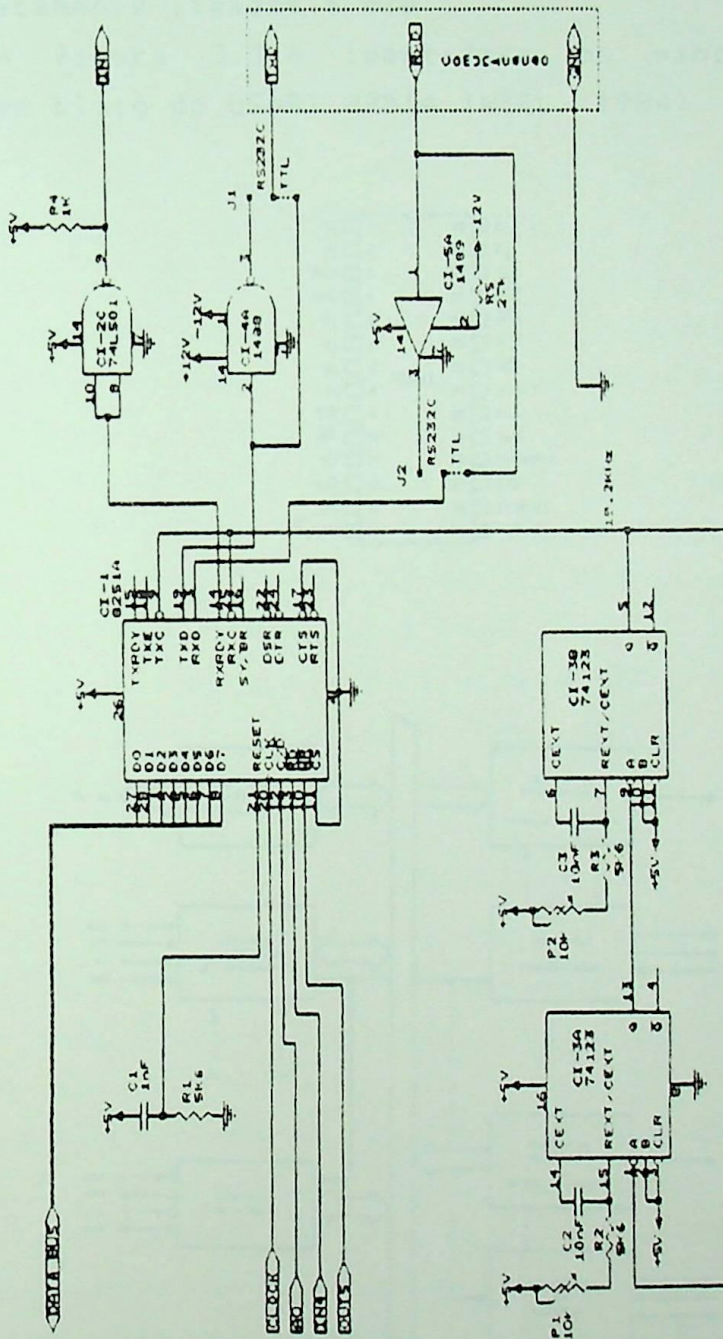


FIGURA 3.3.5. MÓDULO INTERFACE SERIAL: ESTACAO REMOTA

O transmissor/receptor serial remoto nada mais é do que um USART - Transmissor/Receptor Assíncrono/Síncrono Universal, (CI-1: 8251A) com linhas de endereçamento, dados e controle; circuitos de apoio para geração de clock (CI 3[A,B]: 74123), condicionador de sinal de interrupção (CI-2C: 74LS01) e conversores TTL/RS-232C (CI-4A: 1488) e RS-232C/TTL (CI-5A: 1489) diretamente ligados a ele

A figura 3.3.6 identifica os pinos e ilustra o diagrama em bloco do USART 8251A INTEL (1984).

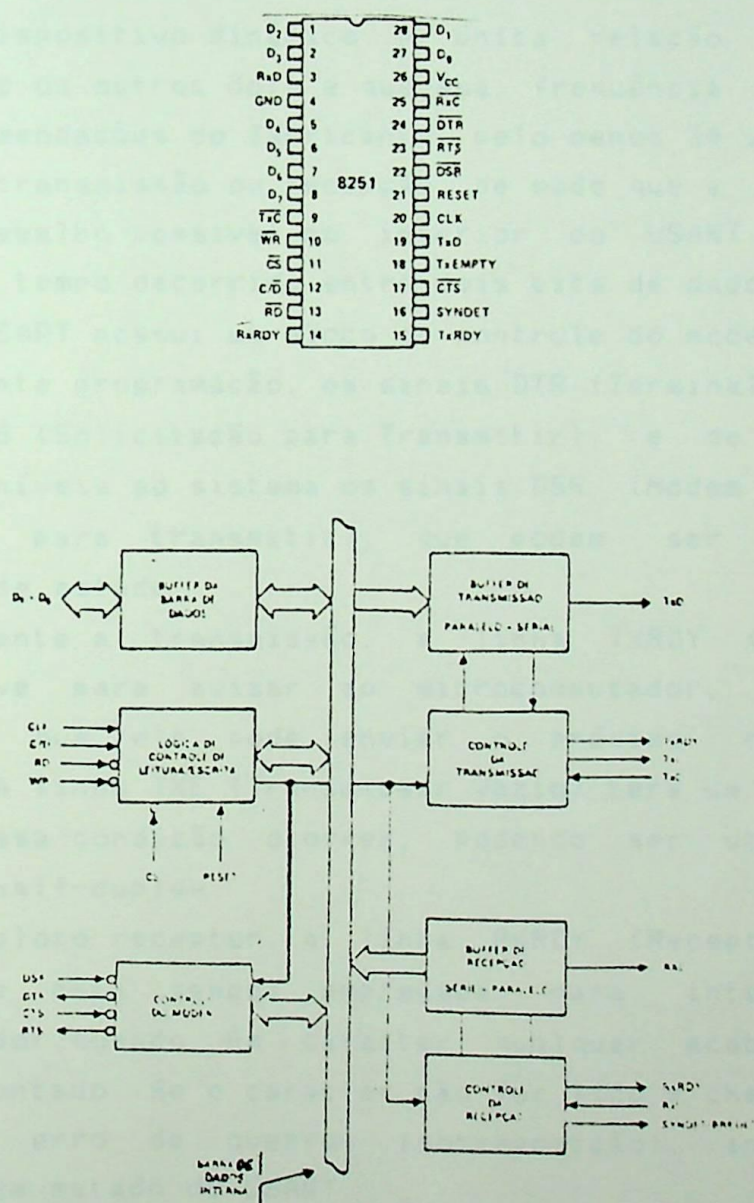


FIGURA 3.3.6. PINAGEM E DIAGRAMA EM BLOCOS : USART.

Os diversos blocos lógicos se conectam em paralelo a barra interna de dados. A linha C/D (controle ou dados) determina se o usuário está programando o USART ou lendo seus flags (C) ou transferindo dados (D). Associando-se este pino ao bit de mais baixa ordem da barra de endereços; controle e dados serão vistos como endereços consecutivos de entrada/saída. A linha CS (Seleção do Chip) completa o endereçamento, e as linhas RD e WR determinam se a operação é de entrada ou saída.

O pino CLK é um clock independente dos clocks de transmissão e recepção serial TxC e RxC, necessário porque o USART é um dispositivo dinâmico. A única relação entre esse clock (CLK) e os outros dois é que sua frequência deve ser, segundo recomendações do fabricante, pelo menos 30 vezes maior do que a de transmissão ou recepção, de modo que a mais longa rotina de trabalho possível no interior do USART possa ser executada no tempo decorrido entre dois bits de dados.

O USART possui um bloco de controle do modem capaz de gerar, mediante programação, os sinais DTR (Terminal de dados Pronto) e RTS (Solicitação para Transmitir), e de receber e tornar disponíveis ao sistema os sinais DSR (Modem pronto) e CTS (Pronto para transmitir), que podem ser lidos do registrador de estado.

Durante a transmissão, a linha TXRDY (Transmissor pronto) serve para avisar ao microcomputador, através de interrupção, que ele pode enviar o próximo carácter a transmitir. A linha TXE (Transmissor Vazio) terá um sinal alto sempre que essa condição ocorrer, podendo ser utilizada na comunicação half-duplex.

No bloco receptor, a linha RxRDY (Receptor pronto) pode ser (e esta sendo) empregada para interromper o microcomputador quando um carácter qualquer acabou de ser recebido e montado. Se o carácter não for lido e chegar outro, ocorrerá um erro de overrun (sobreposição), indicado no registrador de estado do USART.

Como mencionado, o USART aceita dois tipos de instrução em seu endereço de controle (linha C/D em nível alto) Modo e Comando.

A instrução de Modo inicializa o USART, estabelecendo opções de operação válidas durante toda uma sessão (termo usado em comunicação de dados para designar toda a troca de mensagens, do início ao fim) A instrução de comando, por sua vez, precede cada comunicação de dados

é através da instrução de Modo que se determina se o USART vai operar em modo síncrono ou assíncrono. Quando em modo assíncrono, é necessário optar por um dos seguintes fatores de multiplicação do Baud Rate: 1, 16 ou 64. O multiplicador serve para determinar o número de amostragens da linha RxD (Dados recebidos) durante a procura de um start bit. Quando se utiliza o fator 16, por exemplo, mesmo que ocorram pequenas defasagens na recepção, ainda assim será possível localizar o centro dos bits de dados

Quanto maior o fator, maior a tolerância às flutuações de frequência, contanto que estas não excedam a meio bit. O fator 1 é o mais rígido e a transmissão assíncrona com esse fator é chamada de isossíncrona, sendo empregada geralmente em conexões de pequena distância, com um clock comum.

A figura 3.3.7 mostra o registro de Modo para operação assíncrona. Os bits 1 e 0 determinam o fator de Baud Rate. Os bits 3 e 2 determinam o tamanho do caractere. O bit 4 serve para habilitação de paridade, e o bit 5 seleciona a paridade par ou ímpar. Os bits 7 e 6 determinam o número de stop bits na transmissão (essa opção só tem efeito sobre a transmissão, na recepção, um stop bit é suficiente para reconhecer o fim do caractere).

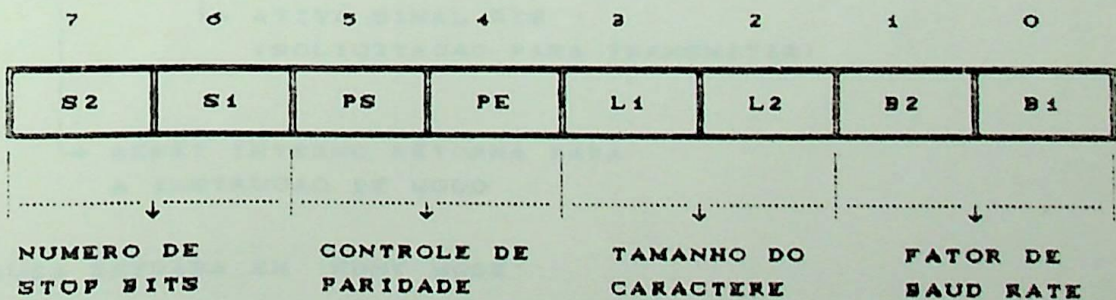


FIGURA 3.3.7. REGISTRO DE MODO PARA OPERAÇÃO ASSÍNCRONA

A instrução de Comando não se distingue da de Modo por qualquer configuração de bits no corpo da própria instrução, mas pela sequência de eventos. Uma vez feita a inicialização, isto é, recebida a instrução de Modo e os caracteres de sincronismo (se houver), o USART estará esperando uma instrução de Comando. Inversamente, após um reset externo (linha RESET) ou interno (bit 6 do registro de Comando), ele passa a esperar uma instrução de Modo.

A figura 3.3.8 mostra os bits do registro de comando. Note que o bit 7 só tem sentido quando em modo síncrono (idem para SYNDET), e o bit 3 se aplica a operação assíncrona.

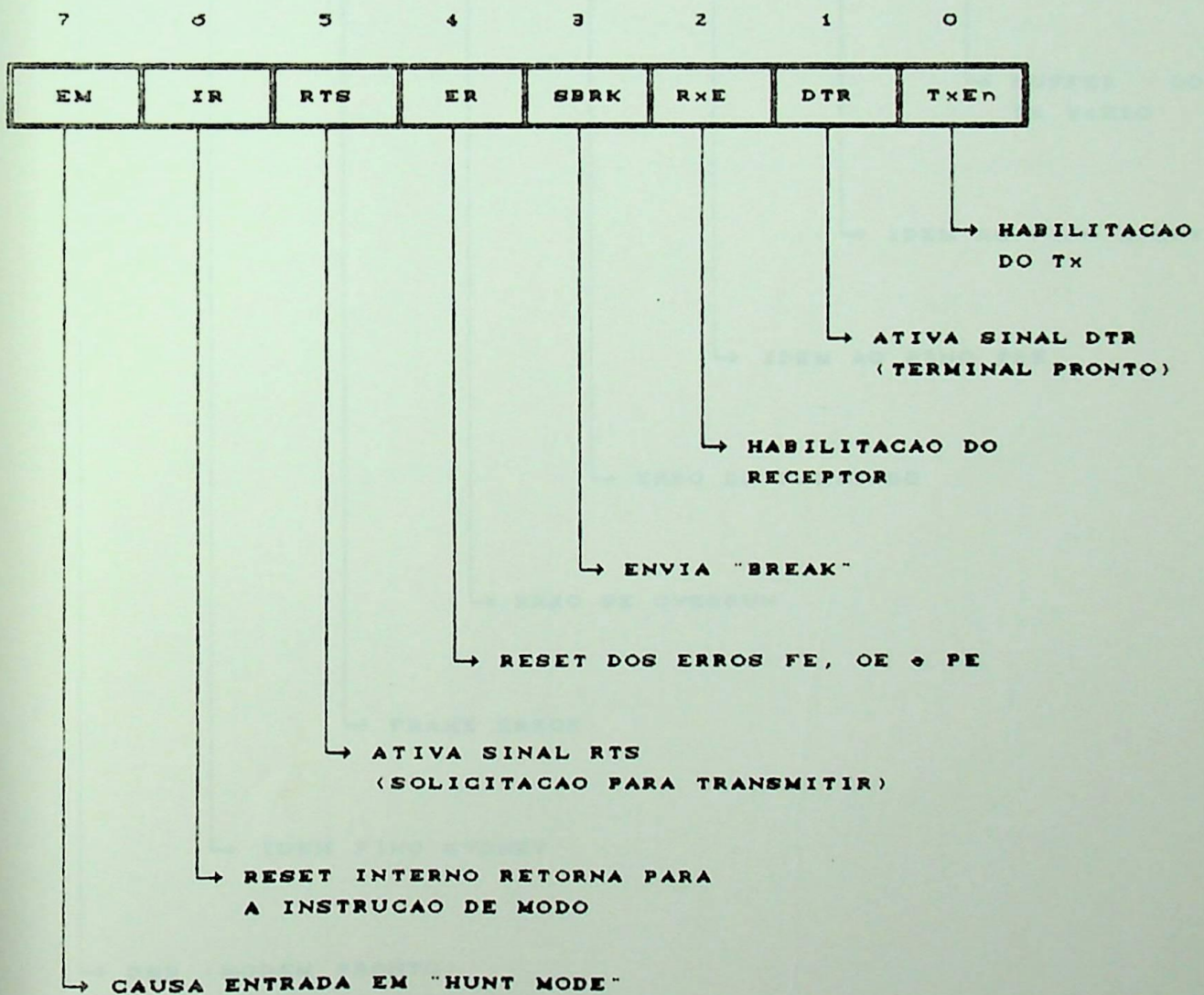


FIGURA 3.3.8. REGISTRO DE COMANDO OPERAÇÃO ASSÍNCRONA.

Para concluir, tem-se na figura 3.3.9 as definições da palavra de estado (status) do USART. A leitura do estado pode ser feita em qualquer tempo, a cada caracter recebido, ou no fim de uma mensagem. Os erros assinalados (paridade, sincronismo e overrun) não inibem a operação do USART. No caso de overrun, por exemplo, a recepção continua, apesar de algum caracter ter se perdido.

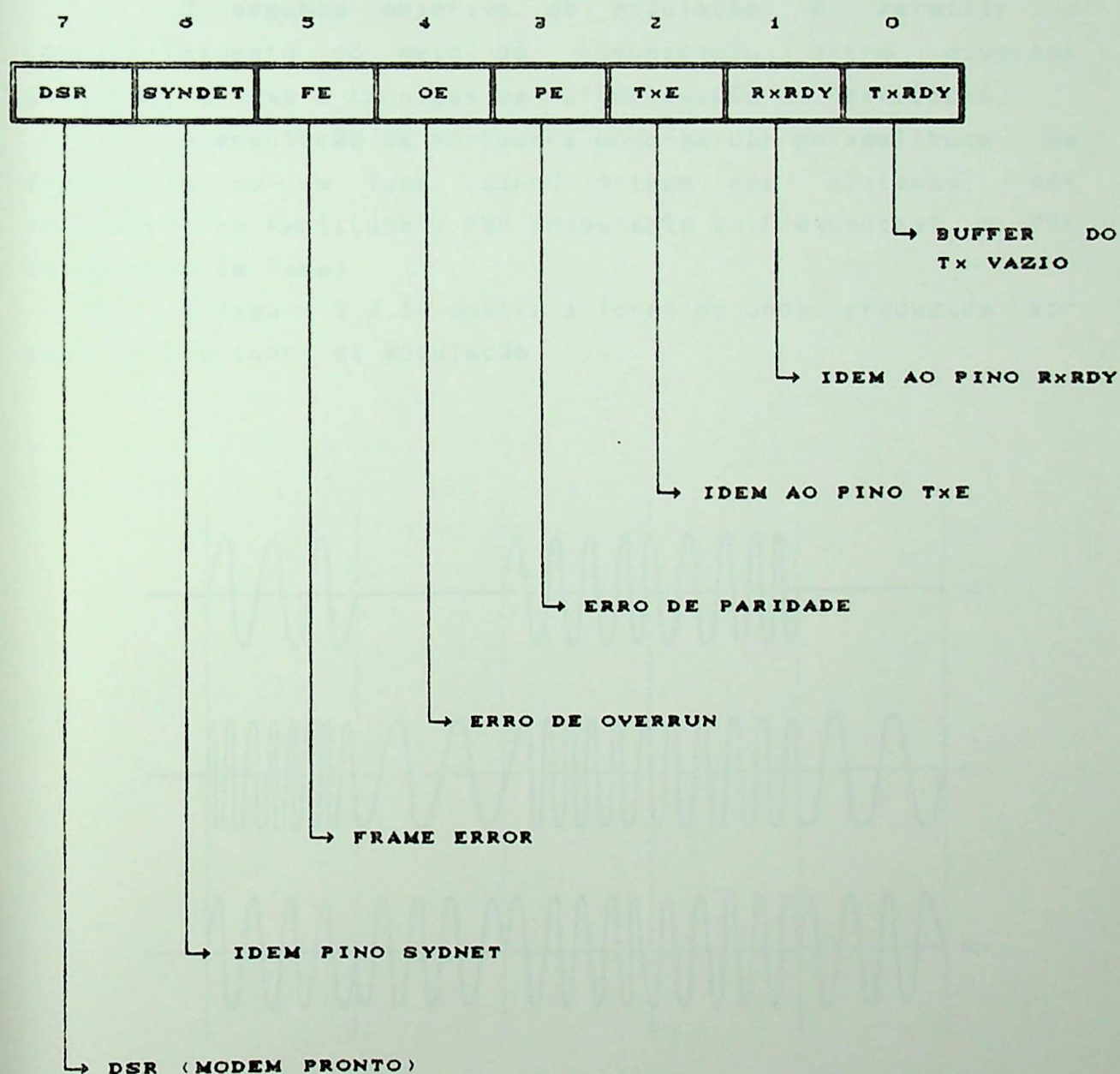


FIGURA 3.3.9. REGISTRO DE STATUS DO USART.

### 3.3.4 Sistemas Modulados

São frequentes em comunicação de dados sistemas onde o sinal digital modula uma portadora

A finalidade básica da modulação é adaptar o sinal digital ao meio de comunicação, uma vez que sinais com componentes espectrais de baixa frequência sofrem perdas severas ao serem transmitidos a longas distâncias

O segundo objetivo da modulação é permitir o compartilhamento do meio de comunicação entre diversos usuários, graças a técnicas de multiplexação em frequência

A modulação da portadora pode-se dar em amplitude, em frequência ou em fase, dando origem aos sistemas, ASK (Modulação em Amplitude), FSK (Modulação em Frequencia) e PSK (Modulação de Fase).

A figura 3.3.10 mostra a forma de onda produzida por cada um dos tipos de modulação

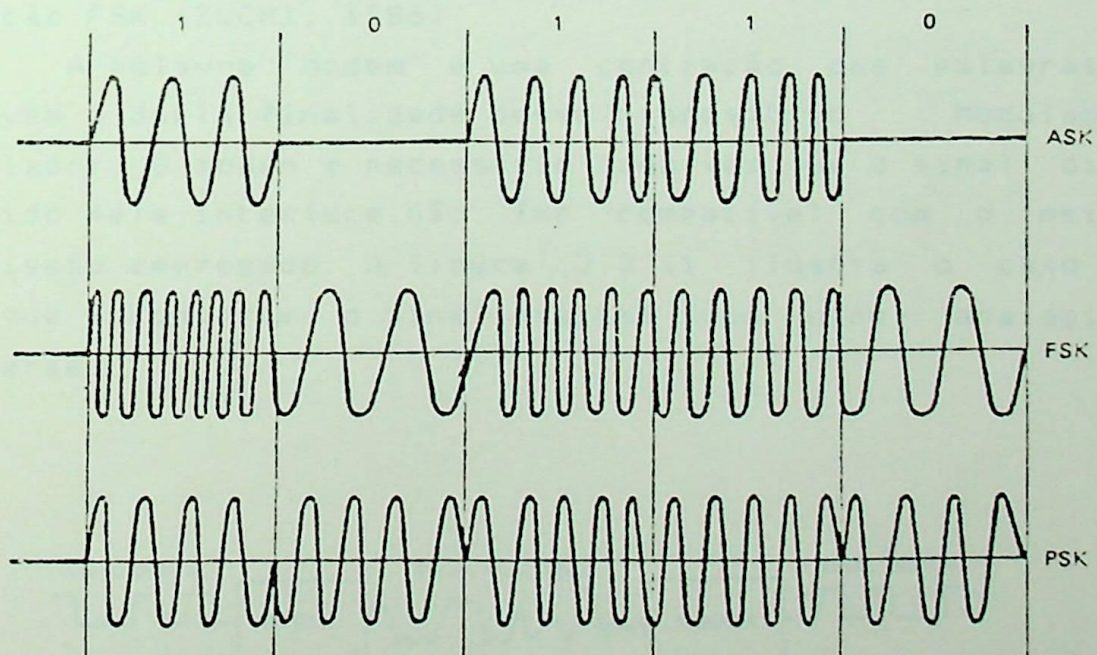


FIGURA 3.3.10. FORMAS DE ONDA PARA A MODULAÇÃO

Técnicas de modulação em frequência nos sistemas de pulso (FSK) são utilizadas em modems com baixa velocidade de transmissão (até 600 bps).

A probabilidade de erro nos sistemas FSK é praticamente igual à dos sistemas ASK, e a faixa necessária para transmissão é geralmente maior, porém o sistema FSK apresenta diversas vantagens

-A implementação do decodificador é simples e relativamente barata,

-A amplitude do sinal é constante e, por isso, o nível de decisão não precisa ser ajustado se houver variações no nível do sinal recebido,

A probabilidade de erro é igual para todos os símbolos transmitidos

Por essas razões, a maioria dos modems construídos para aplicações de baixo custo e baixa velocidade, utilizam modulação FSK (ZUCHI, 1986)

A palavra "Modem" é uma contração das palavras que descrevem a dupla finalidade desse dispositivo Modulador e Demodulador. O modem é necessário toda vez que o sinal digital produzido pela interface não for compatível com o meio de transmissão empregado. A figura 3.3.11 ilustra o caso mais comum que é converter o sinal digital num sinal analógico e vice-versa

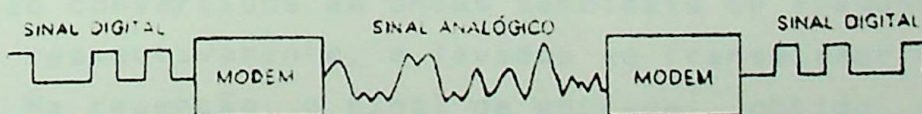


FIGURA 3.3.11. USO DO MODEM

Os modems são classificados de acordo com os padrões BELL (USA) ou CCITT (EUROPA). Estes padrões disciplinam, entre outras coisas, a velocidade, o tipo de operação e as técnicas de codificação a serem empregadas pelos modems. A tabela 3.1.1 apresenta alguns exemplos de classificação.

PADRÃO	VELOCIDADE (BPS)	OPERAÇÃO	CODIFICAÇÃO
103 (B)	0 - 300	FULL-DUPLEX	FSK
201 (B)	0 - 1200	HALF-DUPLEX	PSK
V. 21 (C)	0 - 300	FULL-DUPLEX	FSK
V. 22 (C)	0 - 1200	FULL-DUPLEX	PSK

(B) = BELL      (C) = CCITT

TABELA 3.1.1. MODENS : PADRONIZAÇÃO BELL E CCITT.

