

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DA TEMPERATURA E UMIDADE EM SILOS GRANELEIROS VIA RADIOFREQUÊNCIA (RF)<sup>1</sup>**

**MARCELO FERRASA<sup>2</sup>, MARCO ANTONIO M. BIAGGIONI<sup>3</sup> & ARIÂNGELO HAUER DIAS<sup>4</sup>**

---

**RESUMO:** O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação tem crescido nas mais variadas atividades agrícolas. Como conseqüência, vem revolucionando a forma de pensar e agir do produtor que almeja se estabelecer num 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 do 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 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:** Armazenamento de grãos, programa computacional, baixo custo, comunicações sem fio.

---

<sup>1</sup> Artigo extraído de Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu (2008).

<sup>2</sup> Professor Doutor do Departamento de Informática – Universidade Estadual de Ponta Grossa – Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – CEP 84.030-900 – Ponta Grossa – Paraná – Brasil. mferrasa@uepg.br

<sup>3</sup> Orientador e Docente do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP – Botucatu-SP - Fazenda Lageado. Rua José Barbosa de Barros, 1780. Caixa postal 237. biaggioni@fca.unesp.br

<sup>4</sup> Co-orientador e Professor Doutor do Departamento de Informática – Universidade Estadual de Ponta Grossa – Av. Carlos Cavalcanti, 4748 – 84.030-900 – Ponta Grossa – Paraná – Brasil. ariangelo@uepg.br

## MONITORING SYSTEM OF TEMPERATURE AND HUMIDITY IN GRAIN SILOS BY RADIO

**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 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 solutions that 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 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:** *Storage of grain, software, low cost, wireless communication.*

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos setores produtivos do Brasil que vem apresentando melhor desempenho é o setor agrícola, principalmente na 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%. Para a safra de 2007/2008 o total colhido ultrapassou as 140 milhões de toneladas. Mesmo assim, os investimentos em tecnologia para o agronegócio nacional, quando comparados a países desenvolvidos, ainda são modestos, principalmente para os pequenos produtores brasileiros de grãos. 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.

A adoção de mecanismos de comunicação sem fio via radiofrequência pode 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.) poderia ser 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 e de menor custo, composta somente de unidades transmissoras e receptoras.

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 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, que pode escolher com mais cautela o momento da comercialização dos grãos.

Neste sentido, o presente artigo propôs a construção de um sistema (protótipo) de baixo custo para monitoramento via radiofrequência dos dados de temperatura e umidade de grãos armazenados em silos metálicos voltado aos pequenos produtores de grãos. Existem empresas brasileiras que fabricam e comercializam equipamentos semelhantes, mas o sistema de comunicação de dados 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 também consistiu em desenvolver um sistema de comunicação sem fio via radiofrequência de baixo custo que transporta os dados coletados até o seu destino, para posterior processamento através de um programa computacional.

### **1.1 Comportamento dos grãos armazenados**

Segundo 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.

Conforme Delouche et al.(1973) citados em Carneiro (2003) 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 subtropicais são condições adversas à armazenagem de grãos, por isso, há necessidade da redução do teor de água dos grãos após a colheita.

### **1.2 Termometria e aeração**

As complexas reações que ocorrem na massa de grãos armazenada, 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 o processo de obtenção 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 (aeração), de forma preventiva, antes que elas atinjam um valor próximo ao de risco de perda dos produtos armazenados.

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 2oC a 5oC acima da temperatura ambiente e, principalmente, para armazenamentos de longos períodos (às vezes mais de um ano).

### **1.3 Tecnologia da Informação (TI) e o agronegócio**

Segundo a Economist Intelligence Unit (EIU, 1996), TI é conceituada 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.

Tendo como enfoque as organizações produtivas, pode-se confirmar 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, 2001).

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.

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 da 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.

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, sistema posicionamento global para mapeamento de áreas de plantio, controle automático de operação e sistemas de programas computacionais para gestão de dados, dentre outros.

Conforme Gomide (1998) a 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.

Para 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.

