

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE
EM SILOS GRANELEIROS VIA RÁDIO**

MARCELO FERRASA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Dezembro - 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE
EM SILOS GRANELEIROS VIA RÁDIO**

MARCELO FERRASA

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Martin Biaggioni

Co-orientador: Prof. Dr. Ariangelo Hauer Dias

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Dezembro - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Ferrasa, Marcelo, 1970-
F386s Sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros via rádio / Marcelo Ferrasa. - Botucatu : [s.n.], 2008.
x, 107 f. : tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Marco Antonio Martin Biaggioni
Co-orientador: Ariangelo Hauer Dias
Inclui bibliografia

1. Termometria. 2. Radiofrequência. 3. Cereais - Armazenamento. I. Biaggioni, Marco Antonio Martin. II. Dias, Ariangelo Hauer. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

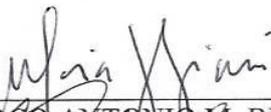
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDADE EM
SILOS GRANELEIROS VIA RÁDIO".

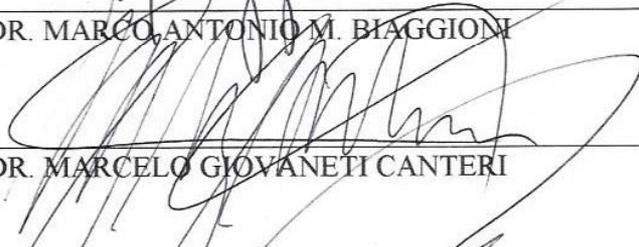
ALUNO: MARCELO FERRASA

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI

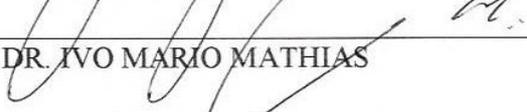
Aprovado pela Comissão Examinadora



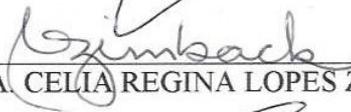
PROF. DR. MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI



PROF. DR. MARCELO GIOVANE TI CANTERI



PROF. DR. IVO MARIO MATHIAS



PROFA. DRA. CELIA REGINA LOPES ZIMBACK



PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS

Data da Realização: 01 de dezembro de 2008.

Dedico este trabalho em especial à minha querida avó Helena Sieradzka *in memoriam*. Também à minha querida esposa Ingrid, aos pais Vieslava, Hercílio e meu irmão Adriano.

Aquilo que guia e arrasta o mundo não são as máquinas, mas as idéias.

Victor Hugo

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a DEUS que sempre me guia e me dá a paz de espírito diante das dificuldades.

Em segundo lugar à pessoa que me criou, me educou e me ensinou todos os bons valores da vida, minha querida mãe e ex-professora Vieslava Ana Ferrasa.

Agradeço especialmente à minha querida e amada esposa Ingrid, amiga e companheira, pela sua compreensão e seu incentivo para a conduta dos estudos.

Também agradeço ao meu querido irmão Adriano pelo seu suporte técnico e pelas palavras de apoio.

Ao meu orientador Dr. Marco Antonio Biaggioni pela atenção dedicada ao trabalho e suas relevantes sugestões sempre me encorajando a driblar os desafios.

Não poderia deixar de agradecer também aos professores do Departamento de Informática da Universidade Estadual de Ponta Grossa, em especial àqueles que assumiram minhas aulas para que eu pudesse realizar este trabalho.

Ao meu amigo Eduardo Forbici pelo suporte em momentos críticos.

A todos os colegas da pós-graduação, especialmente ao Samir, André, Adriano, Zé Loco, Jairo os quais tornaram a vida em Botucatu mais alegre e descontraída.

A todos os funcionários da FCA-UNESP da pós-graduação em Botucatu, especialmente ao Mário e Marquinhos que estiveram sempre prontos a me atender em momentos urgentes.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela oportunidade e suporte financeiro.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	IX
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1 Do armazenamento à conservação de grãos	8
4.1.1 Comportamento dos grãos armazenados	9
4.1.2 Termometria	14
4.2 A inclusão das tecnologias da informação e comunicação da agricultura ao agronegócio	18
4.2.1 Sistemas de informação	19
4.2.2 A relação dado, informação e conhecimento	23
4.2.3 A Tecnologia da Informação (TI)	26
4.2.4 A eletrônica aplicada à agricultura	31
4.2.5 A comunicação de dados	33
4.2.6 A comunicação de dados via radiofrequência	35
5 MATERIAIS E MÉTODOS	43
5.1 Materiais utilizados	44
5.1.1 Componentes das unidades eletrônicas	44
5.1.2 Componentes e ferramentas complementares	52
5.1.3 Ferramenta para programação do microcontrolador PIC	53
5.1.4 Ferramenta para projeto eletrônico	53
5.1.5 Ferramentas para desenvolvimento do programa computacional	53
5.2 Instalação da estrutura necessária aos testes do protótipo	54
5.3 Interface de comunicação da unidade eletrônica de recepção com o computador	57
5.4 Testes do Protótipo	61
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62

6.1	O protótipo das unidades eletrônicas	63
6.2	A comunicação entre as unidades eletrônicas de transmissão e recepção de dados ...	72
6.3	Programa Computacional de Monitoramento	78
6.3.1	Funcionamento do programa computacional	79
6.4	Considerações sobre o custo do protótipo	83
6.4.1	Custo do desenvolvimento do protótipo	84
6.5	Perspectivas futuras	88
7	CONCLUSÕES	90
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
	APÊNDICE	98

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Planta baixa de um sistema de termometria em silos.....	15
Figura 2. Corte A-A em um silo metálico.	16
Figura 3. Termometria de armazém graneleiro e silos com painel central de medição.	17
Figura 4. Relação entre dados, informação e conhecimento.	24
Figura 5. A onda de rádio e suas características.....	37
Figura 6. Esquema de um sistema em visibilidade.....	40
Figura 7. Sensor LM35 (a), Pingaem (b), Esquema de Ligação (c).....	45
Figura 8. Sensor de umidade HS15P (a), Dimensões (b).	46
Figura 9. Multiplexador CD4051B (a), Diagrama de Blocos (b).....	47
Figura 10. Microcontrolador 16F877 (a), Pinagem (b).	48
Figura 11. Par transmissor/receptor híbrido de 433,9 MHz. Transmissor RT4 (a), Receptor RR3 (b).	49
Figura 12. CIs CODECs MC145026 MC145027 (a), Pinagem (b).	50
Figura 13. MAX232 para nivelamento de voltagem. CI (a), Diagrama (b).	50
Figura 14. Cabo UTP. Pares de fios (a), Conector (b), Tomadas (jacks) (c).....	51
Figura 15. Cabo RG-58 utilizado como antena.	52
Figura 16. Esquema de ligação dos sensores LM35 no cabo UTP.	55
Figura 17. Esquema de instalação dos sensores para o silo experimental.....	55
Figura 18. Planta baixa do esquema de instalação dos sensores para o silo experimental.....	56
Figura 19. Instalação dos sensores. Silo experimental (a), Sensores externos (b), Visão inferior (c), Visão superior (d).....	57
Figura 20. Cabo Serial (a), Adaptador USB (b), Serial+Adaptador USB (c).	59
Figura 21. Conectores DB-9. Conector macho (a), Conector fêmea e pinagem (b).	60
Figura 22. As unidades eletrônicas e o programa computacional instalados.	60
Figura 23. Visão geral do protótipo do sistema de termometria via rádio.	62
Figura 24. Unidades eletrônicas, Transmissora (a), Receptora (b).	64
Figura 25. Projeto elétrico (esquemático) da unidade transmissora.....	66
Figura 26. Projeto da placa eletrônica de circuito impresso da unidade transmissora.	67

Figura 27. Projeto elétrico (esquemático) da unidade receptora.	68
Figura 28. Projeto da placa eletrônica de circuito impresso da unidade receptora.	69
Figura 29. Projeto elétrico (esquemático) do módulo de expansão.....	70
Figura 30. Projeto da placa eletrônica de circuito impresso do módulo de expansão.....	71
Figura 31. Primeiro resultado do teste de comunicação via rádio.....	72
Figura 32. Resultado do teste de comunicação via rádio a 300bps.	73
Figura 33. Resultado da comunicação via rádio com o uso do codificador de dados.	74
Figura 34. Gráfico de erros de comunicação via rádio obtido para o teste de distância.	75
Figura 35. Recepção dos dados até 15 metros de distância.....	76
Figura 36. Recepção de dados a 30 metros de distância.	76
Figura 37. Tela principal do programa computacional.....	79
Figura 38. Visualização detalhada dos sensores.....	80
Figura 39. Geração de gráfico da variação horária de temperatura e umidade.	81
Figura 40. Configurações do programa computacional.....	82

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Teor máximo de umidade de diversos grãos (armazenamento ideal).....	11
Tabela 2. Variação da taxa respiratória da soja em função da temperatura.	12
Tabela 3. Medidas de frequência de onda.	37
Tabela 4. Faixas de ondas de rádio.....	38
Tabela 5. Componentes e ferramentas complementares para o desenvolvimento do protótipo	52
Tabela 6. Custos da mão-de-obra do protótipo.....	84
Tabela 7. Custo dos componentes eletrônicos utilizados no desenvolvimento do protótipo. ...	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

BPS	Bits Por Segundo
B.S.	Base Seca
CI	Circuito Integrado
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
CODEC	Codificador/Decodificador de Dados
EHF	Extra High Frequency
EIA	Electronics Industries Alliance
ELF	Extremely Low Frequency
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
GND	Ground (aterramento ou neutro)
Gb	Gigabyte
GPL	General Public License
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
IDE	Integrated Development Environment
Kb	Kilobyte
KHz	Kilohertz
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
LF	Low Frequency
Mb	Megabyte
MF	Medium Frequency
MHz	Megahertz
IDE	Integrated Development Environment
PDA	Personal Digital Assistants
PIC	Peripheral Interface Controller
POO	Programação Orientada a Objetos
RAM	Read Access Memory

RF	Radiofrequência
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SMS	Short Message System
SHF	Super High Frequency
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TIA	Telecommunications Industries Association
TTL	Transistor-Transistor Logic
UHF	Ultra High Frequency
U.R.	Umidade Relativa
USB	Universal Serial Bus
UTP	Unshielded Twisted Pair
VHF	Very High Frequency
VLF	Very Low Frequency
WI-FI	Wireless Fidelity

1 RESUMO

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação tem crescido nas mais variadas atividades agrícolas. Como consequência, vem revolucionando a forma de pensar e agir do produtor que almeja se estabelecer em um mercado cada vez mais competitivo. Entretanto, o alto custo de aquisição e manutenção dessas tecnologias é um fator que pode inibir sua disseminação e aceitação, principalmente a um grande número de pequenos produtores de grãos. Diante desse cenário, há uma necessidade de soluções inovadoras adequadas a esse universo de produtores. Partindo-se dessa premissa, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para o monitoramento de temperatura e umidade de grãos armazenados em silos, utilizando uma tecnologia de comunicação sem fio por radiofrequência. Para tanto, foram analisadas as implicações econômicas de custo/benefício do emprego inovador da transmissão sem fio no processo de termometria de grãos. O protótipo foi composto por duas unidades eletrônicas, uma de aquisição e outra de recepção de dados, além de um programa computacional que ofereceu ao produtor informações mais precisas para o controle da aeração. Por meio de testes realizados quanto à estabilidade, integridade e confiabilidade da transmissão de dados via rádio, utilizando componentes eletrônicos de baixo custo, pode-se considerar o sistema desenvolvido potencialmente viável. Este apresentou o diferencial da comunicação sem fio via rádio no processo de termometria de grãos, proporcionando mobilidade, minimizando custos com cabeamento, manutenção e oferecendo facilidades para sua expansão; também adequou-se ao monitoramento de temperatura e

umidade de grãos em silos; e mostrou-se com viabilidade operacional, além do baixo custo de desenvolvimento quando comparado a produtos similares encontrados no mercado brasileiro.

Palavras-Chave: termometria, radiofrequência, armazenamento de grãos, programa computacional, baixo custo.

MONITORING SYSTEM OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN GRAIN SILOS BY RADIO. Botucatu, 2008. 107p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARCELO FERRASA

Adviser: MARCO ANTONIO MARTIN BIAGGIONI

Co-Adviser: ARIÂNGELO HAUER DIAS

2 SUMMARY

The use of Information and Communication Technology has grown in most agricultural activities. As a consequence, it has changed the way of thinking and acting of the farmer who wants to establish in a more and more competitive market. However, the high costs of acquisition and maintenance of those technologies may be a factor which can inhibit its spread and acceptance, mainly to a large number of small grain Brazilian farmers. In this context, there is a need for innovative solution which are proper for this universe of farmers. Starting from this premise, this paper presents the development of a low cost prototype to the monitoring process of temperature and humidity values of grains stored in silos, using communication based on wireless technology by radio frequency. Therefore, the economic implications of cost/benefit ratio of innovative application of wireless transmission in the process of thermometry of grains were analysed. The prototype was made of two electronic units, one of acquisition and another one of data reception, as well as a computational software, which offered the farmer more precise information for the control of aeration. By means of stability, integrity and reliability tests of data transmission via radio, using low cost electronic components, the development system can be considered as potentially viable. It presented the difference regarding the wireless communication via radio in the process of grains thermometry, providing mobility, reducing cabling costs and maintenance, and also offering an easy system expansion; it was also appropriate to temperature and humidity monitoring in grain silos; and revealed operational viability, besides

the low cost development when compared to similar products available in the Brazilian market.

Keywords: thermometry, radiofrequency, storage of grain, computational system, low cost.

3 INTRODUÇÃO

A tecnologia da comunicação sem fio está transformando todas as formas de interações entre homens e máquinas, desde o ato de trocar algumas palavras entre duas pessoas, até a obtenção de imagens da superfície de outros corpos celestes, capturadas pelas lentes de telescópios e robôs, controlados remotamente da Terra por canais de radiofrequência.

Desde a descoberta das ondas de rádio por Nikola Tesla no século XIX até o presente, a comunicação sem fio via radiofrequência permite vislumbrar novos horizontes de aplicação antes inexplorados. O modo de vida contemporâneo é dinâmico e necessita de uma comunicação móvel e quase em tempo real, para realizar as inúmeras tarefas que a vida moderna exige. Em muitas tarefas cotidianas, alguns mecanismos de comunicação sem fio, que utilizam a radiofrequência para transporte de informações, são altamente difundidos como: a telefonia celular, a Internet via rádio ou ainda, as redes Wi-Fi (Wireless Fidelity - padrão de comunicação sem fio para Rede de Computadores), que eliminam barreiras geográficas, aproximam pessoas e podem oferecer grande mobilidade.

Além de servir para aproximar pessoas, a comunicação sem fio também corrobora para impulsionar a evolução e a competitividade de importantes setores produtivos do país, onde a aplicação da chamada tecnologia da informação (TI) pode ser benéfica, causando impacto positivo na qualidade do que é produzido, na gestão e na agregação de valor para conquista de mercados mais exigentes.

Um dos setores produtivos do Brasil que vem apresentando melhor desempenho é o setor agrícola, principalmente a produção de grãos. Segundo relatório do Ministério da Agricultura, considerando-se apenas um intervalo de cinco anos entre 1999 a 2006, a produção de grãos cresceu em torno de 69%. Na safra 1999/2000, o total colhido foi de 83,0 milhões de toneladas, sendo que para a safra de 2006/2007 um total aproximado de 120 milhões de toneladas de grãos colhidos sendo que para a safra de 2007/2008 o total colhido ultrapassou os 143 milhões de toneladas. Mesmo diante dessa produção de grãos, os investimentos em tecnologia para o agronegócio nacional, quando comparados a países desenvolvidos, ainda são modestos. Os grandes produtores brasileiros contam com disponibilidade maior de recursos, investem em soluções tecnológicas visando incrementar a produtividade e conseqüentemente os lucros, o que não se observa nos pequenos produtores de grãos. Esse baixo investimento em tecnologia por parte desses produtores pode ser causado pelo alto custo de aquisição e manutenção dos equipamentos, pela cautela ou desconfiança, pela má compreensão da real utilidade para seu problema ou pela simples falta de acesso à informação. Portanto, tornar a tecnologia acessível a esses produtores, através de soluções de baixo custo de aquisição e manutenção é estratégico para melhorar a produtividade, racionalizar energia e minimizar os riscos inerentes à atividade agrícola.

Tão importante quanto o plantio e a colheita, a secagem e o armazenamento dos grãos também são etapas do processo produtivo onde o emprego da tecnologia tem contribuído para melhorar a conservação e a manutenção da qualidade dos grãos. Além desses benefícios, a tecnologia também pode oferecer ao produtor rural meios para monitorar e controlar as condições ambientais no interior de silos graneleiros. Com um controle mais eficiente, os grãos podem ficar armazenados por mais tempo e manter índices de qualidade nutritiva aceitáveis para consumo, dando maior autonomia ao produtor rural, que pode escolher com mais cautela o momento da comercialização dos grãos.

O ambiente agrícola se caracteriza pela grande dispersão das instalações na propriedade. Tal característica sinaliza que a comunicação sem fio é mais adequada a este ambiente. Os mecanismos de comunicação sem fio via radiofrequência, podem oferecer melhores soluções quando utilizados em propriedades, onde antes era inviabilizada a instalação de um sistema de comunicação por meio de cabos. Tal inviabilização da estrutura de cabeamento (postes, canaletas, dutos, caixas de passagem, etc.)

era causada por vários motivos como: condições adversas da topologia dos terrenos, maior dificuldade na realização de manutenções periódicas, ou ainda, questões legais como, por exemplo, quando a instalação do cabeamento atravessa áreas de preservação ambiental. Em contrapartida, a comunicação sem fio necessita de estrutura mais simples, composta somente de unidades transmissora e receptora. Em certos casos, de acordo com a distância, também pode haver unidades retransmissoras.

Neste sentido, o presente trabalho propôs a construção de um equipamento (protótipo) de baixo custo para monitoramento via radiofrequência dos dados de temperatura e umidade de grãos armazenados em silos metálicos, o que vem a calhar para uma política de participação no mercado de pequenos produtores rurais de grãos. Existem algumas empresas brasileiras que implementam e comercializam equipamentos semelhantes, mas o sistema de comunicação adotado entre o coletor de dados e o processador, ainda é feito por meio de cabos, o que pode impor certas limitações à instalação de todo equipamento, restringindo sua localização a locais próximos às unidades armazenadoras. O objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver um sistema de comunicação sem fio via radiofrequência que transporta os dados coletados até o seu destino, para posterior processamento através de um programa computacional.

Logo, todo o desenvolvimento da pesquisa baseia-se fundamentalmente, na construção de um protótipo e na execução de experimentos com objetivos específicos, formulando a seguinte hipótese:

É viável a construção de um protótipo de tal sistema, utilizando-se materiais de baixo custo e programas computacionais de domínio público, para oferecer um produto final que seja confiável, eficaz e mais adequado à realidade financeira de pequenos produtores de grãos?

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Do armazenamento à conservação de grãos

A produção de uma safra de grãos exige um planejamento estratégico onde são analisadas informações sobre previsões meteorológicas, adubação e correções do solo apropriadas, demanda de mercado e os locais onde a safra será armazenada após a colheita, para que o produtor possa aguardar o momento adequado da comercialização, de acordo com as políticas de preços mais favoráveis.

O armazenamento de grãos se configura como uma etapa muito importante da produção de uma safra, tanto quanto o plantio e a colheita, pois se realizada de forma adequada, evita prejuízos com a deterioração dos grãos. O objetivo principal do processo de armazenamento é a conservação dos grãos em condições apropriadas, para preservar a quantidade e a qualidade nutritiva até o momento do consumo. Alguns fatores interferem diretamente na qualidade dos grãos armazenados como: a temperatura da massa de grãos, teor de umidade dos grãos, umidade relativa do ar, composição química, danos mecânicos, impurezas, insetos e fungos.

Neste capítulo serão apresentados os principais aspectos que envolvem o armazenamento de grãos, no que se refere à preservação das condições ambientais dentro de silos armazenadores, para preservação das condições nutritivas originais dos grãos a longo prazo. Também abordará as técnicas mais comuns utilizadas para monitoramento e

controle dessas condições ambientais em silos, como controle da temperatura, além de ferramentas empregadas nesses procedimentos e que estão disponíveis no mercado nacional.

4.1.1 Comportamento dos grãos armazenados

Grãos com aspecto sadio podem ser prejudicados devido ao armazenamento inadequado. A deterioração dos grãos é um fenômeno irreversível e as boas técnicas de armazenamento limitam-se apenas a não permitir que ela progrida rapidamente.

Conforme Athié et al. (1998), os grãos no ambiente de estocagem, comportam-se semelhantemente a um ecossistema, no qual os elementos bióticos (grãos, insetos e microflora) e abióticos (impurezas, ar intragranular, vapor d'água e estrutura de armazenagem) são afetados, tanto química como biologicamente por fatores ambientais como: temperatura, umidade e composição do ar. Tais componentes são as variáveis do sistema e interagem continuamente entre si.

A umidade relativa e a temperatura são os fatores físicos mais relevantes que afetam a qualidade da semente durante a armazenagem, sendo que a umidade relativa é fator que tem uma relação direta com o teor de água da semente. A temperatura ambiente e a umidade relativa nos trópicos e subtropicos são condições adversas à armazenagem de grãos, por isso, há necessidade da redução do teor de água dos grãos após a colheita (DELOUCHE et al., 1973 *apud* CARNEIRO, 2003).

Um aspecto de extrema importância quando se trata de temperatura e umidade, é que a respiração dos grãos armazenados também pode ser influenciada pela presença de oxigênio (aeração) e da condição do grão.

4.1.1.1 Umidade

Segundo Athié et al. (1998), a umidade dos grãos constitui-se no fator que mais influencia a taxa respiratória. O aumento da umidade aumenta sensivelmente a respiração dos grãos. O baixo teor de umidade dos grãos influencia no tempo de armazenamento que pode durar por períodos mais longos. Entretanto, na prática, os grãos devem ser armazenados com teores de umidade próximos ou acima dos limites considerados seguros para estocagem. Mesmo que inicialmente os grãos estejam com teor de umidade

adequado para conservação, o acúmulo local do excesso de umidade pode ocorrer devido ao fenômeno de migração¹.

Devilla et al. (2004) recomendaram a secagem e limpeza dos grãos antes do seu armazenamento, pois esses procedimentos diminuem a ação da microflora na massa de grãos, retardando a velocidade das trocas gasosas e o processo de deterioração natural.

Também, segundo Athié et al. (1998), a umidade relativa (U.R.) mínima para germinação de esporos fúngicos é de 75% na atmosfera da massa de grãos. O conteúdo de umidade do grão em equilíbrio com esse valor de U.R. varia com o tipo de grão, por isso que o valor de umidade relativa é mais importante que o da umidade do produto. Como o aquecimento fúngico está associado com o aquecimento e deterioração, o conteúdo de umidade máximo seguro para o armazenamento por um curto período de tempo (menor que 2 anos) é a umidade do grão quando exposto a uma atmosfera de 75% U.R. Quando os grãos estão trincados ou quebrados ou se o armazenamento for por um período mais longo (2 a 3 anos) ou ainda se as temperaturas forem elevadas, o conteúdo de umidade máximo dos grãos deve ser aquele em equilíbrio com um valor de U.R. de 65%. Ainda, o aumento da taxa respiratória, é ocasionado por conteúdos de umidade próximos daqueles nos quais o aquecimento e a deterioração se iniciam no armazenamento. Os valores críticos de teor de umidade são 14% para cereais e 11% para sementes oleaginosas (ATHIÉ et al, 1998).

Conforme Puzzi (2000), quando grãos úmidos são armazenados, há um notável incremento do metabolismo. A massa de grãos é aquecida, torna-se mofada, apresentando grãos germinados na superfície ocasionando o término da atividade vital e o conseqüente aparecimento das podridões. Os grãos mantidos com um baixo teor de umidade podem ficar armazenados durante longos períodos de tempo, apresentando pequenos prejuízos, mesmo sob condições de armazenamento que não se enquadram no modelo ideal².

¹ Uma massa de grãos depositada em um silo apresenta, normalmente, desníveis de temperatura. As camadas de grãos, que se encontram próximas das paredes dos silos e na superfície, adquirem uma temperatura mais alta ou mais baixa, pois as estruturas de armazenamento (concreto ou metálica) são afetadas pela temperatura do ambiente externo. Isso causa um contínuo movimento através de correntes de convecção que consiste na circulação do ar, sob diferentes temperaturas (PUZZI, 2000).

² Entende-se por modelo de armazenamento ideal por períodos prolongados (de 3 a 5 anos), aquele realizado a (continua...)

Assim, o valor máximo da umidade dos grãos, para um armazenamento seguro, depende do tipo do grão, tipo de armazenamento, período de estocagem e condições ecológicas apresentadas na região de armazenamento.

De acordo com estudos realizados nos Estados Unidos da América apresentados em Puzzi (2000), os teores máximos de umidade de diversos grãos para longos períodos de armazenamento, são expressos por meio da Tabela 1.

Tabela 1. Teor máximo de umidade de diversos grãos (armazenamento ideal).

Produto	Teor de Umidade
Trigo	12%
Aveia	13%
Cevada	13%
Sorgo	12%
Milho	13%
Soja	11%
Arroz em casca	12%

FONTE: (PUZZI, 2000).

4.1.1.2 Temperatura

A respiração do grão é acelerada pelo aumento da temperatura até um limite em torno de 40 a 50°C; acima desses valores passa a ser limitada por fatores, tais como: inativação térmica das enzimas, exaustão do substrato, limitação no suprimento de oxigênio ou acúmulo de concentrações inibitórias de dióxido de carbono.

O trabalho de Milner e Geddes (*apud* Puzzi, 2000), caminharam na descrição dos efeitos da influência da temperatura (entre 25 e 45°C) na respiração da soja com alto teor de umidade (18,5%) e sob condições de aeração (renovação do ar atmosférico na massa de grãos). Segundo os autores foi possível calcular a atividade respiratória em miligramas de CO₂ produzidas por 100g de matéria seca³, durante 24 horas. Na Tabela 2 observa-se a variação da taxa respiratória da soja em função da temperatura.

granel em silos tecnicamente projetados, com monitoramento constante de temperatura e umidade do ar intragranular, através de um sistema automático de aeração.

³ Para se determinar a umidade do grão, considera-se o grão constituído de água e de matéria seca. Para uma quantidade de grãos que contenha 20% de umidade (base úmida), significa que 100 quilos de grãos contém 20 (continua...)

Tabela 2. Variação da taxa respiratória da soja em função da temperatura.

Temperatura °C	Respiração (mg de CO ₂ /24h)
5	33,6
30	39,7
35	71,8
40	154,7
45	13,1

FONTE: (PUZZI, 2000).

Analisando-se a Tabela obtida por Milnes e Geddes (*apud* Puzzi, 2000), nota-se que quando a temperatura aumenta de 30 para 40°C a respiração aumenta bruscamente, acima da qual há um acentuado declínio, no nível de 45°C. Pode-se assumir como regra geral, que uma elevação de temperatura pode acelerar a respiração de duas a três vezes até certo limite, acima do qual diminui até que, em temperaturas muito elevadas, a respiração cessa como resultado dos efeitos destruidores que o calor elevado tem sobre as enzimas.

Uma redução da temperatura da massa de grãos, abaixo de 15°C tem sido eficiente na redução da atividade de água dos grãos e, assim, na prevenção do desenvolvimento de insetos e no controle de fungos (SUN e WOODS, 1994; SUN e BYRNE, 1998, *apud* DEVILLA et al, 2004).

Esse ataque de insetos e fungos poderá ocasionar uma perda em quantidade e qualidade dos grãos armazenados (GALLO et al, 1970).

4.1.1.3 Aeração

Aeração é a presença de oxigênio (O₂) na massa de grãos. Como a respiração envolve o consumo de O₂ e liberação de CO₂, a alteração na concentração de oxigênio na atmosfera de estocagem, pode acelerar ou retardar o metabolismo dos grãos e dos microorganismos aeróbios associados (ATHIÉ et al., 1998).

quilos de água. No caso do teor expresso em Base Seca, a umidade será de 25% B.S., pois a porcentagem é calculada em relação a 80 quilos da matéria seca (PUZZI, 2000).

O objetivo da aeração, segundo Weber (2001), é a manutenção dos grãos armazenados, sem prejuízo da qualidade e da quantidade da massa armazenada, por meio de um sistema de ventilação mecânico. Segundo Teixeira (2001), o termo “qualidade” no que se refere a grãos, é difícil de ser exatamente delimitado, uma vez que dependerá de sua utilização. Ressalta também que o armazenador deverá ter como objetivo principal a preservação da qualidade do grão que entrou na unidade, independente de qual será sua utilização futura.

Para que isso seja possível, Weber(2001) define como indispensáveis os recursos da termometria, um sistema adequado de aeração e produtos químicos para o combate e controle de insetos e fungos. Weber (2001) resume como as mais importantes finalidades da aeração:

Rebaixamento da temperatura e da umidade dos grãos;

Controle de insetos e fungos;

Aplicação de fumigantes (expurgo)

Evitar as correntes de ar de convecção;

Evitar a transilagem, diminuindo o custo de armazenagem;

Evitar danos mecânicos;

Conservar as propriedades físicas e químicas dos grãos (propriedades organolépticas).

De acordo com Borges (2002), o processo de aeração é a passagem forçada do ar ambiente (ou em alguns casos aquecido) pela massa de grãos. A aeração serve para resfriamento do produto, pois no fim da secagem, a temperatura deste ainda está 2°C a 5°C acima da temperatura ambiente e, principalmente, para armazenamentos de longos períodos (às vezes mais de um ano). Nesse caso, a temperatura, a umidade do grão e a umidade do ar são monitorados por sensores ligados a um sistema de processamento de dados. Várias empresas nacionais produzem esses equipamentos, mas poucos armazéns e silos dispõem de tais controles, devido ao alto custo.

