

# Um nó sensor de baixo custo para agricultura de precisão

Leandro E. F. Pessoa<sup>1</sup>, Samuel de Souza Pinto<sup>2</sup>, Talles M. P. de Araújo<sup>2</sup>, André B. M. Gomes<sup>1</sup>,  
Luiz F. M. Vieira<sup>3</sup>, Marcos A. M. Vieira<sup>3</sup>, Eduardo G. Pereira<sup>2</sup>, José Augusto M. Nacif<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Campus UFV-Florestal, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Campus UFV-Florestal, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Ciência da Computação, UFMG, Brasil

{leandro.pessoa, samuel.s.pinto, talles.araujo, andre.maciell, egpereira, jnacif}@ufv.br  
{lfvieira, mmvieira}@dcc.ufmg.br

**Resumo**—A utilização de sensores infravermelho para detecção de estresse abiótico é uma prática pouco comum no manejo da produção agrícola devido ao seu custo elevado. O desenvolvimento de sistemas embarcados para a medição de variáveis ambientais e fisiológicas das plantas ao longo do tempo de cultivo é eficiente devido a rápida detecção de respostas ecofisiológicas das plantas, permitindo uma atuação ágil diante de uma determinada situação de estresse.

## I. INTRODUÇÃO

Para a execução dos processos da agricultura de precisão se faz necessário o desenvolvimento de soluções integradas, utilizando tecnologias que possibilitem alcançar melhores resultados no monitoramento e aumento da produtividade agrícola. A observação destas respostas da cultura agrícola em tempo real serve de orientação ao produtor rural evitando danos e prejuízos em sua produção.

O objetivo deste trabalho apresentar um dispositivo embarcado capaz de aferir a temperatura foliar em plantas utilizando detecção de radiação infravermelho e a temperatura ambiente. Os testes foram executados na etapa de caracterização de estresse hídrico da cultura. Nesta etapa são obtidos os padrões de resposta da planta diante de desidratação severa e sob hidratação habitual.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Em [1] é apresentada a importância da obtenção de informações sucintas e precisas acerca de uma cultura. Em [2] os autores discutem a viabilidade do uso de sensores infravermelho na agricultura, ressaltando a viabilidade estrutural e econômica. O trabalho em [3] apresenta que a termometria por infravermelho é eficiente devido ao seu baixo custo e por ser um método não destrutivo. O trabalho em [4] cita a dificuldade de se obter informações sobre o clima através de modelos estatísticos devido a mudanças inesperadas no clima.

Em [5] é discutida a importância de dispositivos computacionais na agricultura de precisão. O dispositivo implementado, no entanto, utiliza um método de medição cujos elementos envolvidos são de alto custo. Em [6] é proposto um sistema embarcado para captura de temperatura foliar por sensoramento infravermelho. O sistema proposto pelos autores tem como função fornecer ao produtor dados para a manipulação destas variáveis ambientais. Se mostra ideal para um ambiente controlado.

## III. ARQUITETURA DO NÓ SENSOR

O sistema embarcado proposto é capaz de obter informações do meio e requer que os elementos envolvidos se comuniquem através de protocolos de comunicação. Os elementos envolvidos devem ser capazes de manter seu funcionamento diante de baixa disponibilidade de energia. Na arquitetura proposta utilizamos para o protótipo do nó sensor um kit de desenvolvimento da família MSP430<sup>1</sup>.

O sensor de infravermelho utilizado<sup>2</sup> é capaz de detectar variações de temperatura entre  $-40^{\circ}C$  e  $+123^{\circ}C$  para temperaturas ambiente; e temperaturas entre  $-70^{\circ}C$  e  $+380^{\circ}C$  para objetos em seu campo de visão. Ele possui resolução de  $0.02^{\circ}C$ . Para requisitar medidas de temperatura ambiente e foliar, o microcontrolador e sensor infravermelho se comunicam pelo protocolo de comunicação  $I^2C$ . O espaço de memória é separado em quatro segmentos de 64 bytes cada. Foi escolhido um byte ocioso em um dos segmentos para ser utilizado como byte sinalizador. Este byte que indica se a memória reservada para aquisições de temperatura está disponível.

As medições contidas na memória do microcontrolador são carregadas para um computador por meio de protocolo RS232 que é convertido para um protocolo USB por meio de circuito integrado dedicado. O mesmo protocolo pode ser utilizado para enviar informações via rede de dados sem fio através de outro dispositivo dedicado.

## IV. SOFTWARE EMBARCADO

Ao ser inicializado, a primeira tarefa do software é verificar se a memória do dispositivo está disponível. Após esta verificação, ocorre a etapa de contagem de tempo: o dispositivo entra em estado de aquisição de dados e neste estado permanece até que o tempo para aquisição seja alcançado. A próxima etapa realiza a aquisição de temperatura e armazena esta informação de maneira contínua na memória de dados.

Após todas as aquisições de dados serem realizadas, todos os espaços de memória determinados para acolher estas informações estarão preenchidas. O byte de sinalização contido na memória do dispositivo é configurado para indicar que a memória de medições não está mais disponível, e que as informações obtidas durante o ciclo devem ser recolhidas pelo

<sup>1</sup>Launchpad, produzido pela Texas Instruments.

<sup>2</sup>MLX90614, produzido pela Melexis.

técnico responsável, ou transmitidas para um nó acumulador de dados.