#### **1.4 A comunicação de dados por radiofrequência aplicada à agricultura**

Morães (2000) afirmou que 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 denomi-

nada 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 durabilidade dos cabos, ou seja, da tecnologia que os envolve, ainda não foram solucionadas algumas vulnerabilidades a agentes como o homem, animais roedores e fatores climáticos.

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.

Queiroz (2007) 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.

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 uma conexão de rádio.

## 2 MATERIAL 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.

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.

## 2.1 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.

O sensor conhecido como LM35 da National Semiconductor Corp. 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 (oC).

Na medição dos valores de umidade relativa do ar intragranular e externo à 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 1Vac o que demanda um controle variável de corrente para seu funcionamento.

O componente denominado multiplexador ou seletor de dados foi empregado para selecionar os sinais de dados dos sensores para serem processados. Nesse CI (Circuito Integrado) existem as entradas de seleção que serão conectadas aos sensores. Optou-se pelo CI multiplexador/demultiplexador modelo CD4051B da Texas Instruments Inc. com capacidade de multiplexar sinais de até oito sensores de temperatura ou umidade.

Outro componente que foi utilizado é denominado microcontrolador PIC (Peripheral Interface Controller) empregado para controlar a interface de unidades eletrônicas periféricas de um computador. O microcontrolador escolhido para compor a unidade eletrônica de aquisição e transmissão de dados foi o modelo 16F877 do fabricante Microchip Technology Inc.

Para estabelecer uma conexão sem fio por meio de ondas de radiofrequência foi utilizado 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 Telecontolli Srl.

Para operar juntamente com o par transmissor/receptor híbrido de radiofrequência, foi utilizado o componente denominado codificador/decodificador de dados ou CODEC (encoder/decoder) modelos MC145026 (codificador/emissor) e MC145027 (decodificador/receptor) da Motorola Inc.

Também foi necessário o uso de um CI MAX232 da Maxim Integrated Products 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  $\pm 12V_{cc}$ .

Os sensores LM35 e HS15P foram dispostos no interior da unidade armazenadora conectados em cabos do tipo UTP (Unshielded Twister Par) tipo 5 com 4 pares de fios.

Equipamentos como higrômetro e gravador de EPROM para o microcontrolador, bem como componentes eletrônicos como diodos, capacitores, resistores, reguladores de tensão, transistores, leds, dentre outros, foram utilizados para construção do protótipo das unidades eletrônicas.

## **2.2 Ferramentas para programação e projeto eletrônico**

A programação do microcontrolador 16F877 foi realizada pelo programa MPLAB IDE do fabricante Microchip Technology Inc., disponível gratuitamente.

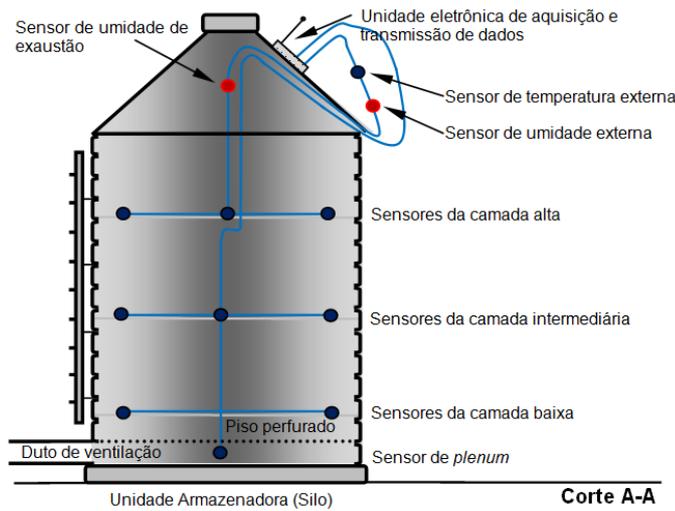
A linguagem para desenvolvimento desse programa computacional foi JAVA da Sun Microsystems, com licença gratuita e conceito de programação multiplataforma, proporcionando portabilidade operacional e economia de recursos computacionais.