Analisando-se a afirmação de Borges (2002), no que tange ao custo desses equipamentos para preservação de grãos, presume-se que essas importantes ferramentas não estão presentes na maioria das unidades armazenadoras de grãos das propriedades

agrícolas de pequeno porte. Outrossim, é necessário disseminar o uso de técnicas e equipamentos modernos de controle da armazenagem de grãos, aos pequenos produtores, para reduzir suas perdas durante o período de armazenamento. Essa disseminação pode ocorrer, em hipótese, pela redução do custo de aquisição e manutenção de tais equipamentos (BORGES, 2002).

4.1.2 Termometria

Todos os seres vivos possuem um recurso natural de elevação da temperatura, quando apresentam alguma anormalidade biológica (WEBER, 2001). Da mesma forma, um ser humano quando apresenta um quadro febril indica uma saúde debilitada ou anormal. Como os grãos também são seres vivos, se comportam de maneira semelhante, ou seja, através de suas características químicas, as complexas reações que ocorrem na massa de grãos, liberam calor que se intensifica a partir de um determinado teor de umidade, colocando em risco a qualidade e mesmo a vida do grão. Nesse aspecto, os valores de tais elevações de temperatura de uma massa de grãos são obtidos através de um processo denominado de termometria (WEBER, 2001).

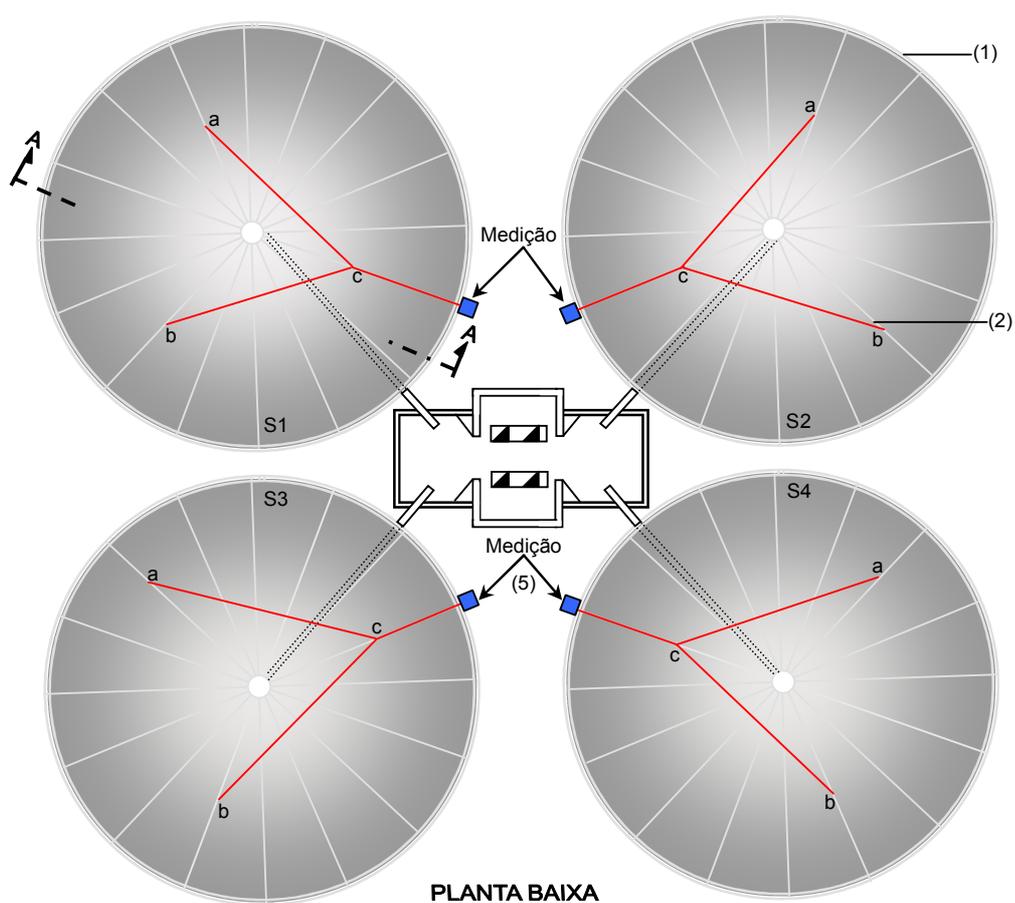
Segundo Puzzi (2000), termometria é um processo de obtenções de valores de temperatura de uma massa de grãos armazenada em silos ou armazéns graneleiros, equipados com dispositivos à base de pares termoeletrônicos. Tais leituras são efetuadas em diferentes alturas e regiões do interior da massa de grãos, com exatidão e rapidez.

Para Weber (2001), devido aos sistemas de termometria presentes nos silos de armazenagem, é possível conhecer e avaliar a gravidade dos problemas e os movimentos da temperatura, quando em elevação. O acompanhamento diário dessas temperaturas permite acionar a ventilação de resfriamento dos grãos, de forma preventiva, antes que elas atinjam um valor próximo ao de risco de perda dos produtos armazenados.

O objetivo da termometria, conforme Weber (2001), é “[...] captar e transmitir informações atualizadas e precisas sobre as condições de temperatura em todos os pontos estratégicos, nas unidades armazenadoras a granel, quer em silos metálicos, silos de concreto ou armazéns graneleiros” (p. 290). Os valores de temperatura são captados e transmitidos através de um conjunto de equipamentos dispostos de forma precisa e bem distribuídos nos silos

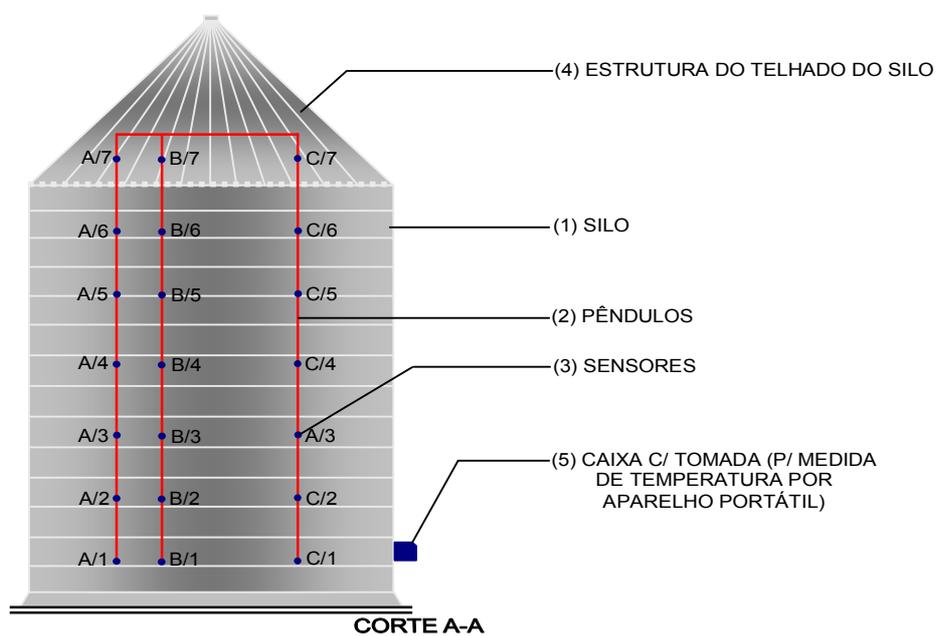
4.1.2.1 Componentes de um Sistema de Termometria em Graneleiros e Silos

As Figura 1 e Figura 2, encontrada em Weber (2001) apresenta um conjunto de quatro silos metálicos, cada um possuindo três pêndulos com sete sensores, totalizando vinte e um pontos de medição de temperatura por silo. A temperatura é determinada através de sensores, que são conjuntos sensíveis à variação do calor, que se altera diminuindo ou aumentando a variação da corrente elétrica.



FONTE: Weber (2001).

Figura 1. Planta baixa de um sistema de termometria em silos.



FONTE: Weber (2001).

Figura 2. Corte A-A em um silo metálico.

De acordo com Weber (2001), os seguintes componentes podem ser encontrados em um sistema de telemetria em silos ou armazéns graneleiros:

Pêndulos: possuem um cabo de “constantan”⁴, isolado e em volta dele vários condutores comuns de cobre, cujas extremidades se encontram soldados ao de “constantan”, formando termopares, em alturas diferentes. Esses pontos, distantes entre si de dois em dois metros, fazem o monitoramento de um raio aproximado de 3 metros para cada termopar;

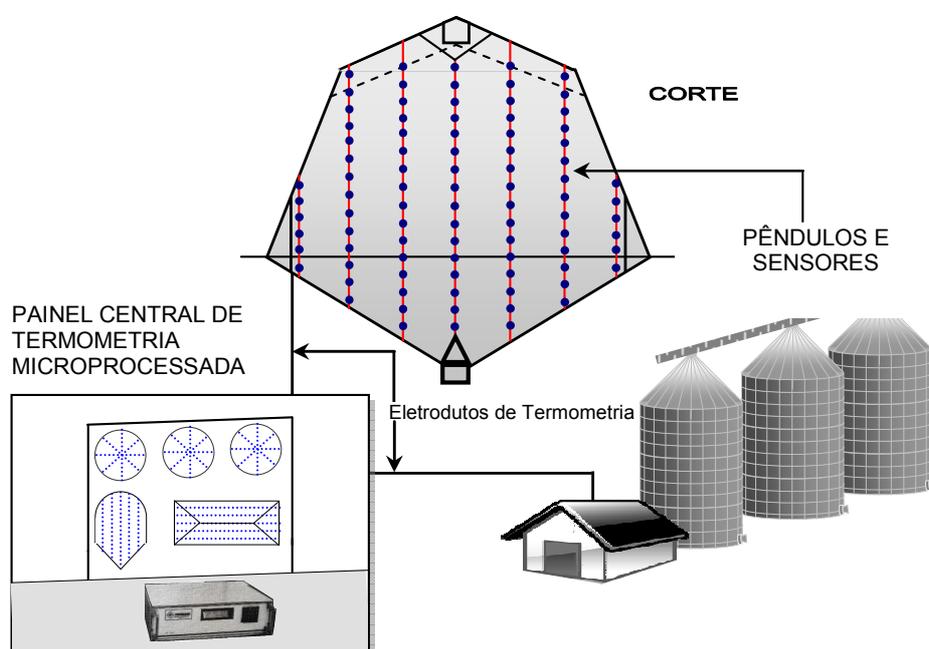
Circuitos de amplificação e comutação: são componentes transistorizados, montados em placas removíveis e padronizadas para fácil e rápida manutenção, se encontram junto à extremidade superior dos pêndulos;

⁴ Segundo Weber (2001) é um cabo central composto por uma liga de cobre e níquel ao qual se soldam as extremidades dos cabos de cobre a alturas variadas, formando os termopares de medição.

Caixas de compensação: geralmente localizadas junto à passarela dos silos ou graneleiros, contém os dispositivos de seleção por controle remoto, acionados através dos seletores localizados no painel central de medição;

Aparelho portátil: simples e de baixo custo, com as características eletrônicas de precisão de simples operação. É ideal para armazenagem de pequeno porte, geralmente utilizado para pequenas propriedades rurais. O único inconveniente diz respeito à necessidade de tornar as medidas de temperatura no local, junto ao silo, o que pode ser desagradável em épocas de clima desfavorável.

A Figura 3 mostra um corte em um armazém graneleiro, no qual se encontram assinalados os pêndulos com os sensores e que estão de tal forma distribuídos, que possam fazer uma “varredura” completa na massa de grãos armazenada. As temperaturas lidas são vistas no painel central de medição. Nota-se também a presença de uma bateria de três silos, em perspectiva, conectados com o painel de controle via cabos (WEBER, 2001).



FONTE: Weber (2001).

Figura 3. Termometria de armazém graneleiro e silos com painel central de medição.

O sistema de termometria apresentado possibilita comodidade ao responsável pelo armazenamento, pois não há necessidade de deslocamentos para realizar as leituras dos valores de temperatura, pois todo o controle pode ser feito por meio de leituras nos visores do painel ou em relatórios impressos. O sistema de comunicação é realizado por meio de cabos dispostos nos eletrodutos. Assim, os focos de aquecimento podem ser identificados visualmente e na ocorrência de qualquer aumento da temperatura, decide-se pelo momento mais adequado para efetuar o resfriamento (WEBER, 2001).

Deve-se frisar que para o sistema de termometria apresentado, a comunicação via cabo não pode ser aceita como única alternativa para comunicar dados de temperatura. Os recentes avanços tecnológicos na área das telecomunicações sem fio, como as comunicações via satélite, telefonia celular e Internet via rádio, dentre outros, tendem a ser incorporados gradativamente também pela indústria da armazenagem agrícola, resultando na intensificação das pesquisas sobre o assunto. A escolha da comunicação sem fio para comunicar dados de temperatura, se apresenta como uma alternativa interessante, pois pode oferecer benefícios e comodidades tais como: prover mobilidade ao operador, flexibilidade para expansão ou redução dos focos de monitoramento, redução dos custos de instalação, bem como na manutenção do sistema.

4.2 A inclusão das tecnologias da informação e comunicação da agricultura ao agronegócio

Todos os processos que envolvem o agronegócio brasileiro são beneficiados de forma direta ou indireta pelo uso de ferramentas avançadas da chamada Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs). O conjunto dessas ferramentas tem propiciado um elevado nível de qualidade em quase todas as etapas da cadeia produtiva agrícola, desde o preparo das sementes para o plantio, até a logística para escoamento da produção. Segundo Neto et al. (2005), a grande importância da informação na atividade agrícola deve-se essencialmente, à complexidade de uma atividade onde a incerteza associada às variabilidades tanto climática como espacial e a diversidade de plantas e animais, é proporcionalmente maior que em outros ramos de atividade.

Entretanto, apesar de toda essa importância alcançada pelas TICs quando empregadas no ramo agrícola, bem como no agronegócio, se restringe ao panorama

das grandes empresas do setor agropecuário e dos grandes produtores rurais. Essa restrição não é benéfica para o setor agrícola, visto que a informação também deve ser a grande aliada do pequeno agricultor moderno, pois o capacita a aperfeiçoar suas atividades, aumentando sua competitividade em um mercado agrícola globalizado, gerando condições para a sustentabilidade da sua atividade. Contudo, essa caixa-preta das recentes ferramentas tecnológicas aplicada ao ramo agrícola, na forma de equipamentos como: implementos e colheitadeiras inteligentes, programas computacionais, estações meteorológicas portáteis, redes de computadores e Internet sem fio, dentre outras, ainda podem gerar dúvidas e causar certo receio à uma parcela de pequenos agricultores, por inúmeros motivos, que podem ser o simples desconhecimento pela falta de informações atualizadas, baixa capacidade de investimento ou ainda por barreiras culturais (FLEISCHFRESSER, 1988).

Por outro lado, cabe aos pesquisadores e à indústria da agricultura de precisão, bem como os gestores de informação, buscarem maneiras de dismitificar e disseminar o uso das TICs, tornando-as de melhor compreensão e de menor custo, visando atingir um universo maior de agricultores que ainda estão alheios aos benefícios que estas podem oferecer. Isto quer dizer que, segundo Fleischfresser (1998), o pequeno agricultor acaba não desfrutando de condições financeiras para a utilização de tecnologias modernas. Em contrapartida, grandes produtores atrelam seu trabalho a tecnologias modernas, já que desfrutam de um capital relevante que os permite um retorno mais rápido do capital investido.

4.2.1 Sistemas de informação

Um Sistema de Informação (SI) é um conjunto de componentes inter-relacionados que recolhem, processam, armazenam e distribuem informação para suportar a tomada de decisão e o controle de uma organização. Possui entradas (inputs - dados, instruções, etc.) e saídas (outputs - cálculos, relatórios, etc.) processando as entradas e produzindo as saídas para o usuário ou outros Sistemas de Informação (NETO et al., 2005).

A expressão Sistema de Informação já é conhecida desde a época dos mainframes, que eram enormes computadores instalados em áreas especiais das grandes corporações. Esses *mainframes* eram utilizados para o processamento dos dados na década de 60, portanto muito antes do advento do termo Tecnologia da Informação (TI). Desde essa

época os investimentos empresariais em informática vêm sendo feitos para o processamento de dados, como a folha de pagamento e a contabilidade. Mas, foi na década de 70, que os mainframes deram lugar aos microcomputadores (NUNES & CASTILHO, 2004). Graças às melhorias crescentes dos chips e à queda dos custos de produção, nos anos 80 os microcomputadores pessoais (PC), representavam a democratização da informática ao se difundirem amplamente em escritórios e para uso pessoal.

Na concepção de Checland e Holwells (1998), Sistema de Informação (SI) é um campo de atuação emergente, bem mais amplo, complexo e ambíguo, envolvendo quatro grandes áreas de reflexão teórica e atividades: sistemas de informação, mentalidade do sistema (system thinking), TI e teoria das organizações.

Além de auxiliarem na tomada de decisão, coordenação e controle, os SI podem também auxiliar os gestores e demais recursos humanos das organizações, na análise de problemas, na visualização de questões complexas e na criação de novos produtos e serviços. Entretanto, para isto, segundo Laudon e Laudon (1999) p. 9, o conhecimento de sistemas de informação consiste em três elementos: “Um conhecimento e uma habilidade prática com tecnologias de informação; uma compreensão ampla de organizações e indivíduos, com uma perspectiva comportamental; e uma compreensão ampla de como analisar e resolver problemas”.

De acordo com a perspectiva dos SIs, enquanto sistemas suportados por tecnologias de informação e comunicação para cumprir determinadas tarefas, Neto et al. (2005) definiram os componentes básicos de um SI que fornecem capacidades de processamento e disponibilizam informação de apoio à tomada de decisão:

Hardware: conjunto de dispositivos que permitem a introdução de dados, realizam o seu processamento e a sua apresentação. Como exemplo, pode-se citar a unidade central de processamento (CPU), monitor, teclado e impressora;

Software: conjunto de programas computacionais que permitem ao hardware processar dados;

Base de dados: coleções organizadas de arquivos ou registros relacionados que armazenam os dados e as relações entre eles;

Rede: sistema de ligação que permite o compartilhamento de recursos entre computadores;

Procedimentos: estratégias, políticas, métodos e regras de utilização do SI;

Pessoas: o elemento mais importante dos sistemas de informação, incluindo as pessoas que trabalham com o SI ou que utilizam as suas respostas (outputs).

Como visto, a grande maioria dos SI é aplicado mais comumente em empresas e grandes corporações, principalmente como instrumentos de auxílio às atividades administrativas. Porém, nos últimos anos também tem se intensificado a aplicação desses sistemas nas explorações agrícolas.

4.2.1.1 Sistemas de informação nas propriedades agrícolas

Observando-se o modo como o agricultor moderno gerencia sua propriedade e comercializa sua produção, em um mundo regido por exigências cada vez maiores de mercados sem fronteiras, percebe-se que o emprego de ferramentas tecnológicas de apoio à decisão como os Sistemas de Informação (SI), crescem à medida que esse agricultor almeja conquistar mercados cada vez mais exigentes. Até pouco tempo atrás, grande parte dos SIs voltados para a agricultura, se concentravam em atividades de natureza contábil-financeira e geográfica, normalmente restringindo-se apenas à informatização do setor administrativo da propriedade. Segundo Swinton e Lowenberg-Deboer (1998), é necessário que um elenco de tecnologias e procedimentos sejam utilizados em lavouras e sistemas de produção agrícola para sua otimização, no sentido de gerenciar a produção, bem como os fatores nela envolvidos.

Entende-se por sistema de produção, segundo Passini (1999) p.25, “um conjunto de culturas (milho, mandioca, pastagens) e criações (aves, suínos, bovinos) interdependentes e interagentes entre si, realizadas em determinadas condições ambientais e manipulados pelo agricultor e sua família de acordo com suas aplicações preferenciais e recursos disponíveis”.

Da mesma forma que a utilização dos SIs têm se disseminado nas propriedades agrícolas, sua aplicabilidade também tem se diversificado, abrangendo inúmeras atividades agrícolas que podem ser geridas pelo agricultor. Embora hoje a oferta de SIs agrícolas seja diversificada, a grande maioria das aplicações disponíveis se enquadram no grupo dos sistemas de informação de produção e pode-se encontrar desde soluções de gestão

de atividades específicas, como a gestão de bovinos, suínos, etc., passando pela gestão do parque de máquinas, até se chegar à gestão global da propriedade (NETO et al., 2005).

Contudo, essa realidade ainda não é a regra e sim a exceção para a maioria dos agricultores brasileiros, e quando podem optar, por exemplo, pelo uso de SIs voltados para atividades produtivas, a competitividade de seus produtos se fundamenta em grande parte na agregação de valor qualitativo, obtida pelo emprego desses SIs agrícolas.

Os constantes surtos da gripe aviária na Europa, impuseram exigências com a higiene e segurança alimentar, assim os SIs direcionados à produção de frangos, ganharam importância com o que se denominou de rastreabilidade. A gestão da rastreabilidade implica na coleta, armazenamento, processamento e disponibilização de grandes quantidades de informação ao longo da cadeia produtiva, que devem estar permanentemente acessíveis, a todos os agentes envolvidos no processo, desde os agricultores até os consumidores finais (NETO et al., 2005).

Conforme Passini (1999), a utilização de tecnologias modernas, possibilita aumentar a produtividade física da agricultura, como também todo o trabalho empregado no âmbito agrícola. Nos últimos anos, o setor agrícola do Brasil só tem conseguido se tornar mais dinâmico e competitivo devido à aquisição de SI de uma maneira geral.

Segundo Darlot e Chaimsohn (1993), é de extrema importância inserir o contexto do agricultor para o processo de geração de qualquer tipo de tecnologia. Isto se deve ao fato de conhecer os recursos de produção, os objetivos, a racionalidade e demais aspectos relevantes da qual o agricultor faz parte. Ou ainda de acordo com Neto et al. (2005), o investimento em tecnologia da informação e comunicação, de forma semelhante ao que acontece com qualquer outro investimento realizado no âmbito da atividade agrícola, deve estar embasado por uma análise quantitativa rigorosa da viabilidade econômica da sua concretização.

Conforme o conceito sobre o que caracteriza um Sistema de Informação, de uma maneira geral, manipulam dados e informações, mas quando se aborda essa questão não se pode generalizar o conceito de “informação”, isto é, é necessária uma distinção entre “dados” e “informação”, bem como suas relações com o “conhecimento” e a tomada de “decisão”.

4.2.2 A relação dado, informação e conhecimento

Os termos “dado” e “informação”, de acordo com o contexto em que são apreciados, podem apresentar significados muito semelhantes ou distintos. Em primeira análise, pode-se consultar um dicionário para se obter seus significados. Segundo o dicionário Aurélio, Ferreira (2006), tais significados são apresentados como sinônimos. Contudo, para esse trabalho, busca-se um entendimento desses conceitos inseridos no âmbito dos Sistemas de Informação.

Segundo Setzer (1999), “informação” é uma abstração informal que está na mente de alguém, representando algo significativo para essa pessoa, ao passo que “dado” é a representação da informação em formato que permita seu armazenamento em um computador. Ainda segundo Setzer (1999), o termo “conhecimento” é definido como uma abstração interior, pessoal, de algo que foi experimentado, vivenciado por alguém. Portanto, segundo o autor o conhecimento não pode ser descrito.

Já Prusak (1994), afirma que a informação não é simplesmente um conjunto de dados, mas são dados coletados, organizados e ordenados aos quais são atribuídos significados e contexto. A informação deve ser discutida no contexto de usuários e responsáveis por decisões específicas.

Quando se refere ao chamado Sistema de Informação (ver item 4.2.1), Neto et al. (2005), define “dado” como fatos brutos, não resumidos ou analisados, enquanto uma “informação” são dados que foram processados e convertidos numa forma útil, ou seja, os dados são a matéria-prima usada para produzir informação.

Em estudos realizados por Machado (2000), o autor faz uma análise sobre as ambigüidades conceituais em torno do campo de estudos sobre informação. Em seu trabalho, salienta que desde a introdução do primeiro computador a válvulas, a palavra “informação” passou a ser um termo tecnológico para definir qualquer coisa que pode ser transmitida por um canal elétrico ou mecânico, fazendo ou não sentido para o receptor. O uso da palavra foi generalizado para designar algo dito ou comunicado. Hoje em dia, a palavra é usada na literatura com tanta liberdade que incentiva seu emprego de forma mais vaga ainda. O que se referia a “uma teoria de transmissão de sinais” passou erroneamente a ser considerada “teoria da informação” (CHECLAND & HOLWELLS, 1998).

No prosseguimento de sua análise, o autor define o termo “conhecimento” como subjetivo e, desta forma, os diferentes contextos sociais e organizacionais podem influenciar na definição do que se denomina conhecimento. As informações tornam-se conhecimento quando se é capaz de empregá-las para se fazer comparações, determinar conseqüências, estabelecer ligações e comunicar idéias. O conhecimento envolve experiência, julgamento, intuição e valores; conseqüentemente, os diversos sistemas de administração do conhecimento são, na verdade, maneiras avançadas de se acumular e distribuir informações ao invés do conhecimento propriamente dito.

Exemplificando, Neto et al. (2005), ilustram essa relação como sendo uma série de dados diários de uma variável meteorológica como, por exemplo, a precipitação coletados ao longo de 30 anos, convertidos em informação mediante um determinado tratamento estatístico, com a qual o decisor interage, aplicando a sua experiência e conhecimento para tomar decisões. De posse dessas informações, um pesquisador do fenômeno do aquecimento global pode aplicá-las como um dado, isto é, esta informação não está detalhada demais para ele. Nesse caso, a informação será o tratamento estatístico que lance o conteúdo dos dados para um horizonte temporal bastante amplo.

Pode-se resumir as diversas análises e interpretações dos autores citados, por meio do esquema da Figura 4.



FONTE: Neto et al. (2005).

Figura 4. Relação entre dados, informação e conhecimento.

Na relação dada pela Figura 4, o autor explica que uma pessoa com conhecimentos relevantes solicita informação para enquadrar uma tomada de decisão. Os dados resultantes são convertidos, por exemplo, por uma aplicação (programa computacional) em informação, sendo o conhecimento pessoal aplicado para interpretar a informação requerida para se chegar a uma conclusão.

Um sistema de monitoramento de produtos armazenados pode ser um exemplo prático da relação entre dados, informação e conhecimento. Nesse tipo de sistema de informação, existe um equipamento eletrônico, dotado de sensores que coletam dados como temperatura, umidade, gases tóxicos ou inflamáveis e demais condições atmosféricas. Acoplado ao equipamento, um computador executa um programa que realiza as leituras e o armazenamento desses dados, para que sejam processados. As informações geradas pelo processamento dos dados são fornecidas à pessoa que detém o conhecimento técnico necessário sobre o armazenamento. Deste modo, ela pode decidir qual a melhor ação a ser tomada para manter boas condições de armazenagem dos produtos, como, por exemplo, acionar um sistema de aeração.

Nesse aspecto, em trabalhos elaborados por Dias (2007) e Bilobrovec (2005), foram desenvolvidos sistemas automáticos de controle de aeração em silos armazenadores de grãos, baseados em lógica *Fuzzy*. Esses sistemas não se restringem somente à coleta e processamento dos dados, mas dotam computadores com a capacidade de tomar decisões, baseadas em conhecimento. Os sistemas desenvolvidos por ambos têm a denominação de “Sistema Especialista” e visam simular o raciocínio e a tomada de decisão de um operador de aeração (o especialista que detém o conhecimento), baseado num conhecimento prévio sobre aeração estabelecido na forma de regras.

No trabalho elaborado por Ferreira et al. (2006), também foi desenvolvido um modelo computacional para suporte à tomada de decisão em projetos de irrigação e drenagem. O modelo é utilizado para obter informações relativas ao efeito de diferentes práticas de manejo de irrigação e configurações do sistema de drenagem, sobre a produtividade e o retorno financeiro.

Tendo em mente os conceitos e relações entre dado, informação e conhecimento, a próxima abordagem apresenta tais conceitos e relações inseridos no âmbito tecnológico, denotando o que se chama de Tecnologia da Informação.

4.2.3 A Tecnologia da Informação (TI)

“A revolução das tecnologias da informação, atua remodelando as bases materiais da sociedade e induzindo a emergência do informacionalismo como a base material de uma nova sociedade. As tecnologias da informação tornam-se as ferramentas indispensáveis na geração de riqueza, no exercício do poder e na criação de códigos culturais.” (ALESSIO, 2004, p.28-29).

A Tecnologia da Informação é um conceito recente e originou-se graças ao surgimento e a disseminação da Informática e dos avanços dos sistemas de telecomunicações, como a Internet, a telefonia celular e as comunicações via satélite. O conceito de TI, muitas vezes parece bastante similar a outros conceitos como o processamento de dados e sistemas de informação, à medida que as telecomunicações se consolidaram na base da informática, os sistemas gerenciadores de banco de dados ficaram mais acessíveis através do uso da microinformática e os programas computacionais (software) tornaram-se mais baratos e utilizados em larga escala.

Concepção semelhante é encontrada em EIU (1996), que conceitua TI como um complexo tecnológico que conjuga computadores, programas computacionais, redes de comunicação pública ou privada, tecnologias de telecomunicações, protocolos de transmissão de dados, bem como os serviços computacionais em rede, intra e inter empresas, que propiciam serviços de comunicação de dados e programas softwares aplicativos e outros serviços.