As transmissões via rádio são feitas em ondas senoidais, e o papel do modulador é imprimir nessas ondas os níveis lógicos 0 (espaço) e 1 (marca), enquanto que o demodulador, na recepção, vai extrair esses mesmos níveis lógicos, reconvertendo os dados a uma forma inteligível para o microcomputador.

Como as transmissões podem se dar em ambos os sentidos cada uma das estações (remota e central) contém tanto o modulador (XR-2206 (EXAR, 1984)) como o demodulador (XR-2211 (EXAR, 1984)).

Devido a superior estabilidade de frequência desses circuitos integrados, o modem projetado com estes componentes estará virtualmente livre da influência da temperatura.

O sistema de comunicação completo é composto de um modem remoto e um modem central, idênticos, uma vez que se opera em Half-Duplex.

Na transmissão os bits de marca e espaço entram no modem, são convertidos em ondas senoidais de frequências 1200 e 2400 Hz, respectivamente, e levados ao transmissor FM.

Na recepção, o sinal de entrada, obtido do receptor FM, é aplicado ao demodulador FSK, baseado no circuito integrado XR-2211, que fornece à sua saída o sinal de dados original.

A figura 3.3.12 ilustra todo o conjunto de circuitos e componentes para transmissão e recepção de dados do módulo FSK.

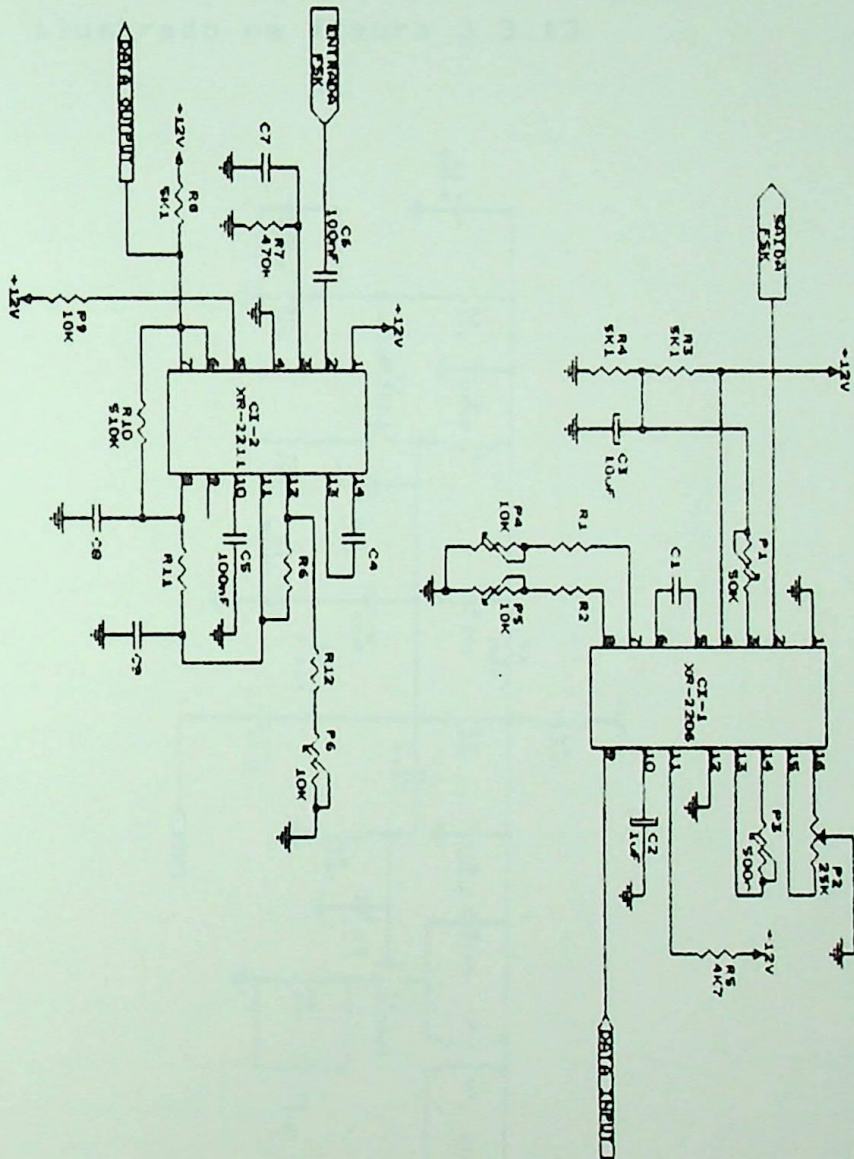


FIGURA 3.3.12. MÓDULO FSK

### 3.3.5. Módulo FM

Para permitir a comunicação entre o campo e o centro de processamento (e vice-versa), optou-se por um canal de rádio FM, em vista de apresentar baixa susceptibilidade a ruídos. Desta forma interligou-se a saída do modulador FSK a entrada do módulo de FM, ilustrado na figura 3.3.13.

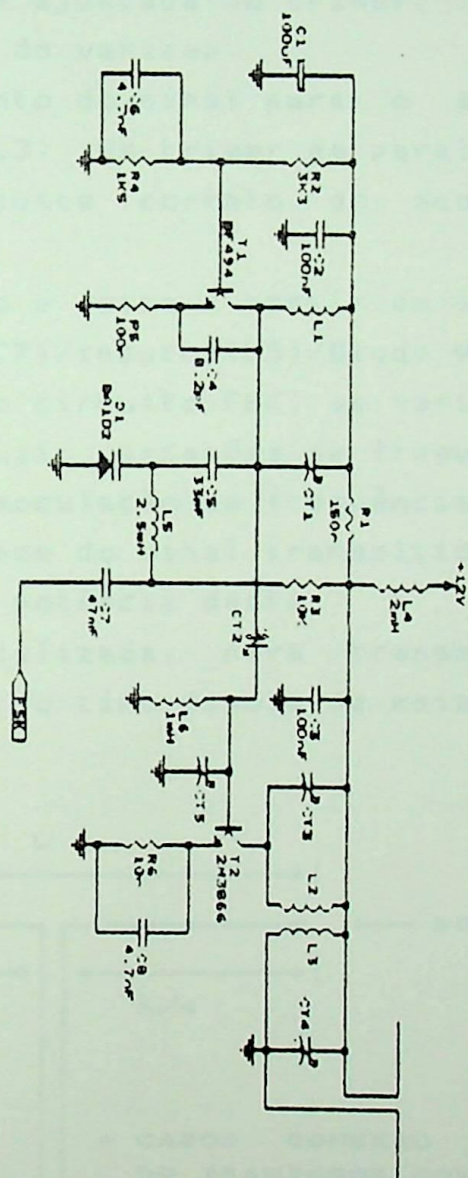


FIGURA 3.3.13. MODULO FM

A utilização de um diodo de capacitância variável (ou varicap) possibilita a obtenção de desvios na frequência da portadora bastante precisos e lineares. Isto implica em uma modulação mais limpa e um melhor rendimento para o sistema.

A etapa osciladora consta de um transistor de média potência de RF (T1: BF494), ligado a um indutor (L1) e a um trimmer (CT1). Esta bobina, em conjunto com o varicap e o trimmer, determina a frequência de operação do circuito. A frequência central é ajustada no trimer, sendo modulada pela ação da polarização do varicap.

O acoplamento do sinal para o sistema de antena é feito pela bobina (L3). Um trimer em paralelo com o circuito de antena permite o ajuste correto do acoplamento para maior rendimento.

A modulação é feita a partir do sinal FSK aplicado ao conjunto capacitor(C7)/indutor(L5)/Diodo Varicap(D1), ou seja, ligando o varicap ao circuito FSK, as variações de tensão do sinal FSK, vão produzir variações de frequência no oscilador. Obtem-se, então, a modulação em frequência ou FM.

O bom alcance do sinal transmitido depende da antena do transmissor e da potência deste.

A antena utilizada, para transmissão, nas estações remota e central, é do tipo dipolo de meia onda, ilustrada na figura 3.3.14.

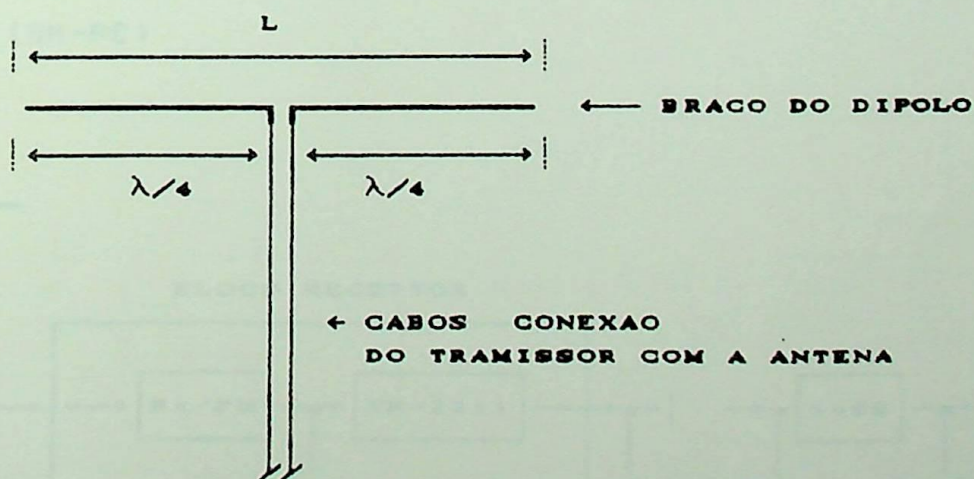


FIGURA 3.3.14. DIPOLO DE MEIA ONDA

O comprimento do dipolo de meia onda é determinado a partir do valor da frequência de portadora escolhido; ou seja :

$$L = \frac{\lambda}{2} \text{ [m]} \quad \text{Onde : } \lambda = \frac{3 * 10^8}{f_0} \begin{matrix} \text{[m/s]} \\ \text{[Hz]} \end{matrix}$$

Esta antena deve ser instalada em local elevado.

As frequências de portadora escolhidas para o sistema em questão, são de 105 MHz (Estação Remota) e 91 MHz (Estação Central); valores distantes das possíveis frequências de portadora de estações emissoras locais, uma vez que o conjunto transmissor/receptor, do Sistema Para Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos, opera na faixa de FM convencional (rádio-difusão)

Na figura 3.3.15, apresenta-se o sistema de recepção e processamento da Estação Central.

O bloco receptor pode ser entendido como formado por um receptor de rádio FM e de um circuito demodulador (FSK/TTL). O sinal FSK detetado diretamente da saída de fone de ouvido do receptor FM é aplicado ao demodulador (XR-2211), que recupera os dados

Os dados obtidos na saída do demodulador FSK possuem níveis TTL com lógica negativa devendo, portanto, ser levados ao padrão TTL (lógica positiva) e, em seguida, convertido para níveis RS-232C, afim de que sejam entregues ao microcomputador Central (IBM-PC).

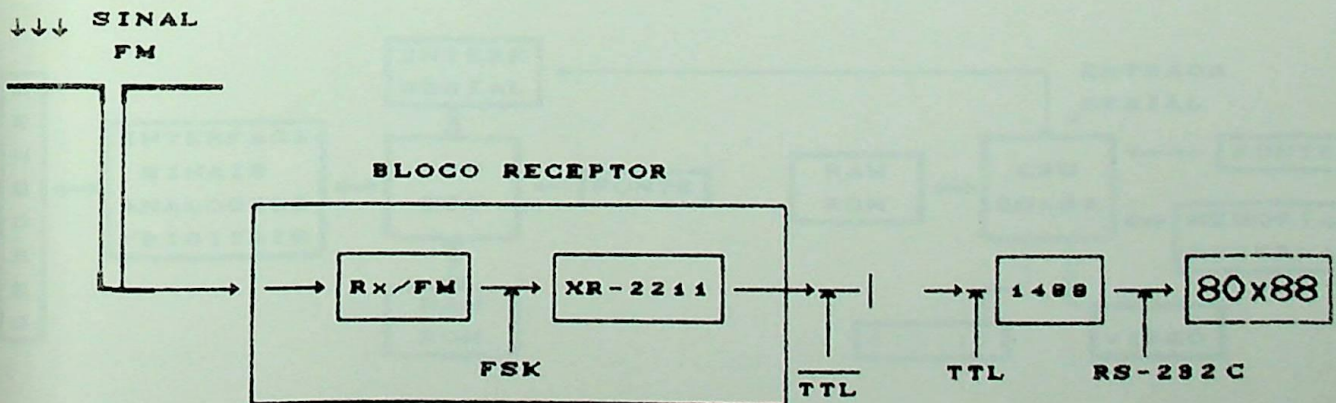


FIGURA 3.3.15. RECEPCAO DE DADOS: ESTACAO CENTRAL

Na figura 3.3.16. tem-se o sistema de recepção e processamento da Estação Remota.

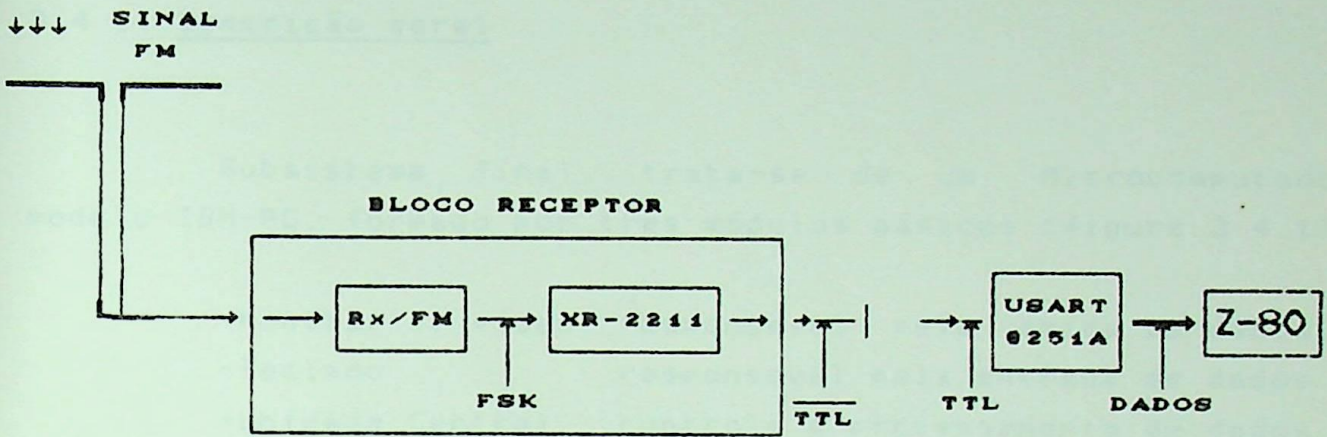


FIGURA 3.3.16. RECEPCAO DE DADOS : ESTACAO REMOTA

A diferença básica é que o USART opera diretamente com lógica TTL padrão, dispensando, neste caso, a conversão TTL/RS-232C realizada pelo integrado 1488.

A implementação de conversores TTL/RS-232C e RS-232C/TTL, no Módulo Interface Serial, se prende a necessidade de ligação direta entre os microcomputadores Z80 => IBM-PC para análise e testes "diretos" (do software de comunicação, por exemplo).

A figura 3.3.17 ilustra o diagrama em bloco da ligação "direta" entre as Estações Remota e Central.

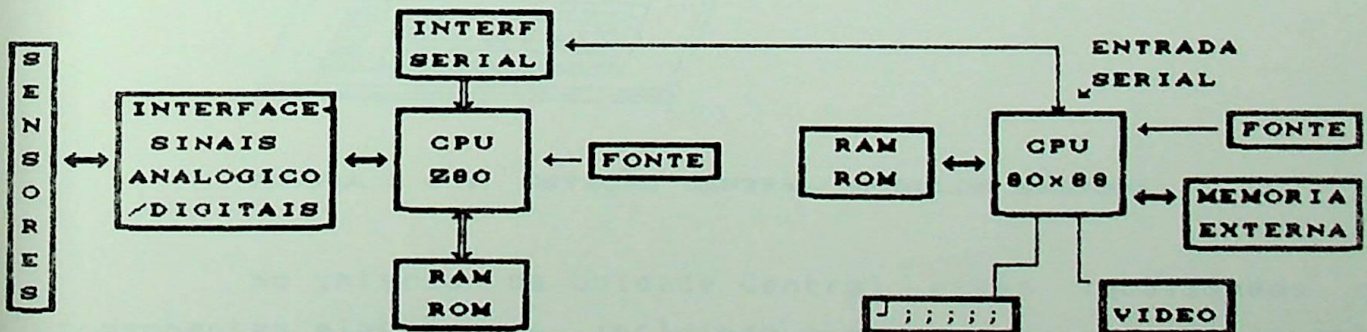


FIGURA 3.3.17. LIGACAO DIRETA REMOTA-CENTRAL

### 3.4. A Estação Central

#### 3.4.1. Descrição geral

Subsistema final, trata-se de um Microcomputador modelo IBM-PC, formado por três módulos básicos (figura 3.4.1):

- Monitor de vídeo: responsável pela saída de dados.
- Teclado : responsável pela entrada de dados.
- Unidade Central : controle e processamento de dados.

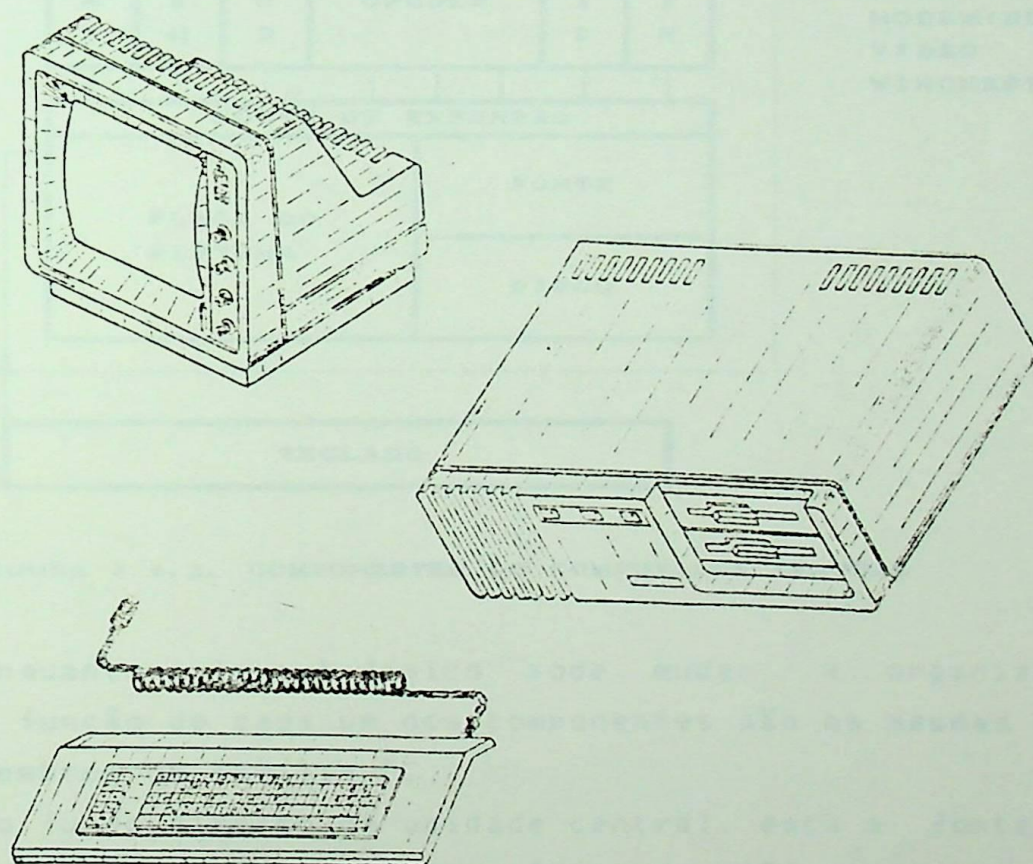


FIGURA 3.4.1. ESTAÇÃO CENTRAL: MÓDULOS BÁSICOS

No interior da Unidade Central estão localizados os componentes eletrônicos, incluindo o microprocessador central, a memória central, disk drives e/ou winchester, placas de expansão, fonte de alimentação entre outros

3 4 2. Estrutura/conexões

A figura 3.4.2 apresenta o diagrama lógico desses componentes.

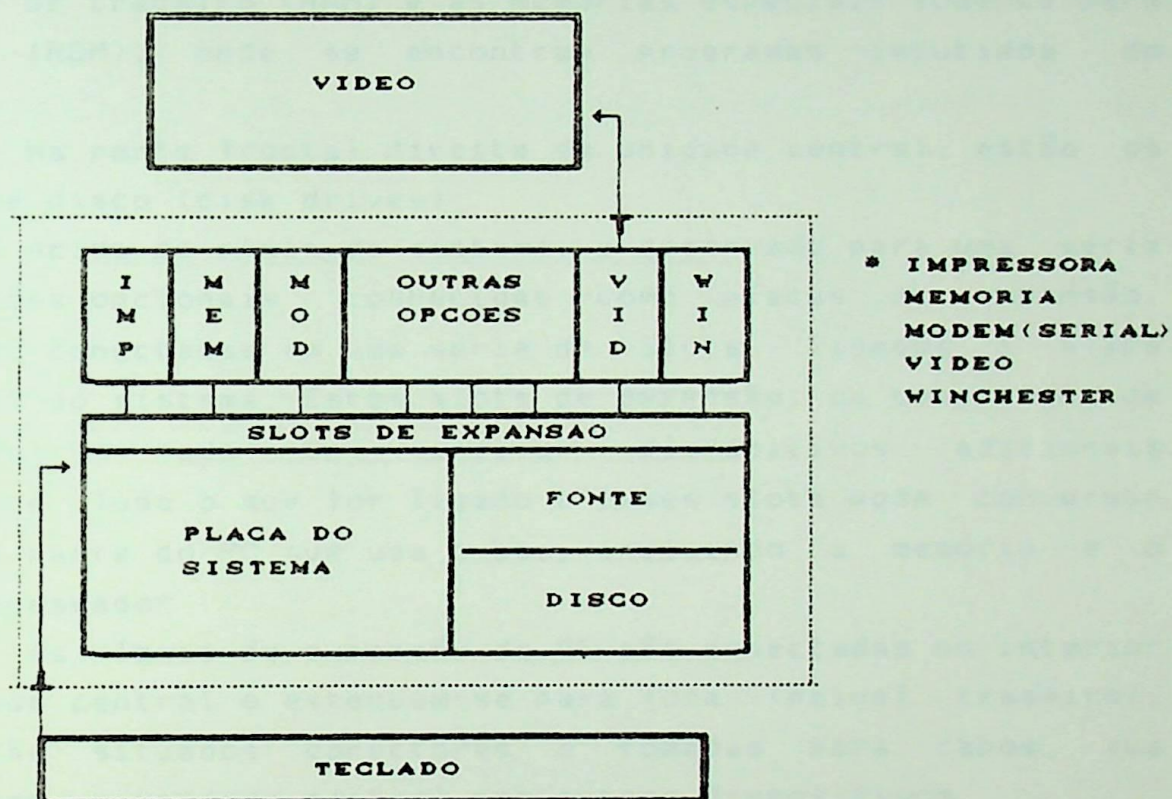


FIGURA 3.4.2. COMPONENTES DO COMPUTADOR CENTRAL

Enquanto o layout físico pode mudar, a organização lógica e a função de cada um dos componentes são as mesmas para todos os membros da família PC.

No fundo direito da unidade central, está a fonte de alimentação. A fonte usa corrente alternada (AC) e a converte em corrente contínua (CC), em voltagens necessárias à operação do computador. A fonte gera quatro voltagens contínuas diferentes:  $\pm 12$  volts e  $\pm 5$  volts. A capacidade de potência do computador coloca um limite nas opções que podem ser instaladas nele. O PC original fornecia 65 watts de potência, valor abaixo dos modelos mais recentes; o XT, por exemplo, fornece 130 watts, e o AT cerca de 200 watts.

Além de fornecer energia, a fonte também fornece tomadas externas para a ligação do vídeo e impressora, e contém um ventilador que refrigera todas as partes da unidade central.

A primeira parte principal do PC é a placa do sistema. Esta contém todas as partes eletrônicas principais, ou seja, o microprocessador, os chips de suporte (relógio por exemplo), as memórias de trabalho (RAM) e as memórias especiais somente para leitura (ROM), onde se encontram programas imbutidos do sistema.

Na parte frontal direita da unidade central, estão os drives de disco (disk drives).

Acima da placa do sistema, é reservado para uma série de ligações opcionais conhecidas como placas de expansão. Estas são conectadas em uma série de slots, ligados à placa principal do sistema. Estes slots de expansão, ou conectores de bus, são um modo de conectar dispositivos adicionais livremente. Tudo o que for ligado a esses slots pode conversar com cada parte do PC que usa o bus, incluindo a memória e o microprocessador.

As placas de expansão do PC são conectadas no interior da unidade central e estendem-se para fora (painel traseiro), onde estão situados conectores e tomadas para cabos, que interligam a unidade central com outros dispositivos.

Na figura 3.4.3 ilustra o painel traseiro do microcomputador central.

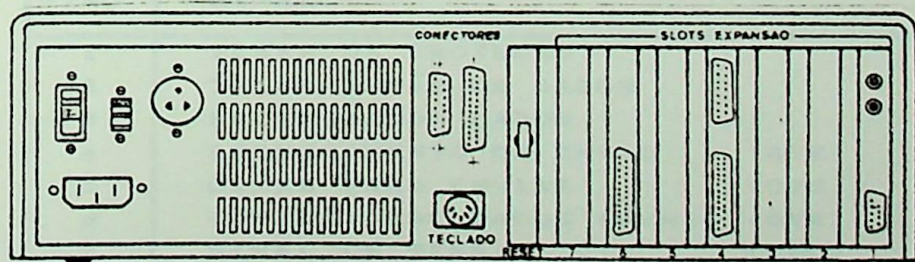


FIGURA 3.4.3. PAINEL TRASEIRO : ESTAÇÃO CENTRAL

### 3 4 3 Interface Serial

A interface serial é essencialmente uma porta através da qual o microcomputador se comunica diretamente com o mundo exterior

A presença da interface serial, no subsistema (microcomputador) central, é evidenciada por um conector de 25 pinos (embora se use somente alguns deles) conhecido como DB-25, conforme ilustra a figura 3 4.4.