Os projetos das unidades eletrônicas foram criados com o programa EAGLE Light Edition© da CadSoft Computer GmbH versão gratuita.

## **2.3 Instalação e testes**

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 (Figura 4a).

Foram instalados 2 cabos de par trançado tipo UTP com 8 fios, comportando 6 sensores de temperatura LM35 para conexão com a unidade eletrônica de aquisição de dados. Os sensores foram dispostos em diferentes camadas da massa de grãos (Figura 1).



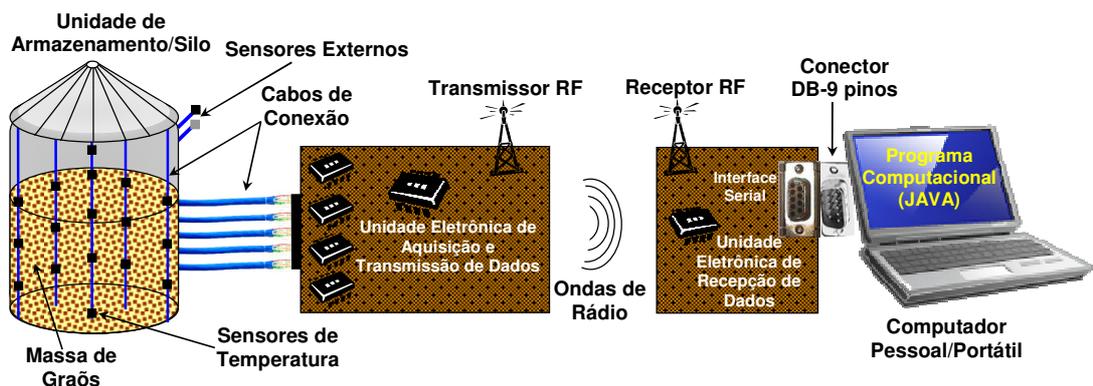
**Figura 1-** Esquema de ligação dos sensores para o silo experimental.

Fonte- Ferrasa, 2008.

O experimento realizado com o protótipo de sistema contemplou a realização de testes a cerca da distância alcançada pelos sinais de rádio, onde houve contabilização de erros de transmissão.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

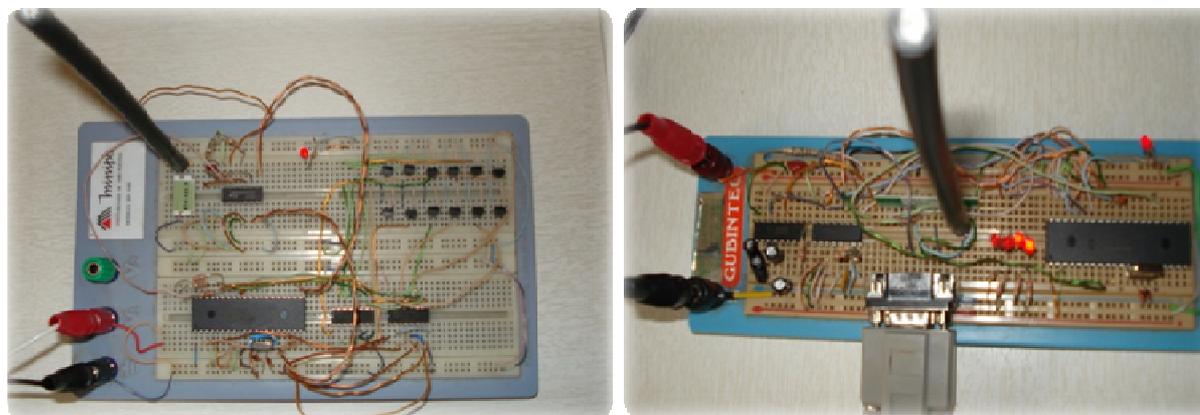
A Figura 2 mostra uma visão geral do protótipo desenvolvido e suas unidades componentes.



**Figura 2-** Visão geral do protótipo de sistema desenvolvido.

Fonte.- Ferrasa, 2008.