Keen (1996) apresenta um conceito mais específico sobre TI. Para esse autor, a TI é composta de duas dimensões, uma de ordem física de base tecnológica e outra de ordem funcional. Assim, considera-se TI tudo que pode ser enquadrado em três categorias principais de equipamentos, aplicações, serviços e tecnologias básicas: computadores, telecomunicações e dados de multimídia. Cada uma dessas categorias pode conter centenas de subcategorias. Cada vez mais os três elementos se tornam independentes. Exemplificando, “servidor” é a denominação do computador que desempenha um papel fundamental no

ambiente cliente/servidor⁵ de uma rede local e administra um SGBD (Sistema de Banco de Dados) compartilhado. Funcionalmente há quatro tipos de componentes:

Ferramentas que acessam serviços: telefones e computadores pessoais;

Links de telecomunicações: permitem que essas ferramentas acessem os serviços;

Hardware e software: processam transações;

Depósitos de informações: banco de dados compartilhados.

O grau de informação entre os componentes define o grau de integração da plataforma como um todo.

Tendo como enfoque as organizações produtivas, pode-se afirmar a TI como sendo todos os meios que alavancam e potencializam o processo de criação e desenvolvimento de capacitação tecnológica (VALLE, 1996). Hardware, software, redes de comunicação, Workstation, robótica e os chips inteligentes são elementos componentes da tecnologia da informação. E, sob uma ótica computacional, a TI é o conjunto de software e hardware que executa uma ou mais atividades de coletar, transmitir, estocar, recuperar, manipular e exibir dados (ANGELONI, 1998).

Na sociedade atual, considerada como a sociedade da informação, a atividade produtiva em qualquer área do conhecimento, vivencia um paradigma tecnológico que se caracteriza a partir da adoção de novas técnicas de organização e da automação baseada na microeletrônica. Para Carvalho (2000), as condicionantes desse paradigma são o grande leque de aplicações em bens e serviços, diminuição acelerada dos preços dos produtos portadores de inovação, impactos sobre as organizações e processos de trabalho, redução sobre os custos de capital e efeitos amplificadores sobre a produtividade do trabalho.

Após um sucinto esboço que compreende a visão de alguns autores sobre o que se define como tecnologia da informação, o presente trabalho considera

⁵ Entende-se como cliente/servidor uma arquitetura computacional que envolve processos clientes requisitando serviços de processos servidores, sendo que cada computador ou processo em uma rede pode ser um cliente e/ou um servidor. Em sua forma mais básica permite a distribuição de processamento em duas entidades: cliente e servidor. Pode-se dizer também que, a computação Cliente/Servidor provê um mecanismo para computadores cooperarem em uma única tarefa de computação.

importante tecer um apanhado geral sobre conceitos da TI, quando inseridos no contexto da produção agrícola brasileira.

4.2.3.1 A Tecnologia da Informação no agronegócio

Considerado como fonte de alimentos e itens básicos, o setor agrícola brasileiro se consolida como um importante pilar de sustentação da economia nacional. Apesar dessa importância, nem sempre se atribuiu à atividade agrícola o seu merecido valor, quando comparada a atividades como a indústria e o comércio. Entretanto, na última década, a agricultura passou a ocupar uma posição de destaque graças ao chamado Agronegócio.

“O agronegócio é entendido como um conjunto das atividades ligadas à produção vegetal e animal, e compreende não só a agricultura e a pecuária, ou seja, a produção “na fazenda”. Inclui também as atividades de produção de bens e serviços que dela se originam e constituem produtos industrializados e semi manufaturados, e ainda as atividades de produção e serviços de apoio à produção em campo, como os insumos, os fertilizantes, as sementes, as máquinas, entre outros” (SARAIVA, 2003, p. 3).

Segundo Lourenço (2008), o agronegócio brasileiro passou por um considerável crescimento entre as décadas de 1970 e 1990, com o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia, proporcionando o domínio de regiões antes consideradas impróprias para agropecuária, por exemplo. O país estava sendo considerado como aquele que dominou a “agricultura tropical”. O Brasil passava chamar a atenção de todos os seus parceiros e competidores em nível mundial.

Assim, “a competitividade pressupõe uma mão-de-obra altamente qualificada e apta para absorver novas tecnologias [...]” (PAIM et al., 2003, p.2). O crescente desenvolvimento do agronegócio nacional tem como mola propulsora os grandes investimentos em tecnologia. Dentre elas, a tecnologia da informação, num sentido amplo, ainda é pouco empregada se comparada com outros setores como a indústria, por exemplo, mas mesmo assim, proporciona meios para aumentar a competitividade dos produtos agrícolas frente aos mercados internacionais (SARAIVA, 2003).

Essa competitividade tem sido obtida graças aos investimentos em tecnologia de diversos setores do agronegócio, que resultaram em crescentes aumentos de

produtividade e de qualidade dos produtos, proporcionando também a redução dos custos, e compensando mesmo uma eventual redução da área cultivada (SARAIVA, 2003).

As Tecnologias da Informação e comunicação reforçam as atividades desenvolvidas no setor agrícola, quando utilizadas corretamente, pois [...] “podem manter ou mesmo criar vantagens competitivas para determinadas atividades desenvolvidas no mundo rural que, caso contrário, seriam inviáveis economicamente” (NETO, et al, 2005, p. 38).

As Tecnologias da Informação e comunicação abrangem o campo de atuação delimitado pela Agricultura de Precisão (AP), na qual faz uso de recursos tecnológicos para identificar e tratar dados individualmente, no sentido de alcançar a precisão e melhorar as condições para aumento de produtividade (MCBRATNEY, 2005). E, acrescenta-se ainda, a idéia de Umezu (2003), que designa para o termo “Agricultura de Precisão” a utilização de diversas tecnologias avançadas, para a redução de custos de produção.

Ainda, para Mello e Caimi (2008) o setor agrícola tem sido agraciado com expressivos benefícios no uso da computação e das tecnologias de comunicação que incorporam sistemas computacionais como: sensores embarcados em equipamentos de manejo agrícola para coleta de dados, posicionamento global para mapeamento de áreas de plantio, controle automático de operação e sistemas de programas computacionais para gestão de dados, dentre outros. Segundo os mesmos autores, isto quer dizer que todos os benefícios oferecidos pelas soluções baseadas em TI se apresentam como sistemas eletrônicos para monitoramento e controle de máquinas, implementos, instalações e processos, e desempenham um papel fundamental para a informatização das empresas agrícolas brasileiras.

Toda a evolução do setor agrícola começa no início do século, onde os primeiros sistemas de controle e monitoramento aplicados à agricultura foram adotados em máquinas agrícolas da Europa e EUA. Esses sistemas indicavam no painel da máquina dados simples como o nível e pressão do óleo do motor, o estado do sistema elétrico, rotação do motor, etc. Com a chegada da eletrificação rural naqueles países, foi possível implementar para certas aplicações a instrumentação e controle elétricos. Faziam parte das aplicações desses sistemas o aquecimento, ventilação e iluminação de instalações animais, armazéns e estufas. A medição do teor de umidade em cereais, durante e após a colheita, foi um exemplo de aplicação que causou um grande impacto na produção agrícola, pois permitiu um melhor

controle do ponto de colheita, bem como das condições de armazenagem, reduzindo perdas (SARAIVA, 2003).

Isto quer dizer que, quando as tecnologias empregadas respondem diretamente a necessidade do produtor, este passa a estar capacitado para transitar pelo mercado do empreendedorismo (NETO et al., 2005).

Ainda, além de inúmeras aplicações de soluções das TI, Saraiva (2003) cita alguns outros exemplos de atividades agrícolas onde a TI está presente:

Produção vegetal: eletrônica embarcada em máquinas e implementos (tratores, colhedoras, semeadores, pulverizadores, etc.); sistemas de irrigação; controle ambiental em estufas, robótica (colheita de frutos, poda de frutíferas, transplante de plântulas em viveiros, em nível experimental).

Produção animal: monitoração e controle de identificação, alimentação, pesagem e produção de cada animal; controle do ambiente em granjas; sistemas robóticos para tosquia e ordenha.

Agroindústria: classificação, armazenamento, processamento de produtos após a colheita. Sistemas: sistemas de controle de temperatura, umidade e movimentação de produtos em silos, armazéns e secadores; sistemas para separação e classificação de produtos; sistemas de controle de processos na agroindústria de alimentos, etc.

Gerenciamento da produção: sistemas de informação para o acompanhamento e o controle da produção e auxílio à tomada de decisão, tanto no nível da fazenda, como de cooperativas, em nível governamental, etc..

Dependendo do nível de utilização, a TI pode beneficiar de uma forma ou de outra, diversas áreas de atividades agrícolas. A tendência é de uma crescente disseminação do seu uso, a exemplo do que ocorre nas demais áreas da atividade humana. Grande parte dessa tendência é impulsionada pelos avanços das tecnologias de telecomunicações, da eletrônica e da computação.

4.2.4 A eletrônica aplicada à agricultura

Na década de 50, com a invenção do transistor houve um salto significativo de qualidade, confiabilidade e durabilidade na fabricação de equipamentos eletrônicos, sem contar a sensível redução das dimensões desses aparelhos que os tornaram portáteis, de fácil manuseio e mais baratos, quando comparados aos seus antecessores constituídos por válvulas a vácuo. Mais tarde, com o advento do circuito integrado, também conhecido como “*chip*”, houve um salto exponencial de velocidade e capacidade de processamento, uma extraordinária miniaturização dos equipamentos eletrônicos e, conseqüentemente, drástica redução do seu custo de fabricação, levando a eletrônica à conquista definitiva de seu espaço em diversos setores produtivos da sociedade moderna. Essa acelerada evolução da eletrônica, aliada à crescente demanda de mercado, tem contribuído para facilitar o acesso à tecnologia e às ferramentas de ponta que antes existiam apenas em laboratórios e centros de pesquisa (GOMIDE, 1998).

Segundo Vilela et al. (2003), esse avanço tecnológico tem beneficiado a engenharia agrícola, tanto no desenvolvimento de novos equipamentos como na adaptação dos já disponíveis em outros setores da produção, para aplicação na agricultura.

Tal avanço tecnológico pode ser constatado por Saraiva (2003) e afirma que a eletrônica embarcada em máquinas agrícolas vem seguindo a tendência da indústria automobilística, passando a incorporar sistemas de monitoração e controle nos seus produtos visando: “[...] oferecer mais informações sobre o desempenho das máquinas para o operador; registrar essas informações para análise posterior; automatizar procedimentos de controle das máquinas, liberando o operador para outras tarefas, otimizando o uso da máquina e evitando o seu desgaste desnecessário; e otimizar o uso de insumos no campo” (SARAIVA, 2003, p. 7).

As operações de pós-colheita, também têm feito uso de sistemas de automação e controle. Um exemplo básico e importante refere-se à secagem e ao armazenamento de produtos. O controle da umidade e da temperatura de armazenamento de grãos é uma operação básica que é realizada por sistemas que podem automaticamente movimentar e secar os produtos dentro de silos ou armazéns. Nesse processo pode-se otimizar as operações e o custo de energia levando em conta a temperatura e a umidade do ar (ambiente

externo), bem como o período do dia mais adequado para a troca de calor. Informações de mercado podem auxiliar na tomada de decisão sobre o nível de umidade pretendido, em função da expectativa de tempo de armazenamento até a comercialização (SARAIVA, 2003).

De acordo com Garcia et al. (2003), muitos pesquisadores utilizam computadores pessoais com placas de extensão para aquisição de dados em pesquisa laboratoriais, controle industrial e em testes e medições. Na agricultura, vários cientistas têm trabalhado em diversas áreas, utilizando algum tipo de sistema eletrônico de aquisição de dados com finalidade de monitorar eventos em suas pesquisas.

No artigo de Leão et al. (2007), é apresentado um dispositivo para calibração de sensores de umidade de solo e a determinação de suas principais propriedades, como a precisão e cargas mínimas e máximas. Para isto, implementou-se um circuito eletrônico para permitir a interface da célula de carga, utilizada para medir a variação de massa de água do solo, com um sistema de aquisição de dados.

Umezu e Capelli (2006) desenvolveram um sistema de controle eletrônico para compensar a variação na rotação do acionamento dos dosadores de fertilizantes sólidos de um equipamento para formulação, dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos, a taxas variáveis, em função da alteração da temperatura do óleo hidráulico. O sistema é composto por placas eletrônicas aquisitoras e processadoras de sinais, receptores do sistema de georreferenciamento global (GPS – Global Positioning System) e um computador portátil.

As placas eletrônicas de aquisição de dados, segundo Taylor (1997, *apud* Neto & Zolnier, 2006) são constituídas por condicionadores de sinais, conversores analógico/digitais, interface de comunicação para a transferência dos dados digitais e programa computacional de gerenciamento e processamento de dados.

Os meios de comunicação empregados entre essas placas eletrônicas de aquisição de dados e computadores, também devem ser considerados como um fator importante. Pode-se resumir que os meios para comunicação de dados se apresentam como físicos (cabos ou fios) e não físicos (wireless ou sem fio). Muitos sistemas eletrônicos de monitoramento e controle aplicados na agricultura efetuam a comunicação de dados através de cabos, quando as distâncias alcançam algumas dezenas de metros. Já para o meio wireless, podem ser utilizadas ondas de radiofrequência para a comunicação. Essa modalidade de transmissão permite cobrir grandes distâncias inerentes ao ambiente agrícola, onde a dispersão

das instalações se apresenta de forma mais acentuada do que em outros ambientes. Neste sentido, fabricantes e pesquisadores têm intensificado as pesquisas sobre as aplicações da comunicação wireless por radiofrequência na agricultura, devido às vantagens em relação à utilização de cabos, como em situações onde é necessária uma comunicação por difusão⁶ ou a instalação de cabos se torne inviável.

Em seguida, serão enfocadas tais considerações sobre os meios utilizados na comunicação de dados, no sentido de esclarecer detalhes importantes a serem explorados nesse trabalho.

4.2.5 A comunicação de dados

Segundo Nadal (2008), a partir da necessidade de transmissão de mensagens de um dispositivo originador, para dispositivos externos ou periféricos (com conseqüente resposta de recebimento de tais mensagens), surgiu a necessidade da comunicação de dados.

A comunicação de dados, de maneira geral se estabelece, valendo-se de recursos físicos e elétricos como, por exemplo, computador, cabos, energia elétrica, luz e placas de comunicação, para levar de um local a outros sinais elétricos ou luminosos que, no conjunto, revelam um dado ou informação (MORÃES, 2000).

É na origem que acontece a geração ou obtenção dos dados. Nela, há um processo que transforma os dados em sinais para serem transmitidos, na maioria dos casos, por meio de cabos (metálicos ou ópticos) até o destino, onde ocorre um processo inverso ao da origem, que transforma os sinais em dados.

Morães (2000) afirmou que através desses processos, a comunicação à distância é estabelecida utilizando-se as diferentes mídias como a escrita, o som e as imagens, alcançando distâncias cada vez maiores, formando a denominada rede de comunicação. Nessa rede, geralmente o meio físico utilizado para transporte de dados é o cabo, o que pode acarretar certas dificuldades na comunicação. Apesar da melhora significativa da qualidade e

⁶ Entende-se por difusão, a transmissão realizada de um transmissor para vários receptores como, por exemplo, as transmissões televisivas e de radiodifusão.

durabilidade dos cabos, ou seja, da tecnologia que os envolve, ainda não foram solucionadas algumas vulnerabilidades a agentes como:

Homem: os cabos podem estar sujeitos a queimadas, máquinas e equipamentos que podem romper os cabos, roubos de cabos, roubo de dados/informações através de “grampos”, sabotagem.

Animais: os cabos podem ser danificados por roedores em geral.

Tempo: em cabos metálicos pode haver o efeito da umidade e conseqüente oxidação. Para qualquer tipo de cabo, ainda pode haver problemas com ventos e enchentes o que contribui para abreviar sua vida útil. Com o passar dos anos, podem ser tornar obsoletos devido ao surgimento de novas tecnologias.

Estes fatores como frisa Morães (2000), acarretam a interrupção da comunicação por tempo indefinido, em virtude da demora para se encontrar o local do problema. O cabo de comunicação pode possuir muitos quilômetros de extensão e estar sob o solo, além de fazer em meio a centenas de outros cabos dispostos em canaletas ou dutos subterrâneos, dificultando o diagnóstico do problema e, conseqüentemente, retardando o restabelecimento da comunicação. Também em muitos casos, vários pontos ao longo do sistema de cabeamento podem ser afetados, necessitando de várias equipes de manutenção e em algumas situações, deve-se aguardar que as condições climáticas sejam favoráveis para se efetuar a manutenção. Além disso, em situações onde é grande a necessidade de comunicação, por exemplo, em catástrofes naturais como enchentes, furacões, incêndios e tempestades elétricas, os sistemas de comunicação podem estar inoperantes por problemas localizados nos meios físicos.

Assim, os eventuais transtornos inerentes à utilização de cabos, não são encontrados em meios de comunicação sem fio, como por exemplo, a radiofrequência ou luz infravermelha. Esse tipo de comunicação pode ser aplicado, segundo Rebelato e Lidak (2006), para modificar as formas tradicionais de coleta e apresentação de dados. Entretanto, a comunicação sem fio também apresenta alguns pontos vulneráveis, como interferências e atenuações do sinal, mas que podem ser sanados com maior facilidade.

4.2.6 A comunicação de dados via radiofrequência

Uma das formas mais comuns e eficientes para transportar dados, sem o uso de meios físicos de transmissão, é àquela que emprega ondas de rádio ou radiofrequência.

“O rádio está no coração da comunicação sem fio. Seus princípios básicos existem há mais de um século, mas continuam a se desenvolver quase tão rapidamente quanto a computação. A transmissão digital tem conseguido obter maior proveito da capacidade das antigas faixas de ondas, enquanto novas tecnologias criam novas bandas. A persistente revolução eletrônica vem tornando os circuitos de rádio cada vez menores e mais leves [...]” (DORNAN, 2001. p. 14).

Apesar dessa importância atribuída à radiofrequência, ela não é a única forma de transmissão de dados. De acordo com Dornan (2001), há outras tecnologias *wireless* que não dependem da radiofrequência, como por exemplo, o infravermelho utilizado por dispositivos domésticos comuns. Pode-se citar alguns exemplos como os controles remotos, dispositivos que ligam computadores a outros computadores e a periféricos (impressoras, discos, etc.).

Ainda, as conexões ponto a ponto, isto é, estabelecidas por um par transmissor/receptor, podem utilizar todos os outros tipos de sinais, incluindo raios laser. Mas, mesmo assim, esses recursos são essencialmente nichos. Para o futuro imediato, em sua maioria, as aplicações sem fio continuarão dependentes do rádio (DORNAN, 2001).

Um exemplo de aplicação da radiofrequência para controle de processos agrícolas pode ser apreciado no trabalho de Queiroz (2007), onde se desenvolveu um sistema de automação de modo a propiciar a irrigação de precisão em equipamentos do tipo pivô central. O sistema é composto por placas eletrônicas destinadas ao controle dos pivôs e aquisição de dados, além de programas computacionais para processamento e armazenamento de dados. Todo o sistema de comunicação entre as placas e o programa computacional desenvolvidos, foi dotado de pares transmissores e receptores de sinais de radiofrequência.

Outro exemplo é o trabalho de Silveira et al. (2001) no desenvolvimento de um sistema informativo, projetado especificamente para o levantamento

dos dados operacionais no campo, visando o gerenciamento da informação na propriedade agrícola. Nesse trabalho, os autores utilizaram um sistema de transmissão via radiofrequência para o conhecimento automático à distância, de vários objetos existentes no campo como o tratorista, trator, implemento e local de trabalho. Os dados obtidos podem ser utilizados pelo produtor/empresário em atividades de controle, em âmbito estratégico e diretivo.

Os sinais de rádio também foram utilizados como meio de comunicação no trabalho de Corona Jr. et al. (1995). Os autores desenvolveram um sistema de telemetria para medir quantidades referentes aos fatores ambientais, que influenciam a produção agropecuária em suas diversas fases tais como: as condições do solo, as condições biológicas e condições atmosféricas. O sistema possui estações escravas remotas para coleta de dados e uma estação mestre, compartilhando um enlace de rádio.

4.2.6.1 Características do sinal de rádio

Os sinais de rádio se caracterizam como radiação eletromagnética que tem como objetivo o transporte de dados. Essa categoria de sinal também inclui a luz, o raio infravermelho e muitos outros tipos de raios. O sinal de rádio costuma ser considerado também como uma onda, possuindo um comprimento e uma frequência.

Para Tanenbaum (1997) p. 107 “os elétrons criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar através do espaço livre (inclusive no vácuo). Essas ondas foram previstas pelo físico inglês James Clerk Maxwell, em 1865 e produzidas e observadas pela primeira vez pelo físico alemão Heinrich Hertz, em 1887. O número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética é chamado de frequência, f , e é medida em Hz (Hertz, em homenagem a Heinrich Hertz). A distância entre dois pontos máximos (ou mínimos) consecutivos é chamada de comprimento de onda [...]”.

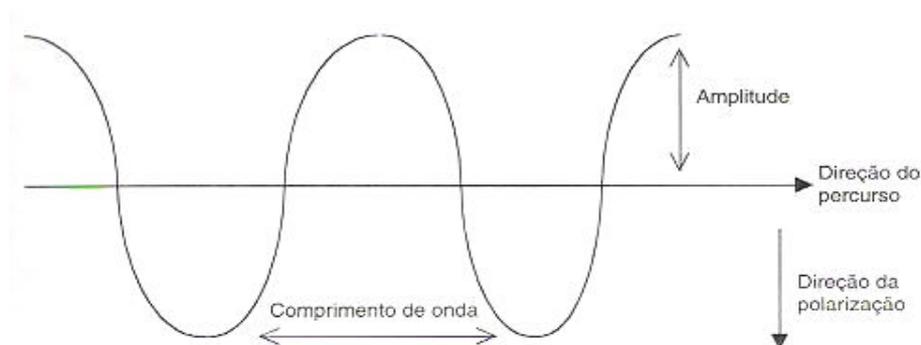
Dornan (2001) definiu o comprimento de onda como a distância entre os picos de ondas sequenciais, e a frequência é o número de ciclos de onda que ocorrem a cada segundo. As medidas de frequência de onda são apresentadas conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Medidas de frequência de onda.

Medida	Nº de ciclos por segundo
Kilohertz (KHz)	1.000 ou 10^3
Megahertz (MHz)	1.000.000 ou 10^6
Gigahertz (GHz)	1.000.000.000 ou 10^9
Terahertz (THz)	1.000.000.000.000 ou 10^{12}
Petahertz (PHz)	1.000.000.000.000.000 ou 10^{15}

FONTE: Dornan (2001).

Outra característica da onda é a sua amplitude, ou seja, a altura que a onda atinge a partir do eixo até o pico, como mostra a Figura 5 (DORNAN, 2001).



FONTE: Dornan (2001).

Figura 5. A onda de rádio e suas características.

A amplitude da onda, também representa a força da transmissão ou o seu volume, medida em V (volts). Quando a onda se afasta da sua origem, espalhando-se por uma extensa área, a amplitude tende a diminuir. Esse fenômeno denomina-se divergência (DORNAN, 2001).

4.2.6.2 Faixas das ondas de rádio

Segundo Tanenbaum (1997), o rádio, a microonda, o raio infravermelho e os trechos luminosos do espectro⁷ podem ser usados na transmissão de informações, desde que sejam moduladas a amplitude, a frequência ou a fase das ondas. A luz

⁷ De acordo com Dornan (2001), denomina-se espectro a área de alcance da radiação eletromagnética, sendo que as ondas de rádio se posicionam em uma das extremidades desse espectro.

ultravioleta, o raio X e o raio gama representariam opções ainda melhores, já que têm frequências mais altas, mas eles são difíceis de produzir e modular, além de não se propagarem através das paredes de edificações e serem perigosos para os seres vivos.

Segundo Dornan (2001), os valores de frequência do espectro de rádio, são subdivididos em várias regiões, denominadas faixas de ondas. A Tabela 4 apresenta as faixas de ondas utilizadas pelas comunicações por rádio.

Tabela 4. Faixas de ondas de rádio.

Comprimento de onda	Frequência	Sigla	Objetivos principais
Acima de 100 Km	Inferior a 3 KHz	ELF	Comunicações submarinas
10 – 100 Km	3 – 30 KHz	VLF	Comunicações marítimas
1 – 10 Km	20 – 300 KHz	LF	Transmissões AM
100 – 1000 m	300 – 3000 KHz	MF	Transmissões AM
10 – 100 m	3 – 30 MHz	HF	Transmissões AM, rádio Amador
1 – 10 m	30 – 300 MHz	VHF	Transmissões FM e TV
0,1 – 1 m	300 – 3000 MHz	UHF	TV e telefones celulares
10 – 100 mm	3 – 30 GHz	SHF	Fixa sem fio e satélites
1 – 10 mm	30 – 300 GHz	EHF	Satélites, radar

FONTE: Dornan (2001).

Portanto, quando se projeta um sistema de comunicação por meio de ondas de rádio, é importante definir qual a faixa de frequência de operação, para que suas transmissões não sofram interferências provenientes de outras faixas de frequência e também não interfiram em outros sistemas já existentes.

Como um exemplo de aplicação das faixas de frequência, pode-se citar o trabalho de Corona Jr. et al. (1995) que empregam o rádio como meio de comunicação. O sistema de telemetria desenvolvido acopla estações de coleta de dados que compartilham uma faixa de frequência centrada de 418 MHz, com velocidade de transmissão de 1200 bits/segundo. Para essa frequência de operação, não é necessária a obtenção de autorização de uso dessa faixa de rádio, por não apresentar risco de interferências em outros sistemas importantes como, por exemplo, na faixa utilizada pela aviação comercial, radares, estações de rádios e TVs oficiais.

Esses conceitos elementares que caracterizam o sinal de rádio são suficientes até o momento, para o entendimento de fenômenos inerentes à transmissão de dados sem fio. Como visto, alguns desses fenômenos podem comprometer a qualidade do sinal, e até mesmo inviabilizar a comunicação, de forma definitiva ou momentânea.

4.2.6.3 Sistemas de radioenlace

Um sistema de radioenlace é composto por um transmissor, denominado pela literatura com a sigla “TX”, e um ou mais receptores do sinal denotados pela sigla “RX”. Segundo Alves (1994), o enlace⁸ via rádio só poderá ocorrer de forma satisfatória, se determinadas regras relativas à propagação do sinal forem cumpridas.

Desta forma, Alves (1994) define os seguintes requisitos mínimos para o estabelecimento de uma comunicação radioenlace:

1. O sinal deve ser transmitido com potência suficiente para que possa ser recuperado pelo receptor (RX);
2. A propagação do sinal deve ocorrer com a mínima distorção possível;
3. Devem ser mantidas constantes as condições 1 e 2 dentro de parâmetros suficientes para garantir a integridade do enlace.

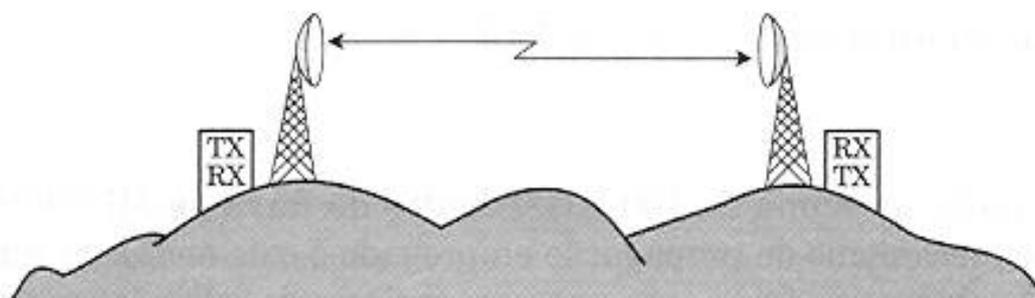
Há também alguns outros fenômenos que interferem na propagação das ondas de rádio. Tais fenômenos de interferência são a refração, reflexão, difração e espalhamento, todos estes causam uma distorção do sinal, isto é, podem desviar ou bloquear sua trajetória e, dependendo do nível de distorção, até impedem que a comunicação se concretize (ALVES, 1994).

Além desses fenômenos que interferem na propagação das ondas de rádio, é desejável posicionar o transmissor (TX) e receptor (RX) de maneira que não haja obstáculos físicos entre eles. Determinadas faixas de rádio, principalmente as de maior frequência como, por exemplo, as microondas que possuem baixo comprimento de onda, são facilmente bloqueadas e o sistema de comunicação adequado deve apresentar uma visibilidade

⁸ Em comunicação de dados significa uma conexão ou ligação entre dois pontos.

entre o transmissor e receptor. O sistema em visibilidade proporciona a correta propagação das ondas de rádio, porém não elimina os demais fatores que causam outros tipos de interferência.

Sistemas em visibilidade são constituídos por pares de antenas, onde o sinal irradiado por uma antena é captado por outra, que deve estar sempre visível a partir da primeira, ou seja, deve existir visada direta entre as antenas transmissora (TX) e receptora (RX). Por esta razão, o ideal é a instalação das antenas em locais altos, pois não pode existir nenhum tipo de barreira entre elas para a correta recepção dos sinais (ALVES, 1994). A Figura 6 exemplifica com mais clareza um sistema com visada direta ou em visibilidade.



FONTE: Alves (1994).

Figura 6. Esquema de um sistema em visibilidade.

Como frisado por Alves (1994), a distância entre as antenas é um fator preponderante nos sistemas em visibilidade. A distância máxima permitida gira em torno de 50 km com visada direta, e o sistema pode ser inviabilizado caso ultrapasse esse valor máximo.

A comunicação com enlaces de radiofrequência estão presentes em muitas aplicações, se mostrando como uma alternativa econômica e eficaz para comunicação de dados. Ultimamente, tem se intensificado o uso da radiofrequência como meio de comunicação de dados em sistemas de telemetria na agricultura.