Após o envio destas informações pelo dispositivo, ainda em estado de espera, o dispositivo aguarda comando para reiniciar aquisições. O byte de sinalização é configurado então para permitir que as informações anteriores sejam sobrescritas por novas medições, e o algoritmo se reinicia para um novo ciclo de obtenção de dados.

O software embarcado desenvolvido foi projetado de maneira que cada tarefa a ser realizada pode ser modelada em uma máquina de estados finitos, conforme ilustra a figura 1. Cada estado é descrito conforme a seguir:

- **Estado de espera{0}**: Estado inicial do sistema ao ser ligado. Também é o estado final.
- **Verificação de memória{1}**: Verifica se memória esta disponível para uso em nova aquisição.
- **Aquisição de dados{2}**: Estado de contagem de tempo que precede a transição para estado de aquisição.
- **Estado de aquisição{3}**: Estado que sucede o estado de aquisição de dados. Ao obter o número de aquisições solicitadas faz transição para estado de espera.
- **Envio de informação{4}**: Estado de envio das informações contidas na memória do dispositivo. Neste mesmo estado a memória do dispositivo é habilitada para novo ciclo de aquisição de dados.

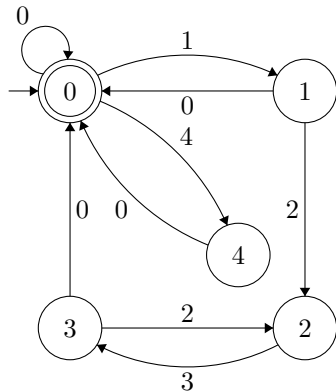


Figura 1: Máquina de dados representativa.

## V. RESULTADOS

Após comparar as medições de temperatura foliar obtidas a partir do sensor desenvolvido com um sensor infravermelho comercial. Foi executado experimento onde medições de temperatura foliar e temperatura ambiente foram obtidas. Essas informações em conjunto podem ser utilizadas para obter índices de resposta da planta em relação ao ambiente onde ela se encontra.

Neste experimento foram monitoradas plantas sob condição normal e sob condição de estresse hídrico por 12 horas em intervalos de tempo regulares de 21 minutos onde cada amostra foi obtida. As curvas no gráfico aqui apresentado na figura 2 se

referem a média da temperatura foliar de todas as plantas que foram submetidas a tratamento hídrico normal e sobre estresse. Há também curva que representa temperatura ambiente.

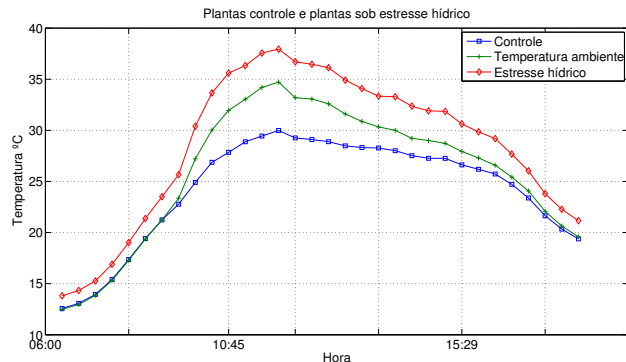


Figura 2: Temperatura de plantas controle e plantas sob estresse hídrico.

Com este experimento se torna possível determinar posteriormente os padrões ecofisiológicos da planta sobre estresse hídrico.

## VI. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho apresentou um nó sensor de baixo custo para medição de temperatura por infravermelho. O sistema proposto apresentou medições compatíveis com sensores comerciais.

Futuros melhoramentos no protótipo devem ser feitos para que seja possível comunicação sem fio entre conjuntos de nós sensores. A utilização de memória externa acoplada ao dispositivo irá permitir que mais dados possam ser armazenados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPEMIG, CNPq, CAPES, FUNARBE e UFV.

## REFERÊNCIAS

- [1] N. R. Kitchen. Emerging technologies for real-time and integrated agriculture decisions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(1):1 – 3, 2008. Emerging Technologies For Real-time and Integrated Agriculture Decisions.
- [2] J. R. Mahan, W. Conaty, J. Neilsen, P. Payton, and S. B. Cox. Field performance in agricultural settings of a wireless temperature monitoring system based on a low-cost infrared sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*, 71(2):176 – 181, 2010.
- [3] J. R. Mahan and K. M. Yeater. Agricultural applications of a low-cost infrared thermometer. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(2):262 – 267, 2008.
- [4] O. Palagin, V. Romanov, I. Galelyuka, V. Velichko, and V. Hrusha. Data acquisition systems of plants' state in precision agriculture. In *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2011 IEEE 6th International Conference on*, volume 1, pages 16–19, Sept 2011.
- [5] V. Romanov, D. Artemenko, I. Galelyuka, O. Kovyrova, Y. Sarakhan, and V. Fedak. Computer devices for precision agriculture. In *Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2011 IEEE 6th International Conference on*, volume 1, pages 26–29, Sept 2011.
- [6] K. Vermeulen, J.-M. Aerts, J. Dekock, P. Bleyaert, D. Berckmans, and K. Steppe. Automated leaf temperature monitoring of glasshouse tomato plants by using a leaf energy balance model. *Computers and Electronics in Agriculture*, 87(0):19 – 31, 2012.