As unidades eletrônicas desenvolvidas são apresentadas na Figura 3.



**Figura 3-** Unidades eletrônicas em fase experimental. (A) Aquisição e Transmissão, (B) Recepção.

Fonte- Ferrasa, 2008.

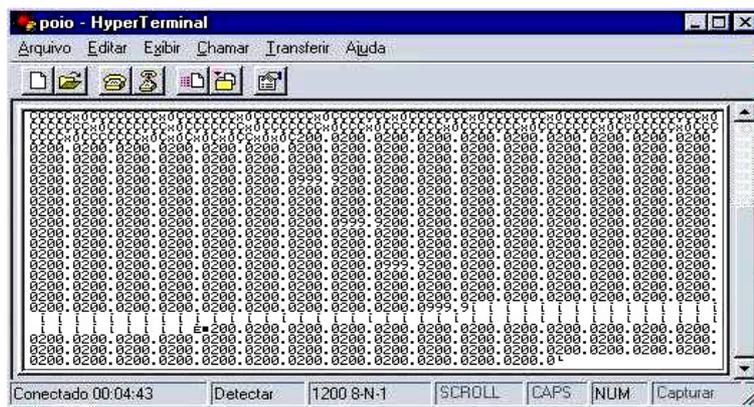
Foram realizados dois tipos de testes com o protótipo do sistema: o primeiro verificou a confiabilidade da comunicação via rádio, onde foi enviada uma mesma seqüência de números (sem a presença de sensores) sendo verificada sua recepção; o segundo testou o alcance da transmissão por rádio, com as unidades eletrônicas de transmissão, recepção (Figura 3) e os sensores instalados no silo, obtendo-se dados reais de temperatura e umidade.

### **3.1 Resultados dos testes de comunicação entre as unidades transmissora e receptora de dados**

Por meio de testes 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.

Com o uso de um par CODEC os programas dos microcontroladores das unidades transmissora e receptora, foram modificados para que os bits de endereço gerados pelo CODEC pudessem ser inseridos e

retirados do conjunto dos bits de dados. Na etapa de testes seguinte obteve-se sucesso na recepção dos dados, transmitido-se as seqüências de caracteres “200.0” (dois, zero, zero, ponto, zero) simulando dados de sensores e “999.9” (nove, nove, nove, ponto, nove) sinalizando o último dado (Figura 4).



**Figura 4-** Resultado da comunicação via rádio com o uso do codificador de dados.

Fonte- Ferrasa, 2008.

Para fase dos testes de alcance do sinal de rádio, 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 ocorreram num determinado período de tempo. O teste abrangeu distâncias entre 1 e 30 metros e em cada uma das distâncias, efetuou-se o teste de comunicação durante o período de 10 minutos, transmitindo-se um número fixo de dados (Figura 5).



**Figura 5-** Gráfico de erros de comunicação via rádio obtido para o teste de distância.

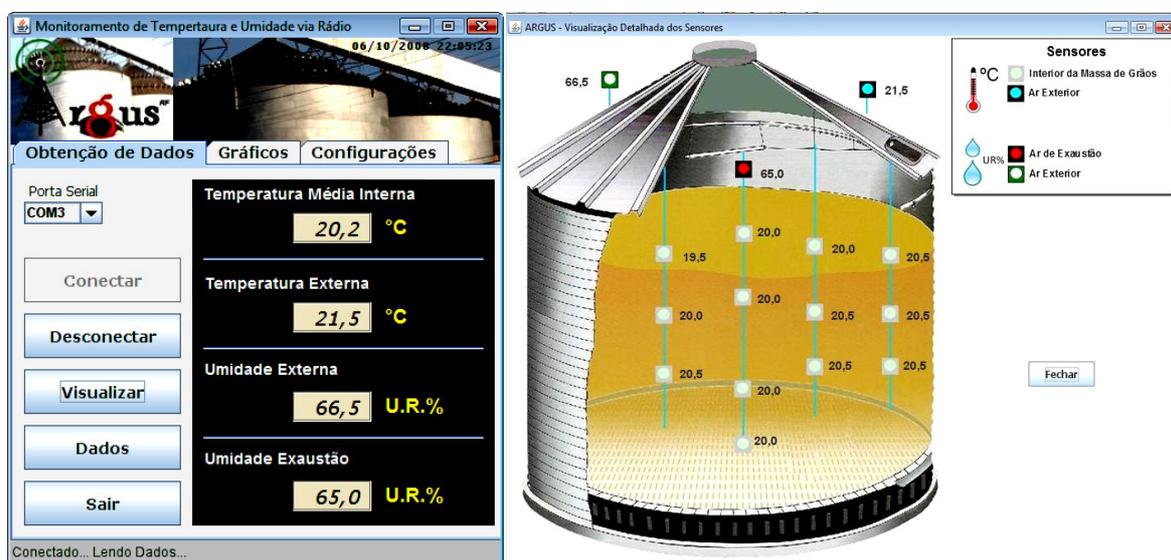
Fonte.- Ferrasa, 2008.