4.2.6.4 O uso da telemetria na agricultura

Vissotto Jr. (2004), define telemetria como “[...] a transferência (via rede fixa ou sem fio) e utilização de dados provindos de múltiplas máquinas remotas, distribuídas em uma área geográfica de forma pré-determinada” (p. 2). O mesmo autor define que um sistema de telemetria é “[...] composto de recursos humanos e físicos, capaz de

realizar a transferência e utilização de dados provindos de equipamentos remotos para o monitoramento, medição e controle [...]” (p. 2).

Com a crescente diminuição dos custos e a melhoria da qualidade dos equipamentos de comunicação sem fio, o autor ainda salienta que “[...] hoje até um produtor rural pode utilizar um equipamento de comunicação remota para saber instantaneamente qual o grau de desenvolvimento de sua lavoura, a temperatura e umidade do solo [...]” (VISSOTO Jr, 2004, p. 3).

Presume-se, a partir desses fatos, que a comunicação remota sem fio conduz o produtor rural a um horizonte de aplicações nunca antes imaginado. Uma das aplicações de comunicação remota no meio agrícola é a transferência de dados remotos para monitoramento e controle, também denominada de telemetria.

De acordo com Vissotto Jr. (2004), para compor um sistema básico de telemetria são necessários quatro componentes que efetivam o processo:

Máquinas Inteligentes e Sensores: são equipamentos que monitoram, controlam e medem algum tipo de atividade localmente. Vários sensores podem existir num mesmo local.

Interface da Aplicação: faz o elo de ligação entre os sensores e a rede de comunicação. Para aplicações remotas, refere-se à Unidade de Terminal Remota.

Base de Comunicação ou Rede de Comunicação: pode ser implementada por meio de linhas fixas ou por comunicação sem fio via rádio. Essa infra-estrutura permite transmitir informações dos sensores, através da interface da aplicação, para um computador central de comando e um centro de controle.

Centro de Controle e Comando: é o ponto central de recepção dos dados transmitidos pelos sensores. Nesse ponto, a informação é processada e pode, eventualmente, ser disseminada para outras redes de comunicação como, por exemplo, a Internet.

Outros exemplos de meios de comunicação disponíveis para aplicações de telemetria, segundo Vissotto (2004) são: Microondas, Rádio Privado (UHF/VHF), Celular (SMS), Telefone (Linha Fixa), Energia (Transmissão via linha elétrica) e Satélite.

A telemetria por rádio é aplicada para monitorar e controlar as mais variadas atividades agrícolas, objetivando efficientizá-las e racionalizá-las, resultando em

economia de tempo e energia. Isso pode ser constatado em pesquisas sobre essa temática, em particular, àquela realizada por Corona et al. (1995), onde foi desenvolvido um sistema de telemetria via rádio para monitorar os fatores ambientais que influenciam na produção agropecuária. Os autores implementaram a tecnologia de rede local de instrumentos, onde esses instrumentos foram acoplados a sensores e atuadores, tendo essa configuração o nome de “estações de dados”. Dentre outros componentes, o sistema também pode operar com uma estação central denominada “mestre” acoplada a um computador, que recebe dados provenientes de mais 59 estações chamadas “estações de dados escravas remotas”.

Toda essa compilação de trabalhos que propõem soluções tecnológicas voltadas aos processos agrícolas, demonstram o grande potencial que a tecnologia oferece para a modernização desse importante setor produtivo. Nesse intuito, a partir de agora será apresentado o desenvolvimento de uma solução tecnológica voltada ao monitoramento de temperatura e umidade de grãos armazenados via rádio.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo do sistema desenvolvido foi dividido em três partes principais: unidade eletrônica de aquisição e transmissão de dados, unidade eletrônica de recepção de dados e programa computacional. A unidade eletrônica de recepção de dados foi acoplada a um computador pessoal de mesa (desktop) ou portátil (notebook). A unidade eletrônica de aquisição e transmissão de dados foi acoplada aos sensores de temperatura e umidade e que realizaram a comunicação com a unidade eletrônica receptora de dados. O computador serviu para armazenar e processar os dados utilizando um programa computacional, desenvolvido em linguagem de programação JAVA. Outra ferramenta essencial para o desenvolvimento do programa computacional, foi o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) MySQL (Structured Query Language), que possui licença pública e foi aplicado na gerência dos dados provenientes da unidade eletrônica de recepção acoplada ao computador.

Os componentes eletrônicos, a linguagem de programação e o sistema gerenciador de banco de dados, foram escolhidos em função da meta de se desenvolver o protótipo do sistema com o menor custo possível, sem comprometer sua funcionalidade.

Durante a concepção e construção das unidades eletrônicas foram usados componentes eletrônicos de diversos modelos, visando-se a escolha do componente de melhor custo/benefício e disponibilidade para aquisição. Foram utilizados componentes eletrônicos com diversas origens de fabricação e modelos, desde os mais simples como

resistores, capacitores, LEDs, diodos e transistores, até os mais complexos e que podem executar instruções como os chips de microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller – Controlador de Interface Periférica), que são utilizados para controlar dispositivos periféricos a um computador. O chip agrega memória, conversor analógico/digital, interface de comunicação com o computador, temporizadores, dentre outros, o que contribui para reduzir o número de componentes e, conseqüentemente, as dimensões da placa de circuito eletrônico. Outro componente essencial para o propósito da comunicação via rádio foi o par transmissor/receptor híbrido, também utilizado por inúmeros aparelhos de controle remoto disponíveis no mercado. No início deste trabalho era desconhecida a eficiência desse componente, ou seja, se atenderia ao objetivo de transmissão de grande quantidade de dados de modo confiável, pois opera na frequência aberta de 433,9 MHz sujeita a interferências de diversas fontes, como telefones sem fio, alarmes automotivos e outros aparelhos de controle remoto.

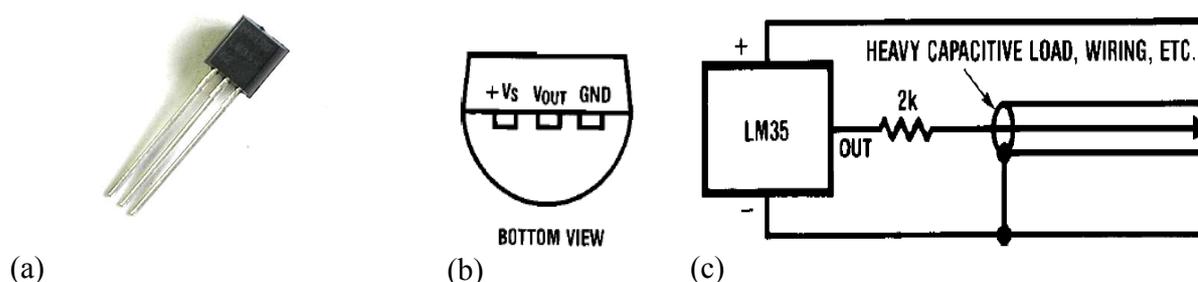
5.1 Materiais utilizados

Uma das premissas estabelecidas pelo trabalho era de que o custo total da construção e aplicação do projeto do circuito eletrônico fosse barato o suficiente para ser utilizado por um pequeno produtor rural. Por essa razão sempre se procurou escolher os componentes eletrônicos de menor preço, mas que possuíssem a funcionalidade desejada para a elaboração do projeto das unidades eletrônicas.

5.1.1 Componentes das unidades eletrônicas

Como uma das principais funções do equipamento eletrônico era diagnosticar a termometria em grãos armazenados, foram utilizados sensores de temperatura que podiam operar tanto no interior quanto fora da massa de grãos, além de apresentarem uma boa relação custo/benefício. No interior da unidade armazenadora tais sensores deverão suportar as pressões e choques mecânicos que ocorrem durante o processo de carga da unidade de armazenamento, sem comprometer sua operação e precisão de leitura, dessa forma suas instalações foram realizadas de forma a evitar danos físicos, bem como o comprometimento do funcionamento.

O sensor conhecido como LM35 da National Semiconductor Corp. (2000) (Figura 7) foi o sensor analógico que se mostrou como uma escolha apropriada para efetuar as leituras de temperatura, considerando-se principalmente, seu custo acessível, a simples instalação, precisão suficiente para a aplicação e a tensões de saída lineares à escala em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Um detalhe importante é que antes da sua efetiva utilização não foi necessário calibrá-lo para que as tensões de saída do sensor fossem linearmente proporcionais às temperaturas em escala de graus Celsius. O nível de tensão de saída do sensor em relação à temperatura vem calibrado em $^{\circ}\text{C}$ sendo que, para cada aumento de 10 mV (*milivolts*), tem-se um aumento equivalente a 1°C . A precisão fornecida pelo LM35 é de $0,5^{\circ}\text{C}$, ou seja, os valores podem variar até meio grau, para mais ou para menos.



FONTE: National Semiconductor Corp. (2000).

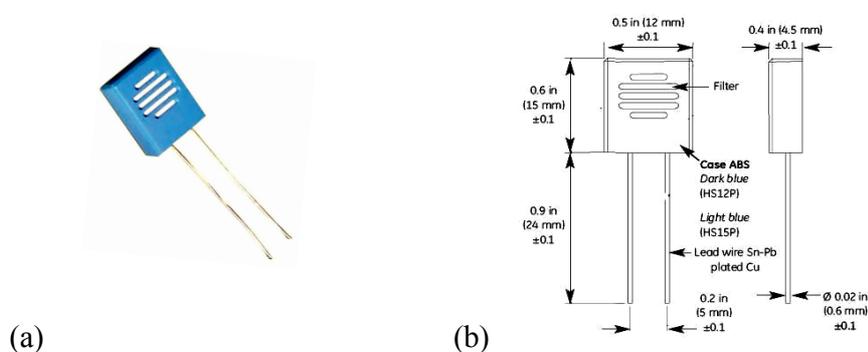
Figura 7. Sensor LM35 (a), Pinagem (b), Esquema de Ligação (c).

O sensor LM35 possui três terminais ou pinos (Figura 7b), um que corresponde a alimentação de tensão positiva ($+V_S$), outro conectado à tensão negativa (GND ou terra – do inglês “ground”) e o terceiro correspondente ao sinal, que varia a tensão de acordo com a temperatura (V_{OUT}). Este sensor é capaz de medir temperaturas dentro da faixa de 0°C a $+150^{\circ}\text{C}$, que em tensão corresponde a 0mV a +1500mV.

A Figura 7c exibe o esquema de ligação dos terminais que foi utilizado para conexão com a unidade eletrônica de aquisição de dados. Foram utilizados 3 fios para cada sensor; dois fios para a alimentação (pinos $+V_S$ e GND) e outro para o sinal (pino V_{OUT}). Tendo em vista que o protótipo poderá operar em unidades armazenadoras das mais variadas capacidades e tipos, a unidade eletrônica de aquisição e transmissão de dados foi dotada com a

capacidade de efetuar leituras de até 64 sensores LM35, número que pode ser reavaliado de acordo com as características de cada cenário de implantação do protótipo.

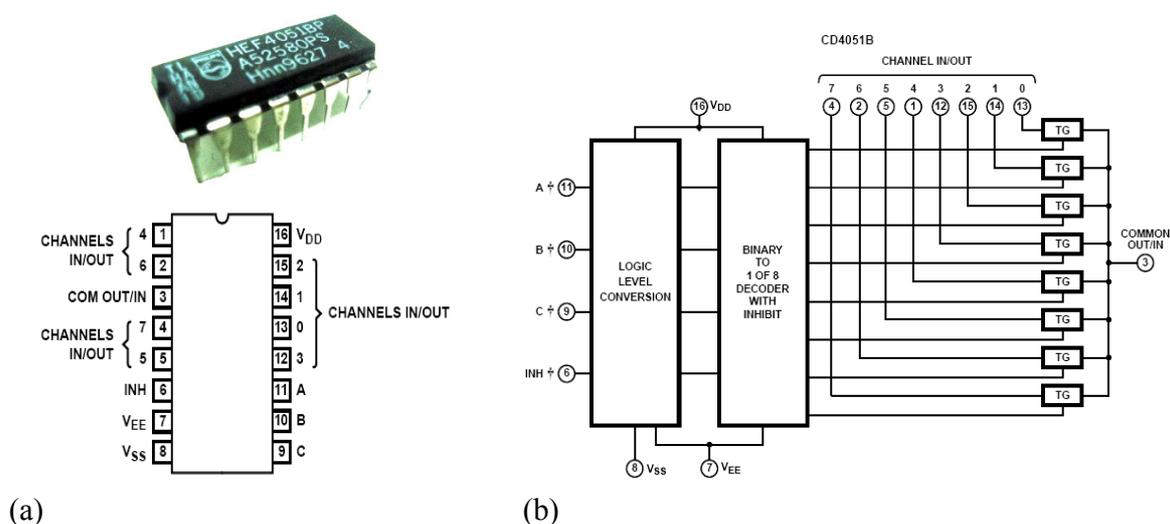
Na medição dos valores de umidade relativa do ar interior e exterior da unidade armazenadora, foi empregado o sensor modelo HS15P da *General Electric Sensing*. É um sensor de respostas rápidas, feito de polímero que opera entre temperaturas de 0°C a 50°C e registra valores de umidade entre 20 a 90% de umidade relativa. Esse sensor, trabalha com potência de $1V_{ac}$ o que demanda um controle variável de corrente para seu funcionamento. A Figura 8 exibe o sensor de umidade e suas dimensões.



FONTE: General Electric Sensing (2005).

Figura 8. Sensor de umidade HS15P (a), Dimensões (b).

O componente denominado multiplexador ou seletor de dados foi empregado para selecionar os sinais de dados dos sensores para serem processados (Figura 9). Nesse CI (Circuito Integrado) existem as entradas de seleção que serão conectadas aos sensores. Essas entradas servirão para controlar o sinal de um determinado sensor que será colocado na saída do multiplexador. Optou-se pelo CI multiplexador/demultiplexador modelo CD4051B (Figura 9a) da Texas Instruments Inc. (2000) com um total de oito canais de entrada para um canal de saída (8/1). Isso significa que o CD4051B pode multiplexar sinais de até 8 sensores de temperatura ou umidade.



FONTE: Texas Instruments Inc. (2000).

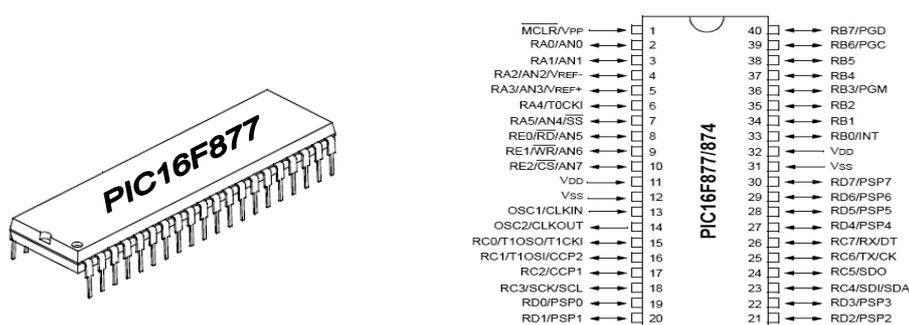
Figura 9. Multiplexador CD4051B (a), Diagrama de Blocos (b).

Como mostra a Figura 9b os pinos 9, 11 e 10 servem de entradas de seleção (Figura 9a), ou seja, cada pino seleciona um dos oito sinais de entrada de cada sensor para ser enviado à saída, representada pelo pino 3. Além disso, o pino 6 tem a função de habilitação do multiplexador, isto é, esse pino é utilizado por outro componente eletrônico para acionar o CD4051B indicando que ele deve iniciar ou interromper as leituras e o envio dos sinais.

Outro componente que foi utilizado é denominado microcontrolador PIC (Peripheral Interface Controller) empregado para controlar a interface de unidades eletrônicas periféricas de um computador. De acordo com o fabricante esse tipo de CI é um dispositivo que aceita um conjunto reduzido de instruções denominado RISC (Reduced Instruction Set Computer). A arquitetura é composta por barramentos de memória de programação e de memória de dados distintas, além de fluxo de instruções chamadas pipeline, isto é, enquanto uma instrução de programa é executada, a próxima já está sendo lida, agilizando seu processamento.

Existem inúmeros modelos de microcontroladores PIC disponíveis no mercado e suas configurações são muito versáteis. Podem variar o número de pinos de entrada/saída (I/O) de 6 até 66 e trabalhar com frequências de até 40MHz. O que diferencia os

vários modelos de microcontroladores são as quantidades de memória interna (programa e dados), velocidade de processamento, quantidade de pinos de entrada/saída, alimentação, periféricos, arquitetura e conjunto de instruções. O microcontrolador escolhido para compor a unidade eletrônica de aquisição e transmissão de dados foi o modelo 16F877 do fabricante Microchip Technology Inc. (2007b)



(a)

(b)

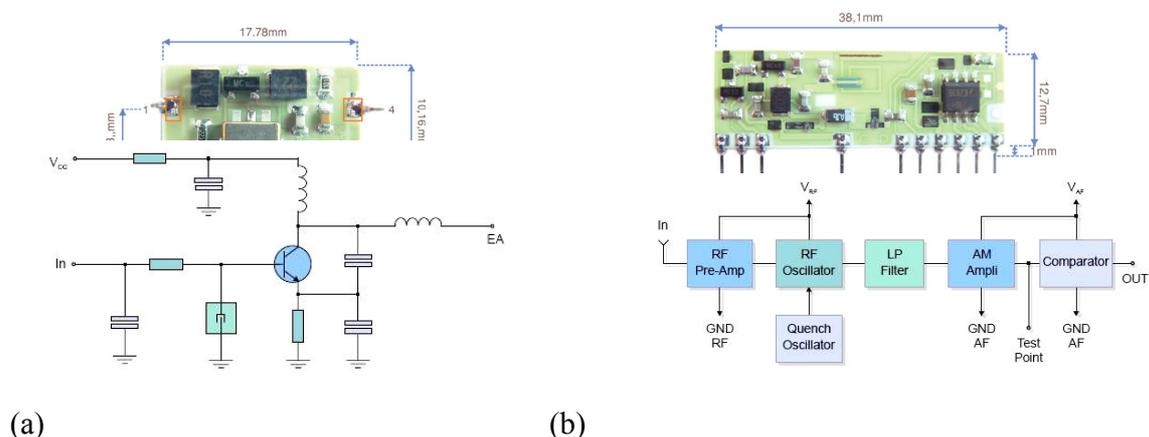
FONTE: Microchip Technology Inc (2007b).

Figura 10. Microcontrolador 16F877 (a), Pinagem (b).

O PIC 16F877, ilustrado pela Figura 10a, apresenta uma simplicidade na programação e um completo conjunto de funções. Esse componente incorpora em seu invólucro um conversor analógico/digital de 10 bits, portas de entrada/saída seriais, endereçamento de memória externa e memória EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory – Memória que aceita ser apagada e programada várias vezes) de dados, onde as instruções podem ser apagadas e gravadas inúmeras vezes. Tais instruções ou linhas de código dos programas foram desenvolvidas em linguagem de programação C e gravadas através de equipamentos especiais chamados de gravadores de EPROM.

Após a coleta dos dados pela unidade eletrônica de aquisição, eles são transmitidos por ondas de radiofrequência até a unidade eletrônica receptora que faz a interface com o computador. Esta função foi implementada por um par de CIs transmissor/receptor de radiofrequência. O CI transmissor foi inserido na unidade eletrônica de aquisição de dados, enquanto que o CI receptor foi inserido na unidade eletrônica de recepção que foi acoplada a um computador. Utilizou-se para essa função o módulo

transmissor/receptor híbrido de controle por radiofrequência fabricado pela Telecontrolli Srl. (2008a)/Telecontrolli Srl.(2008b).



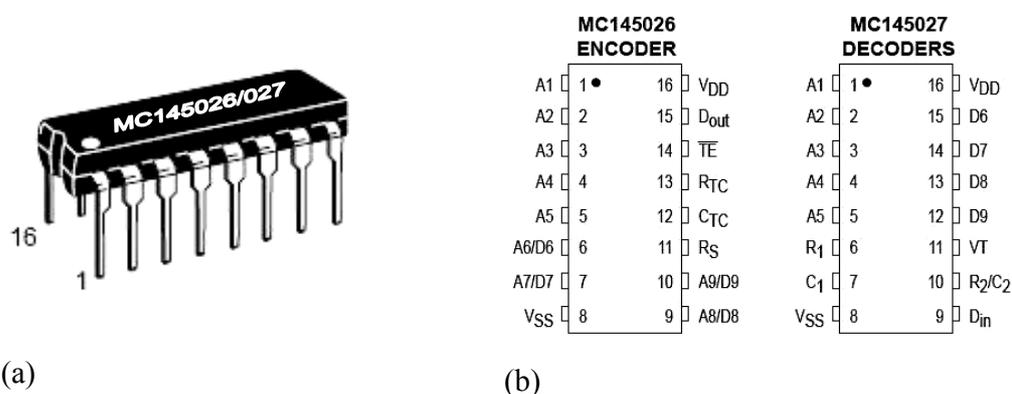
FONTE: Telecontrolli Srl. (2008a)/Tellecontrolli Srl. (2008b).

Figura 11. Par transmissor/receptor híbrido de 433,9 MHz. Transmissor RT4 (a), Receptor RR3 (b).

A Figura 11 exibe o módulo que consiste dos CIs modelos RT4 e RR3 que podem operar nas faixas de frequência de 315MHz, 418MHz e 433,92MHz. Segundo especificações do fabricante, o alcance do sinal pode variar de 20 a 30, metros mas essa faixa é variável conforme as condições do local (nível de ruído, obstáculos, etc.). O consumo de energia dos módulos também é baixo, consumindo entre $5V_{cc}$ a $12V_{cc}$ o módulo transmissor e apenas entre $5V_{cc}$ a $6V_{cc}$ o receptor.

Outro componente utilizado para compor as unidades eletrônicas denomina-se par codificador/decodificador de dados ou CODEC (encoder/decoder) modelos MC145026 (codificador/emissor) e MC145027 (decodificador/receptor). Esse componente foi necessário para operar juntamente com o par transmissor/receptor híbrido de radiofrequência. São comumente utilizados em aplicações que fazem uso de controle remoto (alarmes automotivos, portões elétricos, etc.), e sua função é basicamente inserir um endereçamento nos dados transmitidos, garantindo uma correta recepção. A

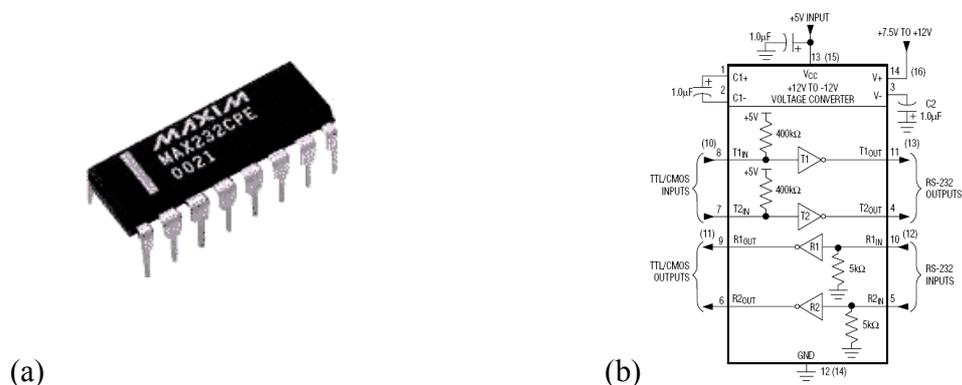
Figura 12 ilustra os CIs do codificador e decodificador (seus invólucros possuem a mesma aparência, mas diferentes pinagens).



FONTE: Motorola Inc. (1998).

Figura 12. CIs CODECs MC145026 MC145027 (a), Pinagem (b).

Complementando o conjunto de componentes eletrônicos, foi necessário o uso de um CI para converter os níveis de tensão TTL (Transistor-Transistor Logic) da unidade eletrônica de recepção de dados, que opera em $\pm 5V_{cc}$ para o nível CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) aceito pela interface de comunicação serial do computador que opera com nível de tensão $\pm 12V_{cc}$. Esse CI, mostrado na Figura 13a é denominado MAX232, nomenclatura que deriva do padrão mundial de comunicação serial RS-232C.



FONTE: Maxim Integrated Products (2006).

Figura 13. MAX232 para nivelamento de voltagem. CI (a), Diagrama (b).

Como pode ser observado na Figura 13b, os níveis de tensão que operam na interface serial RS-232C estão entre $\pm 12V_{cc}$ (bits 0 e 1), da mesma forma esse é o nível de tensão padrão aceito por qualquer computador. Portanto, o CI MAX232 igualou os diferentes padrões de voltagem, para que os bits de dados fornecidos pela unidade eletrônica de recepção de dados pudessem ser reconhecidos e processados pelo computador.

Assim, para a ligação dos sensores LM35 com a unidade eletrônica de aquisição de dados, os cabos de conexão usados foram do tipo UTP categoria 5, composto por 4 pares de fios, como pode ser visto na Figura 14a.

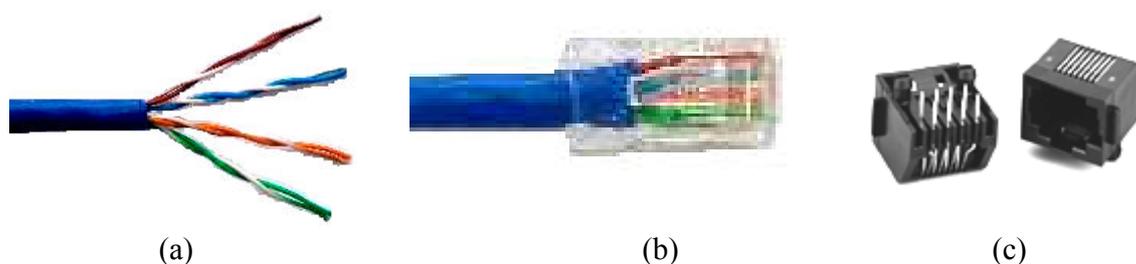


Figura 14. Cabo UTP. Pares de fios (a), Conector (b), Tomadas (jacks) (c).

Esse modelo é o mesmo empregado em redes locais de computadores (LAN – Local Area Network) com taxa de transmissão de dados de 10/100Mbps. Tem a vantagem de não possuir blindagem e mesmo assim, ser imune a interferências externas como as causadas por motores elétricos, transmissões de emisoras de rádio e TV ou qualquer outro tipo de interferência eletromagnética. O trançamento dos fios proporciona essa blindagem, e descarta a utilização de um filtro de frequência para eliminação dessas interferências. Os cabos foram conectados à unidade eletrônica de aquisição de dados por meio de conectores denominados RJ-45, como mostra a Figura 14b.

Para que seja possível às unidades eletrônicas de transmissão e recepção estabelecerem uma comunicação via rádio, foram dimensionadas duas antenas de cabo coaxial rígido do tipo RG-58 de 50 ohms, cada uma medindo 17 cm de altura. A composição desse tipo de cabo é mostrada na Figura 15.

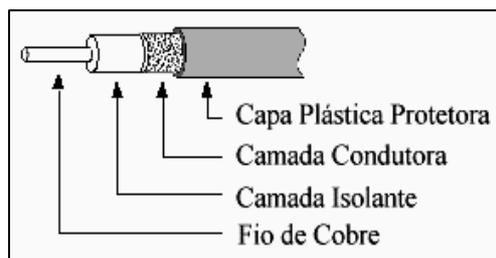


Figura 15. Cabo RG-58 utilizado como antena.

5.1.2 Componentes e ferramentas complementares

Para a construção das unidades eletrônicas, outros componentes e ferramentas foram utilizados (Tabela 5).

Tabela 5. Componentes e ferramentas complementares para o desenvolvimento do protótipo

Componente	Descrição	Componente	Descrição
	Reguladores de Tensão LM7805 e LM78L12		Cristal de 4.0 MHz
	Capacitores Cerâmico e Eletrolítico		Placa Gravadora de EPROM
	Resistores 1/4 watt		Matriz de Contatos ou Placa de Prototipação
	Fontes 5V _{cc} e 6V _{cc}		Alicate de Crimpagem p/ conector RJ-45
	Conectores RS-232 macho e fêmea		LEDs diversos
	Transistor LM7812		Termo-higrômetro

5.1.3 Ferramenta para programação do microcontrolador PIC

A programação do microcontrolador 16F877 foi realizada pelo programa MPLAB IDE do fabricante Microchip Technology Inc. (2007b), disponível gratuitamente em Microchip Technology Inc. (2007a). Segundo o fabricante, é uma ferramenta que agrega um conjunto integrado de ferramentas para desenvolvimento de programas embarcados, destinados aos seus microcontroladores PIC. O MPLAB IDE possui uma interface gráfica de fácil operação, além de incluir um leque de componentes gratuitos, para a codificação e depuração dos programas.

5.1.4 Ferramenta para projeto eletrônico

Os projetos das unidades eletrônicas foram criados com o programa EAGLE Light Edition[©] da CadSoft Computer GmbH versão gratuita (CADSOFT, 2007). O programa foi utilizado para desenhar o esquema do circuito eletrônico e a geração automática das trilhas do circuito impresso. O uso da versão gratuita do EAGLE é restrito a projetos acadêmicos e outros projetos sem fins lucrativos. Para os testes de comunicação da unidade eletrônica receptora de dados, foi utilizado o programa Hyper Terminal, que é um programa acessório do sistema operacional Windows XP[®].

5.1.5 Ferramentas para desenvolvimento do programa computacional

Os dados fornecidos pelas unidades eletrônicas de aquisição e recepção de dados foram processados e armazenados por um programa computacional ou software. A linguagem para desenvolvimento desse programa computacional foi JAVA da Sun Microsystems, escolhida fundamentalmente pela sua licença livre e pelo seu conceito de programação multiplataforma, conforme Deitel e Deitel (2005). Programas em linguagem JAVA também podem ser executados em dispositivos que apresentam limitações de memória como telefones celulares, pagers e assistentes pessoais digitais (PDAs). Sua estrutura de programação é baseada na POO (programação orientada a objetos), amplamente utilizada para o desenvolvimento de sistemas distribuídos com interface voltada ao ambiente Internet.