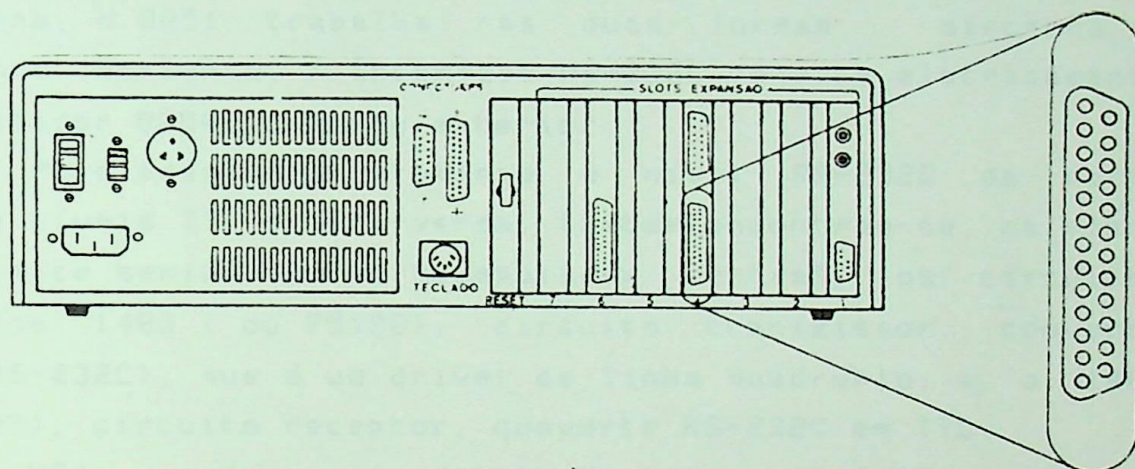


FIGURA 3.4.4. CONECTOR RS-232C OU DB-25, INDICAÇÃO DO PONTO DE LIGAÇÃO NO PAINEL TRASEIRO DO MICROCOMPUTADOR CENTRAL.

O IBM-PC suporta um ou dois adaptadores de comunicação assíncrona (RS-232C), cada um dos quais fornecendo o seguinte conjunto de sinais (de interesse)

PINO	SINAL	DIREÇÃO
1	TERRA DE PROTEÇÃO	-
2	TRANSMISSÃO DE DADOS	SAÍDA
3	RECEPÇÃO DE DADOS	ENTRADA
4	REQUERIMENTO DE ENVIO (RTS)	SAÍDA
5	LIVRE PARA ENVIAR (CTS)	ENTRADA
6	CONJUNTO DE DADOS PRONTO (DSR)	ENTRADA
7	SINAL DE TERRA (GND)	-
8	DETEÇÃO DE PORTADORA (CD)	ENTRADA
20	TERMINAL DE DADOS PRONTO (DTR)	SAÍDA

TABELA 3.4.1. SINAIS DO PADRÃO RS-232C

O padrão RS-232C define o estado binário "1" como uma tensão entre -3 [V] e -15 [V]. O estado binário "0" deve estar na faixa de +3 [V] e +15 [V]. Desta maneira a variação da tensão pode ir de 6 a 30 [V]. Quanto maior forem os níveis de tensão utilizados, maior será a relação sinal/ruído e assim maior sua imunidade a ruído.

O circuito integrado 8250 (UART : Transmissor/Receptor Assíncrono Universal) é o responsável pelo tratamento dos dados recebidos/transmitidos no subsistema central, via RS-232C. Este circuito difere do 8251 por operar somente com dados na forma assíncrona, o 8251 trabalha nas duas formas : síncrona e assíncrona. Portanto, a interface RS-232C conecta eletricamente o Controlador 8250 ao mundo exterior.

Para adaptar diretamente o nível RS-232C da porta serial a níveis TTL e vice-versa, também encontram-se, na placa de interface serial do microcomputador central, os circuitos integrados: 1488 ( ou 75188), circuito transmissor, converte TTL em RS-232C), que é um driver de linha quádruplo; e o 1489 (ou 75189), circuito receptor, converte RS-232C em TTL.

Não convém aqui detalhar mais profundamente as características da interface serial do microcomputador central ( tais como pinagem dos ci's, sinais de controle, etc..), pois seria entrar a níveis da própria arquitetura do microcomputador utilizado.

Entretanto, deve-se adiantar que o software para controle da Transmissão/Recepção dos dados por esta interface deverá observar alguns aspectos de compatibilidade, tais como .

- Número de Stop bits : 1 ou 2;
- Paridade : Sem paridade, com paridade (par ou ímpar);
- Velocidade de transmissão/Recepção: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800 ou 9600 BPS;
- Comprimento dos dados : 7 ou 8 bits.

Após sua programação, o Microcomputador Central começa a receber/transmitir) dados dentro dos padrões desejados.

## 4. SOFTWARE

### 4.1. Introdução

A função dos computadores é resolver problemas. Em geral, qualquer descrição de como resolver um problema é um algoritmo. Mais especificamente, um algoritmo é uma descrição de um número finito de passos, capazes de definir precisamente, os processos que produzirão um resultado específico. Um conjunto de instruções para o computador, descrevendo como executar o algoritmo, é chamado programa.

Os programas podem ser escritos em diversas linguagens, as quais o computador consegue compreender e executar. Estas linguagens obedecem a um conjunto de regras e comandos e são divididas em níveis, que mostram entre outras coisas, a sua complexidade de evolução.

O propósito deste capítulo é descrever, de forma simplificada, como serão processadas as principais atividades do sistema proposto. Esta descrição de cada tarefa específica será baseada no algoritmo da subrotina de execução da mesma. O objetivo principal é dar uma visão do funcionamento global das estações remota e central.

A programação aqui apresentada, será utilizada como um primeiro teste funcional do sistema. A programação final, introduzindo alterações, já está sendo executada e faz parte de um amplo sistema distribuído de aquisição e, principalmente, de análise de dados meteorológicos.

Será apresentada apenas a programação indispensável para o funcionamento dos sistemas, ou seja, o programa principal de cada uma das estações e o conjunto de subrotinas de aquisição, armazenamento e comunicação de dados.

Os programas, aqui descritos sob a forma algorítmica, foram implementados em linguagens Assembler e Basic (aquisição e comunicação: remota) e Pascal (comunicação, tratamento e análise Central).

## 4.2. Protocolo de Comunicação

### 4.2.1. Descrição geral

Ao conjunto de regras específicas que governam a troca de dados sobre a via física de comunicação denomina-se Protocolo.

As principais funções a serem realizadas pelo protocolo de comunicação do Sistema de Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos são: permitir a troca transparente de dados, ativar e desativar as interfaces físicas, sincronizar a comunicação a nível de byte, detetar situações anormais, independência em relação ao sistema, controle e endereçamento de mensagens.

No que diz respeito à troca transparente de dados, basicamente o protocolo de comunicação deve permitir o envio e a recepção de mensagens, qualquer que seja o seu conteúdo.

A ativação e desativação de interfaces físicas constituem procedimentos que permitam o controle do modem, do USART e de outros dispositivos, indicando quando a conexão física deve ser estabelecida ou terminada.

Sincronização a nível de byte é importante um vez que o sistema opera com oito bits de dados e, certos códigos possuem uma função especial de controle. Portanto é necessário que a estação receptora (remota ou central) utilize a mesma divisão em bytes da sequência transmitida pela estação geradora da mensagem.

A deteção de situações anormais se faz afim de permitir identificação de mensagens inesperadas ou do tipo inexistente. Quando estas situações ocorrem, funções de flag devem ser invocadas de modo que a falha seja indicada.

A independência em relação ao sistema significa que o protocolo de comunicação deve ser definido e implementado de modo a ser independente das características físicas do sistema.

Controle e endereçamento de mensagens dizem respeito à disciplina de acesso dentro de um enlace (sistemas distribuídos de aquisição e análise de dados).

#### 4 2 2 Enlaces e códigos de comunicação

Segundo ZUCHI (1986), existem atualmente, em uso três tipos principais de enlace: ponto-a-ponto dedicado, ponto-a-ponto comutado e multiponto. A figura 4.2.1 ilustra a configuração de cada tipo de enlace.

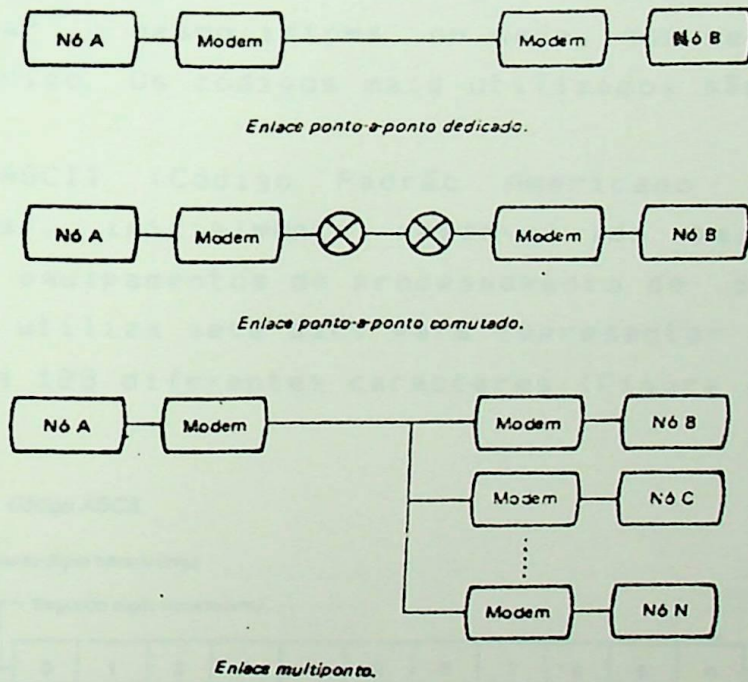


FIGURA 4.2.1. TIPOS DE ENLACE.

A diferença básica dos diversos tipos de enlace do ponto de vista do protocolo de comunicação é a maneira como as funções de controle da comunicação são implementadas. Enlaces multiponto, em particular, exigem funções de controle mais sofisticadas, que podem ser classificadas em dois grupos:

-Polling : É uma disciplina ordenada de acesso ao enlace na qual uma estação só pode iniciar a transmissão de dados após receber uma mensagem especial de autorização chamada de Pool

-Concentração É uma disciplina de acesso aleatória onde qualquer estação pode iniciar a transmissão desde que já não haja outra transmissão em curso Naturalmente, este esquema pode gerar colisões (duas estações tentam iniciar a transmissão ao mesmo tempo) que devem ser resolvidas pela disciplina de acesso

Para que possam trocar informações, remota e central, devem "falar" o mesmo idioma, ou seja, que se comuniquem usando o mesmo Código Os códigos mais utilizados são

-ASCII (Código Padrão Americano Para Troca de Informações); inicialmente desenvolvido para ser utilizado apenas por equipamentos de processamento de dados do Governo Americano, utiliza sete bits para representar um caractere, o que permite 128 diferentes caracteres (Figura 4.2.2).

#### Código ASCII.

Primeiro dígito hexadecimal

Segundo dígito hexadecimal

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	AQK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	SP	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	.	:	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

FIGURA 4.2.2. CÓDIGO ASCII.

-EBCDIC (Código Binário Extendido Para Troca de Informações); que é o código mais utilizado em redes de comunicação de dados (ilustrado na figura 4.2.3) Surgiu na década de 60 e utiliza um conjunto de oito bits para representar um caractere (Byte).

Código EBCDIC.

Primeiro dígito hexadecimal

Segundo dígito hexadecimal

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	PF	HT	LC	DEL		RLF	SMM	VT	FF	CR	SO	SI
1	WACK DLE	DC1	DC2	DC3	RES	NL	BS	IL	CAN	EM	CC		IFS	IGS	IRS	IUS
2	DS	SOS	FS		BYP	LF	EOB ETB	PRE ESC			SM			ENQ	ACK	BEL
3			SYN		PN	RS	UC	EOT					DC4	NAK		SUB
4	SP										e	.	<		+	
5	&											\$	.		:	
6	-	/										.	%	-	>	?
7										\	:	#	@	'	"	"
8		a	b	c	d	e	f	g	h	i						
9		j	k	l	m	n	o	p	q	r						
A		~	s	t	u	v	w	x	y	z						
B																
C	{	A	B	C	D	E	F	G	H	I						
D	}	J	K	L	M	N	O	P	Q	R						
E	\		S	T	U	V	W	X	Y	Z						
F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9						

Assinalamento duplo

ACK0 - 1070      TTD - 0220  
ACK1 - 1061      RVI - 107C

FIGURA 4.2.9. CÓDIGO EBCDIC.

#### 4.2.3 Um protocolo aplicado ao sistema

Esta seção apresenta o protocolo simplificado, orientado a caracteres, para comunicação ponto-a-ponto, utilizado na implementação do Sistema de Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos. Com pequenas modificações ele também poderá ser utilizado em enlaces multiponto ou comutado.

O protocolo será implementado utilizando o código ASCII, com os seguintes caracteres de controle:

-SOH (\$01, \$ de hexadecimal) . Caractere utilizado para delimitar o início das mensagens. Considera-se que as mensagens são constituídas de duas regiões .cabeçalho e área de dados

-EOH (\$04) . Caractere utilizado para sinalizar o fim da transmissão. A estação que envia este caractere sinaliza para o receptor que não possui mais dados a transmitir.

-ACK (\$06) . É utilizada pelo receptor (remota) para enviar uma mensagem positiva (comandos recebidos e executados) ao transmissor (Central).

-NAK (\$15) . É utilizada pelo receptor (remota) para enviar uma mensagem de recepção negativa ao transmissor (Central)

Alguns caracteres especiais de controle, especificando uma atividade (ou ação) a ser executada pelo receptor, são codificados do seguinte modo .

-Ativar aquisição (\$21) : Ao receber esta mensagem o Microcomputador Remoto configura/ativa todo o subsistema de aquisição de dados

-Receber dados em tempo real (\$20) Após receber esta mensagem a estação remota ativa o sistema de transmissão de dados em tempo real. Assim os dados além de serem armazenados em RAM, são também enviados à Central

-Cancelar recepção em tempo real (\$16) . Tem a função de interromper a transmissão de dados em tempo real. A aquisição permanece inalterada.

-Receber dados da última hora (\$37) . Ao receber esta mensagem a remota envia, à Central , os dados adquiridos da última hora

-Receber dados do dia (\$42) . Aqui o usuário central, seleciona o conjunto de dados, de um dia em particular, a serem enviados pela remota.

-Receber todos os dados aquisitados (\$4D) . Todos os dados adquiridos até o momento presente, são enviados à central.

Uma unidade estrutural de transmissão chamada quadro, Figura 4.2.4, permite a identificação de caracteres de controle (em ASCII) e dados (8 bits), além de proporcionar a implementação de um sistema de verificação de erros por Soma Exclusiva (Ou Exclusivo) do conjunto de bytes da mensagem.

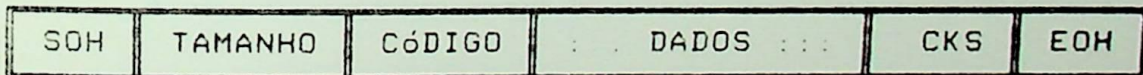


FIGURA 4.2.4. ESTRUTURA DO QUADRO DE COMUNICACAO.

SOH e EOH especificam o início e o fim da mensagem. TAMANHO diz respeito ao número de bytes que compõem a mensagem (exceto SOH e TAMANHO). CÓDIGO corresponde ao caractere especial de controle, indicando o tipo de atividade (ou ação) a ser efetuada pelo receptor. DADOS, conteúdo principal da mensagem correspondem, por exemplo, ao conjunto de dados adquiridos e transmitidos em tempo real. CKS é o byte que permite à estação receptora saber se a mensagem recebida é igual à mensagem transmitida, implementado por Soma exclusiva do conteúdo do quadro (exceto CKS e EOH).

A figura 4.2.5 apresenta um possível cenário da comunicação utilizando o protocolo simplificado.

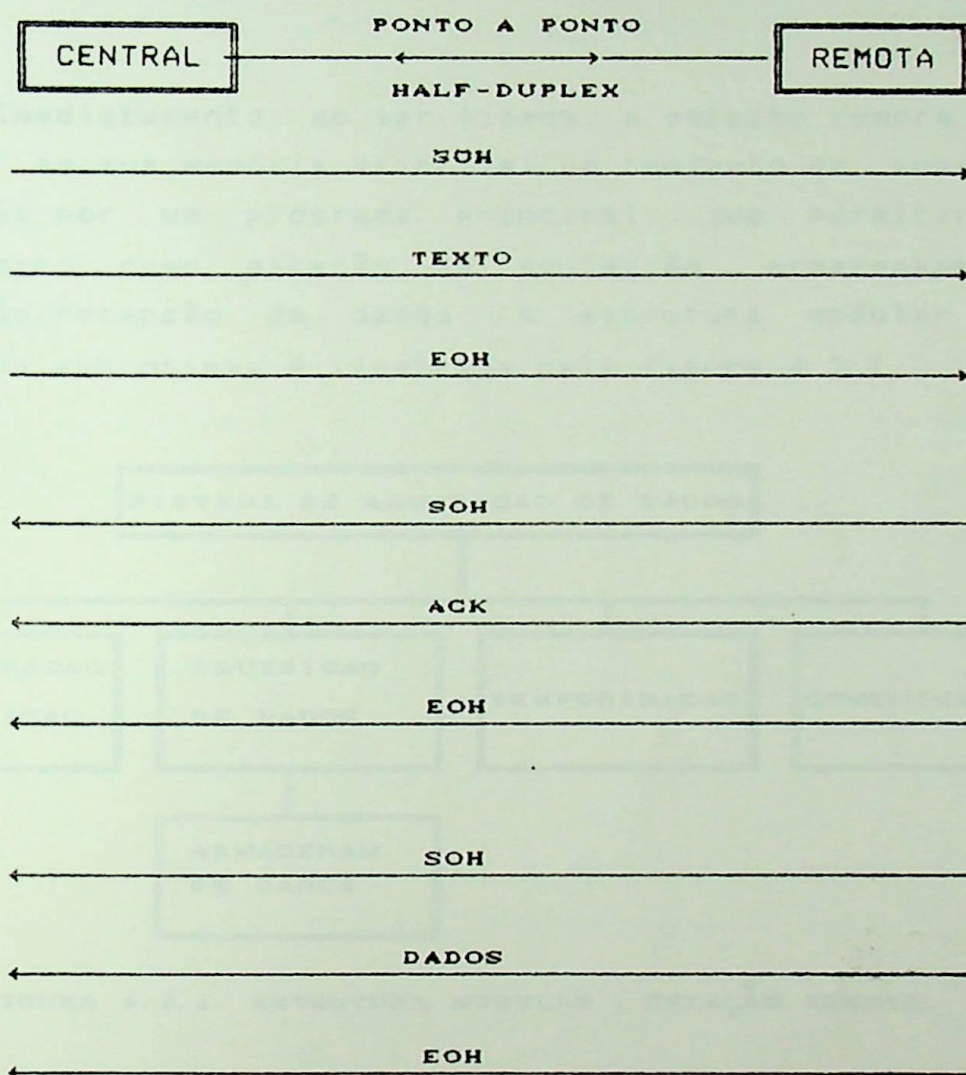


FIGURA 4.2.5. CENÁRIO DA COMUNICAÇÃO DE DADOS.

Neste cenário a estação receptora "escuta" o meio físico esperando um caractere que delimita o início da mensagem (SOH). Quando este caractere é recebido, a estação receptora entende que os caracteres seguintes fazem parte de uma mensagem até que seja recebido um caractere de fim de mensagem (EOH).

Se a mensagem recebida for igual à transmitida, a Estação Receptora enviará um sinal positivo à Transmissora, que passa a aguardar um conjunto de dados.

### 4.3. Estação Remota

#### 4.3.1 Descrição geral

Imediatamente, ao ser ligada, a estação remota deverá "carregar" em sua memória principal um conjunto de subrotinas, gerenciadas por um programa principal, que permitirão seu funcionamento como estação de aquisição, armazenamento e transmissão/recepção de dados. A estrutura modular deste conjunto de subrotinas é ilustrada pela figura 4.3.1.

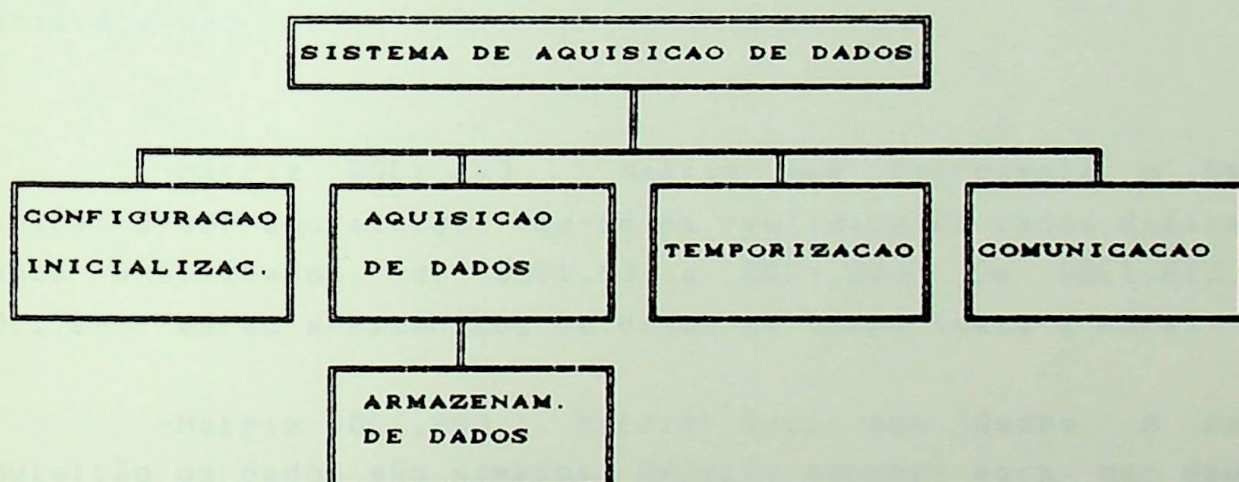


FIGURA 4.3.1. ESTRUTURA MODULAR : ESTAÇÃO REMOTA.

Uma mensagem (comando) inicial, enviada pela central, deve ativar a estação remota. Após esta mensagem inicia-se a aquisição de dados em intervalos pré-definidos, dependentes da programação remota. Estes dados são armazenados em RAM.

Um programa assembler se encarrega de reconhecer as interrupções que surgirem durante o funcionamento contínuo da estação remota, isto é, caso o usuário Central envie algum outro comando à remota (já inicializada) este, se reconhecido, será interpretado e atendido (ou não) em tempo mínimo, uma vez que o microcomputador remoto encontra-se à disposição do usuário central.

#### 4.3.2 Configuração/inicialização

Um sistema operacional (ou sistema monitor, residente em EPROM), deve estar pronto para ser executado assim que o microcomputador remoto for ligado.

Este sistema inicializa, então, o microcomputador, que em seguida entra no modo de reconhecimento de comandos.

Neste instante "carrega-se" o Programa Principal de aquisição de dados e passa-se a "executá-lo", afim de que a Estação Remota entre, efetivamente, em operação.

No instante de execução deste "Programa Principal", um conjunto de variáveis deve ser configurado/inicializado, estas variáveis são :

-Matriz DD[1,26] : Matriz que representa o Dado Digital a ser aqusitado Tem-se na realidade 20 dados digitais sendo aqusitados, de DD[1,1] a DD[1,20]. De DD[1,21] a DD[1,26] estão armazenados os dados de tempo (data e hora)

-Matriz SD[1,20] : Matriz Soma dos Dados. A cada aquisição os dados são somados Exceção somente para os dados de precipitação (DD[1,20]), acumulados diretamente no Módulo pluviometro digital e zerados a cada hora.

-Matriz MD[1,19] : Matriz Média dos Dados. Após uma hora de aquisição (15 aquisições, 1 aquisição a cada 4 minutos), é feita a média dos dados e zerada a soma dos mesmo.

-Matriz DH[182,26] : Matriz Dados da Hora. Após uma hora de aquisição, feita a média, a Matriz Soma dos Dados é zerada, os dados da Matriz Média dos Dados são transferidos para a Matriz Dados da Hora. Em seguida a Matriz Média dos Dados é Zerada.

Para autonomia de uma semana temos  $7 * 26 = 182$  horas de aquisição.

-Vetor DRC[12] : Vetor Dado Recebido. Necessário ao armazenamento de Dados Recebidos durante a comunicação de dados.

-NQ . Contador do número de aquisições realizadas a cada hora (1 aquisição a cada 4 minutos, 15 aquisições por hora).

-K : Contador de Aquisições realizadas na hora completa, ou seja, a cada hora completa temos  $K = K + 1$ . Valor Máximo = 182.

-INT Testa se chegou interrupção. INT = 1. chegou interrupção; INT = 0: não chegou interrupção

-CKS "Checagem da Soma", byte onde se armazena o "Soma Exclusiva" dos dados.