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 as Figuras 7 e 8, nota-se uma perda significativa de dados. Foram enviados 1.774 caracteres e 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.

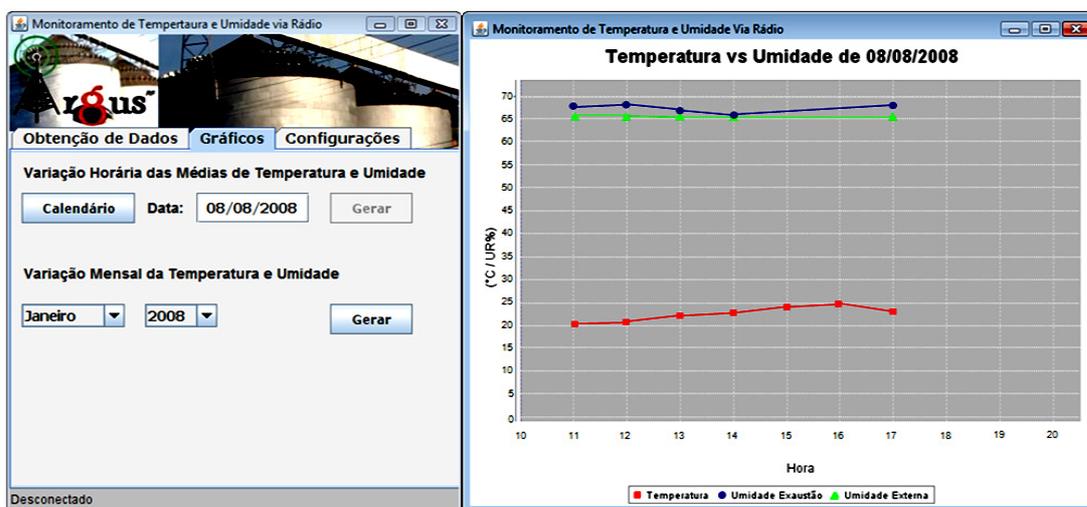
### 3.2 O programa computacional de monitoramento

O programa computacional chamado ARGUS-RF 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 em uma interface simples, auxiliando-o no controle das condições ideais de armazenamento de uma massa de grãos como mostrado nas Figuras 8 e 9.



**Figura 8** - Interface do programa computacional. (A) Tela principal, (B) Visualização dos sensores.

Fonte.- Ferrasa, 2008.



**Figura 9-** Gráficos de diários do comportamento da temperatura e umidade relativa.

Fonte.- Ferrasa, 2008.

### 3.3 Custo do protótipo

Quanto aos custos, destacaram-se em primeiro lugar 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.

Os custos abrangeram a aquisição dos componentes eletrônicos e a de mão-de-obra para o desenvolvimento do programa computacional e das unidades eletrônicas (Tabela 1).

**Tabela 1-** Custos de desenvolvimento do protótipo.

Descrição dos Custos	Valor*
Mão-de-obra (desenvolvimento do programa computacional e unidades eletrônicas)	U\$ 682.00
Componentes eletrônicos	U\$ 191.16
Total	U\$ 873.16

\* Cotação do dólar em 30/11/2008 a R\$ 2,11.