Para o processo de codificação das linhas do programa computacional em linguagem JAVA e a criação da sua interface gráfica com o usuário, foi utilizado o

ambiente integrado de desenvolvimento denominado NETBEANS IDE desenvolvido pela Sun Microsystems (SUN, 2006).

Esse ambiente é fornecido gratuitamente, pois tem código aberto a desenvolvedores de programas. O NETBEANS IDE oferece condições para criar programas utilizando-se recursos gráficos, além de possuir todas as ferramentas necessárias para construir aplicativos voltados ao ambiente da Internet e móveis de multiplataformas. Essa ferramenta também está disponível gratuitamente.

Para os processos de gerenciamento dos dados foram utilizados o sistema de banco de dados MySQL, Milani (2007), que oferece compatibilidade com a linguagem JAVA, é portátil (executa em qualquer sistema operacional), possui excelente desempenho, necessita de poucos recursos de hardware (recursos do computador como, por exemplo, memória RAM) e, principalmente, é um programa livre de licença e de código aberto (open source).

A configuração mínima do computador necessária para execução do programa computacional é um computador com processador de 32 bits, 500MHz de velocidade, 64Mb de memória RAM, 20Gb de disco rígido, sistema operacional Windows 98[®] ou superior com interface serial RS-232. Utilizou-se um computador portátil particular do autor que atendeu a configuração mínima exigida.

5.2 Instalação da estrutura necessária aos testes do protótipo

O protótipo do sistema de monitoramento foi instalado para a realização dos testes, em um silo do Laboratório Experimental de Ensaio em Secagem e Armazenamento (LESA) com aproximadamente 3 toneladas de capacidade, localizado na Fazenda Experimental Lageado da Universidade Estadual Paulista -UNESP em Botucatu-SP.

Primeiramente foram instalados sensores no interior do silo, dispostos em diferentes camadas da massa de grãos.

Foram instalados 2 cabos de par trançado tipo UTP com 8 fios e cada sensor de temperatura LM35 necessitou de 3 fios para conexão com a unidade eletrônica de aquisição de dados, sendo os fios de alimentação comum a todos os sensores ligados ao cabo. Portanto, cada cabo UTP suportou conexão de 6 sensores, como ilustrado detalhadamente na Figura 16.

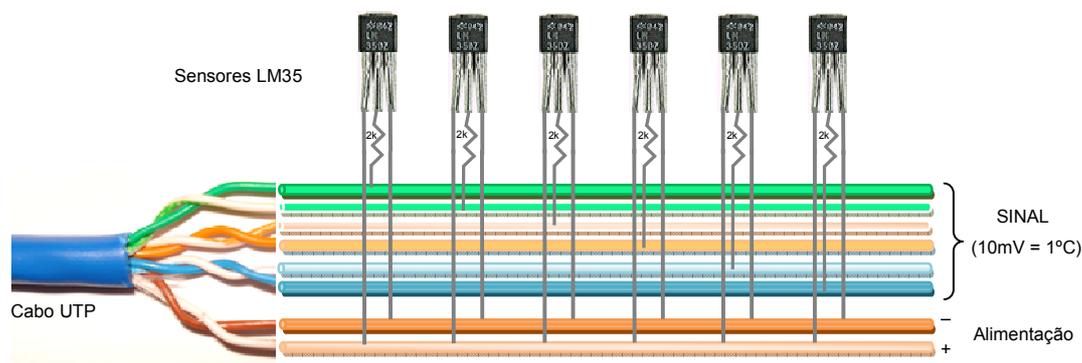


Figura 16. Esquema de ligação dos sensores LM35 no cabo UTP.

Cada conexão dos pinos dos sensores com o cabo UTP foi soldada com liga de estanho e devidamente isolada com fita de PVC e isolante termo-retrátil para evitar a ocorrência de curto-circuito e proteger os pinos dos sensores contra corrosões. Para evitar a perda do sinal, foram instalados nos pinos V_{out} de cada sensor resistores de 2k.

A instalação dos sensores de temperatura e umidade foi disposta ao longo do silo em camadas horizontais. Foram instalados sensores de temperatura no interior do silo em 3 camadas, além de sensores localizados no exterior e sob o piso (plenum), onde circula o ar de aeração. As plantas da instalação realizada no silo experimental podem ser conferidas na Figura 17 e Figura 18.

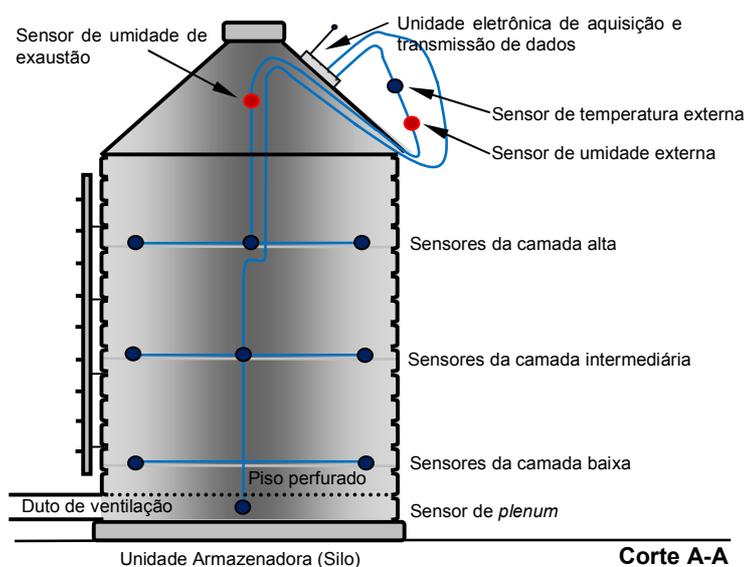


Figura 17. Esquema de instalação dos sensores para o silo experimental.

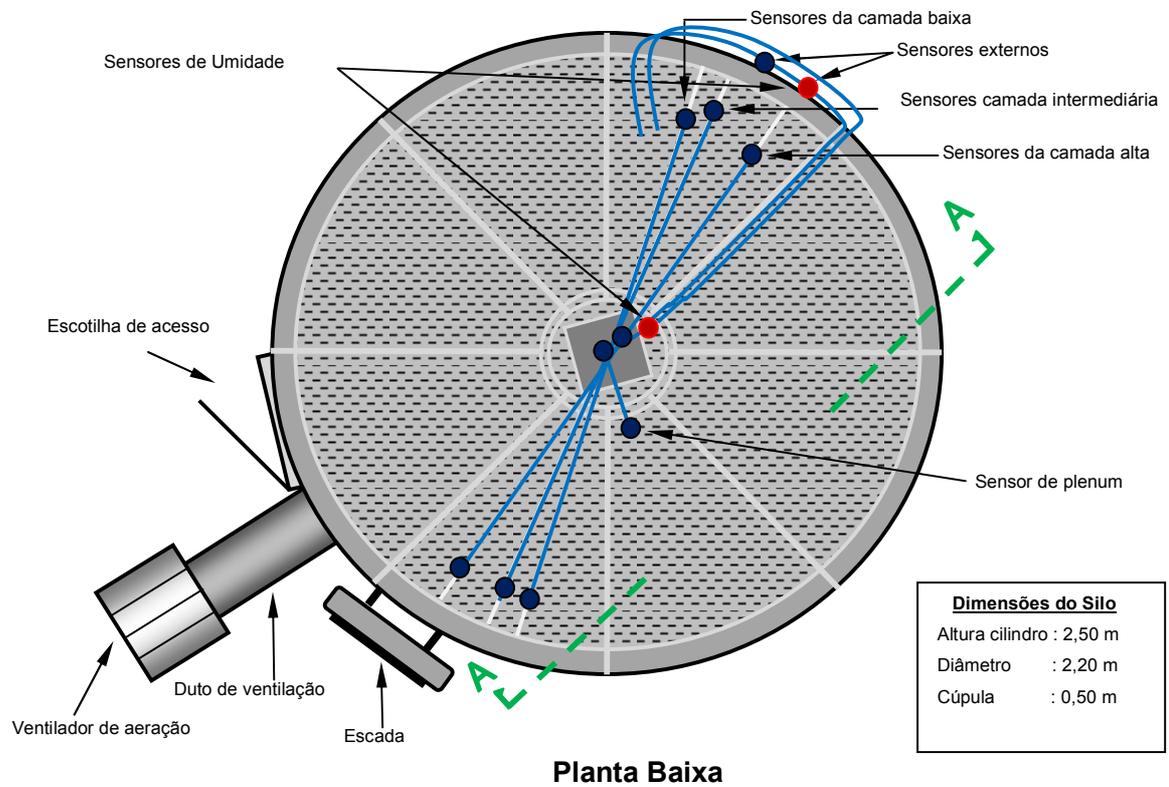
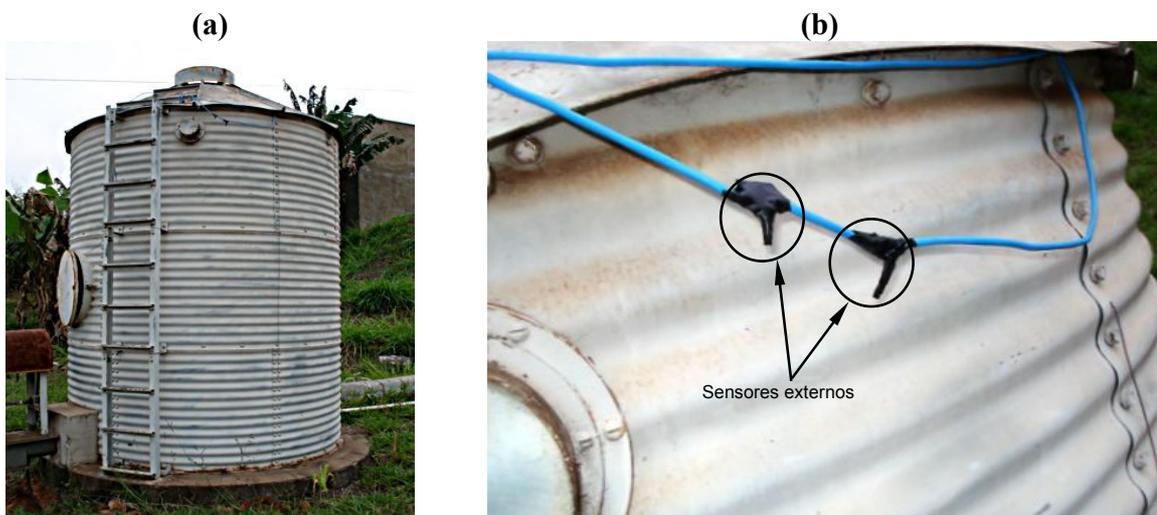


Figura 18. Planta baixa do esquema de instalação dos sensores para o silo experimental.

A Figura 19 ilustra a instalação dos sensores em diversas perspectivas.



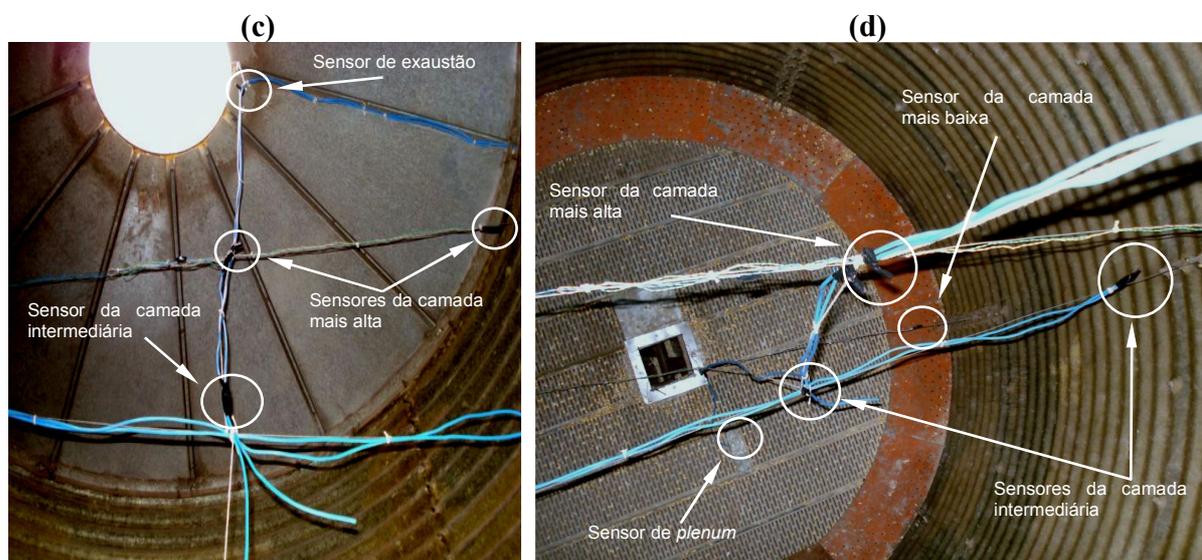


Figura 19. Instalação dos sensores. Silo experimental (a), Sensores externos (b), Visão inferior (c), Visão superior (d).

5.3 Interface de comunicação da unidade eletrônica de recepção com o computador

Basicamente, a interface de comunicação de um computador com dispositivos externos suporta dois formatos de transmissão de dados: paralelo e serial.

Quando dados são enviados/recebidos no formato paralelo, os *bits* desses dados são enviados/recebidos todos de uma vez, utilizando-se um fio para cada *bit*, enquanto que no formato serial os *bits* de dados são enviados/recebidos um de cada vez, por meio de um único fio.

Em qualquer computador padrão IBM-PC⁹ as interfaces de comunicação serial ou paralela são reconhecidas através de uma porta, isto é, um endereço de acesso à essas interfaces, identificada pelo sistema operacional do computador por meio de um nome (ex. serial COM1, COM2 e paralela LPT1, LPT2). Desta forma, um computador pode se comunicar externamente com outros dispositivos por meio das suas portas seriais ou paralelas.

⁹ Padrão criado em 1981 pela multinacional International Business Machines (IBM) para computadores pessoais e que se mantém até o momento.

A porta serial foi originalmente criada para conectar dispositivos como modems, mouses (apontadores) ou joysticks (controles para videogames). A porta paralela foi criada para conectar impressoras, mas atualmente pode ser utilizada para os mais variados fins, como conectar scanners (digitalizadores de imagens), câmeras de vídeo, unidades de discos removíveis e diversos outros tipos de placas de comunicação.

A porta serial é comumente utilizada para acessar ou controlar dispositivos conectados ao computador e possui algumas diferenças em relação à porta paralela. Dentre elas, a porta serial exige maior complexidade para se estabelecer uma comunicação, devido à necessidade do dispositivo externo possuir um conjunto de regras reconhecido pela interface da porta serial do computador, isto é, os dispositivos e a sua interface devem reconhecer o mesmo protocolo de comunicação. Essa padronização oferece maior portabilidade à interface da porta serial, habilitando a comunicação com dispositivos dos mais variados fabricantes sem alteração dos seus protocolos de comunicação. Isso não se observa em comunicações paralelas, pois há ausência de um protocolo padrão. Essa diversidade de padrões pode fazer com que um programa que acesse a porta paralela, não funcione corretamente em qualquer computador. Outra diferença é a existência de apenas dois fios para tráfego dos dados, um para o envio e outro para recepção. Cada um dos fios aceita sentido bidirecional, isto é, do transmissor para o receptor e vice-versa, sendo que a transmissão e recepção podem acontecer simultaneamente. Além da menor quantidade de fios para o tráfego de dados, o que pode também ser um fator econômico, os cabos de transmissão/recepção conectados às interfaces seriais podem ser mais longos do que os cabos de interfaces paralelas.

Por essas razões adotou-se o padrão serial para a comunicação entre a unidade eletrônica de recepção de dados e o computador. A escolha foi motivada por questões técnicas relativas à velocidade de transmissão, portabilidade, e por ser muito utilizada nas comunicações de computadores com microcontroladores. Os componentes responsáveis pela comunicação por radiofrequência (par transmissor/receptor híbrido) que foram utilizados no protótipo, têm uma velocidade de transferência de até 1.200 bps (bits por segundo) conforme especificação do fabricante. A interface serial pode ser configurada para operar na faixa entre 50 a 115.200 bps. Isso significa que a velocidade de recepção dos dados pelo computador foi

limitada a 1.200 bps, não sendo necessário o uso de interfaces de comunicação com maior fluxo de dados.

Para comunicação com o computador, a unidade eletrônica de recepção foi projetada para enviar dados por meio de um cabo para interface serial, conhecida como RS-232 com 9 pinos. O computador portátil utilizado nos testes não possui esse tipo de interface, portanto foi necessária a utilização de um adaptador para interface do tipo USB (Universal Serial Bus – via de dados serial universal) (Figura 20).

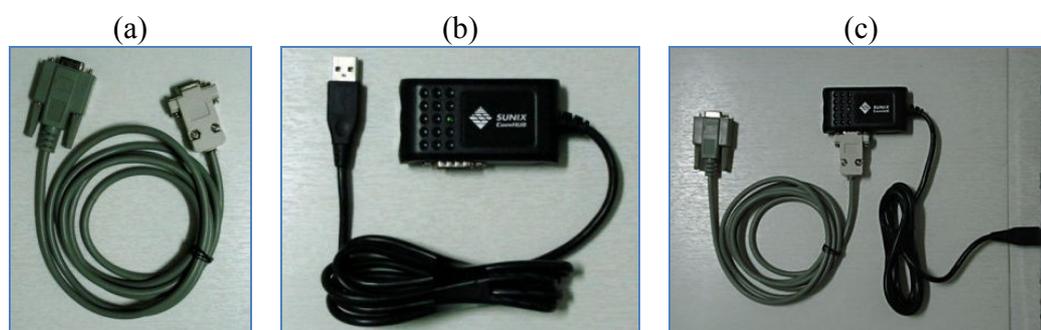
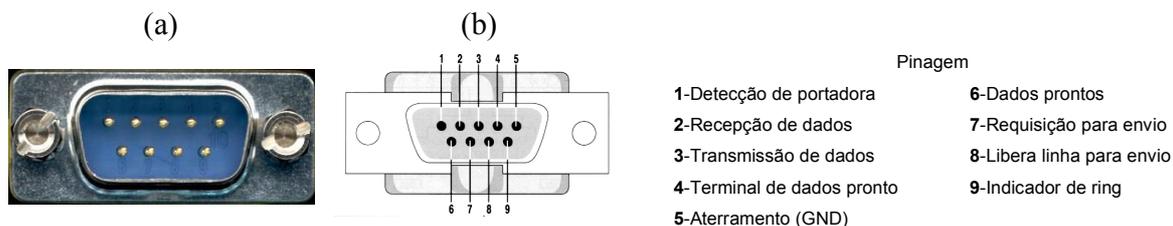


Figura 20. Cabo Serial (a), Adaptador USB (b), Serial+Adaptador USB (c).

O adaptador USB permitiu ao sistema operacional do computador, reconhecer a interface USB como se fosse uma interface serial do tipo COM¹⁰. É importante frisar que o uso desse adaptador USB, é somente indicado em computadores que não possuam um conector para interface serial. A interface RS-232 ainda define os conectores e as funções de seus respectivos pinos. O conector utilizado foi o tipo DB-9 com 9 pinos (macho e fêmea), sendo que apenas os pinos 2 (recepção), 3 (transmissão) e 5 (GND) foram necessários para o estabelecimento da comunicação do computador com a unidade receptora de dados. A função de cada pino de um conector serial DB-9 é ilustrada na Figura 21.

¹⁰ Nome dado à porta de comunicação serial de um computador, reconhecido pelo seu sistema operacional.



FONTE: Arc (2007).

Figura 21. Conectores DB-9. Conector macho (a), Conector fêmea e pinagem (b).

Como a comunicação de dados da unidade eletrônica de recepção ocorreu somente em um sentido (unidirecional), ou seja, somente enviou os dados ao computador, foram conectados apenas o pinos 3 (transmissão) e 5 (GND) sendo esse último sempre obrigatório para qualquer configuração de pinagem para comunicação.

Após concluir a instalação da estrutura necessária aos sensores, a etapa seguinte foi destinada aos testes operacionais das unidades eletrônicas e do programa computacional, como esquematizado na Figura 22.

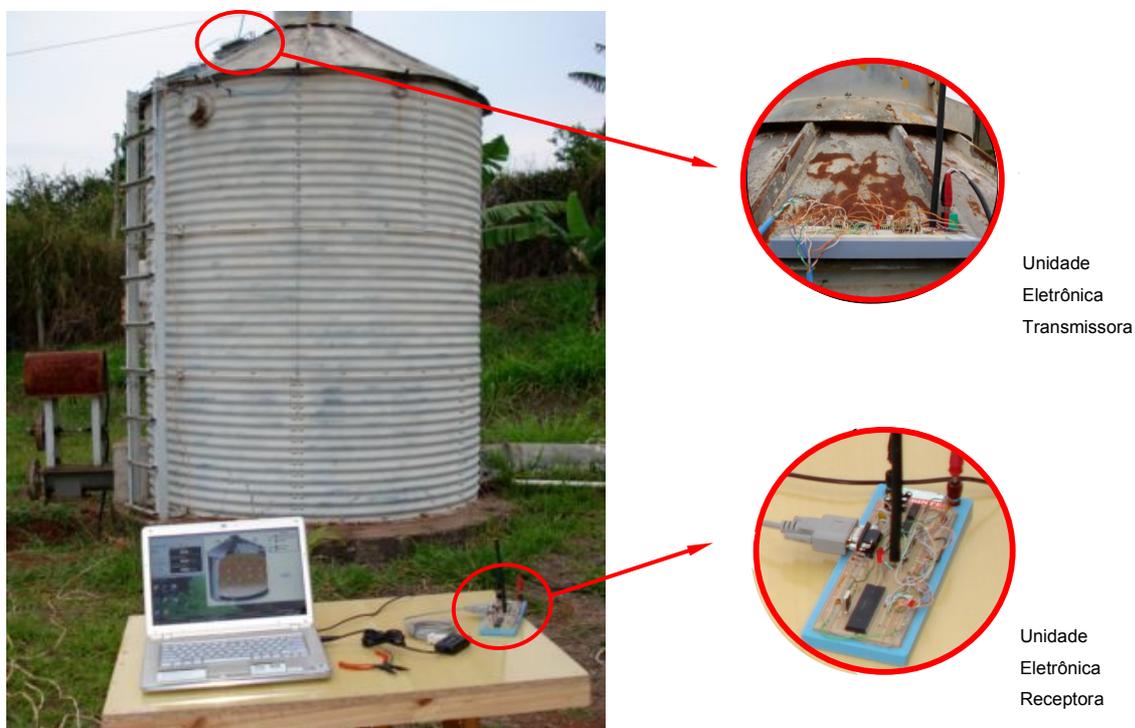


Figura 22. As unidades eletrônicas e o programa computacional instalados.

5.4 Testes do Protótipo

O experimento realizado com o protótipo de sistema para monitoramento via rádio de temperatura e umidade em silos, contemplou a realização de testes a cerca da distância alcançada pelos sinais de rádio, onde houve contabilização de erros de transmissão e percepção de quais as condições mais favoráveis de operação das unidades eletrônicas. Além disso, foi testado o comportamento do programa computacional de monitoramento de acordo com o contexto de operação.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Buscando-se responder as indagações que norteiam este trabalho, o presente capítulo discorre sobre os processos envolvidos no desenvolvimento do protótipo de sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros. Para este fim, algumas análises referentes aos resultados de testes realizados com esse protótipo, bem como considerações sobre os custos envolvidos na sua implementação, aos pequenos produtores de grãos, foram realizadas.

A Figura 23 representa uma visão geral do protótipo desenvolvido, suas unidades componentes e suas interações.

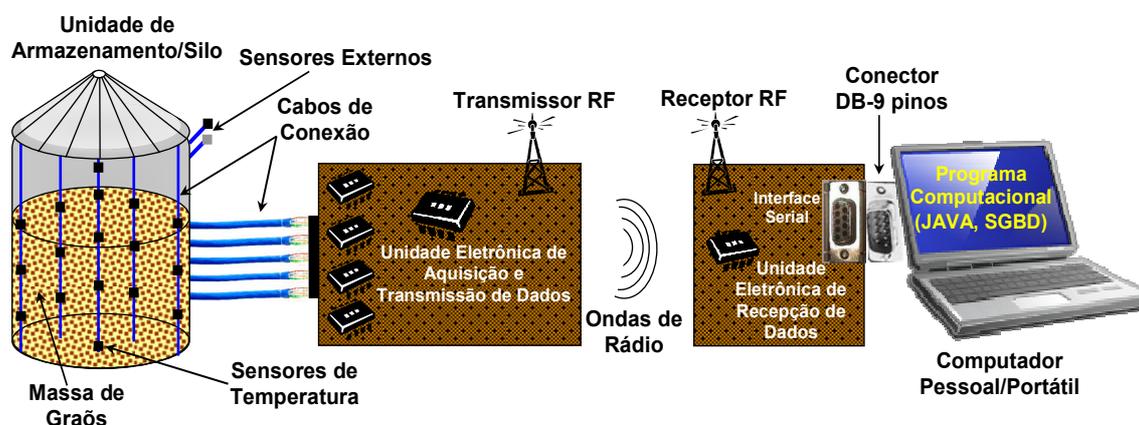


Figura 23. Visão geral do protótipo do sistema de termometria via rádio.

Foram definidas as unidades físicas integrantes do protótipo como:

Unidade de armazenamento: constitui-se na unidade onde os grãos foram armazenados e suas condições de conservação monitoradas, através de leituras de temperatura da massa de grãos e das umidades do ar de exaustão e do ar exterior, desta unidade.

Sensores: são os componentes responsáveis pelas leituras dos valores de temperatura e umidade. Foram instalados sensores de temperatura dispostos em camadas no interior da unidade armazenadora, para que pudessem medir a temperatura da massa de grãos. Outros sensores de temperatura e umidade foram usados para leituras externas a unidade armazenadora, com o intuito de se determinar indiretamente a umidade do ar intragranular, um importante fator que interfere na qualidade da conservação.

Cabos de conexão: foram os meios de comunicação utilizados para transporte dos dados oriundos dos sensores até a unidade eletrônica de aquisição de dados. São do tipo UTP de par-trançado com 4 pares de fios que foram utilizados tanto para transporte de dados, quanto para o fornecimento de energia aos sensores. Para sua instalação foram fixados em arames galvanizados dispostos horizontalmente ao longo da unidade de armazenamento.

Unidade eletrônica de aquisição e transmissão de dados: foi acoplada a unidade de armazenamento e foi responsável pela aquisição dos dados dos sensores de temperatura e umidade. Além disso, teve a função de organizar os dados para transmissão, estabelecendo uma seqüência lógica para os dados transmitidos, possibilitando o reconhecimento desses dados pela unidade receptora.

Unidade eletrônica de recepção de dados: teve a função de receber os dados e estabelecer uma interface de comunicação serial com o computador pessoal.

Computador pessoal: é o componente que foi responsável pelo processamento e armazenamento dos dados de temperatura e umidade, onde foi executado o programa computacional desenvolvido. Foi utilizado um computador portátil com recursos suficientes de memória e armazenamento para a execução do programa.

6.1 O protótipo das unidades eletrônicas

Os circuitos e componentes eletrônicos que compõem as unidades transmissora e receptora foram implementados no que se denomina matriz de contatos ou

prototype board, que proporciona flexibilidade na adição de componentes eletrônicos, bem como na disposição das trilhas de contatos entre esses componentes. Em um prototype board não há soldagem dos elementos inseridos, pois sua utilização se configura somente na fase experimental de um projeto eletrônico. Os testes realizados das unidades eletrônicas foram conduzidos nesta fase, devido à facilidade de se realizar ajustes e alterações no projeto.

Ao todo foram realizados dois tipos de testes: o primeiro verificou-se a confiabilidade da comunicação via rádio, onde foi enviada uma mesma seqüência de números (sem a presença de sensores) sendo verificada sua recepção; o segundo, testou-se o alcance da transmissão por rádio, com a unidade eletrônica de transmissão e os sensores instalados no silo, obtendo-se dados reais desses sensores. As unidades eletrônicas em fase experimental são apresentadas na Figura 24.

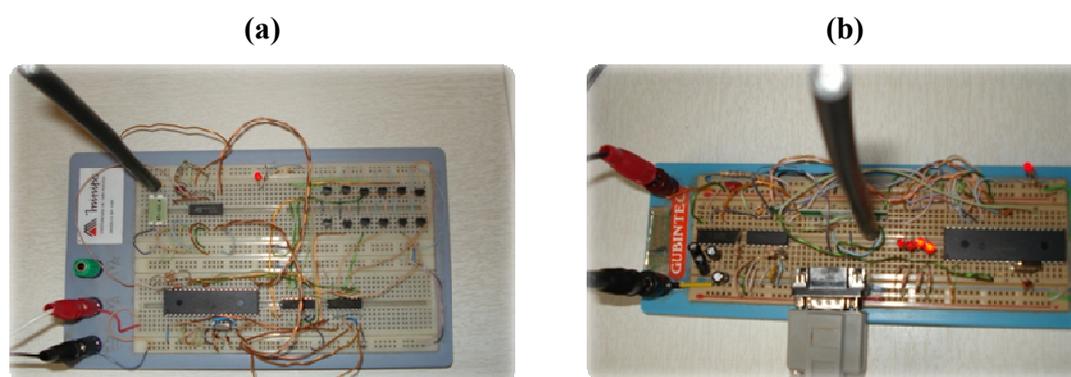


Figura 24. Unidades eletrônicas, Transmissora (a), Receptora (b).