-TESTE Testa se dados foram recebidos corretamente, se sim TESTE = 1, se não TESTE = 2.

-FLAG Indicador de hora completa. Indica se a inicialização de todo o sistema se fez à Zero Minuto e Zero Segundo, caso positivo FLAG = 2, caso negativo FLAG = 1. Necessário, devido ao fato de que a média dos dados é feita a cada hora completa, portando a "Soma" deve se acumular durante toda hora.

-TR Variável que controla a opção de comunicação de dados em Tempo Real. TR = 0. cancelar transmissão em tempo real, TR = 1: ativar transmissão em tempo real.

-DIA Dia específico para transmissão dos dados aquisitados. Escolhido pelo usuário central, enviado a remota para transmissão dos dados relativos ao mesmo, quando disponíveis. Opção Dados do Dia Transmissão dos dados do dia escolhido pelo usuário

A memória RAM, armazenadora de programas e resultados, assim como os dados a eles referentes, deve ser suficientemente capaz de armazenar todo o conjunto de operações do subsistema remoto. O algoritmo simplificado, representativo do Programa Principal de Aquisição de Dados é ilustrado pela figura 4.3.2.

PROGRAMA PRINCIPAL: ESTACAO REMOTA;

```

INICIO
  INT :=0;
  ATIVA INTERRUPTAO;
  ATIVA RECEPCAO;
  Repita
    Repita
      ATUALIZA RELOGIO;
    Até (INT=1);
    VERIFICA RECEPCAO;
    Se (TESTE = 2) Então NAK;
  Até (TESTE =1);
  ACK;
  ACERTA RELOGIO;
  Enquanto (K <= 102) Faça
    Repita
      Repita
        TESTA AQUISICAO;
        ATUALIZA RELOGIO;
      Até (TESTE =1);
      VERIFICA RECEPCAO;
      Se (TESTE = 2) Então NAK;
    Até (TESTE = 1);
    ACK;
    Se ( DR(3)= $10) Então DR(3)=0; CANCELAR TREAL;
    Se ( DR(3)= $21) Então DR(3)=0; REINICIALIZAR;
    Se ( DR(3)= $2C) Então DR(3)=0; EM TEMPO REAL;
    Se ( DR(3)= $37) Então DR(3)=0; DADOS DA HORA;
    Se ( DR(3)= $42) Então DR(3)=0; DADOS DO DIA;
    Se ( DR(3)= $4D) Então DR(3)=0; TODOS OS DADOS;
  Fim Enquanto;
Fim.
(FIM DO PROGRAMA PRINCIPAL).

```

FIGURA 4.3.2. PROGRAMA PRINCIPAL : ALGORÍTIMO.

### 4.3.3 Temporização

Como o microcomputador remoto esta sendo utilizado para aquisição/comunicação de dados, deve-se considerar a sincronização de tempo real com o evento do processo. Isto recai no fato de que o microcomputador deve ser capaz de executar uma ação específica em um instante específico. Para isto ocorrer, o subsistema remoto deve ser capaz de contar o tempo.

Pode-se realizar esta "contagem do tempo" através de aplicações em hardware ou software. A técnica mais simples é utilizar um circuito de relógio para prover o tempo para a linha de interrupção do processador central (Z-80).

Quando o microcomputador reconhece a interrupção, primeiro salva todos os registros do programa que estava executando, e então trata a interrupção de tempo real. Frequentemente, a primeira ação é incrementar um contador interno que mantém controle da hora de interrupção. Normalmente este é um valor equivalente ao número total de batidas do relógio, se em segundos ou milissegundos. Uma vez que este intervalo tenha sido estabelecido, o computador passa a operar em tempo real.

No caso do microcomputador utilizado, um sinal de 30 HZ interrompe periodicamente a unidade central de processamento para que o relógio interno seja atualizado e controlado.

Portanto, o microcomputador remoto incorpora um relógio interno capaz de fornecer as horas e data.

Ao ligar o microcomputador, os endereços com as informações do relógio são preenchidos por zeros deixando a hora e a data da seguinte forma

-Data inicial      00/00/00      Hora inicial      . 00.00.00

Acerta-se data e hora simplesmente armazenando os dados de tempo nos respectivos endereços de memória do microcomputador. A subrotina ACERTA RELÓGIO, a partir de dados fornecidos pelo usuário central, realiza esta operação.

O algoritmo simplificado da subrotina ACERTA RELÓGIO é ilustrado pela figura 4.3.3.

```

ACERTA RELOGIO : ESTACAO REMOTA;
|
|  Inicio
|  |
|  |  PM1 := Dr(4) (DD);
|  |  PM2 := Dr(5) (ME);
|  |  PM3 := Dr(6) (AA);
|  |  PM4 := Dr(7) (HH);
|  |  PM5 := Dr(8) (MM);
|  |  PM6 := Dr(9) (SS);
|  |  Se (PM5 <> 0 Or PM6 <> 0) Entao FLAG := 1;
|  |  Se (PM5 = 0 And PM6 = 0) Entao FLAG := 2;
|  |  ATIVA PLUVIOMETRO;
|  |
|  |  Fim.
|
(FIM DA SUBROTINA ACERTA RELOGIO).

```

FIGURA 4.3.3. SUBROTINA ACERTA RELÓGIO.

PM1, PM2, ,PM6 São posições de memória internas do microcomputador, a serem atualizadas (acertadas) pelos dados de tempo (Dr[4] a Dr[9]), recebidos da Estação Central.

Em Resumo tem-se :

-Executa-se o programa principal, que permanece em Loop atualizando seu relógio interno (ATUALIZA RELOGIO), a partir da Data 00/00/00 e da Hora 00:00:00. À primeira interrupção, INT=1, o microcomputador verifica se os dados foram recebidos sem erro (VERIFICA RECEPÇÃO), caso positivo, envia um sinal de reconhecimento à central (ACK), e acerta seu relógio interno (ACERTA RELÓGIO).

-Se a inicialização do sistema se deu à 00 minuto e 00 segundo deve-se realizar a soma dos dados aqisitados e, após quinze aquisições, efetuar a média e armazenar os dados da hora. Uma vez que as aquisições são realizadas a cada quatro minutos, a partir de 00 minuto e 00 segundo."

O Módulo Pluviômetro Digital deve ser ativado no instante de inicialização do sistema. Uma vez que dados de precipitação são cumulativos, via hardware.

#### 4.3.4 Aquisição/armazenamento de dados

Seguindo-se à atualização dos dados de tempo (dia, mes, ano, hora, minuto e segundo), o microcomputador verificará se deve ou não realizar uma aquisição de dados. Esta verificação é feita comparando-se as posições de memória representativas de minuto e segundo com valores que representam o período, pré-definido, entre aquisições.

Se este decidir que deve haver uma aquisição, o processo é desviado para a subrotina de aquisição de dados, retornando após execução da mesma.

Os dados dos sensores são coletados pelo microcomputador e armazenados em RAM para transmissão posterior (ou em tempo real), conforme solicitação central

Estes dados irão preechendo sequencialmente a RAM, que tem capacidade limitada, e quando a última posição da mesma for carregada, o próximo dado adquirido será carregado na posição inicial, perdendo-se o dado anteriormente armazenado nesta posição. A posição seguinte será carregada com o próximo dado e o processo se repete.

A figura 4.3.4 ilustra o processo.

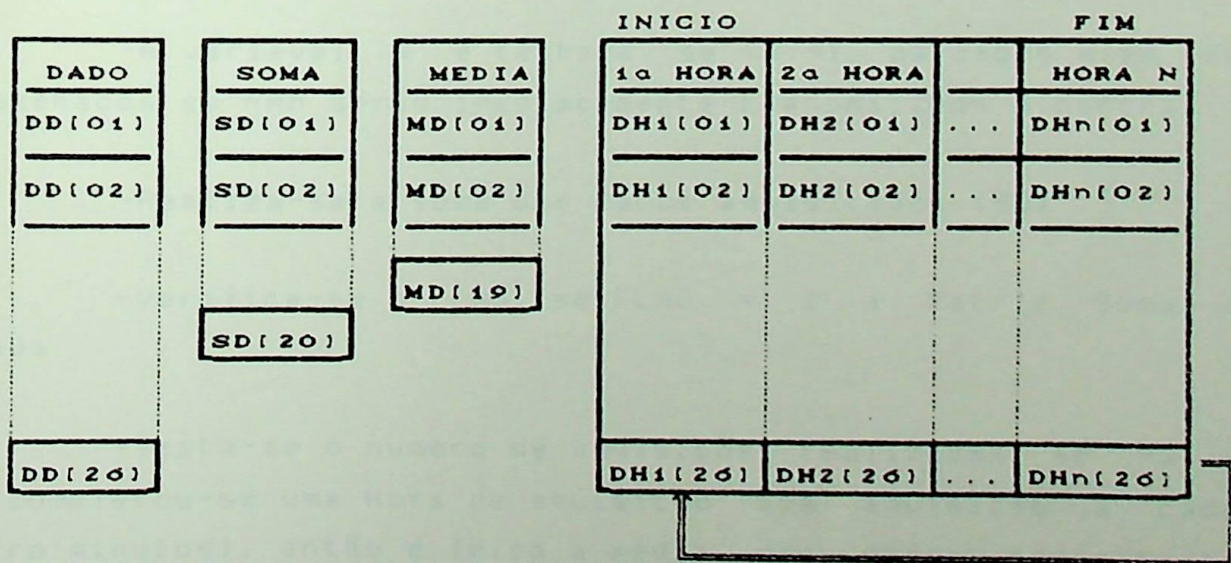


FIGURA 4.3.4. "BUFFER" : MEMÓRIA RAM.

A principal vantagem de utilizar um arranjo deste tipo é ter sempre disponível no "buffer" de memória os dados adquiridos mais recentemente

Outra vantagem consiste no fato do dado adquirido de um sensor poder ser enviado em mais de uma transmissão, aumentando-se consideravelmente a confiabilidade do sistema.

As instruções de entrada/saída de dados do Z-80 manuseiam 8 bits de cada vez, não importa se a configuração da interface externa é serial ou paralela. A transferência de dados entre o microcomputador e a entrada/saída é em paralelo e basicamente ocorre como a seguir

-Instrução de Saída, OUT(n),A Quando esta instrução é executada, o conteúdo do acumulador A é colocado na via de dados e escrito no dispositivo n. O endereço do dispositivo n esta localizado nas linhas de endereço de A0 a A7

-Instrução de Entrada, IN A,(n) : Quando esta instrução é executada, o dado da porta (n) selecionada é colocado na via de dados e carregado no acumulador.

Após aquisição:

-A variável TR é testada, se TR =1, os dados além de armazenados em RAM serão imediatamente transmitidos à central

-Realiza-se a soma dos dados aquisitados (SD)

-Verifica-se o FLAG, se FLAG = 1 a Matriz Soma é zerada

-Testa-se o número de aquisições realizadas, se NQ = 15, completou-se uma hora de aquisição (uma aquisição a cada quatro minutos), então é feita a média dos dados aquisitados (MD), que é armazenada em DH (dados da hora) Neste instante K = K+1 (contador de dados efetivamente coletados na hora).

O algoritmo simplificado da subrotina de aquisição/armazenamento de dados é ilustrado pela figura 4.3.5

**AQUISICAO/ARMAZENAMENTO DE DADOS: ESTAGAO REMOTA.**

Inicio

```

DD(1,21) := PM1;
DD(1,22) := PM2;
DD(1,23) := PM3;
DD(1,24) := PM4;
DD(1,25) := PM5;
DD(1,26) := PM6;
ATIVA ANEMOMETRO (OUT);
ATIVA PLUVIOMETRO (OUT); * A cada hora *
PARA I := 1 ATE 16
|
| ATIVA TERMOPAR I (OUT);
| ATIVA CANAL ANALOGICO 0: TERMOPARES (OUT);
| ATIVA INICIO DE CONVERSAO (OUT);
| REPITA
| | LER ESTADO DO CONVERSOR A/D (IN);
| | ATE (CONVERSOR PRONTO);
| | DD(1,I) := DADO DIGITAL PRONTO (IN);
| FIM PARA;
ATIVA CANAL ANALOGICO 1: PIRANOMETRO (OUT);
ATIVA INICIO DE CONVERSAO (OUT);
REPITA
| LER ESTADO DO CONVERSOR A/D (IN);
ATE (CONVERSOR PRONTO);
DD(1,17) := DADO DIGITAL PRONTO (IN);
ATIVA CANAL ANALOGICO 2: PIRRADIOMETRO (OUT);
ATIVA INICIO DE CONVERSAO (OUT);
REPITA
| LER ESTADO DO CONVERSOR A/D (IN);
ATE (CONVERSOR PRONTO);
DD(1,18) := DADO DIGITAL PRONTO (IN);
LER DADO DIGITAL DO PLUVIOMETRO;
DD(1,19) := DADO DIGITAL PRONTO (IN);
LER DADO DIGITAL DO ANEMOMETRO;
DD(1,20) := DADO DIGITAL PRONTO (IN);
NQ := NQ + 1;
PARA I := 1 ATE 20
| SD(1,I) := SD(1,I) + DD(1,I);
FIM PARA;
SE TR = 1 ENTAO EM TEMPO REAL;

SE FLAG = 1 ENTAO ZERAR SOMA;

SE NQ = 15 ENTAO MEDIA E ARMAZENAMENTO HORARIO;

```

Fim.

(FIM DA SUBROTINA AQUISICAO/ARMAZENAMENTO DE DADOS).

FIGURA 4.3.5. SUBROTINA AQUISICAO/ARMAZENAMENTO.

### 4 3 5 Comunicação

A comunicação entre a Estação Central e a Remota tem por objetivo a sincronização da aquisição de dados nas duas estações e a transmissão dos dados da remota para a central

O módulo de comunicação de dados é dividido em três partes recepção, interrupção e transmissão

-Recepção . O subsistema remoto encontra-se, quase que todo o tempo, em estado de recepção de dados. A subrotina ATIVA RECEPÇÃO é a responsável, através da programação dos registros de modo e controle da USART (via instrução OUT), pela execução desta tarefa

-Interrupção . O microcomputador remoto manipula as interrupções por meio de portas. Por exemplo, a porta \$E0, quando usada como saída, habilita interrupções mascaráveis de vários dispositivos, dependendo do bit ativo do byte emitido pela porta. Na Tabela 4.1 tem-se a relação completa do conjunto de bits da porta \$E0

BIT ATIVO	TIPO DE INTERRUPTÃO HABILITADA
0	BORDA DE SUBIDA DA VELOCIDADE DE 1500 BAUDS (GRAVAÇÃO CASSETE).
1	BORDA DE DESCIDA DA VELOCIDADE DE 1500 BAUDS (GRAVAÇÃO CASSETE).
2	RELÓGIO DE TEMPO REAL INTERNO
3	PERIFÉRICOS EXTERNOS
4, 5, 6	INTERFACE RS-232C (OPCIONAL)
7	NÃO USADO

TABELA 4.3.1. PORTA \$E0 : HABILITAÇÃO DE INTERRUPTÕES

Assim o microprocessador responde a uma interrupção mascarável de um dispositivo externo executando, a subrotina ATENDE INTERRUPTÃO; retornando, em seguida, ao seu ponto de partida

A figura 4 3 6 lustra a subrotina ATENDE INTERRUPTÃO.

ATENDE INTERRUPTAO: ESTACAO REMOTA.

```

Inicio
  HL:= PM;
  REPITA
  | A := STATUS DO USART (IN);
  ATE (A And $02= 0);

  A := DADO RECEBIDO(1);
  < (HL) = Endereco de memoria indicado por HL. >
  (HL):= A;
  HL:= HL + 1;
  REPITA
  | A := STATUS DO USART;
  ATE (A And $02= 0);

  A := DADO RECEBIDO(2);
  (HL):= A;
  HL:= HL + 1;
  B := A;
  I := 3;
  Enquanto (B <> 0) Faca
  | REPITA
  | A := STATUS DO USART;
  ATE (A And $02= 0);

  A := DADO RECEBIDO(3);
  I := I + 1;
  (HL):= A;
  HL:= HL + 1;
  B := B - 1;
  Fim Enquanto;
Fim.

```

(FIM DA SUBROTINA ATENDE INTERRUPTAO).

FIGURA 4.3.6. SUBROTINA ATENDE INTERRUPTÃO.

HL, A e B são registros do Z-80, PM e (HL) são posições de memória RAM do microcomputador remoto.

Ao receber o sinal de interrupção o microcomputador remoto passa a executar a subrotina ATIVA INTERRUPTÃO, faz HL igual a um endereço (posição) de memória e começa a armazenar os dados recebidos.

De acordo com o protocolo de comunicação, o primeiro dado recebido é o SOH, em seguida tem-se o dado representativo do número de bytes da mensagem, o código da ação ([3]), a informação em ASCII, o CKS e, finalmente, o EOH.

-Transmissão Após interrupção, se os dados foram recebidos corretamente (subrotina ARMAZENA VETOR/TESTA CKS), variável TESTE = 1, executa-se a subrotina ACK dados recebidos corretamente, caso negativo, variável TESTE = 2 executa-se a subrotina NAK dados recebidos com erro

A subrotina ATIVA TRANSMISSÃO é responsável pela programação dos registros de modo e controle do USART (via instrução OUT) afim de que o subsistema remoto possa enviar informações (dados e mensagens) à central

O algoritmo representativo das subrotinas ATIVA RECEPÇÃO DE DADOS, ARMAZENA VETOR (DADOS RECEBIDOS), TESTA SOMA (CKS) e ATIVA TRANSMISSÃO é ilustrado pela figura 4.3.7, a seguir

**ATIVA Rx/Tx, ARMAZENA VET/TESTA CKS: ESTACAO REMOTA.**

```

Inicio
  ATIVA RECEPCAO
  | Habilitar barramento do computador (Out);
  | Resetar Registros da USART (Out);
  | Inicializar USART (Out);
  | Habilitar USART para recepcao de dados (Out);
  (FIM ATIVA RECEPCAO);

  ARMAZENA VETOR/TESTA CKS
  | INT:= 0;
  | Para I := 1 Ate PM2 + 2
  | | DR(I) := PM1 + I;
  | Fim Para;
  | SOMA := DR(I-2);
  | CKS := 0;
  | Para I := 1 Ate DR(2)
  | | CKS := CKS + DR(I);
  | | Se CKS = 255 Entao CKS:=0; (SOMA EXCLUSIVA)
  | Fim Para;
  | Se CKS = SOMA Entao TESTE:= 1 Senao TESTE := 2;
  (FIM ARMAZENA VETOR/TESTA CKS);

  ATIVA TRANSMISSAO
  | Habilitar barramento do computador (Out);
  | Resetar Registros da USART (Out);
  | Inicializar USART (Out);
  | Habilitar USART para transmissao de dados (Out);
  (FIM ATIVA TRANSMISSAO);

```

Fim.

(FIM DAS SUBROTINAS Rx/Tx E ARMAZENA VET/TESTA CKS).

**FIGURA 4.3.7. SUBROTINAS DE RECEPÇÃO, TRANSMISSÃO E ARZENAMENTO/TESTE DE DADOS : ESTAÇÃO REMOTA.**

As subrotinas EM TEMPO REAL, DADOS DA HORA, DADOS DO DIA e TODOS OS DADOS compõe as opções de transmissão de dados disponíveis

Sabe-se que o protocolo de comunicação de dados dessas subrotinas é comum, isto é o conjunto de instruções (algoritmo) para transmissão dos dados - em tempo real, da hora, do dia e todos os dados - é praticamente o mesmo. Devido a isto, apresenta-se a seguir unicamente o algoritmo para transmissão de dados em tempo real (figura 4.3.8).

**TRANSMISSAO DE DADOS EM TEMPO REAL . ESTACAO REMOTA.**

```

Inicio
  ATIVA TRANSMISSAO:
  Enviar SOH (Out);
  Repita
  | Tx := Status da USART (In);
  Até (Tx And $01) <> 0;

  Enviar numero de bytes da mensagem (Out);
  Repita
  | Tx := Status da USART (In);
  Até (Tx And $01) <> 0;

  Enviar codigo de Tx em Tempo Real (Out);
  CKS := No de bytes de: SOH + da Mensagem + do Codigo;
  Para I := 1 Até 255
  | Repita
  | | Tx := Status da USART (In);
  | | Até (Tx And $01) <> 0;

  | Enviar dados DD(1,I) (Out);
  | Se CKS >= 255 Entao CKS:= 0 (Soma Exclusiva);
  Fim Para;

  Repita
  | Tx := Status da USART (In);
  Até (Tx And $01) <> 0;
  Enviar CKS (Out);
  Repita
  | Tx := Status da USART (In);
  Até (Tx And $01) <> 0;
  Enviar EOH (Out);

  ATIVAR RECEPCAO:

Fim.

```

(FIM DA SUBROTINA TRANSMISSAO DE DADOS EM TEMPO REAL).

FIGURA 4.3.8. SUBROTINA PARA TRANSMISSÃO DE DADOS EM TEMPO REAL : ESTAÇÃO REMOTA.

Os algoritmos das subrotinas DADOS DA HORA, DADOS DO DIA E TODOS OS DADOS são ilustrados, de forma resumida, pela figura 4.3.9 (a), (b) e (c), a seguir.

```

.....
L := K-1;
.....
Para I := 1 Ate 26
  Repita
    | Tx := Status da USART (In);
    | Ate (Tx And $01) <> 0;
  Enviar dados DH(L,I) (Out);
.....

```

FIGURA 4.3.9. (a). SUBROTINA DADOS DA HORA.

```

L:= K;
.....
Para J := 1 Ate K
  | Se DH(J,23) = DIA THEN CONTA := J;
Fim Para;
.....
Para J := CONTA Ate CONTA + 24
  Para I := 1 Ate 26
    Repita
      | Tx := Status Da USART (In)
      | Ate (Tx And $01 <> 0);
    Enviar Dados DH(J,I) (Out);
.....

```

FIGURA 4.3.9. (b). SUBROTINA DADOS DO DIA.

Dia é a opção do usuário Central. Para cada dia temos 24 horas, para cada hora 26 dados (dos transdutores e de tempo)

```

L:= K;
.....
Para J := 1 Ate K
  Para I := 1 Ate 26
    Repita
      | Tx := Status Da USART (In)
      | Ate (Tx And $01 <> 0);
    Enviar Dados DH(J,I) (Out);
.....

```

FIGURA 4.3.9. (c) SUBROTINA TODOS OS DADOS.

#### 4.4. Estação Central

##### 4.4.1. Descrição Geral

Também na Estação Central o software foi dividido em módulos de acordo com a tarefa a se realizar, mas isso se torna transparente ao usuário, pois existe um "menu" gerenciador que se encarrega de chamar a subrotina que permitirá a execução de tal tarefa.

A estrutura modular da Estação Central é apresentada na figura 4.4.1.

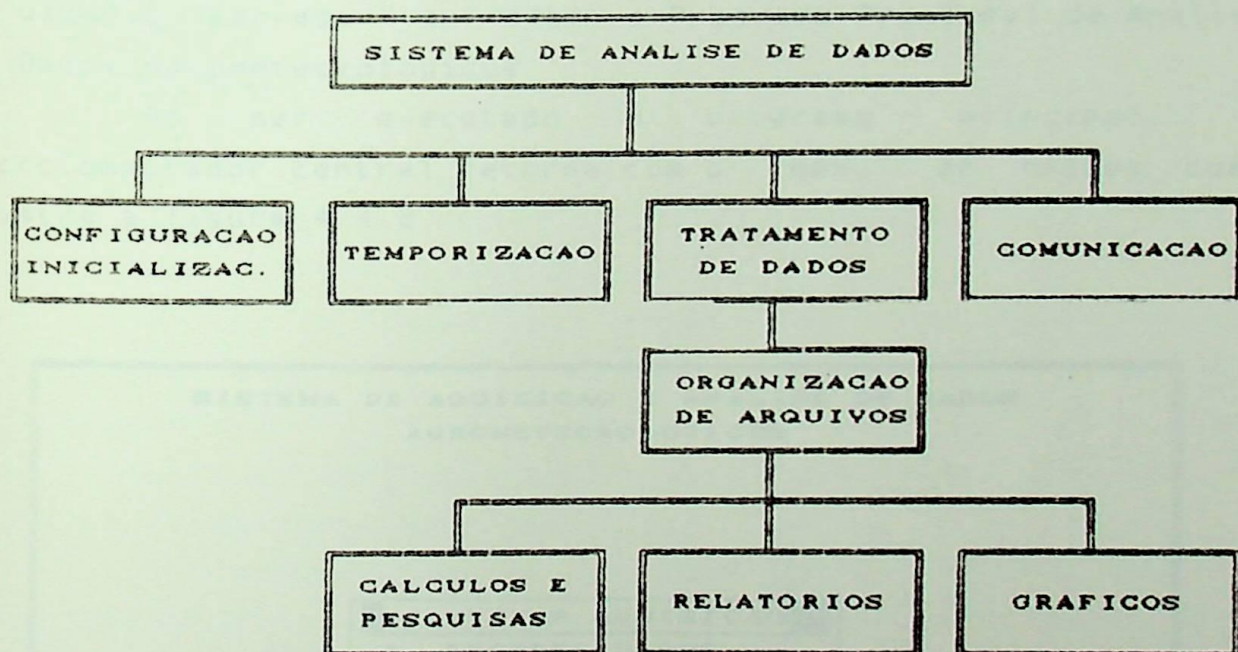


FIGURA 4.4.1. ESTRUTURA MODULAR : ESTAÇÃO CENTRAL.

