

DESENVOLVIMENTO DE SENSOR RESISTIVO PARA APLICAÇÃO EM SISTEMA DE CONTROLE AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO

HEIDERSON BACHA FIGUEIREDO¹; BRUNA OLIVEIRA FERREIRA²
RAFAEL AUGUSTO DIAS REZENDE^{3*}; ALLAN DOUGLAS FERREIRA CORRÊA⁴; MERILENE DO SOCORRO SILVA COSTA⁵

¹Engenheiro Eletricista, UFPA, Belém-PA, heidersonbacha@gmail.com;

²Graduanda em Engenharia Florestal, UFRA, Belém-PA, bruhdantas17@gmail.com;

³Graduando em Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, rafael.augusto.d.r@gmail.com;

⁴ Engenheiro Eletricista, UFPA, Belém-PA, allan_box83@hotmail.com;

⁵Dr. em Ciências Agrárias, Prof.^a Titular na UFRA, UFRA, Belém-PA, merilene@hotmail.com.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Nesse trabalho é realizada a descrição do desenvolvimento de um sensor capaz de reconhecer a umidade do solo através da sua resistência que, associado a um sistema automatizado de monitoramento, objetiva minimizar o desperdício da água na irrigação familiar, oferecendo às plantas quantidades adequadas de água para a seu correto desenvolvimento. O circuito montado para o sensor é capaz de gerar uma frequência que acompanha a variação da umidade do solo a partir da sua resistência, podendo assim mensurar a quantidade de água e então fornecer parâmetros para realização do controle da irrigação a ser aplicada no solo pelo sistema por completo. Este último é composto de uma placa remota que acomoda o sensor resistivo aqui descrito e uma placa central que acomoda as válvulas solenoides. Para a alimentação foi projetado um sistema de energia solar fotovoltaica, tento em vista mínimos impactos ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação inteligente, resistividade do solo, sensor resistivo, energia solar.

RESISTIVE SENSOR DEVELOPMENT FOR APPLICATION IN AUTOMATIC IRRIGATION CONTROL SYSTEM

ABSTRACT: This work describes the development of a sensor capable of recognizing soil moisture through its resistance, which, together with an automated monitoring system, aims at minimizing the waste of water in family irrigation, offering plants adequate amounts of water to to its correct development. The sensor-mounted circuit is capable of generating a frequency that accompanies the variation of soil moisture from its resistance, thus being able to measure the amount of water and then provide parameters for irrigation control to be applied to the soil by the system complete. The latter is composed of a remote plate that accommodates the resistive sensor described here and a central plate that accommodates the solenoid valves. For the power supply, a photovoltaic solar energy system was designed, with minimal impacts on the environment.

KEYWORDS: Intelligent irrigation, soil resistivity, resistive sensor, solar energy.

INTRODUÇÃO

Os estudos e desenvolvimento de novas tecnologias tiveram grande evolução nas últimas décadas, no entanto, ainda é muito baixo o investimento tecnológico no setor agrícola. Técnicas de irrigação usadas há séculos atrás, nas quais a água é utilizada de forma inconsciente, continuam sendo aplicadas nos dias atuais (CALBO, 2001). Cerca de 72% da água consumida no Brasil é proveniente da irrigação. Desse montante, apenas o equivalente a 40% é aproveitado, gerando um desperdício de mais de 24 milhões de litros de água potável por dia apenas nesse setor (FAO, 2015). Isso se dá principalmente pela carência de novas técnicas de irrigação que busquem amenizar esse problema. Partindo desses fatos e conhecendo o valor da água potável, tomou-se como preocupação, utilizar os conhecimentos

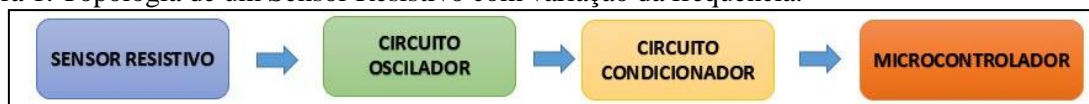
adquiridos nas áreas da tecnologia, para desenvolver um projeto que vise à máxima redução do desperdício dos recursos hídricos de uma forma sustentável.

O modelo de controle usado no sistema foi o ON-OFF, que é a forma de controlador mais simples e consiste em um circuito comparador que compara o sinal de entrada com dois sinais de referência, chamados de limite inferior e superior. Quando o sinal de entrada fica menor que o limite inferior, a saída do controlador é ativada e o atuador é acionado com sua potência máxima. Quando o sinal de entrada fica maior que o limite superior, a saída é desligada e o atuador desativado (MIRANDA, 2010). Sendo assim a medição de valores é algo fundamental para o correto funcionamento do sistema como um todo. Para o desenvolvimento desse sensor, foram levadas em conta técnicas de projetos de circuitos eletrônicos e sistemas embarcados, objetivando com essa implementação um sensor simples, eficaz, de baixo custo e uma alternativa que verifique valores padronizados de umidade do solo, resultando valores concisos para uma mesma condição.