Assim, com a intenção de tornar a unidade transmissora adaptável a qualquer tipo de aplicação, capaz de se adequar aos mais variados tamanhos de silos, o projeto eletrônico foi elaborado em módulos. Isto significa que a unidade pode ser composta por um ou mais módulos acopláveis, de acordo com o número de sensores necessários para cobrir toda a extensão da massa de grãos armazenada, adequando-se a silos de diferentes volumes de armazenamento. Cada módulo é capaz de realizar leituras e transmitir valores de até 32 sensores, sendo suficiente para a maioria dos silos de pequeno porte, com capacidade de armazenar entre 5 a 10 toneladas de grãos. Em casos em que seja necessário um número maior de sensores, basta acoplar mais um módulo de expansão com 32 sensores, dobrando a

capacidade de monitoramento do sistema. Com a modularidade, a unidade transmissora pode se adequar melhor em casos onde o silo não necessita mais do que 32 sensores, conseqüentemente pode ser mais bem aceito em pequenas propriedades, onde geralmente se tem poucos recursos disponíveis para aquisição de equipamentos tecnológicos. Os projetos elétricos e das placas eletrônicas de circuito impresso correspondentes às unidades transmissora, receptora e o módulo de expansão, são apresentados nas Figura 25 a Figura 30, cada uma delas com seus projetos específicos.

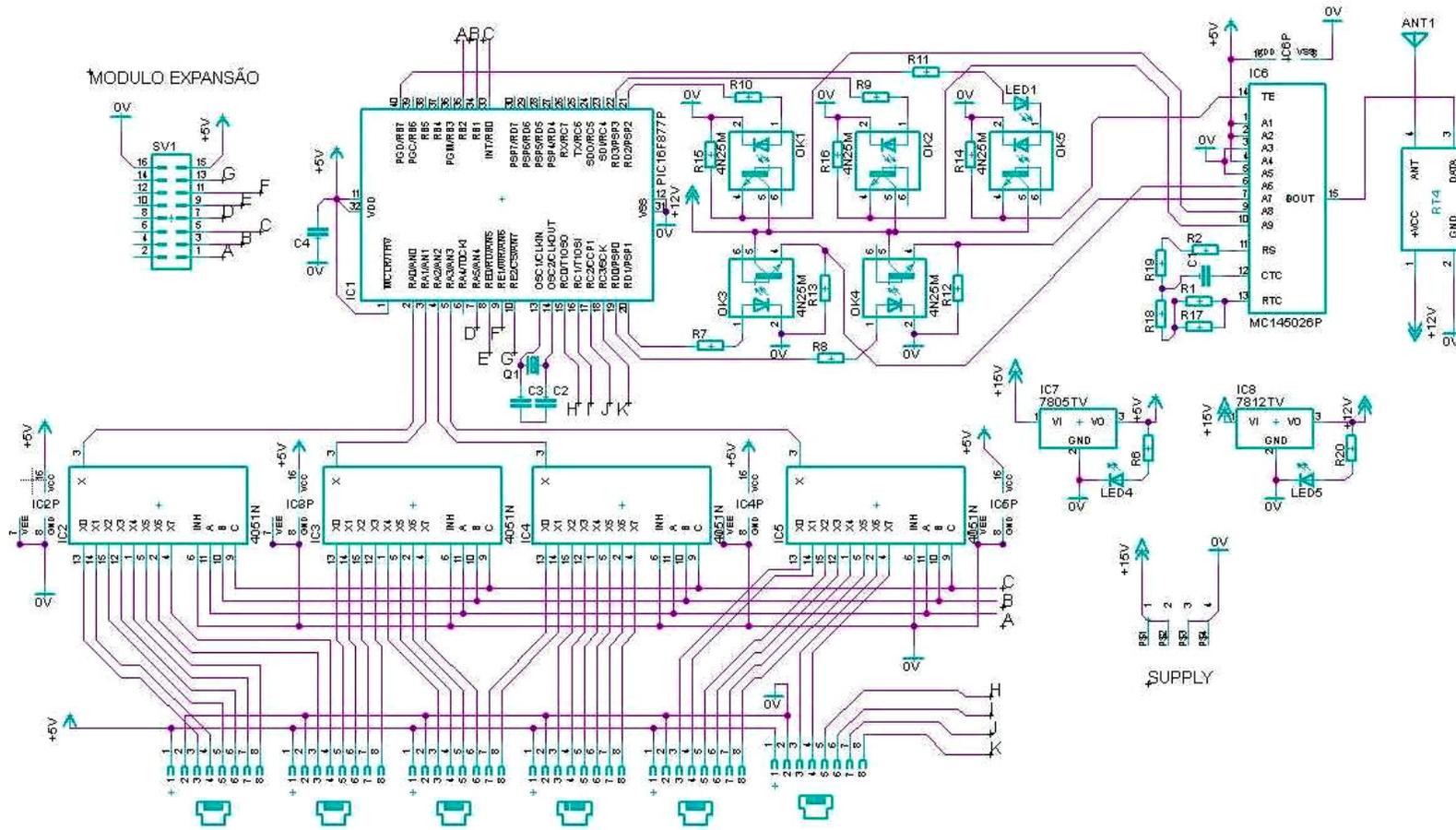


Figura 25. Projeto elétrico (esquemático) da unidade transmissora.

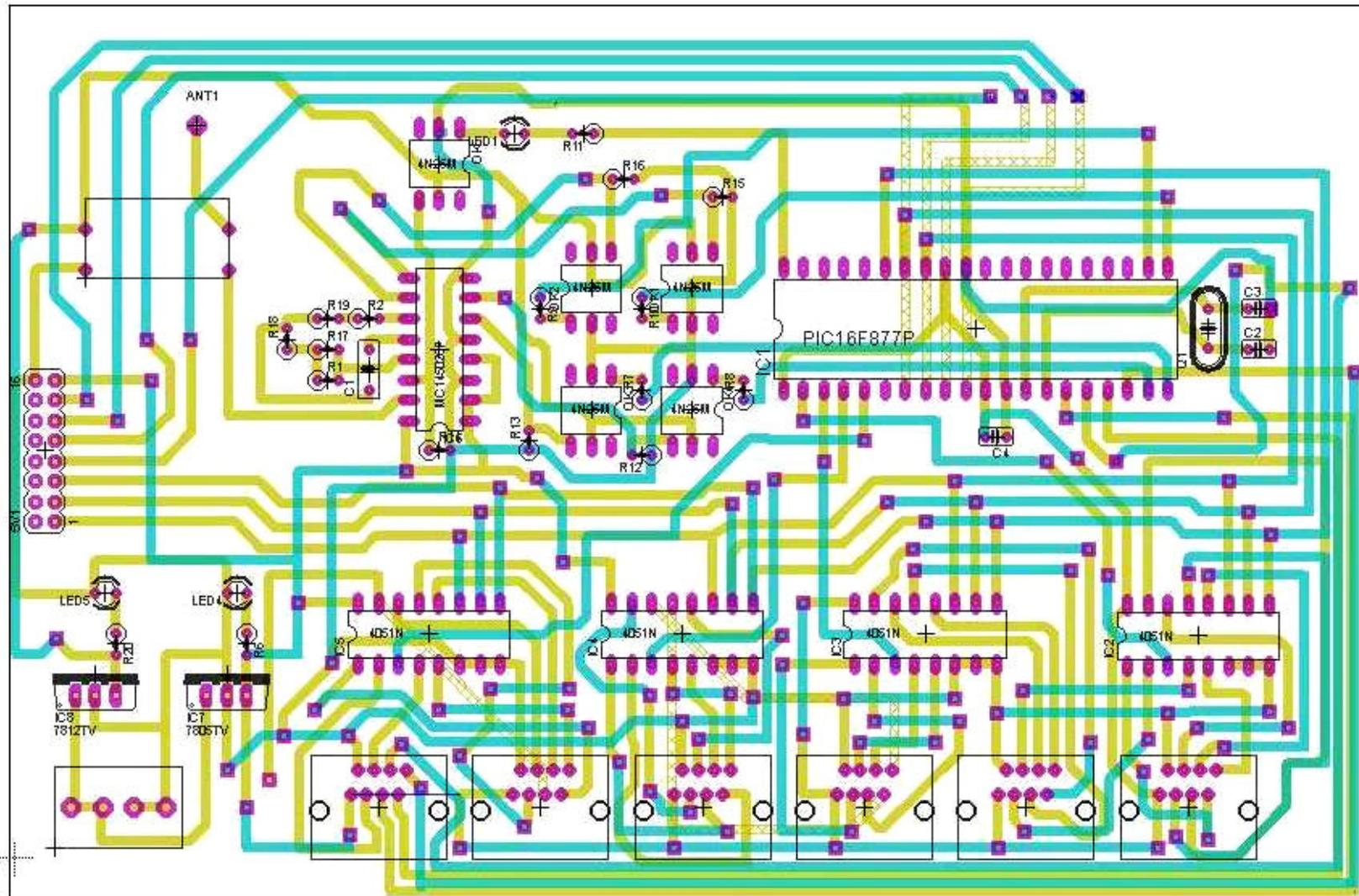


Figura 26. Projeto da placa eletrônica de circuito impresso da unidade transmissora.

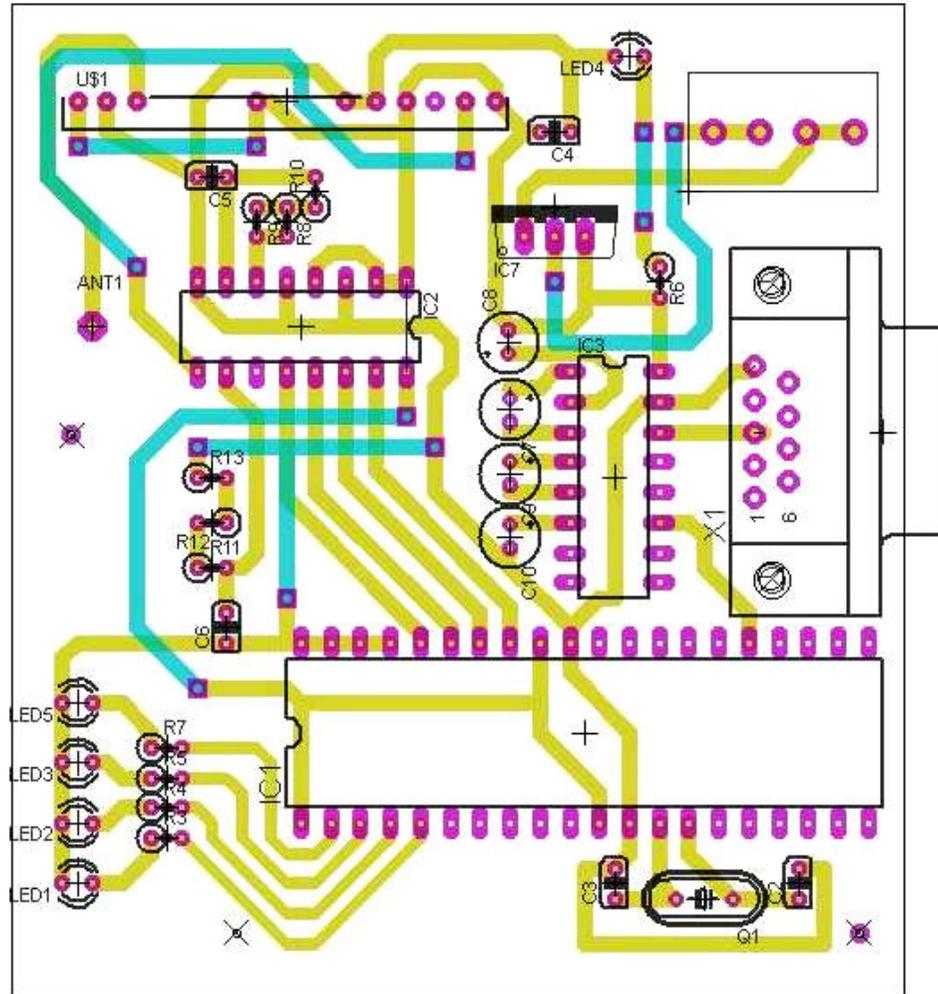


Figura 28. Projeto da placa eletrônica de circuito impresso da unidade receptora.

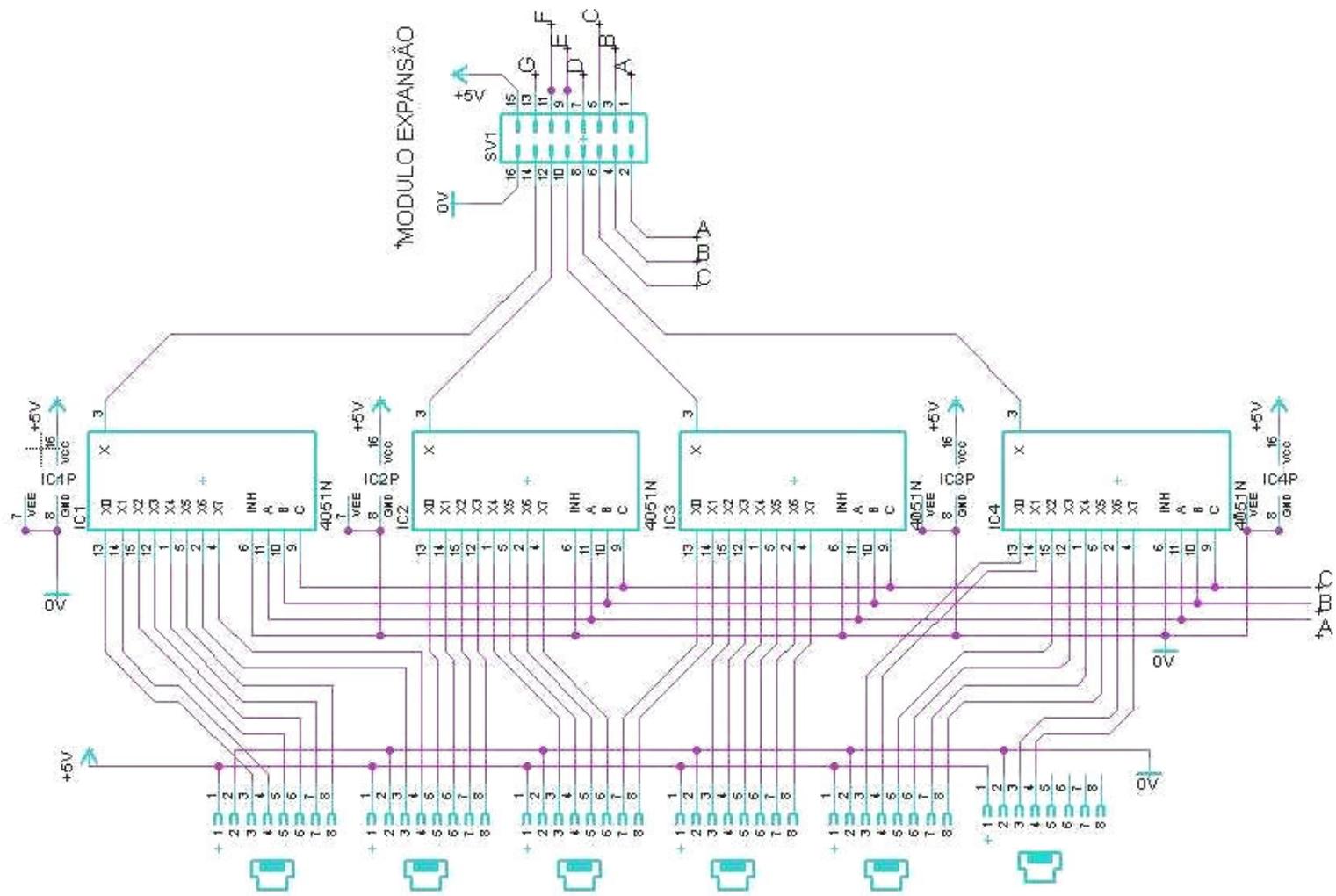


Figura 29. Projeto elétrico (esquemático) do módulo de expansão.

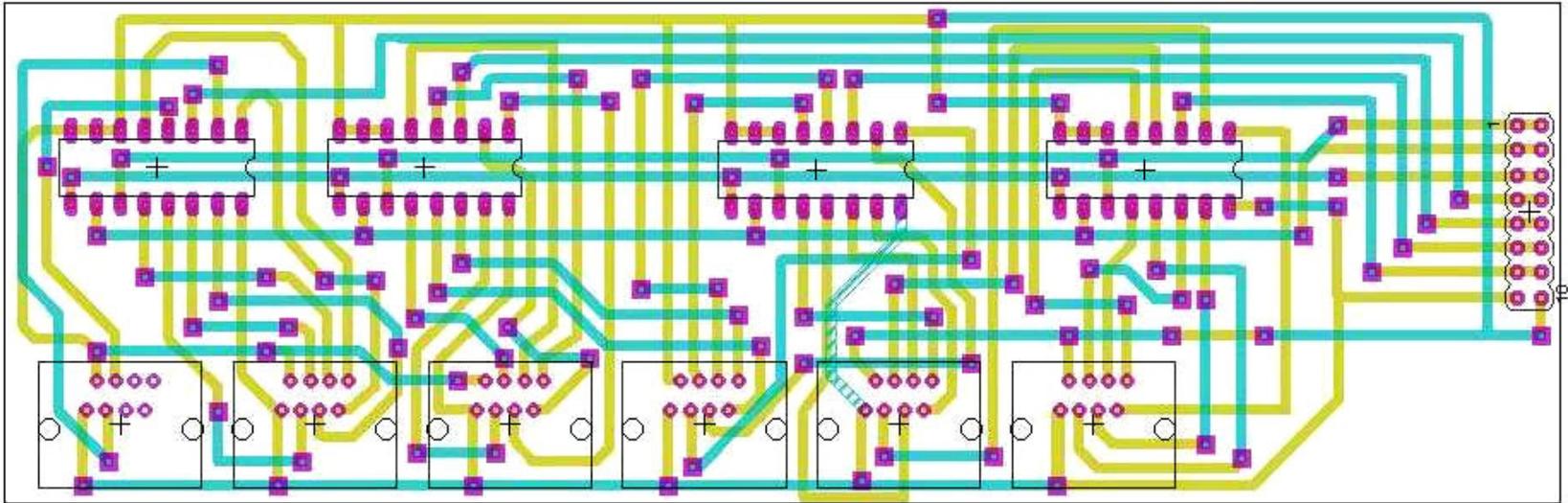


Figura 30. Projeto da placa eletrônica de circuito impresso do módulo de expansão.

6.2 A comunicação entre as unidades eletrônicas de transmissão e recepção de dados

Com a conclusão das primeiras unidades eletrônicas do protótipo e o início dos testes operacionais em local aberto, constatou-se que durante a comunicação ocorria um grande número de dados corrompidos, sem saber com exatidão qual a origem do problema. Inicialmente, pensou-se na hipótese de que os dados poderiam estar sendo corrompidos por alguma outra fonte de rádio operante na mesma frequência e próxima ao local de teste. Entretanto, descartou-se essa hipótese quando se testou o protótipo em local fechado e com paredes de concreto que poderiam dificultar a penetração dessas fontes de interferência, mas mesmo assim, os erros de recepção persistiram. Nos testes, a unidade transmissora enviou 5 (cinco) caracteres no formato “000.0” (zero, zero, zero, ponto, zero) e com o uso do programa Hyper Terminal, foi verificado que o computador recebeu. Os resultados desse teste são apresentados na Figura 31.

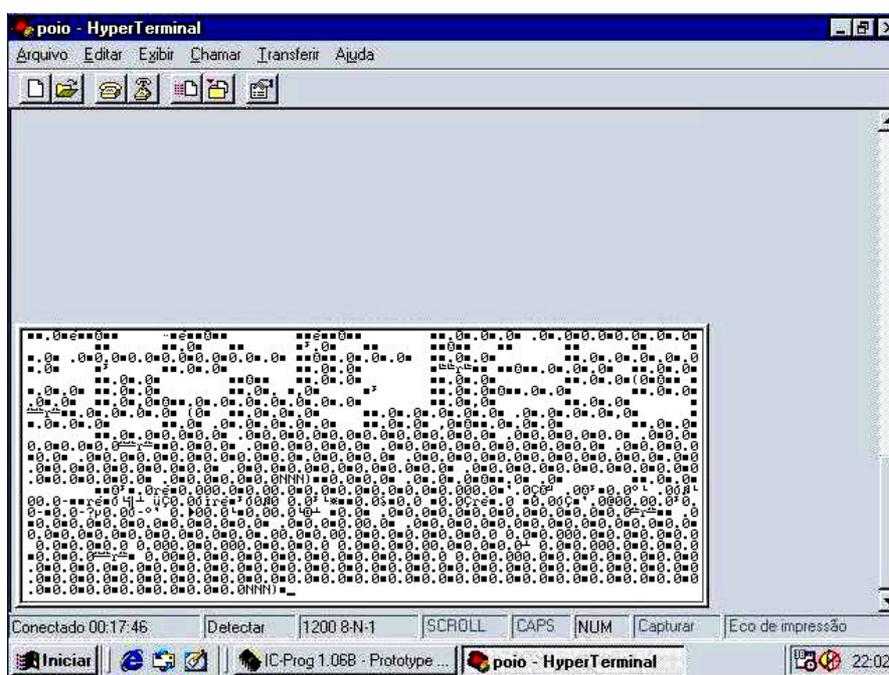


Figura 31. Primeiro resultado do teste de comunicação via rádio.

Constatando-se a permanência dos erros na recepção, foi levantada uma segunda hipótese de que o problema poderia estar na diferença das taxas de transmissão e recepção, que é maior no transmissor do que no receptor. Assim, foram feitos vários testes, sempre baixando-se pela metade a taxa inicial de transmissão, até um patamar onde o receptor pudesse receber os dados sem erros. Iniciou-se com a taxa padrão do transmissor que é de 2400bps (bits por segundo), depois baixou-se para 1200bps, em seguida 600bps e finalmente 300bps, onde pela primeira vez os dados corrompidos apresentaram sensível redução, porém ainda não se obteve ausência de erros. A comunicação ainda não poderia ser considerada estável e confiável. A Figura 32 apresenta os resultados do teste de recepção a 300bps.

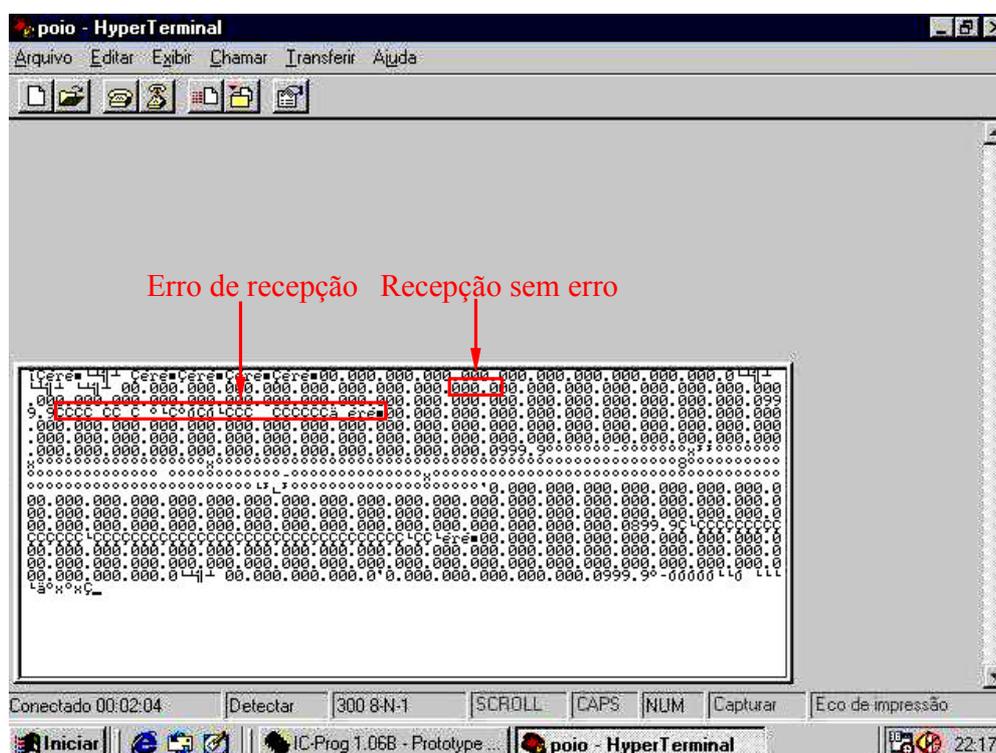


Figura 32. Resultado do teste de comunicação via rádio a 300bps.

Buscando-se a resolução desse problema, voltou-se ao projeto inicial e a novas pesquisas bibliográficas. Assim, percebeu-se que seria necessária a adição de um novo componente eletrônico, responsável pela inserção de bits de endereçamento na transmissão de todos os dados, garantindo a recepção correta e minimizando o risco de interferências de

outras fontes de rádio. Tal componente é denominado, CODEC, abreviação para codificador/decodificador de dados. Assim sendo, foi adicionado um par de CODECs - um para a unidade transmissora e outro para a receptora.

Com a presença do CODEC, a programação dos microcontroladores das unidades transmissora e receptora, deveriam ser modificadas para que os bits de endereço gerados pelo CODEC pudessem ser inseridos e retirados do conjunto dos bits de dados. Finalmente, outro conjunto de testes foi realizado, obtendo-se sucesso na transmissão confiável dos dados como se constata na Figura 33.

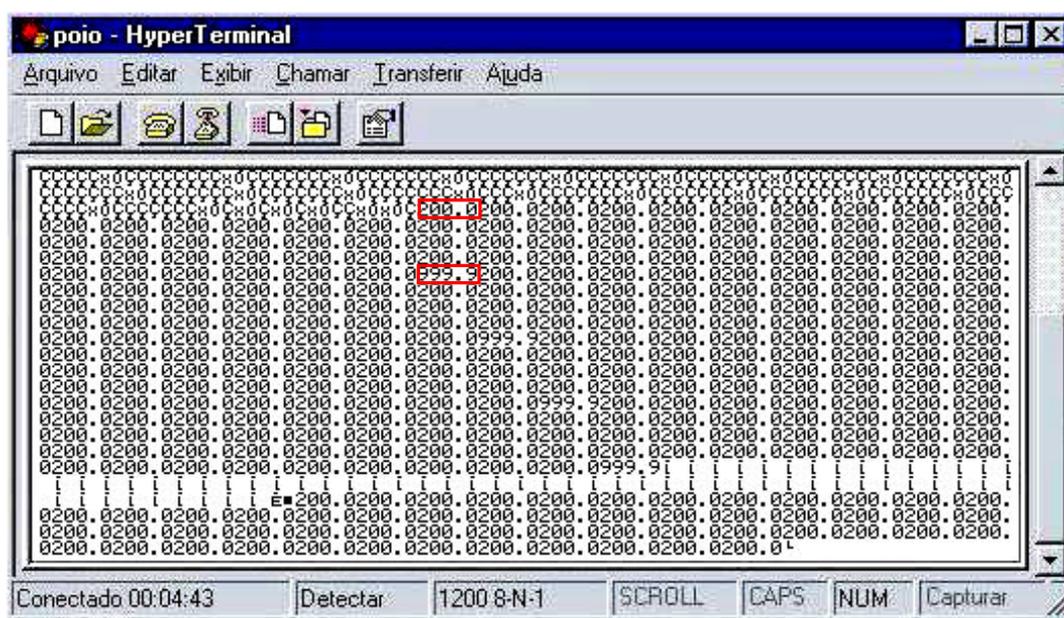


Figura 33. Resultado da comunicação via rádio com o uso do codificador de dados.

Nesses testes optou-se por enviar 64 vezes a sequência 200.0 (dois, zero, zero, ponto, zero) simulando os dados que posteriormente seriam obtidos pelos sensores. Para sinalizar ao programa computacional o final da transmissão, a unidade transmissora enviou 5 (cinco) caracteres no formato “999.9” (nove, nove, nove, ponto, nove). Os testes preliminares foram realizados a distâncias pequenas que variaram de no máximo 1m (um metro). Vale enfatizar que esses números não correspondem aos valores reais obtidos pelos sensores.

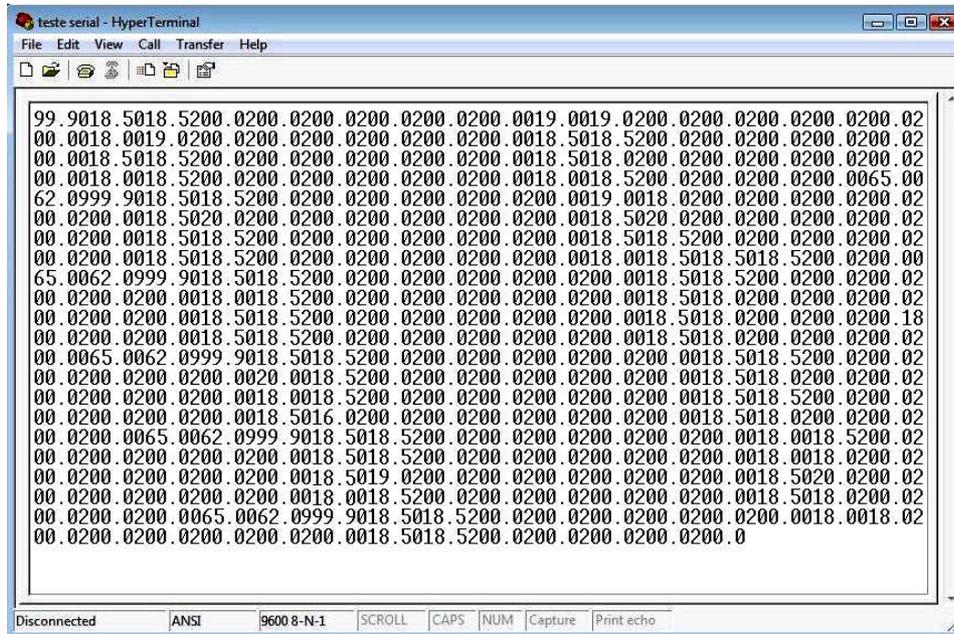
Como toda comunicação via rádio tende a sofrer atenuações do sinal devido ao aumento da distância entre o receptor e o transmissor e também pela existência de obstáculos que podem interferir na propagação das ondas, foram realizados testes no intuito de se constatar qual a distância máxima que possibilitasse uma comunicação livre de erros. Para essa segunda fase dos testes, a unidade transmissora e os sensores foram instalados no silo e a unidade receptora foi acoplada a um computador portátil, sendo posicionada a distâncias sempre crescentes de 1 metro. Em cada posicionamento da unidade receptora, verificou-se qual a porcentagem de dados corrompidos que poderiam ocorrer num determinado período de tempo. Ao todo, o teste de alcance abrangeu distâncias entre 1 a 30 metros e em cada uma das distâncias, efetuou-se o teste de comunicação de dados durante o período 10 minutos. Em cada teste, transmitiu-se um número fixo de dados e posteriormente contou-se o número de dados que não foram recebidos. Os resultados são apresentados na Figura 34.