Além dos módulos de Inicialização/Configuração e Temporização, praticamente inerentes ao Subsistema Central de Análise de Dados, tem-se os módulos de Comunicação e Tratamento de Dados. Este último, gerador de arquivos em disco para execução de cálculos e pesquisas, bem como confecção de tabelas, gráficos e relatórios.

#### 4 4 2 Inicialização

O primeiro passo, absolutamente necessário para tornar o micro utilizável, é passar o sistema operacional (DOS) para a RAM. É o sistema operacional que vai coordenar a ação dos circuitos e dispositivos da máquina, além de fornecer ao usuário os comandos utilitários com instruções que determinam a execução de tarefas e operações.

O DOS é um sistema operacional utilizado pela maioria das máquinas com processador de 16 bits. DOS é a sigla em inglês para Disk Operating System.

Após a "carga" do DOS o microcomputador central está apto a receber outro importante software de sistema: o PASCAL, uma linguagem de alto nível e de fácil aprendizagem que permite ao usuário "carregar" e "rodar" o Programa Principal de Análise de Dados Agrometeorológicos.

Ao ser executado o programa principal, o microcomputador central retorna com o "menu" de opções como ilustra a figura 4.4.2.

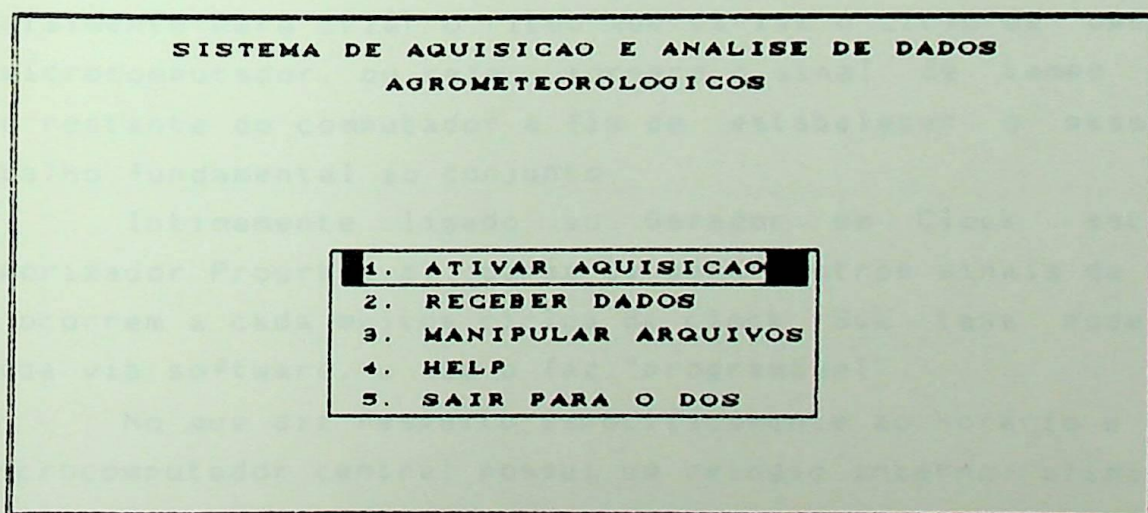


FIGURA 4.4.2. MENU PRINCIPAL : ESTACAO CENTRAL.

Evidentemente, neste instante todas as variáveis já estão devidamente iniciadas.

Dentre as opções, apenas uma pode ser selecionada pelo usuário, para o momento, e é permitida a interrupção da operação em qualquer fase do processo

Escolhida a opção, o microcomputador retorna com o "menu" correspondente e os dados inerentes devem ser fornecidos pelo usuário via teclado.

Tais opções serão tratadas de forma simplificada quando da descrição, em separado, de seus respectivos módulos.

Assim, Ativar Aquisição e Receber Dados compõe o Módulo de Comunicação, Manipular Arquivos o Módulo Tratamento de Dados, Help e Sair Para o DOS constituem-se opções mistas e serão tratadas ao final deste capítulo

#### 4 4 3. Temporização

Basicamente, dois circuitos têm a ver com a temporização do Subsistema Central.

Um deles chama-se Gerador de Clock, e é usado inicialmente para criar o ritmo que dirige o ciclo de operação do microcomputador, ou seja : fornece o sinal de tempo usado pelo restante do computador a fim de estabelecer o passo de trabalho fundamental ao conjunto.

Intimamente ligado ao Gerador de Clock esta o Temporizador Programável, capaz de gerar outros sinais de tempo que ocorrem a cada muitos ciclos de clock. Sua taxa pode ser mudada via software, o que o faz "programável".

No que diz respeito especificamente ao horário e data, o microcomputador central possui um relógio interno alimentado a bateria. Com este dispositivo, a máquina esta sempre com a data e horário atualizados.

Em uma máquina que não dispõe de relógio interno, é interessante incluir as diretivas DATE e TIME em um arquivo autoexecutável, o AUTOEXEC.BAT. Com ele, pode-se incluir as informações de data e horário

No Sistema de Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos informações sobre horário e data são digitadas pelo usuário central e enviadas ao subsistema remoto que as mantém atualizadas, via relógio de tempo real

Portanto seria enfadonho e desnecessário tratar-se, com detalhes do software e hardware de "temporização" do subsistema Central

De qualquer forma, vale observar que é interessante manter a data e o horário internos atualizados, pois na criação ou alteração de arquivos estas informações são registradas como atributos do arquivo, permitindo ao usuário a identificação da hora e data em que se efetuou a operação

#### 4 4 4 Comunicação

Selecionada a opção 1, o microcomputador retorna com um menu que solicita ao usuário horário e data para inicialização do subsistema remoto de aquisição de dados (figura 4 4 3)

```

      ATIVANDO O SISTEMA DE AQUISICAO DE DADOS

      ATUALIZAR DATA E HORA DO SISTEMA:

      Ano= AA:  --
      Mes= MM:  --
      Dia= DD:  --
      Hor= HH:  --
      Min= MM:  --
      Seg= SS:  --

      Confirma ? S/N:  --

```

FIGURA 4.4.3. MENU ATIVAR AQUISICAO.

Antes de se utilizar a saída RS-232C (UART 8250) do microcomputador Central, deve-se inicializá-la

Na ROM do IBM-PC, existe uma larga biblioteca de funções disponíveis para aplicação do usuário, tais como tratamento de teclado, tratamento de vídeo, RS-232C, disco, etc. Todas essas funções são acessadas através de interrupções e da utilização de registradores internos do microcomputador (DX, AH, AL, por exemplo).

A interrupção RS-232\_IO (Int \$14), por exemplo, permite ao usuário programar a interface RS-232C do IBM-PC, bem como enviar, receber bytes e também verificar o status dessa interface, sendo necessário, para isso, os seguintes parâmetros:

-[DX] Indica a "porta" de comunicação que se deseja utilizar (0 ou 1), no caso do Subsistema Central de Análise de Dados, utilizou-se a "porta" 0.

-[AH] Inicializa a "porta" de comunicação.

-[AL] parâmetro para inicialização (modo e controle) da comunicação assíncrona, conforme Tabela 4.4.1.

BIT	7 6 5	4 3	2	1 0
	BAUD RATE	PARIDADE	STOP BIT	PALAVRA
	000 = 110 BPS	X0 = SEM	0 = UM	10 = 7 BITS
	001 = 150 BPS	01 = IMPAR	1 = DOIS	11 = 8 BITS
	010 = 300 BPS	11 = PAR		
	011 = 600 BPS			
	100 = 1200 BPS			
	101 = 2400 BPS			
	110 = 4800 BPS			
	111 = 9600 BPS			

TABELA 4.4.1. PARÂMETROS PARA INICIALIZAÇÃO DO USART.

-[AH] = 1 Transmite o caracter em [AL] pela "porta" especificada

Na saída, se o bit 7 de [AH] for igual a 1, o caractere não foi transmitido; caso contrário [AH] contém o status da interface.

-[AH] = 2 : recebe um caractere em [AL] pela "porta" especificada

Na saída, se o bit 7 de [AH] for igual a 1, quer dizer que houve um time-out (atraso) na recepção do caractere, caso contrário [AH] contém o status da interface.

-[AH] = 3 : retorna o status da "porta" de comunicação em [AH]

O status identifica-se como a seguir :

BIT 7 : Time Out  
 BIT 6 : Serializador de bits vazio.  
 BIT 5 : Buffer de transmissão vazio.  
 BIT 4 : Sinal de Break recebido  
 BIT 3 : Erro de framing (estrutura).  
 BIT 2 : Erro de paridade  
 BIT 1 : Erro de Overrun (sobreposição).  
 BIT 0 : Dado Recebido

No caso de utilização de um Modem, na saída, [AL] contém o status do modem Ou seja

BIT 7 : Houve variação do CTS.  
 BIT 6 : Houve variação do DSR  
 BIT 5 : Houve variação do ring indicador.  
 BIT 4 : Houve variação do sinal dado recebido.  
 BIT 3 : Estado do CTS.  
 BIT 2 : Estado do DSR.  
 BIT 1 : Ring Indicador.  
 BIT 0 : Habilitar interrupções.

Deve-se observar entretanto, que o equipamento utilizado (Módulo FSK) opera em modo Null Modem, ou seja, não há a geração de um "status" para o modem. Este encontra-se constantemente habilitado, observa-se somente o "status" da porta de comunicação e o CKS

Apresenta-se, a seguir (figura 4.4.4) o algoritmo simplificado da subrotina ATIVAR AQUISIÇÃO.

**ATIVAR AQUISICAO : ESTACAO CENTRAL.**

```

Inicio
  Apagar Tela;
  Menu Ativar Aquisicao;
  Se Dados Corretos Entao
    Inicializacao (RS-232C)
      DX := $00;
      AH := $00;
      AL := $5F;
      Chamar Interrupcao $14;
    Fim Inicializacao;
    K(1) := 1 (SOH);
    K(2) := 9 (No de bytes da mensagem);
    K(3) := 33 (Codigo da mensagem);
    K(4) := AA (Ano);
    K(5) := ME (Mes);
    K(6) := DD (Dia);
    K(7) := HH (Hora);
    K(8) := MM (Minuto);
    K(9) := SS (Segundo);
    K(10) := 00 (Zerando CKS);
    Para I:= 1 Ate 9
      K(10) := K(10) + K(I);
      Se K(10) >= 255 Entao K(10) := 0;
    Fim Para;
    K(11) := 4 (EOT);
    Para I:= 1 ate 11
      Repeat
        Ler_Status:
          DX := $00;
          AH := $03;
          Interrupcao $14;
        Fim Le_Status;
        Ate (AH And $20 <> 0) Or (I)=13;
        Envia Dado (RS-232C)
          Dx := $00;
          AL := K(I) (Dado a ser enviado);
          AH := 01;
          Interrupcao $14;
        Fim Envia Dado;
        Pause (Para sincronizacao);
      Fim Para;
    Fim Se;
  AGUARDA RESPOSTA;
Fim.

```

(FIM DA SUBROTINA ATIVAR AQUISICAO).

FIGURA 4.4.4. SUBROTINA ATIVAR AQUISIÇÃO.

A subrotina AGUARDA RESPOSTA (figura 4.4.5) tem como função receber uma mensagem da estação remota. Se a Remota recebeu e interpretou os dados de tempo (hora e data) então enviará um ACK para a central, caso contrário recebe-se o NAK

**AGUARDA RESPOSTA : ESTACAO CENTRAL.**

```

Inicio
  Apagar Tela;
  Escreva("AGUARDE RESPOSTA DA REMOTA");
  Repita
    Le_Status;
    Escreva("AGUARDE: SE VOCE NAO RECEBER RESPOSTA");
    Escreva("      DIGITE UMA TECLA PARA SAIR      ");
  Até (Tecla Precionada) Ou (AH And $01 <> $00);
  Se (AH And $01 <> $00) Entao
    Ler_Dado
      DX := $00;
      AH := $02;
      Interrupcao $14;
    Fim Ler_Dado;
    DR(1) := AL;
    Repita
      Ler_Status;
      Até (AH And $01) <> 0;
      Ler_Dado
        DR(2) := AL;
        Para I := 3 Até (DR(2) + 2)
          Repita
            Ler_Status
            Até (AH And $01) <> 0;
            Ler_Dado;
            DR(I) := AL;
          Fim Para;
          SOMA := DR(I-1);
          OP_CODE := DR(3);
          CKS := 0;
          Para I:= 1 Até DR(2)
            CKS := CKS + DR(I);
            Se CKS = 255 Entao CKS := 0;
          Fim Para;
          Se (CKS = SOMA) And (OP_CODE = 6) Entao
            Escreva("ATIVADA REMOTA, DADOS RECEBIDOS CORRETAMENTE");
          Fim Se;
          Se (CKS <> SOMA) OR (OP_CODE <> 6) Entao
            Escreva("ERRO NA COMUNICACAO, TENDE NOVAMENTE");
          Fim Se;
        Fim Se;
      Fim Se;
    Fim.
  
```

(FIM DA SUBROTINA AGUARDA RESPOSTA).

FIGURA 4.4.5. SUBROTINA AGUARDA RESPOSTA.

Selecionada a opção 2, o microcomputador retorna com um "menu" de recepção de dados, que contém cinco opções, conforme ilustra a figura 4.4.6.

**SISTEMA DE AQUISICAO E ANALISE DE DADOS  
AGROMETEOROLOGICOS**

**<RECEPCAO DE DADOS>**

<b>1. EM TEMPO REAL</b>
2. DADOS DA HORA
3. DADOS DO DIA
4. TODOS OS DADOS
5. RETORNAR

FIGURA 4.4.6. MENU RECEPÇÃO DE DADOS.

Em nível de descrição algorítmica, as opções obedecem particularmente ao mesmo modelo. Optou-se então, tal como no Subsistema Remoto, pela descrição algorítmica da recepção de dados EM TEMPO REAL

Nesta opção (EM TEMPO REAL) os dados recebidos são tratados, armazenados (ou não) e apresentados na tela do monitor, durante todo o tempo

Na opção DADOS DA HORA tem-se a recepção dos dados médios da última hora de aquisição

Na opção DADOS DO DIA o usuário escolhe um dia em particular, se o conjunto de dados deste dia se encontra disponível na Remota, estes são enviados. Caso contrário uma mensagem de erro aparecera na tela do monitor.

Na opção TODOS OS DADOS tem-se a recepção de todos os dados, acumulados a cada hora a partir da inicialização, disponíveis na remota. Caso não existam dados da hora, uma mensagem de erro aparecerá na tela do monitor.

A opção final (5) retorna ao Menu Principal.

A figura 4.4.7 ilustra parte do algoritmo RECEBER DADOS, opção EM TEMPO REAL.

```

RECEBER DADOS *EM TEMPO REAL* : ESTACAO CENTRAL
|
| Inicio
| | Apagar Tela;
| | Inicializacao;
| | OPCAO := Escolha de Usuario;
| | Se (OPCAO >=1) e (OPCAO <= 5) Entao
| | | Se (OPCAO <> 5) Entao
| | | | .....
| | | | Se (OPCAO = 1) Entao
| | | | | Tx_INFO(OPCAO);
| | | | | AGUARDA RESPOSTA;
| | | | | Se (CKS = SOMA) And (OP_CODE = 06) Entao
| | | | | | EM TEMPO REAL;
| | | | | Fim Se;
| | | | Fim Se;
| | | | .....
| | | | Fim Se;
| | | | Retorna Ao Menu Principal;
| | | Fim Se;
| | | Permanece no Menu de Recepcao;
| | Fim Se;
|
| (FIM DA SUBROTINA RECEBER DADOS *SECAO EM TEMPO REAL*).

```

FIGURA 4.4.7. SUBROTINA RECEBER DADOS.

Observa-se que a subrotina RECEBER DADOS é extensa, devido ao conjunto de opções disponíveis. As ações são

-O usuário seleciona a opção (1 a 5),

-O código desta opção, é levado à Subrotina TX\_INFO, que transmite informações ao Subsistema Remoto.

-A Estação Remota, recebe a interrupção, interpreta (ou não) os dados recebidos e envia um ACK (ou NAK) à Central

-Se os dados forem interpretados corretamente, (CKS=SOMA) e (OP\_CODE=\$6 ou ACK), executa-se a subrotina selecionada pelo usuário.

Caso a opção escolhida for a de número 3 (DADOS DO DIA), solicita-se ao usuário o DIA em questão.

A seguir apresenta-se a Subrotina Tx\_INFO(Opcao).

**Tx\_INFO(OPCAO) \*NO CASO OPCA0=3\* : ESTACAO CENTRAL.**

```

Inicio
  Apagar Tela;
  Escreva("ENVIANDO DADOS A REMOTA");
  K(1) := 1 (SOH);
  K(2) := 4 (No de bytes da mensagem);
  K(4) := 0 (K(4) SO E <> DE 0 SE OPCA0 = 3);
  Se (OPCA0 = 1) Entao K(3) := 44;
  Se (OPCA0 = 2) Entao K(3) := 55;
  Se (OPCA0 = 3) Entao
    |
    | K(3) := 66;
    | K(4) := DIA;
  Fim Se;
  Se (OPCA0 = 4) Entao K(3) := 77;
  K(5) := 0 (Zerando CKS);

  Para I:= 1 Ate 4
    |
    | K(5) := K(5) + K(I);
    | Se K(5) >= 255 Entao K(5) := 0;
  Fim Para;

  K(6) := 4 (EOT);
  Inicializacao;

  Para I:= 1 ate 6
    |
    | Repeat
    | | Ler_Status;
    | | Ate (AH And $20 <> 0) Or (I>=13);
    |
    | Envia_Dado(K(I));
    | Pause (Para sincronizacao);
  Fim Para;

Fim.

```

(FIM DA SUBROTINA TX\_INFO).

**FIGURA 4.4.8. SUBROTINA TX\_INFO(OPÇÃO).**

Observe que as subrotinas se repetem. Tx\_INFO e ATIVAR AQUISIÇÃO realizam a mesma função, ou seja, enviam dados à estação remota.

A subrotina AGUARDA RESPOSTA já foi descrita neste capítulo. Se a estação remota enviar um ACK (reconhecimento de comandos), o subsistema central passa a receber, EM TEMPO REAL, os dados aqisitados.

O Algoritmo a seguir (figura 4.4.9) descreve a subrotina Rx\_TREAL, para recepção desses dados (EM TEMPO REAL)

Rx\_TREAL : ESTACAO CENTRAL.

Inicio

```

  Apagar Tela;
  Escreva("RECEBENDO OS DADOS EM TEMPO REAL");
  Repita
  | Le_Status;
  | Até (AH And $01 <> $00);
  | Le_Dado;
  | DR(1) := AL;
  Repita
  | Le_Status;
  | Até (AH And $01 <> $00);
  | Ler_Dado;
  | DR(2) := AL;
  Para I:= 1 Até (DR(2) + 2)
  | Repita
  | | Ler_Status;
  | | Até (AH And $01 <> $00);
  | | Ler_Dado;
  | | DR(I) := AL;
  Fim Para;
  SOMA := DR(1);
  OP_CODE := DR(2);
  CKS := 0;
  Para I:= 1 Até DR(2)
  | CKS := CKS + DR(I);
  | Se CKS >= 255 Entao CKS :=0;
  Fim Para
  Se (CKS=SOMA) Entao
  | Escreva("DADOS RECEBIDOS CORRETAMENTE")
  | MOSTRAR DADOS NA TELA;
  | Escreva("ARQUIVAR S/N : RESPOSTA?");
  | Se RESPOSTA = "S"
  | | Entao ARQUIVAR DADOS;
  Fim Se;
  Senao Escreva("ERRO NA RECEPCAO, TENDE NOVAMENTE");
  Fim Se;
Fim.
```

(FIM DA SUBROTINA Rx\_TREAL : RECEPCAO EM TEMPO REAL).

FIGURA 4.4.9. SUBROTINA Rx\_TREAL.

As subrotinas MOSTRAR DADOS NA TELA e ARQUIVAR DADOS descritas a seguir, compõe o Módulo Tratamento de dados.

#### 4.4.5. Tratamento de Dados

A necessidade de manipulação e análise dos dados recebidos, implica no desenvolvimento de "software" capaz de armazenar e explorar estes dados.

Relatórios, gráficos e tabelas são facilmente obtidos a partir de arquivos devidamente organizados. Um conjunto de possibilidades praticamente ilimitado

A descrição de algoritmos para tratamento de dados é particularmente difícil e trabalhosa, uma vez que envolve conjuntos complicados de fórmulas matemáticas e estatísticas, manipulação de subrotinas e procedimentos gráficos, entre outros inconvenientes.

O que se pretende neste trabalho, objetivando facilitar o desenvolvimento, pelo próprio usuário, de aplicações específicas, é a descrição de um modelo de arquivo (tipo texto), que possa ser utilizado com os mais conhecidos e conceituados softwares do mercado (gerenciadores de banco de dados, planilhas de cálculo, editores de texto, linguagens de alto nível, etc)

Um algoritmo para ARQUIVAR DADOS pode ser escrito como ilustra a figura 4.4.10.

**ARQUIVAR DADOS : ESTACAO CENTRAL.**

```

Inicio
  Escreva("DIGITE NOME PARA O ARQUIVO");
  Leia (ARQNOME);
  Setar Em Disco (ARQNOME);
  Para J:= 1 ate 24
    Para I := 1 Ate 26
      Escreva em ARQNOME(DHIJ,I);
    Fim Para;
  Fim Para
  Fecha ARQNOME;
  Escreva("TODOS OS DADOS ARMAZENADOS EM DISCO");
Fim

```

**(FIM DA SUBROTINA ARQUIVAR DADOS).**

**FIGURA 4.4.10. SUBROTINA ARQUIVAR DADOS.**

Observe que são gravados os dados relativos a um dia de aquisição, ou seja : 24 horas, para cada hora tem-se 26 dados

Devidamente gravadas, as informações formam a seguinte matriz de dados

$$\begin{bmatrix}
 \text{DH}(1,1), \text{DH}(1,2), \text{DH}(1,3) \dots \text{DH}(1,26) \\
 \text{DH}(2,1), \text{DH}(2,2), \text{DH}(2,3) \dots \text{DH}(2,26) \\
 \text{DH}(3,1), \text{DH}(3,2), \text{DH}(3,3) \dots \text{DH}(3,26) \\
 : & : & : & \dots & : \\
 : & : & : & \dots & : \\
 : & : & : & \dots & : \\
 \text{DH}(24,1), \text{DH}(24,2), \text{DH}(24,3) \dots \text{DH}(24,26)
 \end{bmatrix}$$

FIGURA 4.4.11. MATRIZ DE DADOS.

Entretanto, até o presente momento os dados estão sob a forma original, ou seja, como foram aquisitados.

Em hexadecimal tem-se dados variando de \$00 a \$FF, em binário de 00000000 a 11111111 e em decimal de 0 a 255

Afim de facilitar a identificação dos valores de temperatura, velocidade do vento, precipitação, umidade e radiação, deve-se efetuar a conversão destes dados para "unidades de engenharia"

Portanto, devem existir equações matemáticas capazes de relacionar o dado binário ao dado real, representativo do parâmetro aquisitado.

Os cálculos a serem realizados são:

-Radiação Solar Global

Entrada : 0 a 14 mV

Saída: -5 a +5 V.

Tem-se uma relação linear, portanto  $y = Ax + B$ .

Para  $y = -5$ ,  $x = 0$  V então,  $-5 = A \cdot 00 \text{ V} + B$ ,

Para  $y = +5$ ,  $x = 14$  mV então,  $5 = A \cdot 14 \text{ mV} - 5$ ,

Logo:  $A = 714.28$  e  $B = -5$ .

## -Radiação Solar Líquida

Entrada  $\pm 12$  mV Saída -5 a +5 V.

Tem-se uma relação linear, portanto  $y = Ax + B$ .

Para  $y = -5$ ,  $x = -12$  mV então,  $-5 = A \cdot (-12) + B$ ,

Para  $y = +5$ ,  $x = +12$  mV então,  $5 = A \cdot (+12) + B$ ,

Logo  $A = 416.67$  e  $B = 0$ .

## -Temperatura

Entrada -0.193 a 1.822 mV

Saída -5 a +5 V

Tem-se uma relação considerada linear, portanto

Para  $y = -5$ ,  $x = -0.193$  mV então,  $-5 = A \cdot (-0.193) + B$ ,

Para  $y = +5$ ,  $x = 1.822$  mV então,  $5 = A \cdot 1.822 + B$ ,

Logo  $A = 2744.68$  e  $B = -814.5 \cdot 10^{-6}$ .

## -Precipitação

A precipitação é obtida multiplicando-se o valor obtido dos contadores por 2. Uma vez que a cada mudança de estado da bóia basculante conta-se 2 mm de precipitação.

## -Velocidade do Vento

Calibrado para obter-se 320 Hz = 255 decimal (velocidade máxima). Como a medida é feita em metros por segundo temos que :

$320 \text{ Hz} \cong 53 \text{ m/s}$ , ou seja:

$53 \text{ m/s} = 255 \Rightarrow X \text{ m/s} = 1 \Rightarrow X = 0.21 \text{ m/s}$ .

Após amplificação e/ou condicionamento, o sinal analógico é entregue ao conversor A/D.

Os dados digitais, obtidos na saída do conversor estão "barrados", isto é, para uma entrada analógica igual a  $-5 \text{ V}$ , tem-se na saída do conversor o binário  $11111111 = FF_H = 255_D$ .

Para solucionar este problema, utiliza-se a seguinte equação

$$V_A = 5 - \frac{V_d * 10}{256}$$

Onde

$V_A$  = Valor Analógico, entrada do conversor.

$V_D$  = Valor Digital, saída do conversor (decimal).