Fonte.- Ferrasa, 2008.

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, existem equipamentos sofisticados, unindo o que há de mais avançado no emprego da tecnologia, 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 equipamentos tecnológicos variam de U\$ 3,800.00 (três mil e oitocentos dólares) a U\$ 5,700.00 (cinco mil e setecentos dólares, cotado em agosto de 2008) e obviamente não podem ser consideradas apropriadas a um pequeno produtor de grãos. Outros produtos de custo mais acessível para o monitoramento de temperatura, na faixa de R\$ 950,00 (novecentos e cinquenta reais, cotado em setembro de 2008) 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. Por meio do programa computacional, é também 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 um valor crítico. Essas funcionalidades não estão disponíveis nos sistemas mais simples, voltados a pequenos produtores.

Outra questão econômica que pode ser considerada é relativa à ausência de cabos e da infraestrutura para a comunicação do protótipo com um computador. Todos os produtos nacionais disponíveis no mercado que utilizam um programa computacional, cabos blindados de alto custo são acoplados às placas eletrônicas de aquisição. O custo de instalação do cabeamento necessário nesses casos pode crescer proporcionalmente ao aumento da distância entre a coleta e o processamento dos dados, o que não se observa no protótipo de monitoramento apresentado.

#### 4 CONCLUSÕES

Considerou-se o protótipo desenvolvido a um custo de U\$ 873.16, potencialmente viável diante do poder aquisitivo dos pequenos produtores de grãos;

Proporcionou benefícios com o emprego das TICs no processo de armazenamento de grãos;

Apresentou o diferencial da comunicação de dados via rádio de baixo custo, para termometria de grãos, oferecendo mobilidade, reduzindo custos com cabeamento e facilidades para expansão do sistema.

## 5 REFERÊNCIAS

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**, Florianópolis, v. 3, n. 6, p. 62, set. 2001.

ATHIÉ, I. et al. **Conservação de grãos**. Campinas: Fundação Cargil, 1998. 236 p.

BORGES, P. A. P. **Modelagem dos processos envolvidos nos sistemas de secagem e armazenamento de grãos**. 2002. 107p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

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

CORONA JUNIOR, 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.

EUI (ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT). **Global telecommunications to the year 2000: the impact on corporate IT strategies and applications**. New York: EIU, 1996. 18p.

FERRASA, M. **Sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros via rádio**. 2008. 107f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

GOMIDE, R. Monitoramento para manejo e irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M. A. et al. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: SBEA; UFLA, DEG, 1998. p. 133-238.

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/](http://www.administradores.com.br/artigos/a_evolucao_do_agronegocio_brasileiro_no_cenario_atual/24824/)>. Acesso em: 12 set 2008.

MCBRATNEY, A. et.al. Future directions of precision agriculture. **Precision Agriculture**, Netherlands, v. 6, n. 1, p. 7-23, 2005.

MELLO, B. A; CAIMI, L. Simulação na validação de sistemas computacionais para a agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 666-675, 2008.

MORÃES, M. J. F. **Comunicação de dados por rádio frequência**. 2000. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas, SP: ICEA, 2000. 666p.

QUEIROZ, T. M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. 2007. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

REBELATO, M. G.; LIDAK, G. **A transmissão de dados sem fio aplicada à coleta de dados no chão-de fábrica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ABEPRO, 26. 2006. Fortaleza. **Anais**: Fortaleza: ENEGEP, 2006, p. 1-8.

UMEZU, C.K. **Sistema de controle de um equipamento de formulação, dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos a taxas variáveis**. 2003. 171p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Campinas, Campinas, 2003.

VALLE, B. M. de. Tecnologia da informação no contexto organizacional. **Revista Ciência da Informação**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 2, 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, 31. 2003, Goiânia. **Anais**: Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**, 2. ed. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial: Porto Alegre, 2001. 392p.