Figura 34. Gráfico de erros de comunicação via rádio obtido para o teste de distância.

De acordo com o gráfico da Figura 34, constatou-se que a comunicação via rádio mostrou-se confiável, isto é, ausente de erros, em distâncias compreendidas no intervalo de 1 a 15 metros, sendo que em distâncias superiores a esse intervalo, o número de erros cresce proporcionalmente ao aumento da distância entre as unidades transmissora e receptora. A Figura 35 e a Figura 36 exibem detalhadamente o

comportamento da recepção dos dados em relação à distância em que a unidade receptora foi posicionada.

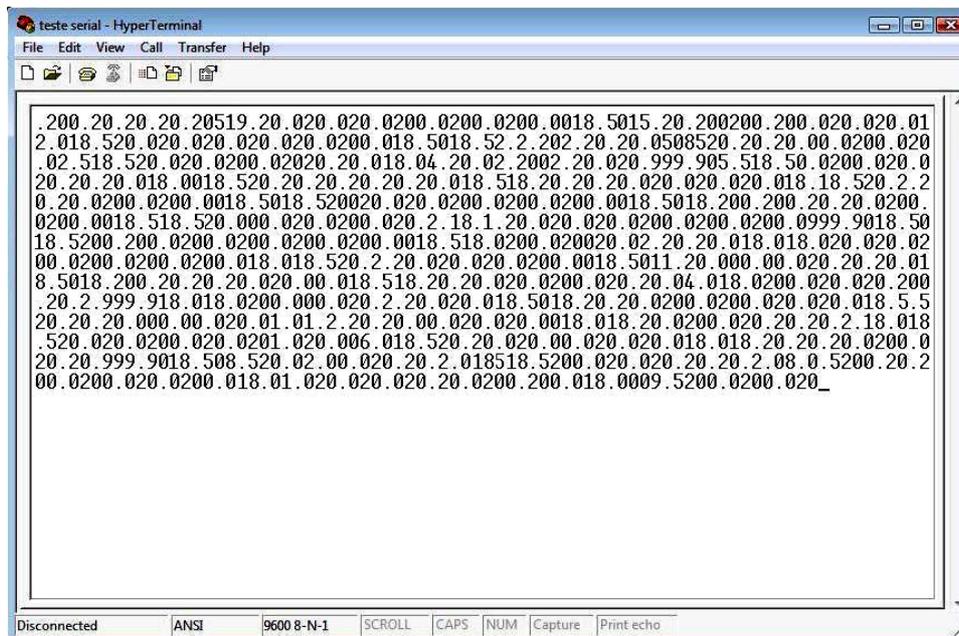


```

99.9018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0019.0019.0200.0200.0200.0200.0200.02
00.0018.0019.0200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.02
00.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.0200.0200.0200.0200.02
00.0018.0018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.0018.5200.0200.0200.0200.0065.00
62.0999.9018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0019.0018.0200.0200.0200.0200.02
00.0200.0018.5020.0200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5020.0200.0200.0200.02
00.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.02
00.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.0018.5018.5018.5200.0200.00
65.0062.0999.9018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.02
00.0200.0200.0018.0018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.0200.0200.0200.02
00.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0018.0200.0018.0200.0200.18
00.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.0200.0200.0200.02
00.0065.0062.0999.9018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.02
00.0200.0200.0200.0020.0018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.0200.0200.02
00.0200.0200.0200.0018.0018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.02
00.0200.0200.0200.0018.5016.0200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.0200.0200.02
00.0200.0065.0062.0999.9018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.0018.5200.02
00.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.0018.0200.02
00.0200.0200.0200.0200.0018.5019.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5020.0200.02
00.0200.0200.0200.0200.0018.0018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.5018.0200.02
00.0200.0200.0065.0062.0999.9018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0018.0018.02
00.0200.0200.0200.0200.0018.5018.5200.0200.0200.0200.0200.0200.0

```

Figura 35. Recepção dos dados até 15 metros de distância.



```

.200.20.20.20.20519.20.020.020.0200.0200.0200.0018.5015.20.200200.200.020.020.01
2.018.520.020.020.020.020.0200.018.5018.52.2.202.20.20.0508520.20.20.00.0200.020
.02.518.520.020.0200.02020.20.018.04.20.02.2002.20.020.999.905.518.50.0200.020.0
20.20.20.018.0018.520.20.20.20.20.018.518.20.20.020.020.018.18.520.2.2
0.20.0200.0200.0018.5018.520020.020.0200.0200.0200.0018.5018.200.200.20.20.0200.
0200.0018.518.520.000.020.0200.020.2.18.1.20.020.020.0200.0200.0200.0999.9018.50
18.5200.200.0200.0200.0200.0200.0018.518.0200.020020.02.20.20.018.018.020.020.02
00.0200.0200.0200.018.018.520.2.20.020.020.0200.0018.5011.20.000.00.020.20.20.01
8.5018.200.20.20.020.00.018.518.20.20.020.0200.020.20.04.018.0200.020.020.200
.20.2.999.918.018.0200.000.020.2.20.020.018.5018.20.20.0200.0200.020.020.018.5.5
20.20.20.000.00.020.01.01.2.20.20.00.020.020.0018.018.20.0200.020.20.2.18.018
.520.020.0200.020.0201.020.006.018.520.20.020.00.020.020.018.018.20.20.0200.0
20.20.999.9018.508.520.02.00.020.20.2.018518.5200.020.020.20.20.2.08.0.5200.20.2
00.0200.020.0200.018.01.020.020.020.20.0200.200.018.0009.5200.0200.020_

```

Figura 36. Recepção de dados a 30 metros de distância.

Como se observa na Figura 35, em cada ciclo de leitura foram enviados dados reais de 16 sensores. Entretanto, como o sistema estava sendo dimensionado para operar com 64 sensores, para o teste realizado enviou-se uma seqüência de caracteres “200.0” (dois, zero, zero, ponto, zero) para os sensores restantes (de 17 a 64). Vale enfatizar que esta seqüência foi desconsiderada pelo programa computacional.

Em relação aos testes de alcance da transmissão por rádio, quando se chegou a 30 metros de distância da unidade transmissora, houve um percentual de erro de 36,4% dos dados transmitidos. Analisando-se a Figura 36 dos 1.774 caracteres enviados, apenas 1.110 foram recebidos, o que comprometeu a confiabilidade da comunicação. Tal constatação não corresponde à afirmação do fabricante de que o par transmissor/receptor híbrido de rádio opera em distâncias que variam de 20 a 30 metros, pois a distância máxima obtida para uma comunicação confiável foi de 15 metros.

Conforme a literatura, os problemas inerentes a atenuação do sinal podem ser solucionados aumentando-se a potência dos sinais de rádio emitidos pela placa transmissora, com a instalação de um amplificador de sinal ou uma fonte de alimentação mais potente, como também, utilizando-se antenas direcionais com visada direta. Para o caso em questão, isso poderia ser viável, mas o protótipo poderia não atender aos requisitos de baixo custo, voltado ao pequeno produtor (uma análise preliminar referente à viabilidade econômica do protótipo será feita no decorrer deste capítulo). Ainda de acordo com a literatura, mesmo atendendo todos os requisitos técnicos para prover uma comunicação via rádio confiável, as ondas de rádio estão sujeitas a outros tipos de interferências de diversas fontes, como: ondas eletromagnéticas de irradiações solares, bobinas de motores elétricos e também de descargas elétricas atmosféricas. Essa última fonte de interferência causa o que é conceituado pela literatura como ruído impulsivo e não se pode evitá-lo ou prevê-lo.

Nos casos onde as interferências são inevitáveis e causam a corrupção dos dados, o programa computacional de monitoramento presente no computador foi dotado de um mecanismo para detectar e descartar os dados corrompidos. Como se transmite um conjunto seqüencial de dados, uma falha no recebimento de um dado pode comprometer os subseqüentes, sendo necessário se descartar o dado corrompido e se identificar o próximo dado válido. Esse descarte é feito repetidas vezes até que um dado seja considerado válido para ser admitido pelo programa. Exemplificando, seja o valor 18.5 °C um valor obtido de um

sensor de temperatura. O programa de leitura presente no microcontrolador PIC lê esse valor e envia à unidade receptora a seqüência de caracteres “018.5” (zero, um, oito, ponto, cinco), conforme pode se observar na Figura 35. Ao receber os dados, a unidade receptora os envia ao computador pela porta serial por meio da qual o programa computacional obtém esses dados e o converte novamente no valor 18.5 °C. Simulando uma situação de erro onde, por exemplo, o caractere “.” (ponto) não chegue à unidade receptora, o valor do sensor que antes era de 18.5 °C, poderia ser interpretado pelo programa computacional como 185 °C. Para evitar esse tipo de situação foi desenvolvido esse mecanismo para descartar certos padrões de erros de transmissão (ver apêndices).

Todo esse processamento adicional visando garantir a precisão dos valores recebidos, gerou um aumento do tempo de apresentação e armazenamento dos dados que variou, de acordo com o volume de erros, de segundos a poucos minutos. Isso não comprometeu a função de monitoramento do sistema, pois a temperatura e a umidade principalmente no interior do silo, não apresentam variações significativas para esses curtos períodos de tempo.

6.3 Programa Computacional de Monitoramento

A etapa final do sistema de monitoramento da temperatura e umidade em silos de armazenamento de grãos coube ao programa computacional, responsável pela interface com o usuário e o armazenamento dos dados obtidos a partir das unidades eletrônicas. O programa foi desenvolvido para ser operado por qualquer pessoa com conhecimentos básicos de informática e que possa manipular um apontador (mouse) e um teclado. Os dados coletados e processados pelo programa geram informações importantes que são disponibilizadas ao usuário, auxiliando-o no controle das condições ideais de armazenamento de uma massa de grãos.

Todo o programa computacional foi desenvolvido com ferramentas totalmente livres de licença, ou seja, são ferramentas gratuitas e de uso público. A linguagem de programação JAVA, bem como o banco de dados MySQL e os demais componentes necessários (para geração de gráficos e comunicação serial), foram escolhidos para o desenvolvimento do programa computacional, dentre outros fatores, principalmente pela sua gratuidade de aquisição. Assim, diminuiu-se o custo total do programa computacional,

considerando-se apenas o custo a mão-de-obra de um engenheiro de software/programador. Além disso, a técnica de Programação Orientada a Objetos (POO), utilizada pela linguagem JAVA, ofereceu condições para que o programa computacional fosse desenvolvido, proporcionando uma economia nos custos de codificação do programa.

6.3.1 Funcionamento do programa computacional

No sentido de criar um programa computacional que fosse de fácil operação e com uma interface intuitiva, foram elaboradas telas gráficas simples que fornecem informações essenciais do processo de monitoramento da massa de grãos que podem ser observados na Figura 37.

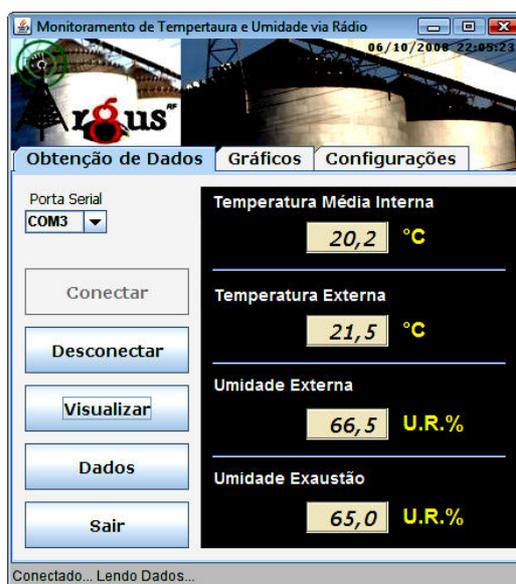


Figura 37. Tela principal do programa computacional.

Inicialmente como mostrado na Figura 37, o programa computacional de monitoramento chamado de ARGUS-RF, exibe uma tela que possui os principais comandos e respostas do sistema, todos eles contidos na aba “Obtenção de Dados”. Por meio da lista “Porta Serial” pode-se escolher uma porta de comunicação do computador (COM1, COM2, COM3...) para conexão com a unidade receptora de dados. Em seguida aciona-se o botão “Conectar” para que o programa inicie o processo de leitura e exiba os valores da

temperatura média e das umidades de exaustão e externa. Em outra função do programa pode-se acionar o botão “Dados” para consultar os registros que já foram armazenados no banco de dados. O botão “Visualizar” oferece a possibilidade de acompanhar as leituras detalhadamente, através de uma representação gráfica do silo que exhibe os valores de temperatura e umidade correspondentes a cada sensor. Na Figura 38 tem-se uma amostra da interface do programa computacional.

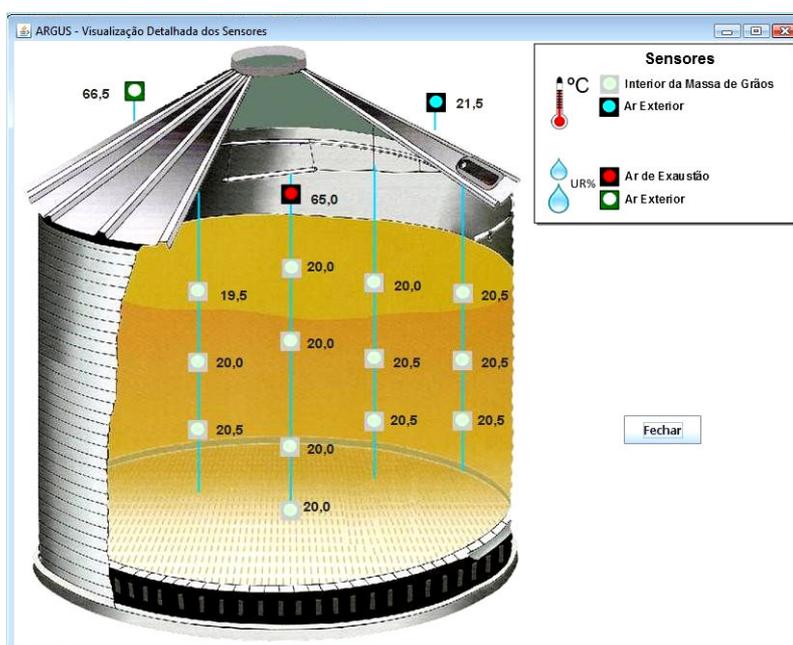


Figura 38. Visualização detalhada dos sensores.

A tela de visualização mostrada na Figura 38 faz uma representação gráfica dos sensores reais instalados no silo, dispostos em camadas. Além dos sensores localizados no interior do silo, também se observa sensores de umidade do ar de exaustão e do ar exterior, além de um sensor de temperatura externa.

Além disso, o programa também oferece condições para que o usuário possa visualizar graficamente o comportamento das condições de temperatura e umidade em determinados períodos. A aba “Gráficos” apresenta opções para geração de gráficos diários ou mensais do comportamento das condições da temperatura média, umidade externa e de exaustão. Informando-se o dia ou o mês, automaticamente o programa calcula as médias

diárias ou mensais e traça um gráfico de linhas, dando uma noção mais aprimorada ao usuário sobre o processo de monitoramento realizado no período escolhido. A Figura 39 traz essa demonstração. Logo, cada gráfico gerado pode ser impresso ou gravado no computador, além de permitir a customização pelo próprio usuário.

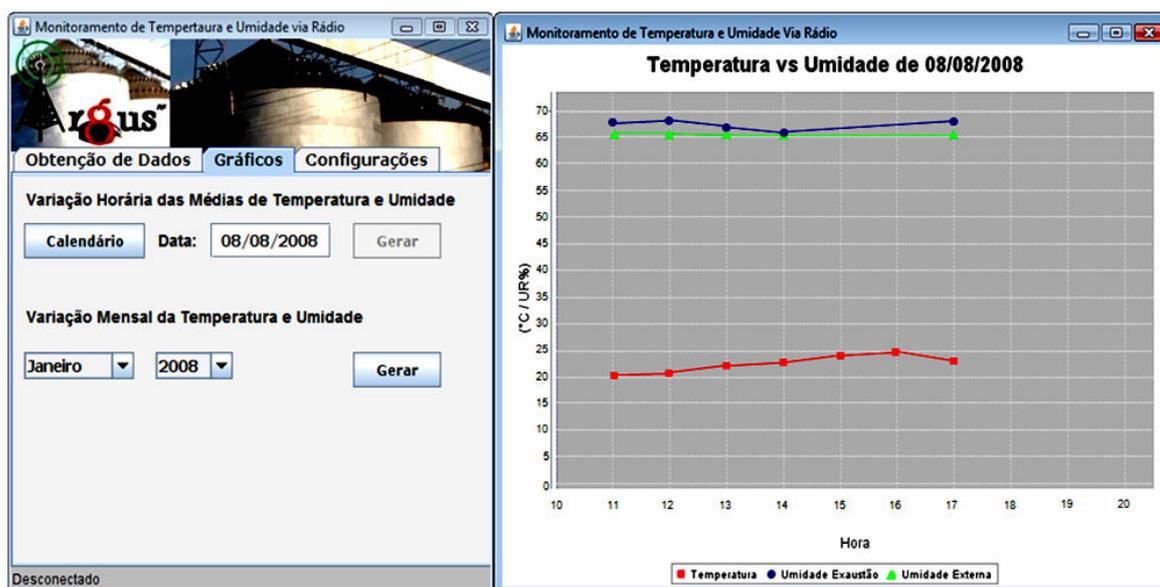


Figura 39. Geração de gráfico da variação horária de temperatura e umidade.

Outras opções disponibilizadas pelo programa estão na aba “Configurações”. O usuário pode definir informações importantes como a temperatura crítica de segurança para uma massa de determinado tipo de grão. O valor informado é utilizado como parâmetro para emitir um aviso ao usuário, no sentido de que ele tome medidas necessárias para o esfriamento adequado da massa de grãos armazenada. A demonstração das opções de configuração é visualizada na Figura 40.



Figura 40. Configurações do programa computacional.

Como mencionado, a unidade eletrônica de transmissão dos dados de temperatura e umidade, será modular (módulo com no máximo 32 sensores). Assim sendo, o número de sensores pode variar de acordo com a aplicação. Para que o programa computacional possa operar de acordo com a quantidade de sensores a ser utilizada, permite-se ao usuário informar qual o número de sensores de temperatura que serão necessários para um determinado tamanho de silo. Na mesma aba “Configurações” o programa ainda oferece a opção para que o usuário possa escolher se deseja ou não ser avisado, quando a temperatura atingir o valor crítico de segurança.

A variação da temperatura e umidade tanto interior quanto exterior a um silo, não apresenta grandes variações em períodos de tempo extremamente curtos como em segundos ou poucos minutos (1 a 5 minutos). Isto significa que a obtenção de dados de temperatura e umidade compreendida nesses períodos, não é significativa para o processo de monitoramento. Pensando-se nessa questão, o programa permite ao usuário informar qual o período de intervalo para recebimento dos dados transmitidos pelas unidades eletrônicas. Dessa forma, evita-se o armazenamento de dados não significativos no banco de dados, economizando-se espaço na unidade de armazenamento do computador, evitando-se

processamento desnecessário. Pode-se escolher valores para temporizar os recebimentos dos dados entre 0 (zero) e 60 (sessenta) minutos. Quando o valor escolhido é 0 (zero) não há temporização e o programa recebe os dados no mesmo ritmo que as unidades eletrônicas os enviam. Ainda, há opção na mesma aba “Configurações”, de exclusão dos dados por parte do usuário. Essa opção evita que dados antigos permaneçam no banco de dados sem ser processados, além de poupar recursos do computador, como unidades de armazenamento de dados (discos rígidos) e memória de processamento.

6.4 Considerações sobre o custo do protótipo

Pode-se definir a implementação tecnológica de baixo custo (o protótipo de sistema de monitoramento) como práticas que aliam custo/benefício. Portanto, com as discussões realizadas, destacaram-se três aspectos relevantes que podem caracterizar o sistema como produto tecnológico de baixo custo. Em primeiro lugar, destacaram-se os baixos investimentos em componentes eletrônicos empregados na construção do protótipo; em um segundo momento a comunicação via rádio que se mostrou satisfatória; e por fim o custo do software livre para desenvolvimento do programa computacional. Tais práticas podem contribuir para que esse protótipo seja destinado ao contexto econômico e social de pequenos produtores de grãos.

Todavia os componentes eletrônicos quando adquiridos isoladamente, possuem um baixo valor agregado, ao passo que se for adquirida uma placa de circuito eletrônico composto por esses mesmos componentes, seu valor agregado aumenta consideravelmente devido ao custo da produção da mesma. Tal custo envolve inúmeros fatores e seu cálculo é escalonado, isto é, em escala industrial.

Já a comunicação via rádio denota uma economia com a aquisição de cabos e a infra-estrutura necessária para acomodá-los, além de minimizar custos de manutenção do sistema.

A produção em larga escala de um produto de baixo custo está na relação direta do custo/benefício em sua aplicação. Visando o avanço em produtividade e competitividade no setor agrícola, diversas alternativas tecnológicas têm sido propostas, o que denota um estudo preliminar da viabilidade econômica do protótipo desenvolvido.

6.4.1 Custo do desenvolvimento do protótipo

O custo do desenvolvimento do protótipo abrangeu os custos de aquisição dos seus componentes eletrônicos (Tabela 7) e o custo de mão-de-obra para o desenvolvimento do programa computacional e das unidades eletrônicas (Tabela 6).

Tabela 6. Custos da mão-de-obra do protótipo

Mão-de-obra	Nº Horas	Valor Hora (R\$)	Total (R\$)
Programa Computacional	80	13,00 ¹³	1.040,00
Unidades Eletrônicas	180	8,00 ¹⁴	1.440,00
Total-1			2.480,00

Tabela 7. Custo dos componentes eletrônicos utilizados no desenvolvimento do protótipo.

Descrição do Componente	Qtde	Unitário (R\$) ¹⁵	Total (R\$)
Sensor de temperatura LM35	30	3,80	114,00
Sensor de umidade HS15P	02	23,00	46,00
CI Microcontrolador PIC 16F877	02	16,00	32,00
CI Multiplexador CD4051B	04	0,65	2,60
CI MAX232	01	1,75	1,75
Capacitor eletrolítico	04	0,10	0,40
Capacitor cerâmico	09	0,10	0,90
Conector RS232 09 pinos macho	01	1,10	1,10
LED 3mm vermelho e azul	10	0,50	5,00
Resistores	60	0,01	0,60
Conector RJ-45 fêmea (tomada p/ placa)	06	0,80	4,80
Conector RJ-45 macho (p/ cabo)	06	2,90	17,40
Soquete p/ CI 40 pinos estampado	02	0,40	0,80
Cristal 4.0 MHz	01	0,60	0,60
Transistor BC547	01	0,20	0,20
Regulador de tensão LM7812	01	1,20	1,20
Regulador de tensão LM7805	02	0,80	1,60
Transmissor/Receptor RF Telecontolli RT4/RR3	01	40,00	40,00
Fonte selada 12Vcc 4.6A	01	40,00	40,00
Cabo UTP p/ instalação dos sensores (m)	48	1,30	62,40
Construção das placas (plotagem, corrosão, etc.)	01	30,00	30,00
Total-2			403,35

¹³ Valor médio da hora pago a um programador Java júnior em setembro de 2008.

¹⁴ Valor médio da hora pago a um técnico em eletrônica em setembro de 2008.

¹⁵ Preços médios cotados em agosto de 2008.

Para se calcular o custo da mão-de-obra, baseou-se em preços atuais praticados no mercado, obtendo-se um valor aproximado. Para o desenvolvimento do protótipo, considerou-se o projeto para obter dados de 32 sensores, dos quais 30 foram de temperatura e 2 de umidade.

Portanto, o custo total de desenvolvimento de 1 (um) protótipo formado pela soma Tabela 6 (Total-1) e Tabela 7 (Total-2), respectivamente, é de aproximadamente R\$ 2.883,35 (dois mil, oitocentos e oitenta e três reais e trinta e cinco centavos). Para a cotação do dólar em 30/11/2008, com a moeda americana valendo R\$ 2,11 (dois reais e onze centavos) obteve-se um custo total de U\$ 1.366,51 (um mil, trezentos e sessenta e seis dólares e cinquenta e um cents). Efetuando-se uma análise mais detalhada desse custo, nota-se que o valor da mão-de-obra de R\$ 2.480,00 (dois mil, quatrocentos e oitenta reais) ou U\$ 1.175,35 é significativo na composição do valor final, pois corresponde a 86,0% do custo total. Desse montante, o custo da mão-de-obra para desenvolver as unidades eletrônicas foi de R\$ 1.440,00 (um mil, quatrocentos e quarenta reais) ou U\$ 682,00, equivalendo a 58,1% do custo com mão-de-obra. O investimento em componentes eletrônicos foi de R\$ 403,35 (quatrocentos e três reais e trinta e cinco centavos) ou U\$ 191,16, equivalendo a 13,9% do custo total. Dessa porcentagem o maior valor foi investido em sensores, que corresponderam a 39,7% do custo gasto com componentes eletrônicos, ou seja, R\$ 160,00 (cento e sessenta reais) ou U\$ 75,82.

De acordo com pesquisas de preços realizadas em duas das maiores empresas brasileiras (Kepler Weber e Grupo Fockink) fornecedoras de equipamentos de termometria e controle de aeração para silos, constatou-se que a faixa de preço varia de acordo com a configuração pretendida pelo cliente. Existem equipamentos sofisticados, unindo o que há de mais avançado no emprego das TICs, como o controle de temperatura e gerenciamento de aeração e do misturador de grãos, detector de umidade baseado no sistema de GPS, dentre outros. Tais implementações tecnológicas variam de R\$ 8.000,00 (oito mil reais) a R\$ 12.000,00¹⁶ (doze mil reais) e obviamente não podem ser consideradas apropriadas a um pequeno produtor de grãos. Outros produtos de custo mais acessível para o monitoramento de

¹⁶ Preços cotados em agosto de 2008.

temperatura, na faixa de R\$ 2.000,00¹⁷ baseiam-se em instalar no silo uma caixa de tomadas, ligada a um conjunto de sensores. Para realizar a leitura dos sensores, o usuário deve acoplar à caixa de tomadas, um pequeno leitor portátil onde se visualiza a temperatura de cada sensor. Esses produtos não contemplam o uso de um programa computacional (software) e cabe ao usuário saber as localizações dos sensores no interior da unidade armazenadora.

Diferentemente dessas soluções de custos mais acessíveis disponíveis no mercado, o protótipo de sistema de monitoramento desenvolvido e apresentado neste trabalho oferece outras vantagens, como a comodidade da leitura remota sem necessidade do deslocamento até o silo para acoplar um leitor portátil, o que pode ser vantajoso em períodos de clima adverso ou em situações em que o deslocamento até o silo não seja possível momentaneamente. Graças ao programa computacional, é possível visualizar as temperaturas e umidades nos locais em que cada sensor foi posicionado, bem como ser alertado automaticamente quando a temperatura média da massa de grãos atinge em um valor crítico. Essas funcionalidades não estão disponíveis nos sistemas mais simples, voltados a pequenos produtores.

Verificou-se uma interessante relação de custos quando foram comparados tipos de sistemas de monitoramento de temperatura e umidade em silos armazenadores de grãos, disponíveis no mercado. Como visto, o custo de desenvolvimento do protótipo de sistema de monitoramento esteve em torno de R\$ 2.900,00 (dois mil e novecentos reais) e tomando como referência que o custo de sistemas similares varia entre R\$ 2.000,00 (dois mil reais) a R\$ 12.000,00 (doze mil reais) para os que monitoram temperatura e entre R\$ 1.100,00 (um mil e cem reais) e R\$ 8.000,00 (oito mil reais) os que monitoram umidade, o sistema desenvolvido neste trabalho que conjuga o monitoramento de temperatura e de umidade, comparativamente, obteve um custo mais atrativo.

Também notou-se a relação custo/benefício deste protótipo de sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros, em relação a produtos similares disponíveis no mercado, quando considera-se sua produção em larga escala, o que diminui consideravelmente seu preço final. Como o custo de desenvolvimento do protótipo foi

¹⁷ Preço cotado em setembro de 2008.

referente a apenas uma unidade, seu custo em larga escala tende a diminuir, principalmente quando consideramos o custo da mão-de-obra para desenvolvimento do programa computacional (software) e das unidades eletrônicas (hardware). Quanto maior a escala de produção, maior a redução do preço final do produto. Isso pode indicar um bom potencial para que o preço de venda desse protótipo seja ainda mais atrativo, mesmo considerando a agregação de outros valores componentes do preço de venda final, como impostos, marketing de vendas e margem de lucro.