Observe que  $V_A = y$ , portanto para o cálculo direto do conjunto de dados, representativo dos valores reais gerados pelos transdutores, realiza-se a seguinte operação.

$$V_A = 5 - \frac{V_d * 10}{256} = y = Ax + B$$

$$5 - \frac{V_d * 10}{256} = Ax + B$$

$$x = \frac{5 - B - \frac{V_d * 10}{256}}{A} \quad (\text{unidades de engenharia})$$

A sequência de operações realizadas foi a seguinte:

-O sinal gerado pelo transdutor, é tratado, convertido para digital (quando necessário), armazenado em RAM na estação remota e enviado à estação central onde, via software, é convertido para unidade de engenharia

As unidades de medida são : Temperatura: graus celsius (°C), precipitação milímetros (mm), velocidade do vento: metros por segundo (m/s), umidade relativa do ar: porcentagem (%) e radiação solar calorias por centímetro ao quadrado vezes minuto (Cal/cm<sup>2</sup> min)

Segundo ROSENBERG (1974), a unidade de uma mistura Ar-Vapor d'água (UR = umidade relativa) é usualmente estabelecida através das temperaturas de bulbo úmido (Tu) e bulbo seco (Ts), no caso, dos pares termoeletrônicos, segundo a seguinte equação

$$UR = \frac{10^{0.02604 TU} * 10^{0.82488} - 0.59 (TS - TU) * 100}{10^{0.02604 TS} * 10^{0.82488}}$$

Arquivos específicos de umidade relativa do ar, temperatura do ar e solo, radiação solar global e líquida, precipitação e velocidade do vento podem, finalmente, ser criados a partir de dados reais.

A figura 4.4.12 ilustra um arquivo (tipo texto) de dados de temperatura do ar (°C), elaborado a partir de dados reais, obtidos em coletas manuais, devidamente digitados em microcomputador

```

.....
19910716 12.4 12.4 11.9 11.9 11.9 11.9 11.9 11.9
12.4 13.4 15.9 16.9 20.4 22.4 24.9 24.9 23.9 23.9
22.9 19.4 16.9 15.4 15.4 15.4 15.4 11.9 24.9.....
19910717 15.4 14.9 14.4 13.9 13.4 12.9 12.4 12.4
12.9 14.4 15.9 21.9 22.4 23.4 23.4 23.4 21.9.....
.....

```

FIGURA 4.4.12. ARQUIVO DE DADOS: TEMPERATURA

A figura 4.4.13 ilustra o algoritmo simplificado de tratamento dos dados recebidos, sem erros, pela Estação Central

TRATAMENTO DE DADOS : ESTACAO CENTRAL.

```

Inicio
  Escreva('DADOS RECEBIDOS CORRETAMENTE');
  Apagar a tela;
  Escreva('SISTEMA DE AQUISICAO DE DADOS');
  Escreva('DATA: ',DR(26),DR(25),DR(24));
  Escreva('HORA: ',DR(27),DR(28),DR(29));
  VD1 :=(DR( 4)+DR(5))/2 (TEMPERATURA DO SOLO TS1);
  VD2 :=(DR( 6)+DR(7))/2 (TEMPERATURA DO SOLO TS2);
  VD3 :=(DR( 8)+DR(9))/2 (TEMPERATURA DO SOLO TS3);
  VD4 :=(DR(10)+DR(11))/2 (TEMPERATURA DO SOLO TS4);
  VD5 :=(DR(12)+DR(13))/2 (TEMPERATURA DO SOLO TS5);
  VD6 :=(DR(14)+DR(15))/2 (TEMPERATURA DO SOLO TS6);
  VD7 :=(DR(16)+DR(17))/2 (TEMPERATURA DO AR );
  VD8 :=(DR(18)) (TEMPERATURA BULBO UMIDO TU);
  VD9 :=(DR(19)) (TEMPERATURA BULBO SECO TS);
  VD10:=(DR(20)) (RADIACAO LIQUIDA RL);
  VD11:=(DR(21)) (RADIACAO GLOBAL RG);
  VD12:=(DR(22)) (VELOCIDADE DO VENTO VV);
  VD13:=(DR(23)) (PRECIPITACAO PP);

  TS1 :=((5-(-814.5*10-6)-((VD1*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TS2 :=((5-(-814.5*10-6)-((VD2*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TS3 :=((5-(-814.5*10-6)-((VD3*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TS4 :=((5-(-814.5*10-6)-((VD4*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TS5 :=((5-(-814.5*10-6)-((VD5*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TS6 :=((5-(-814.5*10-6)-((VD6*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TA :=((5-(-814.5*10-6)-((VD7*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TS :=((5-(-814.5*10-6)-((VD8*10)/256))/2744.68)/39*10-6;
  TU :=((5-(-814.5*10-6)-((VD9*10)/256))/2744.68)/39*10-6;

  RL :=((5 - (0) - ((VD 9*10)/256))/416.67)/8*10-3;
  RG :=((5 - (-5) - ((VD10*10)/256))/714.28)/8*10-3;
  VV :=VD11 * 0.21;
  PP :=VD12 * 2 ;

```

Fim;

(FIM DA SUBROTINA TRATAMENTO DE DADOS).

FIGURA 4.4.13. SUBROTINA TRATAMENTO DE DADOS.

A figura 4.4.14.(a), ilustra como um conjunto de dados pode aparecer na tela do monitor quando de uma recepção de dados. Em (b) tem-se exemplo de saída gráfica.

RELATORIO ESTACAO

SISTEMA INICIALIZADO : 03/10/88      HORAS: 13:25  
 DATA CORRENTE : 03/10/88

HORA	VU-MD M/S	PV M/S	DV-MD GRAUS	DV-OP GRAUS	PP MM	TA-MD C	TA-MX C	TA-MN C
13:40	1.3	2.0	132	2.3				
13:50	1.4	2.0	131	2.4				
14:00	1.3	2.1	130	2.3				
14:10	1.0	2.2	129	1.9				
14:20	1.3	2.0	127	2.0				
14:30	1.1	1.9	128	1.9				
14:40	1.2	1.8	127	1.9				
14:50	1.1	1.7	129	2.0				
15:00	1.3	2.0	132	2.3	0.0	24.0	28.0	22.0
15:10	1.0	2.2	129	1.9				
15:20	1.3	2.0	127	2.0				
15:30	1.1	1.9	126	1.9				
15:40	1.2	1.8	127	1.9				
15:50	1.1	1.7	129	2.0				
16:00	1.3	2.0	132	2.3	0.0	23.0	27.5	21.5
17:10	1.0	2.2	129	1.9				
17:20	1.3	2.0	127	2.0				
17:30	1.1	1.9	128	1.9				
17:40	1.2	1.8	127	1.9				
17:50	1.1	1.7	129	2.0				

FIGURA 4.4.14 (a). TABELA/RELATORIO.

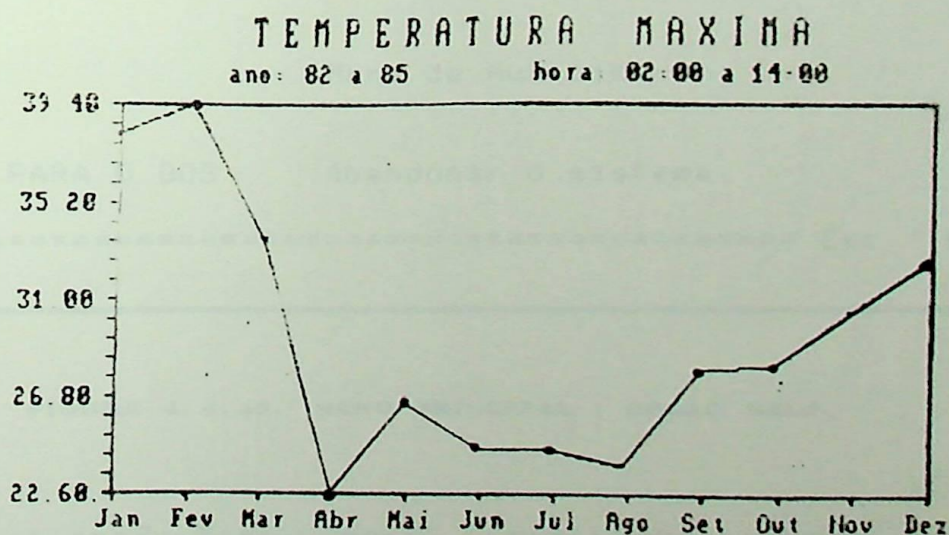


FIGURA 4.4.14 (b). SAIDA GRAFICA.

#### 4.4.6 Outras Opções

Selecionada a opção 4 do "menu" principal, a tela do monitor será preenchida com um texto resumo das opções do menu principal, conforme ilustra a figura 4.4.15 a seguir.

```

=====
= HELP =====
SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS AGROMETEOROLÓGICOS

Este sistema consiste em uma unidade central comandando e
recebendo dados de uma unidade remota através de uma
ligação rádio

1 ATIVAR AQUISIÇÃO      Ativa o subsistema remoto. O usuário
                        deve atualizar este sistema
                        Digitar Data e Hora

2 RECEBER DE DADOS      A Estação Remota envia dados para a
                        Central O usuário deve selecionar uma
                        das opções (Hora, Dia, TReal ou Todos).

3 MANIPULAR ARQUIVOS.  A partir do conjunto de dados recebidos
                        e arquivados, o usuário tem a opção de
                        gerar tabelas, gráficos e relatórios.

4 HELP                  Menu de Auxílio

5 SAIR PARA O DOS      Abandonar o sistema.

===== Esc . Retorna=

```

FIGURA 4.4.15. MENU PRINCIPAL : OPCAO HELP.

A opção 5 do "menu" principal, retorna ao sistema operacional, ou seja abandona o Sistema de Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Introdução

O sistema desenvolvido foi experimentalmente testado em laboratório. Os equipamentos foram montados conforme ilustra a figura 5.1.1

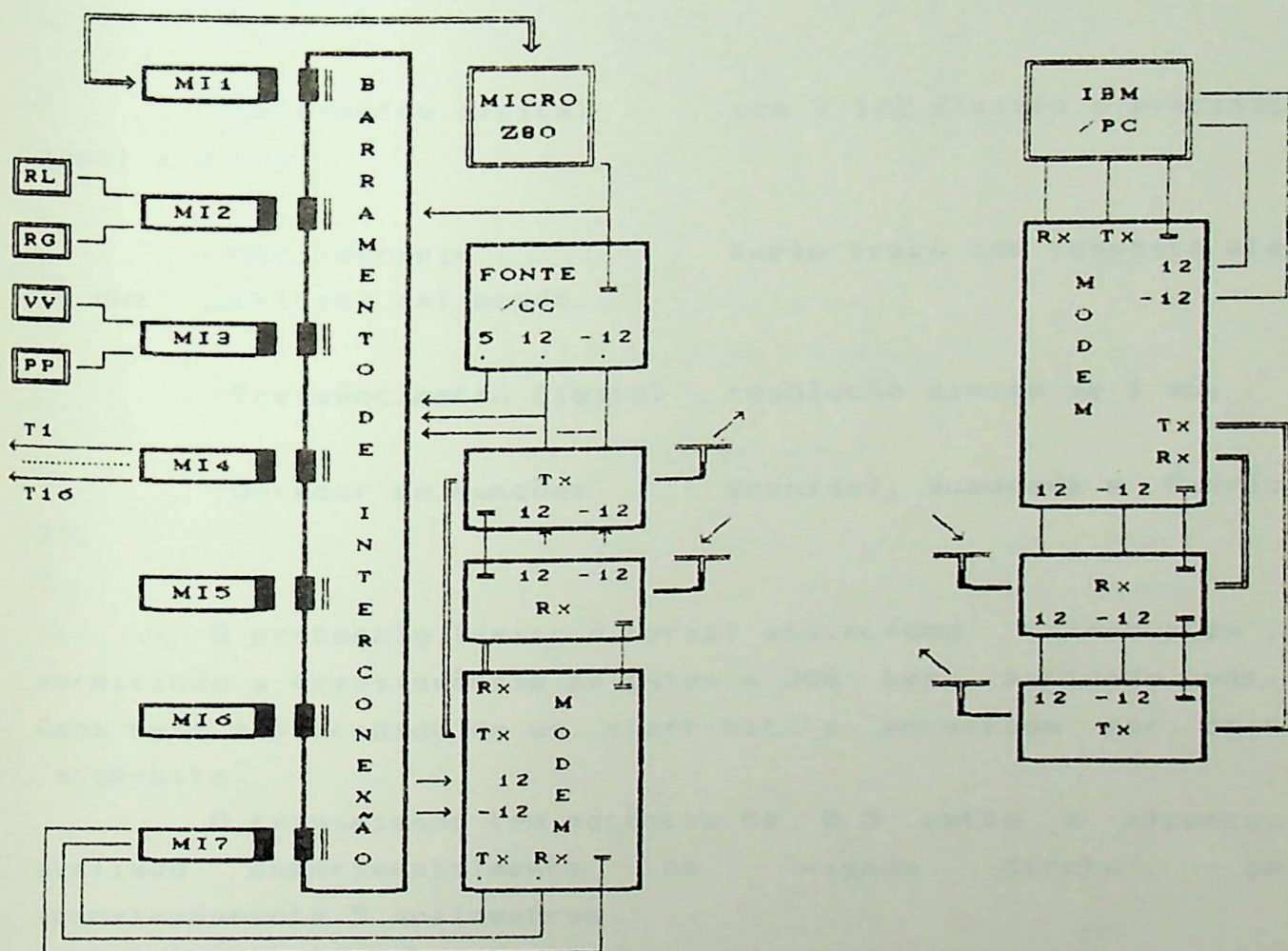


FIGURA 5.1.1. APRESENTAÇÃO FINAL DO EQUIPAMENTO.

Na estação remota tem-se os módulos de interfaceamento ligados, via barramento de interconexão, ao microcomputador, fonte cc, modem e conjunto Tx/Rx. Na central encontra-se o IBM-PC, acoplado também ao modem, fonte e conjunto Tx/Rx.

## 5.2 Resultados

Após sucessivos testes, para avaliação da aquisição e comunicação de dados. O equipamento foi ajustado para iniciar sua operação contínua e automática. Sendo o subsistema remoto programado para efetuar, após inicialização, uma aquisição a cada 4 minutos.

Para ajuste total em nível de laboratório, foram utilizados os seguintes equipamentos:

-Multímetro digital com 3 1/2 dígitos e precisão igual a  $\pm 1\%$

-Osciloscópio duplo traço com resposta até 20 MHz, vertical calibrado,

-Frequencímetro Digital resolução mínima de 1 mS;

-Gerador de Funções senoidal, quadrada e Padrão TTL

O protocolo físico é serial assíncrono "half-duplex", permitindo a transferência de bytes a 300 bps, paridade par. Cada byte é precedido de um "start-bit" e encerrado por dois "stop-bits".

O transmissor tem potência de 0.5 watts e alcance avaliado experimentalmente em "visada direta", de aproximadamente 5 quilômetros.

Para esta avaliação em laboratório, optou-se pela utilização de vários artifícios, a fim de se verificar as respostas do sistema às mais diversas condições. Entre os artifícios utilizados pode-se citar: Aquecimento e resfriamento dos termopares. Acionamento manual da "bóia" basculante do pluviômetro e do conjunto de "conchas" do anemômetro. Manipulação dos medidores de radiação durante todo o tempo.

Um "resumo" das medidas efetuadas com o equipamento, e que demonstram o funcionamento adequado do sistema, é apresentado pelas figuras 5.2.1 e 5.2.2, a seguir

Na figura 5.2.1 tem-se a medição realizada na Estação Remota, no dia 17/07/91 (de 13:00 às 15:05 horas). Os dados representam o seguinte conjunto de transdutores .

T1	T2	T3	T4	T5
T6	T7	T8	T9	T10
T11	T12	T13	T14	T15
T16	RG	RL	PP	VV

Onde

- T1 a T16 termopares.
- RG e RL radiação global e Líquida.
- PP precipitação pluviométrica.
- VV Velocidade do Vento
- T5, T6, T11 e T12, estão em "zero".

Na figura 5.2.2 tem-se o mesmo conjunto de dados da figura 5.2.1, devidamente recebido, conferido e levado à impressão na unidade central.

O objetivo principal aqui é demonstrar que os dados adquiridos estão sendo devidamente armazenados e transmitidos com segurança e confiabilidade

Com tratamento matemático adequado, oferecido ao conjunto de dados recebidos, e utilização de instruções específicas, em linguagem de alto nível (Pascal), para manipulação de variáveis e confecção de telas. Pode-se apresentar, no monitor, os dados recebidos dentro dos padrões reais de utilização, ou seja dentro de suas respectivas unidades padrões de medição (precipitação em milímetros, velocidade do vento em metros por segundo, temperatura em graus celcius e radiação em calorias por centímetro quadrado vezes minuto)

SISTEMA COMPUTADORIZADO DE AQUISICAO DE DADOS ESTACAO REMOTA				
*****				
DATA	17 7 91	HORA:	13 0	
AQUISICAO NUMERO	1			
NUMERO DE HORAS	0			
DADOS AQUISITADOS-----				
62	56	62	56	00
00	57	57	64	56
00	00	57	56	57
62	103	103	00	01
DATA	17 7 91	HORA	13 4	
AQUISICAO NUMERO	2			
NUMERO DE HORAS	0			
DADOS AQUISITADOS-----				
56	55	56	57	00
00	56	56	56	56
00	00	62	56	57
57	112	113	15	01
DATA	17 7 91	HORA	13 56	
AQUISICAO NUMERO	15			
NUMERO DE HORAS	0			
DADOS AQUISITADOS-----				
64	64	64	64	00
00	64	64	64	64
00	00	64	65	64
64	14	09	20	00
DATA	17 7 91	HORA	14 0	
AQUISICAO NUMERO	1			
NUMERO DE HORAS	1			
DADOS AQUISITADOS-----				
64	64	64	64	00
00	64	64	64	64
00	00	64	64	64
64	08	09	00	10
DATA	17 7 91	HORA	15 0	
AQUISICAO NUMERO	1			
NUMERO DE HORAS	2			
DADOS AQUISITADOS-----				
81	87	88	87	00
00	64	95	88	88
00	00	88	88	89
88	127	127	02	01

FIGURA 5.2.1. DADOS AQUISITADOS : ESTACÃO REMOTA.

SISTEMA COMPUTADORIZADO DE AQUISICAO DE DADOS ESTACAO CENTRAL  
 \*\*\*\*\*

DATA 17 7 91 HORA 13 0

DADOS AQUISITADOS-----

62	56	62	56	00
00	57	57	64	56
00	00	57	56	57
62	103	103	00	01

SISTEMA COMPUTADORIZADO DE AQUISICAO DE DADOS ESTACAO CENTRAL  
 \*\*\*\*\*

DATA: 17 7 91 HORA: 13 4

DADOS AQUISITADOS-----

56	56	56	57	00
00	56	56	62	56
00	00	62	56	57
56	112	113	15	01

SISTEMA COMPUTADORIZADO DE AQUISICAO DE DADOS ESTACAO CENTRAL  
 \*\*\*\*\*

DATA: 17 7 91 HORA: 13 56

DADOS AQUISITADOS-----

64	64	64	64	00
00	64	64	64	64
00	00	64	64	64
64	08	08	20	00

SISTEMA COMPUTADORIZADO DE AQUISICAO DE DADOS ESTACAO CENTRAL  
 \*\*\*\*\*

DATA: 17 7 91 HORA: 14 0

DADOS AQUISITADOS-----

64	64	64	64	00
00	64	64	64	64
00	00	64	64	64
64	09	08	00	10

SISTEMA COMPUTADORIZADO DE AQUISICAO DE DADOS ESTACAO CENTRAL  
 \*\*\*\*\*

DATA: 17 7 91 HORA: 15 0

DADOS AQUISITADOS-----

81	87	88	87	00
00	64	95	88	88
00	00	88	88	89
88	121	16	00	01

FIGURA 5.2.2. DADOS RECEBIDOS : ESTACAO CENTRAL.

As figuras que se seguem apresentam a sequência de operação e respostas para ATIVAR AQUISIÇÃO (figuras 5.2.3.(a), (b), (c), (d) e (e)) utilizando todas as potencialidades do sistema. O dia escolhido foi 17/07/91, 15.00 horas.

**SISTEMA DE AQUISICAO E ANALISE DE DADOS  
AGROMETEOROLOGICOS**

1. ATIVAR AQUISICAO
2. RECEBER DADOS
3. MANIPULAR ARQUIVOS
4. HELP
5. SAIR PARA O DOS

FIGURA 5.2.3.(a) : OPÇÃO ATIVAR AQUISIÇÃO

Em seguida digita-se os dados de tempo (Data e Hora), para início de aquisição

**ATIVANDO O SISTEMA DE AQUISICAO DE DADOS**

**ATUALIZAR DATA E HORA DO SISTEMA:**

Ano= AA: 91  
 Mes= MM: 07  
 Dia= DD: 17  
 Hor= HH: 15  
 Min= MM: 00  
 Seg= SS: 00

Confirma ? S/N: S

FIGURA 5.2.3.(b) : ATUALIZAR DATA E HORA

Esses dados são, então, enviados à Estação Remota.

ENVIANDO COMANDOS PARA ATIVAR REMOTA		
=====	=====	=====
Caractere	1	Enviado.
Caractere	9	Enviado.
Caractere	33	Enviado.
Caractere	91	Enviado.
Caractere	7	Enviado.
Caractere	17	Enviado.
Caractere	15	Enviado.
Caractere	0	Enviado.
Caractere	0	Enviado.
Caractere	173	Enviado.
Caractere	4	Enviado..

FIGURA 5.2.3. (c). ENVIO DE DADOS.

Observe que o caractere 173 corresponde à soma dos dados, ou seja, ao byte CKS. Após receber a mensagem, o subsistema remoto envia um sinal de reconhecimento à central

AGUARDE: RESPOSTA A SER ENVIADA PELA REMOTA		
=====	=====	=====
AGUARDE : SE VOCE NAO RECEBER RESPOSTA DIGITE UMA TECLA PARA SAIR.		
1	1	
2	4	
3	6	
4	0	
5	11	
6	4	
ATIVADA REMOTA, RESPOSTA RECEBIDA CORRETAMENTE.		

FIGURA 5.2.3. (d). RECEPÇÃO: COMUNICAÇÃO CORRETA.

A partir deste instante, a estação remota encontra-se em operação contínua e automática.

No caso de erro na comunicação, a resposta recebida, para qualquer uma das opções será:

```

AGUARDE: RESPOSTA A SER ENVIADA PELA REMOTA
=====

AGUARDE : SE VOCE NAO RECEBER RESPOSTA
          DIGITE UMA TECLA PARA SAIR.

1  1
2  4
3  21
4  0
5  26
6  4

RESPOSTA RECEBIDA COM ERRO. TENTE NOVAMENTE.

```

FIGURA 5.2.3. (e). RECEPÇÃO: ERRO NA COMUNICAÇÃO.

Após inicialização, o usuário central pode solicitar outras opções. As figuras 5.2.4. (a), (b), (c), (d), (e) e (f) ilustram o processo de recepção de dados.

```

          SISTEMA DE AQUISICAO E ANALISE DE DADOS
          AGROMETEOROLOGICOS

          1. ATIVAR AQUISICAO
          2. RECEBER DADOS
          3. MANIPULAR ARQUIVOS
          4. HELP
          5. SAIR PARA O DOS

```

FIGURA 5.2.4. (a). OPÇÃO: RECEBER DADOS

A seguir, tem-se o "menu" de recepção, com a escolha da opção EM TEMPO REAL, por exemplo.

**SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS  
AGROMETEOROLÓGICOS**

<RECEPÇÃO DE DADOS>

1. EM TEMPO REAL
2. DADOS DA HORA
3. DADOS DO DIA
4. TODOS OS DADOS
5. RETORNAR

FIGURA 5.2.4.(b). OPÇÃO: EM TEMPO REAL.

Os comandos são, então, enviados à Estação Remota e apresentados no "vídeo", conforme ilustra a figura 5.2.4.(c) a seguir.

ENVIANDO COMANDOS A REMOTA

Caractere	1	Enviado.
Caractere	4	Enviado.
Caractere	44	Enviado.
Caractere	0	Enviado.
Caractere	49	Enviado.
Caractere	4	Enviado.

FIGURA 5.2.4.(c). EM TEMPO REAL : ENVIO DE DADOS

Como ja foi visto, após receber a mensagem, o subsistema remoto envia um sinal de reconhecimento à central.

```

AGUARDE : RESPOSTA A SER ENVIADA PELA REMOTA
=====

AGUARDE : SE VOCE NAO RECEBER RESPOSTA
DIGITE UMA TECLA PARA SAIR.

1 1
2 4
3 6
4 0
5 11
6 4

ATIVADA REMOTA, RESPOSTA RECEBIDA CORRETAMENTE.

```

FIGURA 5.2.4. (d). RECEPÇÃO: COMUNICAÇÃO CORRETA.

A Estação Remota inicia, então, o envio dos dados aquisitados, que são recebidos EM TEMPO REAL e apresentados na "tela" do monitor, ainda sob a "forma" inicial.

```

RECEBENDO DADOS EM TEMPO REAL

1 1
2 29
3 44
4 81
5 87
6 88
7 87
8 00
9 00
10 64
11 95
12 88
13 88
14 00
15 00
16 88
17 88
18 89
19 88
20 121
21 16
22 00
23 01
24 17
25 07
26 91
27 15
28 00
29 00
30 147
31 04

```

FIGURA 5.2.4. (e). RECEPÇÃO DE DADOS : EM TEMPO REAL.