Outra questão econômica que pode ser considerada é relativa à ausência de cabos e da infra-estrutura para a comunicação do protótipo com um computador. Todos os produtos nacionais disponíveis no mercado que utilizam um programa computacional, as placas eletrônicas de aquisição transportam dados até o computador por meio de cabos, sendo esses muitas vezes blindados e de alto custo. Imaginando um cenário onde o computador esteja a uma distância de 15 metros do silo (distância alcançada pelo protótipo desenvolvido neste trabalho), a instalação dos cabos a essa distância poderia ser dispendiosa. Supondo que o tipo de cabo utilizado fosse o mesmo empregado na instalação dos 32 sensores (cabo UTP com 4 pares de fios), com um custo médio por metro de R\$ 1,30 (um real e trinta centavos) conforme a Tabela 7, seriam necessários 8 cabos (um cabo para cada 6 sensores) de 15 metros. Logo, seriam instalados 120 metros de cabo UTP ao custo de R\$ 156,00 (cento e cinquenta e seis reais), mais o valor de 8 conectores RJ-45 macho a R\$ 2,90 (dois reais e noventa centavos) a unidade, resultando em um custo de R\$ 23,20 (vinte e três reais e vinte centavos), totalizando R\$ 179,20 (cento e setenta e nove reais e vinte centavos) de investimento para cabeamento. Isso sem contar nos investimentos com canos ou canaletas por onde os cabos deverão passar. Por outro lado, a comunicação via rádio do protótipo dispensa o uso de cabos para comunicação entre a unidade eletrônica de aquisição e o computador, gerando uma economia que pode crescer proporcionalmente ao número de sensores e a distância entre o silo e o computador.

Sendo assim, o desenvolvimento do protótipo de monitoramento via rádio de temperatura e umidade em silos graneleiros comportou um sistema integrado (unidade eletrônica de aquisição e de transmissão, unidade eletrônica de recepção e o programa computacional de monitoramento) que permitiu de forma satisfatória o

monitoramento remoto via rádio da temperatura e umidade de um silo, mostrando-se como uma alternativa tecnológica útil e de baixo custo.

6.5 Perspectivas futuras

As perspectivas para estudos futuros do presente trabalho são promissoras, pois existem diversas melhorias que podem ser desenvolvidas para prover maior eficiência e portabilidade ao sistema. Como a comunicação sem fio via rádio se constitui como um fator diferencial para monitoramento de grãos em silos, outros estudos deverão ser realizados para agregar novas funcionalidades e aperfeiçoar o sistema.

Tais funcionalidades e aperfeiçoamento do sistema podem partir de estudos sobre novos componentes eletrônicos para fornecer uma comunicação confiável e que alcance distâncias maiores das obtidas no presente trabalho. Tornar também a comunicação viável nos dois sentidos, dotando as unidades eletrônicas com a capacidade tanto de enviar como de receber dados. Isso seria possível com a utilização de um componente eletrônico denominado transceptor (transceiver), o qual se constitui de um transmissor e receptor atuando de maneira conjunta. Assim, além das funções para monitoramento da temperatura e umidade, poder-se-ia adaptar o protótipo com a capacidade de controle da aeração. Mais precisamente, o programa computacional faria o processamento dos dados e tomaria uma decisão, como por exemplo, ligar e desligar um ventilador de aeração do silo, sem intervenção direta do usuário.

Outra interessante melhoria futura seria transformar a interface do programa computacional integrante do protótipo de monitoramento, para que o mesmo possa ser acessado pela Internet. Obviamente isso demandaria uma conexão de banda larga disponível na propriedade, mas com a crescente expansão da rede mundial de computadores e os custos de assinaturas cada vez mais acessíveis, esses estudos poderiam trazer muitos benefícios, pois em qualquer local do mundo, o usuário poderia interagir com o programa computacional, controlando as condições da massa de grãos, dispensando a sua presença na propriedade.

Finalmente, para usufruir das possibilidades oferecidas pela linguagem de programação JAVA, principalmente com a utilização da plataforma de desenvolvimento de aplicativos padrão J2ME (Java 2 Micro Edition), o programa computacional poderia ser

desenvolvido para operar em dispositivos móveis de pequeno porte como celulares, pagers e palmtops, expandindo ainda mais os limites de interação com o sistema de monitoramento.

7 CONCLUSÕES

Sabendo-se da existência de inúmeros pequenos produtores de grãos no país, e que a maioria não dispõe de condições financeiras que lhes permita aperfeiçoar suas técnicas de armazenamento da sua produção, a solução tecnológica de baixo custo apresentada neste trabalho demonstrou potencial de viabilidade.

O protótipo de sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros via rádio apresentado, pode ser considerado como uma solução tecnológica que atende aos objetivos propostos. Pois a tecnologia é acessível ao contexto econômico de tais produtores; não requer altos investimentos em manutenção; é uma tecnologia estratégica para o melhoramento da produtividade; promove a racionalização e o baixo consumo de energia, pois eficientiza o processo de monitoramento; e por fim minimiza riscos desde o plantio até a comercialização dos grãos.

Destaca-se a importância da comunicação sem fio via rádio quando aplicada no processo de monitoramento das condições ambientais em silos graneleiros. Além de prover a mobilidade ao sistema, esse tipo de comunicação também contribuiu para reduzir custos com cabeamento, tornando-o ainda mais atrativo aos pequenos produtores de grãos.

Outra consideração importante é relativa à interdisciplinaridade envolvida nos estudos para o desenvolvimento do trabalho. A união das técnicas relativas à Eletrônica, Informática e Comunicação de Dados (também denominada TIC - Tecnologias da

Informação e Comunicação) aliada às Ciências Agrônômicas permitiram agregar importantes conhecimentos necessários à conclusão do trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSIO, P. A. **Informação e conhecimento: um modelo de gestão para potencializar a inovação e a cooperação universidade-empresa**. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2004. 318 p.

ALVES, L. **Comunicação de dados**. São Paulo: Makron Books, 1994.

ANGELONI, M. T. A adequação do ensino de administração à realidade das organizações: proposta de implantação de um laboratório de gestão estratégica da informação e do conhecimento. **Revista de Ciências da Administração**, v.0, n.1, Ago. 1998. Florianópolis: Ed. Imprensa Universitária, 1998.

ARC Electronics. **RS232 Data Interface: a tutorial on data interfaces and cables**. Disponível em: <<http://www.arcelect.com/rs232.htm>>. Acesso em 25 Jun. 2007.

ATHIÉ, I.; CASTRO, M. F.; GOMES, R. A. R.; VALENTINI, S. R. T. **Conservação de grãos**. Campinas, Fundação Cargil, 1998. 236 p.

BILOBROVEC, M. **Sistema especialista em lógica fuzzy para o controle, gerenciamento e manutenção da qualidade em processo de aeração de grãos**. Dissertação de mestrado. Ponta Grossa: UTFPR, 2005. 75 p.

BORGES, P. A. P. **Modelagem dos Processos Envolvidos nos Sistemas de Secagem e Armazenamento de Grãos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002. 107 p.

CADSOFT Computer GmbH. **Eagle Light Edition**. Disponível em: <<http://www.cadsoft.de/>>. Acesso em 22 Ago. 2007.

CARNEIRO, L. M. T. A. **Antecipação da colheita, secagem e armazenagem na manutenção da qualidade de grãos e sementes de trigo comum e duro**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2003. 109 p.

CARVALHO, H. G. de. **Inteligência Competitiva Tecnológica para PMEs Através da Cooperação Escola-Empresa**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2000.

CHECLAND, P.; HOLWELLS, S. **Information, systems and information systems: making sense of the field**. Chichester: J. Wiley. 1998. 262 p.

CORONA JR. N.; SARTORI, J. C.; INAMASU, R. Y. **Rede Local de Instrumentos: Aplicação de Rádio Digital à Agro-Pecuária**. 1995. Disponível em: <<http://www.prodemb.cnptia.embrapa.br/busca.jsp?baseDados=PRODEMB&unidade=TODAS&fraseBusca=comunica%E7%E3o%20r%E1dio&posicaoRegistro=6&formFiltroAction=N&view=76524>>, Acesso em 18 Jul. 2007.

DAROLT, M. R. e CHAIMSOHN, F. P. Imersão da pesquisa na realidade dos agricultores em trabalho de pesquisa e desenvolvimento na região Centro-Sul do Paraná. In: Simpósio sobre Investigación Y Extension em Sistemas de Produção. **Anais**, Quito, 1993

DEITEL H. M e DEITEL P.J. **Java: como programar**. Tradução Edson Furmankiewicz. Revisão técnica Fábio Lucchini. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

DEVILLA, I. A., COUTO, S. M., ZOLNIER, S. **Variação da temperatura e umidade de grãos armazenados em silos com aeração**. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. maio/dez. 2004, vol.8, no.2-3, p.284-291. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000200018&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 1415-4366. Acesso em 15 Out. 2006.

DIAS, A. H. **Sistema especialista para automação do processo de aeração de grãos de milho em pequenas propriedades**. Tese de doutorado. FCA-UNESP. Botucatu. São Paulo, 2007. 70 p.

DORNAN, A. **Wireless communication: o guia essencial de comunicação sem fio**. Campus, 2001.

EUI (Economist Intelligence Unit). **Global telecommunications to the year 2000: the impact on corporate IT strategies and applications**. New York: EIU, 1996.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário Aurélio versão 5.0 edição revista e atualizada: cd-rom**. Dicionário eletrônico. Curitiba: Positivo, 2006.

FLEISCHFRESSER, V. **Modernização Tecnológica da Agricultura** – contrastes regionais e diferenciação social no Paraná da década de 70. Curitiba: CONCITEC/IPARDES, 1988.

GALLO, D.; NAKANO O.; WIENDL, F. M.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L. **Manual de Entomologia: Pragas das Plantas e Seu Controle**. Piracicaba, SP. Ed. Agronômica Ceres. 1970.

GARCIA, R.F.; QUEIROZ, D.M.; MIYAGAKI, O.H.; PINTO, F.A.D. **Programa computacional para aquisição de dados para avaliação de máquinas agrícolas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n. 2, p. 375-381, 2003.

GENERAL Electric Sensing Corp. **Types HS12P and HS15P Specifications**. 2005. Disponível em: < http://www.gesensing.com/products/resources/datasheets/920_249a.pdf>. Acesso em 20 Ago. 2008.

GOMIDE, R. Monitoramento para manejo e irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L; VILELA, L. A. A.; PEREIRA, G. M. **Manejo de Irrigação**. Poços de Caldas: SBEA/UFLA/DEG, 1998. p. 133-238.

KEEN, P. G. W. **Guia gerencial para a tecnologia da informação: conceitos essenciais e terminologia para empresas e gerentes**. Rio de Janeiro. Campus, 1996.

LAUDON, Kenneth. LAUDON, Jane P. **Sistemas de Informação**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

LEÃO, R. A.; TEIXEIRA, A. S.; CANASFÍSTULA, F. J. F.; MESQUITA, P. E. G.; SILVANA, S. L. Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para calibração de sensores de umidade de solo. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. 2007. v. 27. n. 1. p. 294-303.

LOURENÇO, J. C. **A evolução do agronegócio brasileiro no cenário atual**. 2008. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/a_evolucao_do_agronegocio_brasileiro_no_cenario_atual/24824/> Acesso em: 12 de Set 2008.

MACHADO, R. T. M. **Rastreabilidade, tecnologia da informação e coordenação de sistemas agroindustriais**. Tese de doutorado. Faculdade de economia, administração e contabilidade - USP. São Paulo, 2000. 224 p.

MAXIM Integrated products. **MAX220-MAX249 +5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers datasheet** 2006. Disponível em: <<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>>. Acesso em 03 Fev. 2007.

MCBRATNEY, A.; BOUMA, J.; WHELAN, B.; ANCEV, T. **Future directions of precision agriculture**. In: Precision agriculture, Springer Netherlands Publisher, v.6, n.1, p.7-23, 2005.

MELLO, B. A e CAIMI, L.L. Simulação na validação de sistemas computacionais para a agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.6,

p.666–675, 2008 Campina Grande, PB, UAEAg/UFCG – Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em: 26 Mar. 2008.

MICROCHIP Technology Inc. **MPLAB IDE**. 2007. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_v8.zip>. Acesso em 10 Set 2007a.

MICROCHIP Technology Inc. **MPLAB IDE users guide**. 2007. Disponível em <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51519B.pdf>>. Acesso em 8 Set 2007b.

MICROCHIP Technology Inc. **PIC16F877 datasheet** 2007. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/75016/MICROCHIP/PIC16F877.html>>. Acesso em: 04 Set 2007c.

MILANI, A. **MySQL: guia do programador**. São Paulo: Novatec, 2007.

MORÃES, M. J. F. **Comunicação de dados por rádio frequência**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em engenharia da produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000. 95 p.

MOTOROLA Inc. **Encoders and Decoders Pairs datasheet**. 1998. Disponível em: <http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/C/1/4/MC145027.shtml >. Acesso em 4 Jun. 2008.

NADAL, M. A. D. **Controle e Operação Remota de Estações Totais Robotizadas Voltado à Auscultação Geodésica**. Dissertação de Mestrado. UFPR. Curitiba, 2008.

NATIONAL Semiconductor Corp. **LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors datasheet** 2000. Disponível em:<<http://www.national.com/ds/LM/LM135.pdf>>. Acesso em 22 Set. 2007.

NETO, C.; PINTO, P. A.; COELHO, J. P. P. **Tecnologias de informação e comunicação e a agricultura**. SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação. Ed. Principia, Publicações Universitárias e Científicas. Porto. 1a. Ed. 2005. 104 p.

NETO, A. J. S. e ZOLNIER, S. Avaliação de circuito eletrônico para medição de temperatura em instalações agrícolas por meio da porta paralela de um computador. **Revista Engenharia Agrícola**: ed. Unesp. Jaboticabal, v.26, n.2, p.336, mai./ago. 2006.

NUNES, J. H. & CASTILHO, J. A. S. Digitação na Entrada de Dados: transformações na identidade ocupacional. **Revista Psicologia & Sociedade**. nº16 (3): p. 57-68; set/dez. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/psoc/v16n3/a08v16n3.pdf>>. Acesso em 14 Ago. 2008.

PAIM, T. C., OLTRAMARI, P. A. BECK, G. N. **Estratégia de gestão dos recursos humanos em empresas de agronegócio do planalto médio do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo - RS – Brasil, 2003.

PASSINI, J. J. **Geração e Comunicação de Inovações Tecnológicas para a Agricultura Familiar**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. 1999. 153 p.

PRUSAK, L.; MCGEE, J. **Gerenciamento estratégico da informação**. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1994.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas, SP. ICEA. Edição 2000.

QUEIROZ, T. M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2007. 141 p.

REBELATO, M. G. e LIDAK, G. **A transmissão de dados sem fio aplicada à coleta de dados no chão-de-fábrica**. XXVI ENEGEP - ABEPRO 1. p, 1-8. Fortaleza, 2006.

SARAIVA, A. M. **TI no Agronegócio e Biodiversidade**. In: Práticas de Eletricidade e Eletrônica II. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 2003. 42 p.

SETZER, V. W. **Dado, Informação, Conhecimento e Competência**. São Paulo, 1999. Disponível em: <www.ime.usp.br/~vwsetzer> Acesso em: 20 Fev. 2008.

SILVEIRA, G. M. da.; MAZETTO F.; LANDONIO S. Sistema informativo de operação em campo agrícola, baseado na aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. Paraíba, 2001. V.5. p. 365-368.

SUN Microsystems. **Netbeans IDE**. Disponível em: <<http://www.netbeans.org/>>. Acesso em 13 Abr. 2006.

SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. **Evaluating the profitability of site-specific farming**. Journal of Production Agriculture. Madison, v. 11, nº 4, p. 439-446, 1998.

TANENBAUM, A. S. **Redes de computadores**. Rio de Janeiro: Campus. 1997. 923p.

TEIXEIRA, G. V. **Avaliação de perdas qualitativas no armazenamento da soja**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, São Paulo. 2001,

TELECONTROLLI, Srl. **RR3-XXX datasheet: Super Regenerative Radio Receiver With Laser Trimmed Inductor**. 2008a. Disponível em: <<http://www.telecontrolli.com/pdf/receiver/rr3.pdf>>. Acesso em: 20 Jan. 2008.

TELECONTROLLI, Srl. **RT4-XXX datasheet: Radio Transmitter Module with SAW Resonator and External Antenna.** 2008b. Disponível em: <<http://www.telecontrolli.com/pdf/transmitter/rt4.pdf>>. Acesso em: 20 Jan. 2008.

TEXAS Instruments Corp. **CD4051B, CD4052B, CD4053B datasheet** 2000. Disponível em: < <http://www.us.oup.com/us/pdf/microcircuits/students/logic/cd4051-ti.pdf>>. Acesso em 25 Set. 2007.

UMEZU, C.K. **Sistema de controle de um equipamento de formulação, dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos a taxas variáveis.** Tese de Doutorado. UNICAMP. Campinas, 2003. 171p.

UMEZU, C. K. & CAPELLI, N. Desenvolvimento e avaliação de um controlador eletrônico para equipamentos de aplicação de insumos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande. Paraíba, 2006. V. 10. n. 1. p. 225-230.

VALLE, B. M. de. Tecnologia da informação no contexto organizacional. Brasília: **Revista Ciência da Informação**, vol 25, nº 1, 1996.

VILELA, L. A. A.; CARVALHO, H. P.; PRADO, G.; BOTREL, T. A. **Construção e calibração de um manômetro digital microprocessado.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32 p., 2003. Goiânia, Anais. Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

VISSOTTO JR., D. **Redes de comunicação sem fio (Wireless).** Viva o Linux, Disponível em: <http://www.vivaolinux.com.br/>, 28 nov. 2004. Acesso: 23 Abr. 2005.

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola**, Kepler Weber Industrial. 2^a. Ed. Porto Alegre, 2001.

APÊNDICE

```

/*-----
/   PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR PIC
/   Código Fonte - Transmissor
/   Data: Maio/2008
/-----
/           *** Inclusão das bibliotecas ***/

#include <16F877a.h>

/*-----
/           *** Configurações do Projeto ***
*/
#device ADC=10
#use delay(clock=4000000) // informa ao sistema o frequência
#fuses XT,NOWDT,PUT,NOBROWNOUT,NOLVP // definições
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)

void transmite(void);
void transmite_serial(void);

int dado[5],i;
long v[32],long v1[32], long dado_trans;

main(){
    SETUP_ADC_PORTS(ALL_ANALOG); // configura todas as portas
                                // para analogica A0 até A7
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_32);
    delay_ms(500);
    output_high(pin_b7);
    output_low(PIN_C0);
    output_low(PIN_C1);
    output_low(PIN_C2);
    output_low(PIN_C3);
    while(1){
        int l;
        int z;
        int m;
        int a;
        z=0;
        l=0;
        m=0;
        a=0; // Inicia contador em 0
        while(l<16){
            i=0;
            while (i<8){
                output_b(i); //clock do multiplex
                delay_ms(50);
                set_adc_channel(a);
                delay_ms(50);
            }
        }
    }
}

```

```

if ((a == 1) && (i == 6)){
  while (z<20){
    output_high(pin_c0);
    delay_ms(10);
    read_adc();
    output_low(pin_c0);
    delay_ms(10);
    output_high(pin_c1);
    delay_ms(10);
    read_adc();
    v[1] = read_adc();
    output_low(pin_c1);
    delay_ms(10);
    v[1] = 0;
    z++;
  }
  z=0;
  goto ret_from_humd;
}
if ((a == 1) && (i == 7)){
  while (z<20){
    output_high(pin_c2);
    delay_ms(10);
    read_adc();
    output_low(pin_c2);
    delay_ms(10);
    output_high(pin_c3);
    delay_ms(10);
    read_adc();
    v[1] = read_adc();
    output_low(pin_c3);
    delay_ms(10);
    v[1] = 0;
    z++;
  }
  goto ret_from_humd;
  z=0;
}
v[1] = read_adc();
delay_ms(100);
v[1] = v[1] * 5;
ret_from_humd:
if(v[1]<50)
  v[1]=0;
dado_trans = v[1];
transmite();
l++;
i++;
}
a++;
}

```

```

        dado_trans = 9999;
        transmite();
        l=0;
    }
}

/*-----
/   PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR PIC
/   Código Fonte - RECEPTOR
/   Data:      Maio/2008
/-----*/
/   *** Inclusão das bibliotecas do PIC 16F877 ***/

#include <16F877a.h>

/*-----
/   *** Configurações do Projeto ***/

#device ADC=10
#use delay(clock=4000000)          /* informa ao sistema
                                   / a frequência      */
#fuses XT,NOWDT,PUT,NOBROWNOUT,NOLVP // definições
#use delay(clock=4000000)
#use rs232(baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)
#use FAST_IO(B)
#use standard_IO(A)
#use fixed_io(a_outputs=PIN_A1,PIN_A2,PIN_A3,PIN_A4,PIN_A5, PIN_A0)

void junta(void);
void transmite_serial(void);

int i, counter_envia, j, dado[5], dado_envia, input_data;
long v[32], v1[32], dado_trans;
short nibble1, nibble2, transmitido;

main() {
    SETUP_ADC_PORTS(no_ANALOGs); /* configura todas as portas para
                                   analogica A0 até A7      */

    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_32);
    dado[0] = 0x04;
    dado[1] = 0x03;
    i=0;
    j=0;
    nibble1=0;
    nibble2=0;
    while(1) {
        input_data = input_b();
        output_a(input_data);
        if((input_b() != 0x03) && !nibble1) {
            dado[0]=input_b();

```

```

        nibble1 = 1;
        dado[1]=0;
    }
    if ((input_b() == 0x03) && nibble1){
        dado[1] = input_b();
        nibble2 = 1;
        if ((nibble1)&&(nibble2)){
            junta();
            transmitido=0;
            nibble1=0;
            nibble2=0;
            dado[1]=0;
            dado[2]=0;
        }
    }
}

/*
/  faz a junção dos nibbles (4 bits) de dados
*/
void junta() {
    while(i<4) {
        shift_left(dado,1,0);
        i++;
    }
    while(j<4) {
        shift_right(dado,2,0);
        j++;
    }
    i=0;
    j=0;
    transmite_serial();
}

/*
/  envia os 8 bits para a porta RS-232 do computador
*/
void transmite_serial() {
    if (dado[0] == 0b00111010)
        dado[0] = 0b00101110;
    if (dado[0] == 0b00111011)
        dado[0] = 0b00110011;
    printf("%c",dado[0]);
    transmitido=1;
    nibble1=0;
    nibble2=0;
    dado[0]=0;
    dado[1]=0;
}

```

Programa Computacional de Monitoramento – ARGUS^{RF}

Trecho de código em linguagem Java

Classe Leitura com detecção de erros e descarte de dados corrompidos

```

import javax.accessibility.AccessibleContext;
import java.awt.Toolkit;
import javax.comm.*;
import java.io.*;
import java.text.DecimalFormat;
import java.sql.*;
import java.util.Calendar;
import javax.swing.JOptionPane;
import java.util.Date;
public class Leitura extends Thread {
    InputStream input = null;
    SerialPort porta;
    TelaPrincipal tp = new TelaPrincipal();
    private AccessibleContext contexto;

    public Leitura( String porta, int timeout, int BAUD,
                  TelaPrincipal tp, SerialPort p){
        this.tp = tp;
        setPorta(p);
        this.start();
    }

    public void run(){
        ler();
    }

    public boolean setPorta(SerialPort porta){
        this.porta = porta;
        CommPortIdentifier ps;
        /*
        / Listener para ouvir a porta selecionada
        /*
        try {
            ps = CommPortIdentifier.getPortIdentifier(porta);

        }catch (NoSuchPortException ne) {
            ps = null;
            return false;
        }
        ps.addPortOwnershipListener(new CommPortOwnershipListener() {
            boolean uso = false;
            public void ownershipChange (int tipo) {
                switch (tipo) {
                    case CommPortOwnershipListener.PORT_OWNED:
                        uso = true;
                        break;

```

```

                case CommPortOwnershipListener.PORT_UNOWNED:
                    uso = false;
                    break;
                case
                    CommPortOwnershipListener.PORT_OWNERSHIP_REQUESTED:
                        uso = true;
                        break;
            }
        }
    });
    try {
        input = porta.getInputStream();

    } catch (IOException ioe) {
        System.out.println(ioe.getMessage() + " Erro de I/O");
    }
    porta.notifyOnDataAvailable(true);
    return true;
}

public void ler(){
    StringBuffer bufferEntrada = new StringBuffer();
    String valores = new String();
    String comando_inserir =
        "INSERT INTO silos (silos, sensor, temperatura, umidade_int,
        umidade_ext, data)" +
        " VALUES(?,?,?, ?, ?, NOW())";
    int dado = 0, contumi = 0, sensores = 0;
    float _aa = 35;
    float _bb = 36;
    boolean sair = false;
    double valor_temperatura = 0, soma_temperatura = 0,
        valor_umidade = 0;
    double valor_umidade_int = 0, valor_umidade_ext = 0,
    media_temperatura;
    DecimalFormat mascara = new DecimalFormat();
    mascara.applyPattern(" 00.0");
    /*
    / inicia leituras
    /*
    tp.Botao_Conectar.setEnabled(false);
    tp.Botao_Desconectar.setEnabled(true);
    if(input != null) { // faz leitura somente se houver dados
        try {
            /*
            / inicia sincronização com a unidade receptora
            /*
            tp.MensagemStatus("Conectado... Sincronizando
                Leitura...");

            valores = "";
            boolean ok999 = false;

```

```

String v;
long dados_buffer = input.available();
input.skip(dados_buffer);
int c = 0;
while(! ok999){          // loop para achar o flag 999.9
    v = "";
    dado = (char) input.read();    // le o 1o caracter
    c = 0;
    while((dado == (char) '9'  || dado == (char) '.')
        && c <= 4) {
        v = v + (char) dado;
        c++;
        if (c <= 4 )
            dado = (char) input.read();
    }
    if (v.equals("999.9"))
        ok999 = true;
}
}catch (IOException ex){
    System.err.println(ex);
    return;
}
sensores = 0; // inicia contador de sensores
float ns_lista;
while(true) {      // entra num loop infinito de leitura
    ns_lista =
Float.parseFloat(tp.ListaSensores.getSelectedItem().toString());
    tp.MensagemStatus("Conectado... Lendo dados...");
    try {
        /*
        /  inicia leitura de cada sensor a partir do 1o.
        /
        */
        boolean pronto = false;
        while( ! pronto ){ // le os 5 caracteres de cada
            // valor
            boolean erro = false;
            int i = 0;
            valores = "";
            while(i < 5 && ! erro){ // le os dados no
                // formato 000.0
                dado = (char) input.read();
                if(i==0 && dado == '1')
                    dado = '0';
                valores = valores + (char) dado;
                if(i==3 &&
                valores.charAt(i-1)==(char) '.' &&
                valores.charAt(i-3) != (char) '0')
                    i++;
                else if(i==3 &&
                    valores.charAt(i) !=(char) '.')

```

```

        erro = true;// algum caracter
                        // falhou e todos
                        // os demais são
        i++;           // descartados
    }
    if(!erro && Float.parseFloat(valores)> 0.0 &&
    sensores < ns_lista )
        sensores++;
    if(valores.equals("999.9") ||
    valores.equals("99.9")){ // se for o flag
        pronto = true;
        sensores = 0;
        soma_temperatura = 0;
    } else if (erro &&
    Float.parseFloat(valores) > 0 &&
    sensores < ns_lista) {
        tp.MensagemStatus("Conectado...
        Lendo Dados... ** ERRO no
        sensor #"+sensores+" **");
    }else
        pronto=true;
} // while
:
:
```

Programa Computacional de Monitoramento – ARGUS^{RF}

Tela que apresenta o banco de dados dos sensores com uma amostra de seus respectivos valores de temperatura e umidade

Leitura dos Sensores						
siló	sensor	temperatura	umidade_int	umidade_ext	data	
1	1	30,5	0	0	30/11/2008	▲
1	2	29	0	0	30/11/2008	
1	3	29	0	0	30/11/2008	
1	4	29	0	0	30/11/2008	
1	5	29	0	0	30/11/2008	
1	6	28	0	0	30/11/2008	
1	7	30,5	0	0	30/11/2008	
1	8	30	0	0	30/11/2008	
1	9	30,5	0	0	30/11/2008	
1	10	29	0	0	30/11/2008	
1	11	0	0	59	30/11/2008	
1	12	0	59,5	0	30/11/2008	
1	1	30,5	0	0	30/11/2008	
1	2	29	0	0	30/11/2008	
1	3	29	0	0	30/11/2008	
1	4	29	0	0	30/11/2008	
1	5	29	0	0	30/11/2008	
1	6	28	0	0	30/11/2008	
1	7	30,5	0	0	30/11/2008	
1	8	30,5	0	0	30/11/2008	
1	9	30	0	0	30/11/2008	
1	10	30,5	0	0	30/11/2008	
1	11	0	0	59	30/11/2008	
1	12	0	59,5	0	30/11/2008	
1	1	30,5	0	0	30/11/2008	
1	2	29	0	0	30/11/2008	
1	3	29	0	0	30/11/2008	
1	4	29	0	0	30/11/2008	
1	5	29	0	0	30/11/2008	
1	6	28,5	0	0	30/11/2008	
1	7	30,5	0	0	30/11/2008	
1	8	30,5	0	0	30/11/2008	
1	9	30	0	0	30/11/2008	
1	10	30,5	0	0	30/11/2008	
1	11	0	0	59	30/11/2008	
1	12	0	60	0	30/11/2008	
1	1	30,5	0	0	30/11/2008	
1	2	29	0	0	30/11/2008	
1	3	29	0	0	30/11/2008	
1	4	29,5	0	0	30/11/2008	
1	5	29	0	0	30/11/2008	
1	6	28,5	0	0	30/11/2008	
1	7	30,5	0	0	30/11/2008	
1	8	30,5	0	0	30/11/2008	▼

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)