Finalmente, após recepção, os dados são tratados matematicamente e apresentados em notação de engenharia

ESTACAO DE COLETA DE DADOS AGROMETEOROLOGICOS					
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA-MG					
E. F. E. I					
DATA: 17/07/91			HORA: 09:00		
TEMPERATURA DO SOLO : °C					
05cm	10cm	20cm	30cm	50cm	100cm
16.0	14.7	00.0	17.7	14.6	00.0
TEMPERATURA DO AR		= 14.6 °C.			
UMIDADE RELATIVA		= 96.5 %.			
RADIACAO GLOBAL		= 1.49 Cal/cm <sup>2</sup> min.			
RADIACAO LIQUIDA		= 0.88 Cal/cm <sup>2</sup> min.			
VELOCIDADE DO VENTO		= 0.42 m/s.			
PRECIPITACAO		= 2 mm.			
QUALQUER TECLA P/ CONTINUAR EM TEMPO REAL.					
"ESC" CANCELA RECEPCAO EM TEMPO REAL.					

FIGURA 5.2.4.(f). SAÍDA DE DADOS : ESTACÃO CENTRAL.

Deve-se ressaltar novamente que os dados apresentados acima não são reais. As figuras 5.2.5. (a), (b) e (c) ilustram a recepção de um conjunto de dados reais.

ESTACAO DE COLETA DE DADOS AGROMETEOROLOGICOS					
ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA-MG					
E. F. E. I					
DATA: 19/07/91			HORA: 09:00		
TEMPERATURA DO SOLO : °C					
05cm	10cm	20cm	30cm	50cm	100cm
19.8	21.8	22.4	22.9	23.3	23.7
TEMPERATURA DO AR		= 23.8 °C.			
UMIDADE RELATIVA		= 73.0 %.			
RADIACAO GLOBAL		= 1.00 Cal/cm <sup>2</sup> min.			
RADIACAO LIQUIDA		= 0.45 Cal/cm <sup>2</sup> min.			
VELOCIDADE DO VENTO		= 2.0 m/s.			
PRECIPITACAO		= 0 mm.			
QUALQUER TECLA P/ CONTINUAR EM TEMPO REAL.					
"ESC" CANCELA RECEPCAO EM TEMPO REAL.					

FIGURA 5.2.5.(a). DADOS REAIS 19/07/91 - 09:00 HORAS.

**ESTACAO DE COLETA DE DADOS AGROMETEOROLOGICOS**  
**ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA-MG**  
**E. F. E. I**

DATA: 19/07/91 HORA: 12:00

TEMPERATURA DO SOLO : °C					
05cm	10cm	20cm	30cm	50cm	100cm
26.5	25.4	23.8	22.3	21.5	20.7

TEMPERATURA DO AR	= 28.5 °C.
UMIDADE RELATIVA	= 40.0 %.
RADIACAO GLOBAL	= 1.12 Cal/cm <sup>2</sup> min.
RADIACAO LIQUIDA	= 0.85 Cal/cm <sup>2</sup> min.
VELOCIDADE DO VENTO	= 1.8 m/s.
PRECIPITACAO	= 0 mm.

QUALQUER TECLA P/ CONTINUAR EM TEMPO REAL.  
 "ESC" CANCELA RECEPCAO EM TEMPO REAL.

FIGURA 5.2.5. (b). DADOS REAIS 19/07/91 - 12:00 HORAS.

**ESTACAO DE COLETA DE DADOS AGROMETEOROLOGICOS**  
**ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA-MG**  
**E. F. E. I**

DATA: 19/07/91 HORA: 15:00

TEMPERATURA DO SOLO : °C					
05cm	10cm	20cm	30cm	50cm	100cm
26.8	25.2	24.5	23.0	21.0	20.1

TEMPERATURA DO AR	= 28.0 °C.
UMIDADE RELATIVA	= 56.0 %.
RADIACAO GLOBAL	= 1.08 Cal/cm <sup>2</sup> min.
RADIACAO LIQUIDA	= 0.84 Cal/cm <sup>2</sup> min.
VELOCIDADE DO VENTO	= 2.9 m/s.
PRECIPITACAO	= 0 mm.

QUALQUER TECLA P/ CONTINUAR EM TEMPO REAL.  
 "ESC" CANCELA RECEPCAO EM TEMPO REAL.

FIGURA 5.2.5. (c). DADOS REAIS 19/07/91 - 15:00 HORAS.

O conjunto de dados DA HORA, DO DIA e TODOS OS DADOS também é recebido e tratado conforme ilustraram as figuras 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 e 5.2.5. A diferença básica é que o usuário pode, após recepção, armazenar os dados de temperatura, radiação, velocidade do vento, precipitação e umidade, em separado. Criando arquivos de dados para apresentação de relatórios, médias, gráficos, etc.

As figuras 5.2.6.(a) e (b) ilustram um arquivo de dados de temperatura para um dia completo de aquisição (início às 00 00 Hs - final às 23 horas), com seleção das temperaturas mínima e máxima para o dia, e traçado gráfico da temperatura do dia, respectivamente.

Gráficos podem ser vistos também no anexo 7.1 (Software, traçado gráfico)

```

19910801 15.4 15.4 15.4 15.4 14.9 14.9 14.9 15.9 18.4
18.9 10.4 17.4 18.4 19.4 19.4 18.4 18.9 17.4 16.9 15.9
15.4 15.4 14.9 14.9 14.9 19.4.....

```

FIGURA 5.2.6.(a). ARQUIVO TEMPERATURA: 01/08/91.

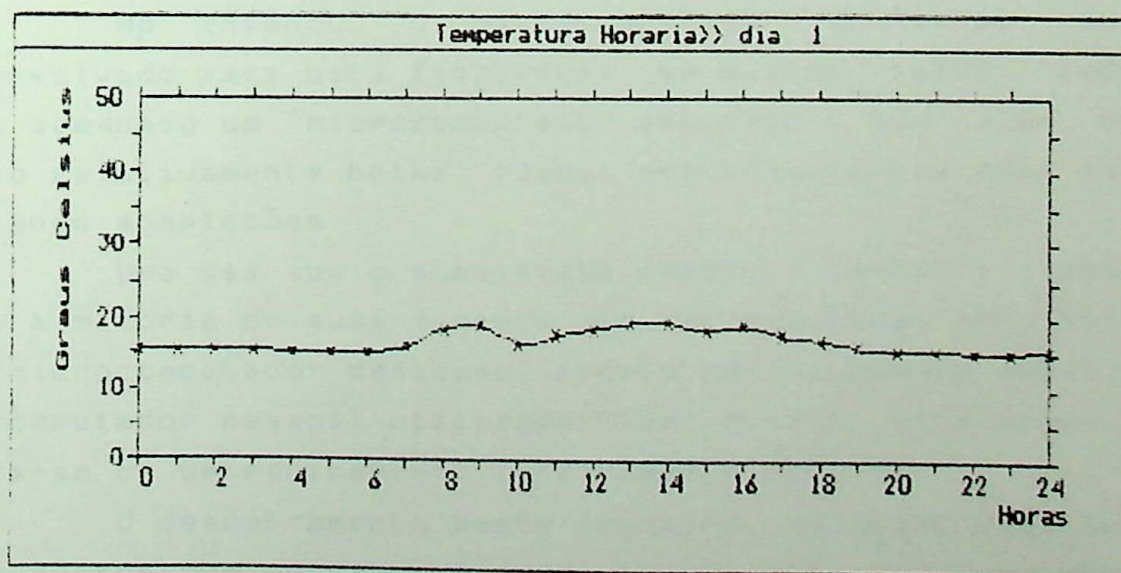


FIGURA 5.2.6.(b). GRAFICO TEMPERATURA: 01/08/91

### 5 3 Discussão

#### 5 3 1 Estação remota

Desde que o conjunto transdutores/módulos de interfaceamento/microcomputador tenha sido devidamente calibrado e exaustivamente testado, pode-se garantir que os dados aqusitados e armazenados em RAM são confiáveis.

Um aspecto fundamental a ser considerado é o que se refere às condições de operação deste subsistema. A estação remota deve ser projetada e construída suficientemente robusta para trabalhar confiavelmente em condições locais desfavoráveis, tais como: faixa de temperatura ambiental muito grande, vibrações, umidade do ar elevada e intempéries.

Além disso, deve-se observar a potência consumida pela estação, que deve ser mínima possível, quando esta for alimentada por baterias não equipadas com "fontes" de carga.

Os resultados obtidos mostram que a utilização de um microcomputador pessoal como núcleo do subsistema de aquisição é prática e perfeitamente viável, principalmente por seu baixo custo e pelos recursos gráficos e de software normalmente disponíveis.

No entanto, o microcomputador utilizado não foi desenvolvido para esta finalidade. Em muitos casos, pode ser mais adequado um "microcomputador dedicado", que além de ter custo relativamente baixo, possui uma arquitetura mais adequada evitando adaptações.

Uma vez que o subsistema remoto é bastante flexível e, como a maioria de suas funções são implementadas por software, um "microcomputador dedicado" poderá perfeitamente substituir o microcomputador pessoal utilizado, sem muitas alterações, pois trata-se de um equipamento inteiramente modular.

O desdobramento deste trabalho, colocado como sugestão para outros que possam vir a ser realizados, é a implementação e inclusão de "um microcomputador dedicado" ao sistema

### 5.3.2. Sistema de comunicação

O sistema de comunicação para o equipamento foi projetado para funcionar somente com uma estação central e uma remota, mas nada impede que ele seja usado na forma de uma rede (figura 5.3.1), bastando que os comandos e respostas contêmam um número indicativo da remota a que se referem.

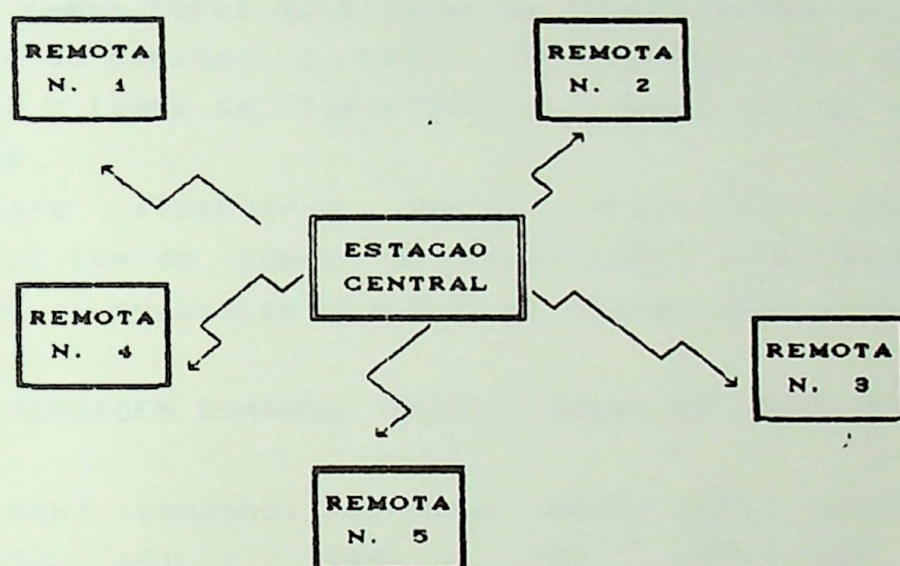


FIGURA 5.3.1. RÊDE DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Como já mencionado, a comunicação se faz através de rádio transmissores/receptores FM. A estação remota está normalmente em estado de recepção e é chaveada para transmissão apenas quando se deseja enviar mensagens.

O protocolo de comunicação é serial assíncrono "half-duplex", permitindo a transferência de bytes a 300 bps, paridade par. Cada byte é precedido de um "start-bit" e encerrado por dois "stop-bits".

Para minimizar a probabilidade de interferências e ruídos no processo, as estações são capazes de detetar erros de comunicação, a técnica utilizada é o checksum (CKS). Portanto, o protocolo de comunicação garante a integridade dos dados. Mesmo porque, no caso de detecção de um erro, existe a possibilidade de se repetir a operação.

Segundo SOUZA (1990), a eficiência de comunicação pode ser avaliada considerando os tempos envolvidos desde o pedido de aquisição, por parte do computador hospedeiro (central), e a resposta da unidade de aquisição (remota).

Desde que a comunicação entre os sistemas se realiza através da transferência de bits em um canal série, o número de caracteres ASCII associados com a mensagem e a taxa de transmissão determinarão o tempo necessário para completar a comunicação.

O tempo total deve levar em consideração o tempo de transmissão do pedido, o tempo de execução na unidade de aquisição e o tempo de transmissão da resposta ou dos dados solicitados.

Para ilustrar os tempos envolvidos no sistema implementado tem-se número de canais igual a 20, taxa de 300 bauds e com os seguintes formatos de transmissão e recepção:

-MENSAGEM COMANDO: RECEBER DADOS EM TEMPO REAL.

(soh) (tamanho):(op-code):(dado) (cks):(eoh).  
(1) (4) (44) (0) (49) (4)

-MENSAGEM RESPOSTA : ACK

(soh):(tamanho):(op-code):(dado):(cks):(eoh).  
(1) (4) (6) (0) (11) (4)

O tempo total poderá ser obtido computando os caracteres associados a cada mensagem:

- 06 caracteres ASCII da mensagem comando  
sendo 12 bits/char, 72 bits/300 bps . . . = 240.0 ms
  - Tempo de execução (típico) . . . . . = 2.0 ms
  - 06 caracteres ASCII da mensagem resposta  
sendo 12 bits/char, 72 bits/300 bps . . = 240.0 ms
- 
- TEMPO TOTAL . . . . . = 482.0 ms.

Considerando que os sinais aqúisitados variam lentamente com o tempo, a realização de uma aquisição a cada quatro minutos, a condição de teste dos dados recebidos e a possibilidade de se repetir a operação; pode-se concluir que o sistema é eficiente para a finalidade a que se propõe.

Neste aspecto, a rádio telemetria é um método simples, porém eficiente, para se obter dados, principalmente em tempo real. Proporcionando menor custo e maior mobilidade do que o sistema telefônico.

Talvez a grande restrição com relação ao equipamento implementado venha a ser a utilização de frequências convencionais na comunicação de dados. A operação de transmissores de FM comercial dentro de regiões densamente povoadas é ilegal. No entanto, dentro de uma fazenda ou outro ambiente amplo, a utilização de um transmissor de uso restrito pode ser considerada.

No que diz respeito ao sistema como um todo, uma eventual mudança nos circuitos de comunicação, para operação legal, não representará alteração significativa, uma vez que o protocolo de comunicação é definido e implementado de modo a ser independente das características físicas do equipamento.

### 5.3.3. Estação central

Como o Sistema de Aquisição e Análise de Dados foi desenvolvido para a utilização em microcomputadores compatíveis com a linha IBM-PC, seu software constitui-se o elemento principal de discussão.

A linguagem PASCAL mostrou-se bastante flexível e útil. Permitindo a organização dos arquivos de dados de forma compatível com os mais conhecidos e conceituados softwares do mercado (planilhas de cálculo, banco de dados, editores de texto e pacotes integrados).

A utilização do equipamento pode ser realizada por pessoa não especializada em informática, uma vez que a interface homem-máquina é simples e extremamente amigável.

## 6. CONCLUSÕES

Em vista dos resultados obtidos e discutidos, dentro das propostas deste trabalho, todos os objetivos foram plenamente alcançados. Ou seja :

-O Sistema foi devidamente implementado e testado.

-Apresentou-se uma descrição detalhada do hardware e software utilizados.

-Quanto à avaliação. Considerando-se as restrições em função do bom desempenho geral, versatilidade e simplicidade do projeto, tem-se um balanceamento entre preço e performance muito bom.

Evidentemente, este trabalho deverá continuar se desenvolvendo com as exigências impostas pela prática, onde se espera chegar a um conjunto hardware/software que venha a trazer um imenso número de possibilidades para o planejamento e execução de pesquisas de campo e de laboratório.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Software . Estação Central - Gráficos

Programas utilizados em teste funcional do Sistema Para Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos.

Traçados gráficos utilizando um arquivo de temperaturas do mês 08 (agosto)/1990.

Utilização de subrotinas gráficas específicas, em linguagem Pascal (Turbo Pascal), devidamente documentadas no manual BORLAND (1985).

Inicialmente apresenta-se o arquivo de dados (de 01 a 31/08/90). Em seguida tem-se o programa Pascal para manipulação do arquivo, viabilizando o traçado de gráficos, ilustrados no final deste subitem.





{ Procedimento para manipulacao do Arquivo Tempmes.Dta. }

```
program Temper;
```

```
uses Crt, Dos, Graph;
```

```
const MaxPoints = 100;
      XZero = 71;
      XLast = 592;
      XQuant = 24;
      XFactor = ( XLast - XZero ) / XQuant;
      YZero = 160;
      YLast = 29;
      YQuant = 50;
      YFactor = ( YLast - YZero ) / YQuant;
```

```
type PlotArray = array[1..MaxPoints,1..2] of real;
```

```
var GraphDriver, GraphMode : integer;
    PathToDriver : string;
    KbChar : char;
    MeusDados : text;
    sn : string;
    i, diareq, diarq : integer;
    a, b : PlotArray;
```

```
function GrpX( x : real ) : integer;
begin
  GrpX := Round( XZero + x*XFactor );
end;
```

```
function GrpY( y : real ) : integer;
begin
  GrpY := Round( YZero + y*YFactor );
end;
```

```
procedure PlotLine( x0, y0, x1, y1 : real );
begin
  Line( GrpX(x0), GrpY(y0), GrpX(x1), GrpY(y1) );
end;
```

```

procedure DrawAxis( x0, y0, x1, y1 : real; Quota : boolean );
var hr : real;
begin
  Rectangle( GrpX(x0), GrpY(y0), GrpX(x1), GrpY(y1) );
  if Quota then begin
    hr:=x0;
    repeat
      MoveTo( GrpX(hr), GrpY(y1) );
      LineRel( 0, -3 );
      MoveTo( GrpX(hr), GrpY(y0) );
      LineRel( 0, 3 );
      Str( hr:2:0, sn );
      OutTextXY( GrpX(hr)-6, GrpY(y0)+4, sn );
      hr:=hr+1.0;
      MoveTo( GrpX(hr), GrpY(y0) );
      LineRel( 0, 3 );
      MoveTo( GrpX(hr), GrpY(y1) );
      LineRel( 0, -3 );
      hr:=hr+1.0;
    until hr>=x1;
    Str( hr:2:0, sn );
    OutTextXY( GrpX(hr)-6, GrpY(y0)+4, sn );
    hr =y0;
    repeat
      MoveTo( GrpX(x1), GrpY(hr) );
      LineRel( 5, 0 );
      MoveTo( GrpX(x0), GrpY(hr) );
      LineRel( -5, 0 );
      Str( hr:2:0, sn );
      OutTextXY( GrpX(x0)-23, GrpY(hr)-3, sn );
      hr:=hr+5.0;
      MoveTo( GrpX(x0), GrpY(hr) );
      LineRel( -5, 0 );
      MoveTo( GrpX(x1), GrpY(hr) );
      LineRel( 5, 0 );
      hr:=hr+5.0;
    until hr>=y1;
    Str( hr:2:0, sn );
    OutTextXY( GrpX(x0)-25, GrpY(hr)-3, sn );
  end;

end;

procedure Draw_X( x, y : real );
begin
  MoveTo( GrpX(x)-2, GrpY(y)-2 );
  LineRel( 4, 4 );
  MoveRel( 0, -4 );
  LineRel( -4, 4 );
end;

```

```

procedure DrawCorrPol( N : integer; P : PlotArray );
var i : integer;
    Q : array[1..MaxPoints,1..2] of integer;
begin
  for i:=1 to N do begin
    Q[i,1]:=GrpX(P[i,1]);
    Q[i,2]:=GrpY(P[i,2]);
  end;
  DrawPoly( N, Q );
end;

```

( Procedimento para impressao dos dados . Copia da tela na impressora, utilizando registradores internos no IBM-PC.)

```

procedure PrtScr( Vertical : boolean );

  procedure PrtByte( Pb : integer );
  var Regs : Registers;
  begin
    Regs.DX:=0;
    Regs.AX:=Pb;
    intr( $17, Regs );
  end;

var Gx, Gy, Ax, Pb, Bt : integer;

begin
  PrtByte( 27 ); PrtByte( 65 ); PrtByte( 8 );
  if Vertical then begin
    Gx:=0;
    repeat
      PrtByte( 9 );
      PrtByte( 27 ); PrtByte( 76 ); PrtByte( 32 );
      PrtByte( 3 );
      for Gy:=199 downto 0 do
        begin
          Pb:=0; Bt:=128;
          for Ax:=0 to 7 do
            begin
              if GetPixel( Gx+Ax, Gy ) > Black then Pb:=Pb+Bt;
              Bt:=Bt shr 1;
            end;
            PrtByte( Pb ); PrtByte( Pb ); PrtByte( Pb );
            PrtByte( Pb );
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;

```

```

        PrtByte( 13 ); PrtByte( 10 );
        Inc( Gx, 8 );
    until Gx>639;
end else
    begin
        Gy:=0;
        repeat
            PrtByte( 9 ); PrtByte( 9 );
            PrtByte( 27 ); PrtByte( 76 ); PrtByte( 128 );
            PrtByte( 2 );
            for Gx:=0 to 639 do
                begin
                    Pb:=0; Bt:=128;
                    for Ax:=0 to 7 do
                        begin
                            if GetPixel( Gx, Gy+Ax ) > Black then
                                Pb:=Pb+Bt;
                                Bt:=Bt shr 1;
                            end;
                            PrtByte( Pb );
                        end;
                    PrtByte( 13 ); PrtByte( 10 );
                    Inc( Gy, 8 );
                until Gy>199;
            end;
        PrtByte( 27 ); PrtByte( 50 );
    end;
end;

```

( Esta procedure foi retirada diretamente do Livro Turbo Grafix - Borland. Portanto não teve nenhum de suas funções alterada. Ela simplesmente recebe os parametros e executa as funções necessarias ao trabamento destes. )

```

procedure spline(A:PlotArray;
                N:integer;
                X1,XM:real;
                var B:PlotArray;
                M:integer);
type Vector = array [1..MaxPoints] of real;
var x,y,z:Vector;
    i:integer;
    DeltaX:real;

procedure error;
begin
    CloseGraph;
    writeln( 'Ocorrido erro durante a Spline...' );
    halt;
end;

```

```

procedure stg(Vector1,Vector2,Vector3:Vector;
              var Vector4:Vector;
              NPts:integer);
var i:integer;
    Factor:real;

begin
  for i:=2 to NPts do
    begin
      Factor:=Vector1[i-1]/Vector2[i-1];
      Vector2[i]:=Vector2[i]-Factor*Vector3[i-1];
      Vector4[i]:=Vector4[i]-Factor*Vector4[i-1];
    end;
  Vector4[NPts]:=Vector4[NPts]/Vector2[NPts];
  for i:=1 to NPts-1 do
    Vector4[NPts-i]:=(Vector4[NPts-i]-Vector3[NPts-i]*
      Vector4[NPts-i+1]) /Vector2[NPts-i];
  end;

```

```

procedure sc(X,Y:Vector;
            var Z:Vector;
            NPts:integer);
var i:integer;
    D,C:Vector;

begin
  D[i]:=1.0;
  C[i]:=0.5;
  Z[i]:=0.5;
  for i:=2 to NPts-1 do
    begin
      D[i]:=2.0*(X[i+1]-X[i-1]);
      C[i]:=X[i+1]-X[i];
      Z[i]:=6.0*((Y[i+1]-Y[i])/(X[i+1]-X[i])-
        (Y[i]-Y[i-1])/(X[i]-X[i-1]));
    end;
  D[NPts]:=1.0;
  C[NPts-1]:=0.0;
  C[NPts]:=0.0;
  Z[NPts]:=0.0;
  stg(C,D,C,Z,NPts);
end;

```

```

function si(V:real;
           X,Y,Z:Vector;
           NPts:integer):real;
var i,j:integer;
    dummy,ai,hi:real;

begin
  if (V>X[1]) and (V<X[NPts]) then
    begin
      j:=1;

```

```

repeat
  j:=j+1;
  i:=Npts-j;
  dummy:=V-X[i];
until (dummy)=0.0) or (i=2);
hi:=X[i+1]-X[i];
ai:=dummy*(Z[i+1]-Z[i])/(6.0*hi)+0.5*Z[i];
ai:=dummy*ai+(Y[i+1]-Y[i])/hi-hi*(2.0*Z[i]+Z[i+1])/6.0;
si:=dummy*ai+Y[i];
end
else if V=X[1] then si:=Y[1]
else si:=Y[Npts];
end;

procedure sia(X,Y:Vector;
  Npts:integer;
  XInt:Vector;
  var YInt:Vector;
  N:integer);
var i:integer;
  V3:Vector;

begin
  sc(X,Y,V3,Npts);
  for i:=1 to N do YInt[i]:=si(XInt[i],X,Y,V3,Npts);
end;

begin ( Spline )
  if (abs(N)>=2) and (abs(M)>=2) then
  begin
    if ((X1)=A[i,1]) and (XM=A[N,1]) and (M>=2) then
    begin
      DeltaX:=(XM-X1)/(M-1);
      for i:=1 to N do
      begin
        X[i]:=A[i,1];
        Y[i]:=A[i,2];
      end;
      for i:=2 to M-1 do Z[i]:=X1+(i-1)*DeltaX;
      Z[1]:=X1;
      Z[M]:=XM;
      sia(X,Y,N,Z,Y,M);
      for i:=1 to M do
      begin
        B[i,1]:=Z[i];
        B[i,2]:=Y[i];
      end;
    end
  else error;
  end
else error;
end;
end;

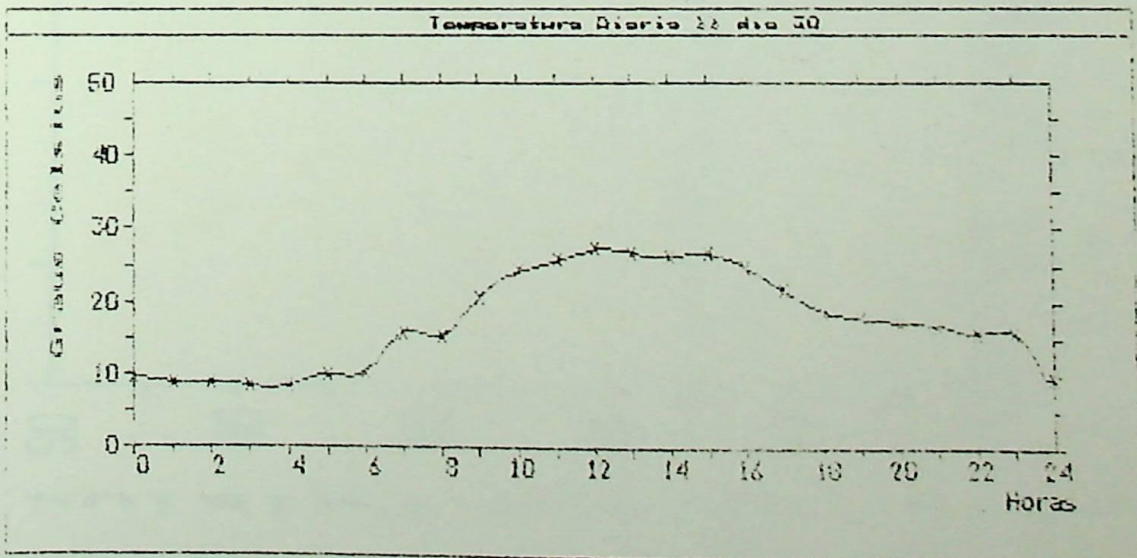
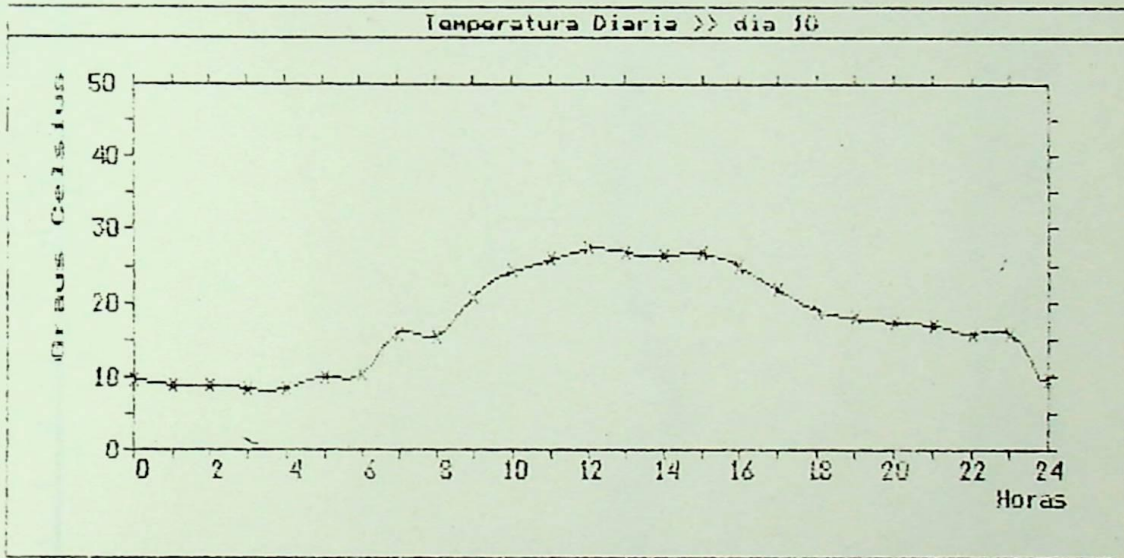
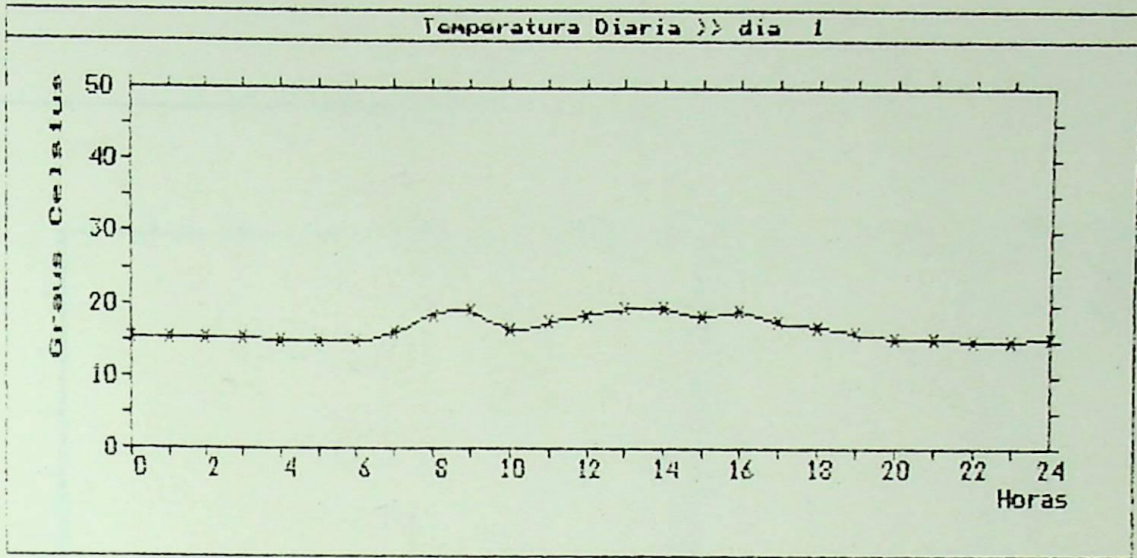
```

( Procedure principal. Busca o arquivo e plota o grafico com o auxilio dos procedimentos ja transcritos acima.)

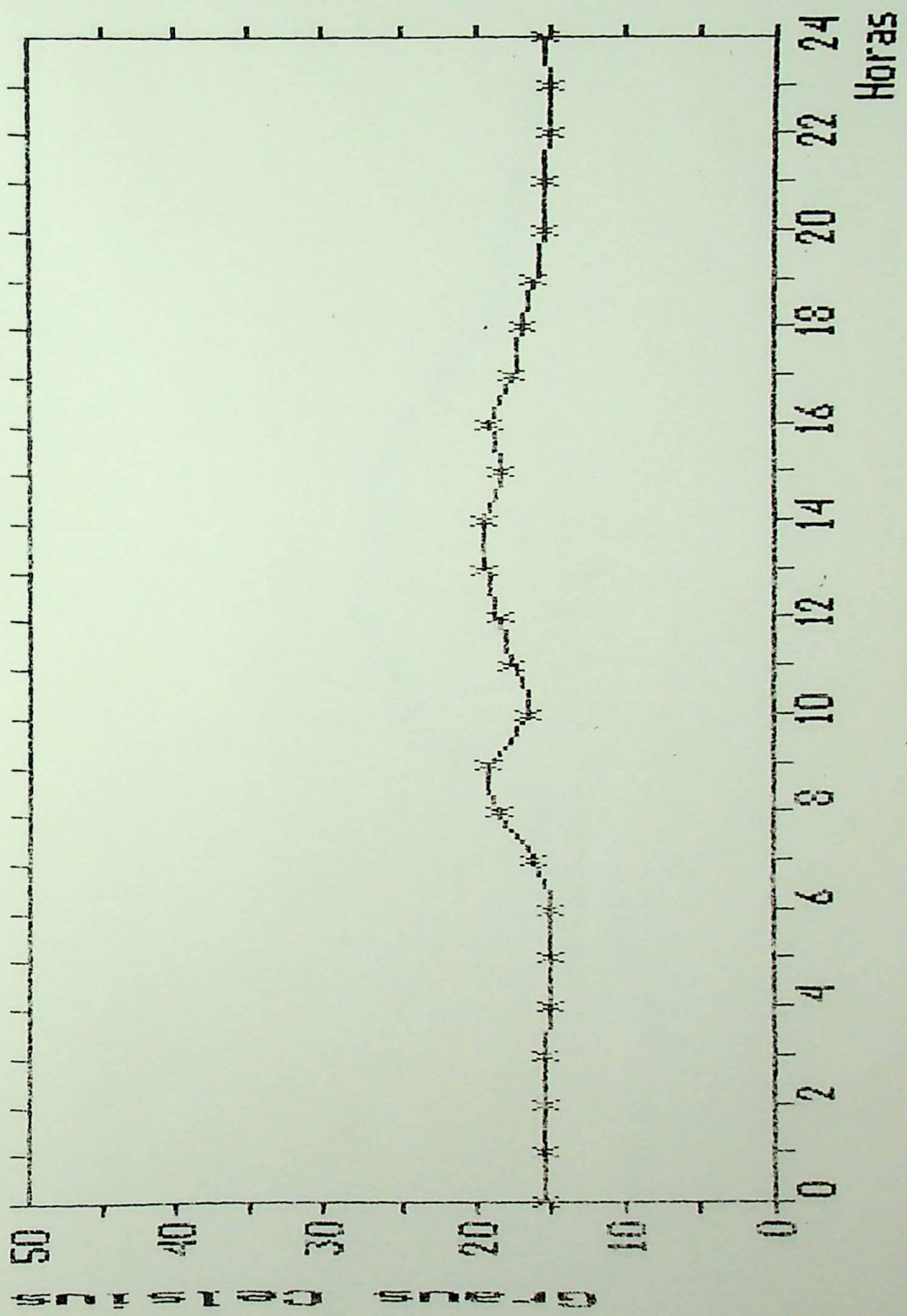
```

begin
  repeat
    ClrScr;
    write( 'Escolha o dia do mes desejado: ' ); readln( diareq );
    assign( MeusDados, 'TEMPMES.DTA' );
    reset( MeusDados );
    repeat
      read( MeusDados, diarq );
      for i:=1 to 26 do begin
        a[i,1]:=i-1;
        read( MeusDados, a[i,2] );
      end;
    until eof( MeusDados ) or ( diarq = diareq );
    close( MeusDados );
  until diarq = diareq;
  GraphDriver := CGA;
  GraphMode := CGAHi;
  PathToDriver := '';
  InitGraph( GraphDriver, GraphMode, PathToDriver );
  if GraphResult <> grOk then Halt;
  Rectangle( 0, 0, 639, 199 );
  Line( 0, 12, 639, 12 );
  Str( diarq:2, sn );
  OutTextXY( 240, 3, 'Temperatura Diaria >> dia '+sn );
  DrawAxis( 0, 0, 24, 50, true );
  SetTextStyle( DefaultFont, VertDir, NormWidth );
  OutTextXY( GrpX(0)-38, GrpY(50)-4, 'Graus Celsius' );
  SetTextStyle( DefaultFont, HorizDir, NormWidth );
  OutTextXY( GrpX(23)-6, GrpY(0)+14, 'Horas' );
  a[25,1]:= 24;
  a[25,2]:= a[1,2];
  Spline( a, 25, a[1,1], a[25,1], b, MaxPoints );
  for i:= 1 to MaxPoints do if b[i,2]<0 then b[i,2]:=0;
  DrawCorrPol( MaxPoints, b );
  for i:=1 to 25 do Draw_X( a[i,1], a[i,2] );
  repeat
    SetColor( Green );
    OutTextXY( 16, 188, 'Tecla "P" para imprimir
      ou "ESC" para sair.' );
    KbChar:=ReadKey;
    SetColor( Black );
    OutTextXY( 16, 188, 'Tecla "P" para imprimir
      ou "ESC" para sair.' );
    if (KbChar='p') then PrtScr( false );
    if (KbChar='P') then PrtScr( true );
  until KbChar = #27;
  CloseGraph;
end.

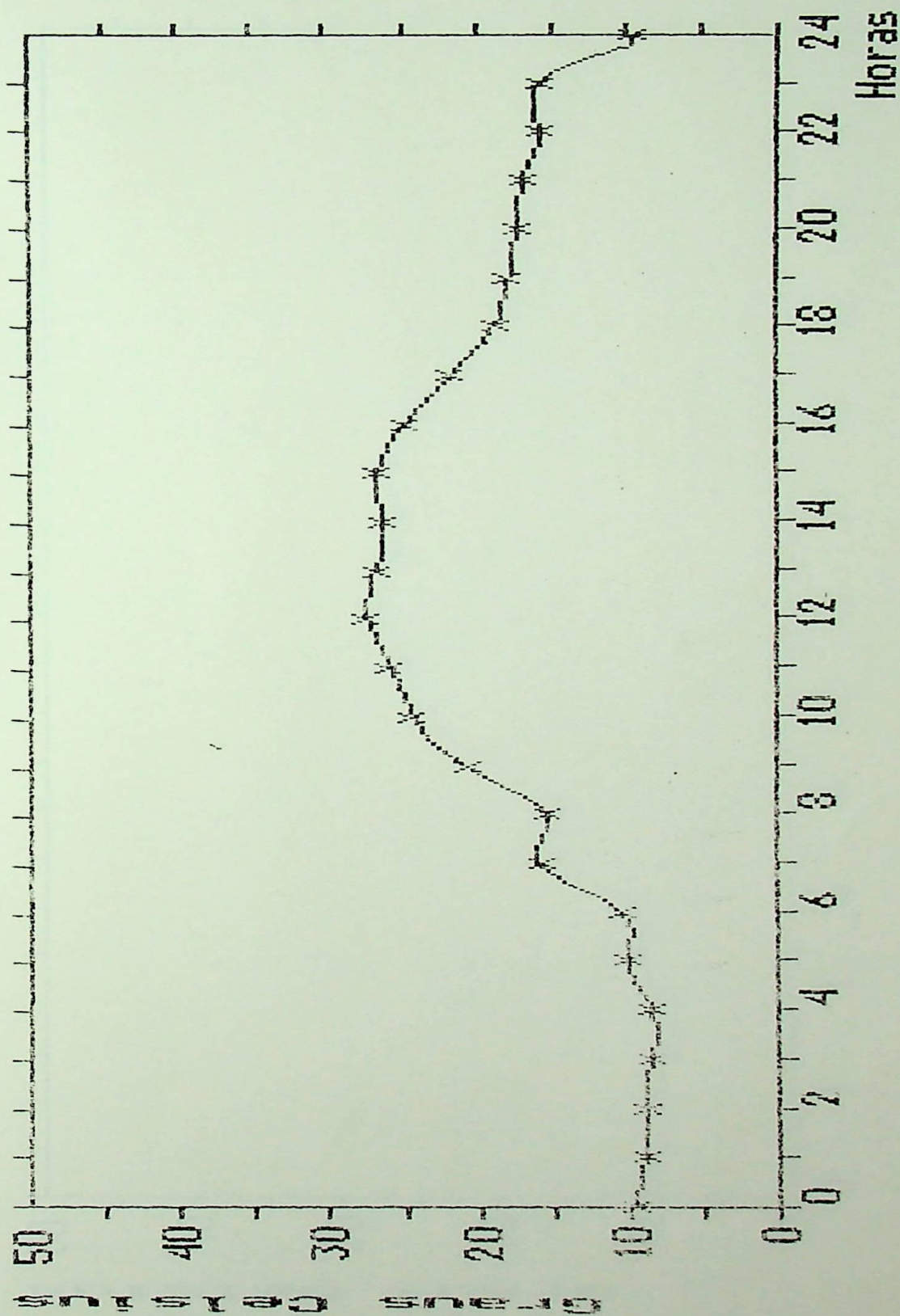
```



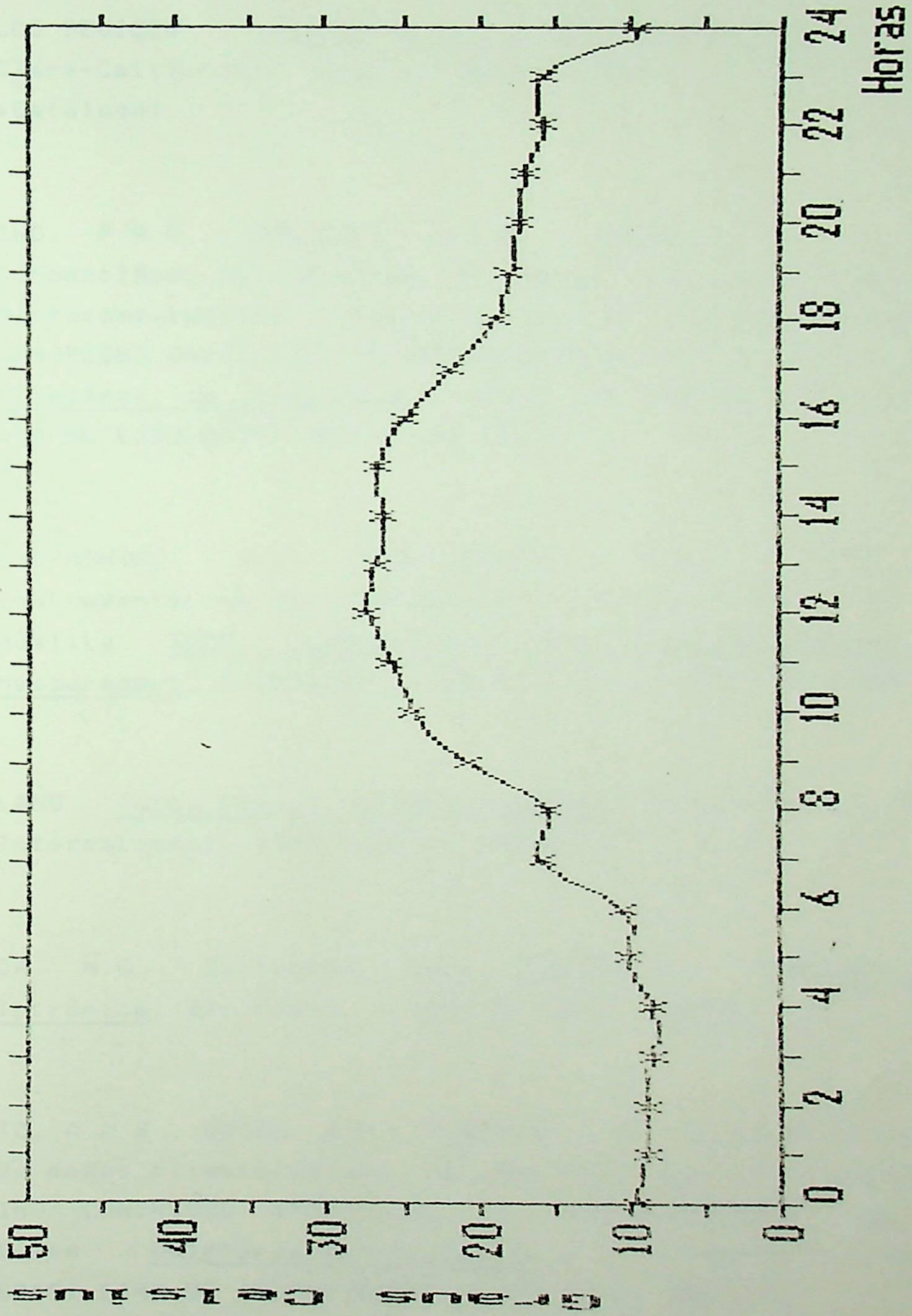
# Temperatura Diaria >> dia 1



# Temperatura Diaria >> dia 10



Temperatura Diaria >> dia 30



## 8. BIBLIOGRAFIA

- ANALOG DEVICES. Analog devices circuits application. Santa Clara-California. Analog Devices Inc., 1990. 382 p (Catálogo).
- ARLINO, P.R.A., NOGUEIRA, J.L.M., INOUE, J.K. Sistema automatizado de aquisição de dados com a utilização de microcomputadores. Estacao meteorológica automática EMA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, 1987, Belém Coletânea de trabalhos... Belém. SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA. 1987 p. 397-402
- BANDYOPADHYAY, S., BHATTACHARYA, U.K., NIYOG, Y, Instrumentation for continuous in situ monitoring of water quality. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Princeton. v.38, n.3 June, 1989. pp. 820-823.
- BORLAND. Turbo Pascal: Graphix Toolbox. Scotts Valley. Borland International, 1985. 256 p. (Manual)
- BRAGA, N.C. Circuitos para telemetria Revista Saber Eletrônica, São Paulo, n.172, p. 05-11. 1987
- BRITO, A.A.S., SOUSA, A.H., FREITAS, H.N. Sistema de aquisição de dados climatológicos automatizado por microcomputador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, 1987, Belém. Coletânea de trabalhos... Belém, SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA. 1987 p. 403-404

CARVALHO, P.R.A., SANTOS, J.M. ESMET - Sistema de aquisição de dados. São José dos Campos: Inpe, 1988. 8 p.

CASTRO NETO, P. Meteorologia aplicada : Agrometeorologia (METAGRO). Lavras: Esal, 1986. 92 p. (Relatório Final).

CIARCIA, S. Construa o seu próprio computador usando o MP-Z80. São Paulo. McGraw-Hill, 1984. 332 p.

CORTEZ, J A., SANTOS, D. Sistema para aquisição e transmissão de dados até o centro de processamento. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DA EFEI, 5, 1990, Itajubá. Anais. Itajubá, 1990. p. 253-256.

ECIL. Produtos e sistemas de medição e controle. São Paulo, ECIL S.A., 1990. 30 p. (Catálogo).

EXAR Modem Desing Handbook. Sunnyvale - California: Exar Integrated Systems, Inc, 1979. 382 p. (Catálogo)

FEITOSA, G.L., WIERMANN, A., MARCHEVSKY, B.P.L. Mine-Estação meteorológica automática remota. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGICA, 5, 1987, Belém. Coletânea de trabalhos. Belém. SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA. 1987. p. 383-388

GUIMARÃES, C.A.M., FRANCO, L.R.H.R., HADDAD, J. Medidas Digitais. Itajubá. Fupai, 1990. 150 p. (Apostila)

- HAYHOE, H.N., BALCHIN, D. Automatic retrieval of data agrometeorological using a microcomputer and radio telemetry Journal Computers and electronics in agriculture, Amsterdam, v.2, 1987. p. 129-134.
- HOBECO Sociedade Consignatária Hobeco. Rio de Janeiro: Hobeco, 1990. 15 p. (Catálogo).
- HOWELL, T.A., PHENE, C.J., BECK, R.D., DAVIS, K.R. Remote Weather collection for irrigation scheduling. In: SUMMER MEETING AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL, 1981, Orlando, Florida. ASAE Meetings AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL-ASAE. 1981. (PAPER N 81-2012)
- INTEL, Microsystem Components Handbook. Santa Clara - California: Intel Corporation, 1984. 382 p. (Catálogo)
- ISHIDA, T. Turbo Pascal 5 para programadores Basic São Paulo. Atlas, 1989. 190 p
- LIZUKA, K. Ligação Micro-Mainframe. São Paulo: Atlas Editora, 1987. 160 p
- LYRA, F.J., SCHENDEL, P.R. Um sistema de aquisição de dados por telemetria. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 3, 1983, Campinas. X Seminário Integrado de Software e Hardware SBC, 1983. p.189-204.
- MOTA, F.N. Meteorologia Agrícola. São Paulo: Atlas Editora, 1987. 160 p.

NETO, J.B. Um microcomputador para uma plataforma de coleta de dados. São José dos Campos: Inpe, 1981. 119 p. Dissertação de mestrado em Eletrônica e Telecomunicações. (INPE CDU. 681.322. 621.38)

NORDEMAN, D.J.R., TAKASHINA, A.M. Um sistema de aquisição de dados usando o TK São José dos Campos : Inpe, 1986. 22 p (INPE 3873 - PRE/929).

NORTON, P. Desvendando o IBM-PC (acesso a características avançadas e de programação). Rio de Janeiro: Campus, 1988. 240 p.

RODRIGUES, M.A., FILHO, A.C.C., ALONSO, E.M.B. Sistema digital para aquisição de dados ambientais em fita cassete. São José dos Campos: Inpe, 1982. 08 p. (INPE 2572 - PRE/220).

ROSENBERG, N.J. Microclimate. The Biological Environment. New York. A Wiley-Interscience Publication, 1974 315 p.

SALVADOR, R.M.S. IBM PC XT Hardware. São Paulo: Livros érica Editora Ltda, 1988. 120 p.

SCHILDT, H Turbo Pascal Avançado. São Paulo. McGraw-Hill, 1988 406 p.

SOUZA, L.E. Aquisição e Conversão de Dados por Microcomputadores Itajubá . Fupai, 1990. 162 p (Apostila).

TAURUS, XT. Manual técnico do usuário. Itajubá: Taurus Eletrônica S.A., 1986. 90 p.

TUBELIS, A. A chuva e a produção agrícola. São Paulo : Nobel, 1988. 52 p.

TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. Meteorologia descritiva : Fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo : Nobel, 1988. 374 p.

ZAMBALDE, A.L., SOUZA, L.E., CORTEZ, J.A., NETO, P.C. Sistema computadorizado para aquisição e análise de dados agrometeorológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 7, 1991, Viçosa. Resumos..., Viçosa. SOCIEDADE BRASILEIRA DE AGROMETEOROLOGIA. 1991. p. 119-120.

ZUCHI, W. L. Transmissão de dados em redes de computadores Rio de Janeiro-São Paulo:LTC Editora S.A., 1986. 150 p (Engenhariada Computação).