MATERIAL E MÉTODOS

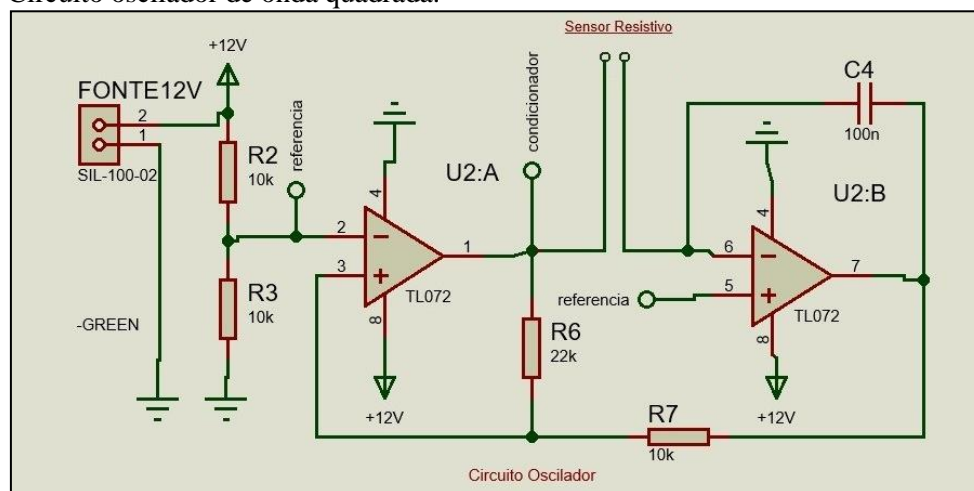
O sensor resistivo desenvolvido se trata de um dispositivo capaz de variar sua frequência de acordo com a resistência do circuito montado. Assim, o sensor faz parte de um circuito oscilador adaptado, que pela variação da quantidade água presente no solo faz com que se altere a resistência e, por consequência, a frequência do oscilador também sofre variações. Com isto, é possível projetar um circuito que monitore a frequência do oscilador, sendo esta inversamente proporcional à umidade do solo, ou seja, quanto menor a frequência maior a umidade. O planejamento do sensor seguiu o diagrama descrito na Figura 1.

Figura 1. Topologia de um Sensor Resistivo com variação da frequência.



Para que o circuito fornecesse o que se foi planejado, ele foi montado como uma adaptação de um circuito condicionador de multivibração estável para gerar uma onda quadrada que muda de frequência conforme a variação da condutividade do solo devido a substituição de uma das suas resistências, a Figura 2 mostra o esquemático deste circuito.

Figura 2: Circuito oscilador de onda quadrada.

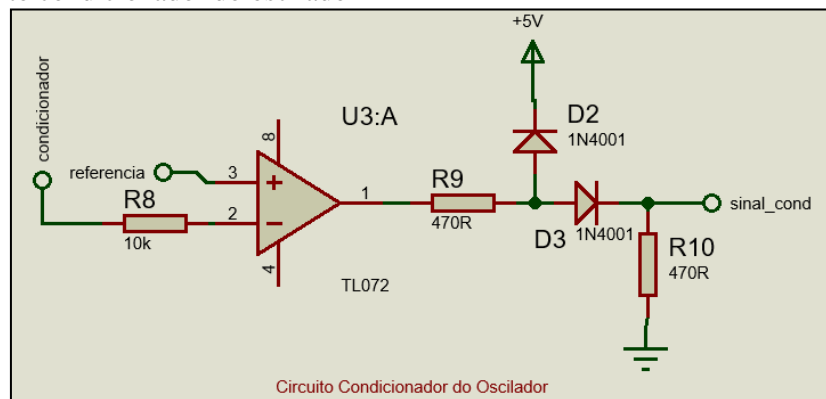


O circuito oscilador desenvolvido pode trabalhar em uma faixa de frequência que vai de 10Hz até 400kHz, é composto por um circuito comparador (conversor de sinal analógico para digital) e um circuito integrador. Na saída assinalada como “condicionador” é obtido um sinal de onda quadrada com frequência descrita pela Equação (1). (SALVADORI, 2013).

$$f = \frac{R_6}{4 \cdot R_3 \cdot C} \cdot \frac{1}{R_{sensor}} \quad (1)$$

Nessas condições, porém, a saída do circuito tem valor máximo próximo de 12V e, em sistemas microcontrolados, é necessária uma tensão de operação de 5V. Para isso foi implementado um circuito condicionador que efetua esta limitação de tensão. O circuito montado tem seu esquemático mostrado na Figura 3. O funcionamento desse circuito deve-se principalmente aos diodos D2 e D3. Quando na saída do amplificador operacional tiver uma tensão maior do que 0,7 V o diodo D2 entra em condução até o limite de 5,7 V. Como o microcontrolador necessita de uma tensão menor ou igual a 5 V, é necessário o diodo D3, para uma queda de tensão de 0,7 V, com isso a tensão que irá para o microcontrolador nunca irá ultrapassar os 5 V.

Figura 3. Circuito condicionador do oscilador



Para a confecção da placa do circuito foi necessário: uma placa de fenolite, que possui uma fina película de cobre, na qual foram impressas as trilhas de material do circuito que interligam os componentes eletrônicos.

Para composição do circuito foram utilizados dois (2) resistores de filme de carbono (popularmente, resistores de carvão) com resistências iguais, medidas em aproximadamente 100K, para diminuir os erros do sistema na hora da calibração.

O sensor é a parte do sistema que determina quando há a necessidade do acionamento, ou interrupção da irrigação. A condutividade elétrica dos íons presentes na água aumenta a condutividade do solo, o que consequentemente diminui a resistência do mesmo. Quando o solo está seco a condutividade elétrica é baixa, ou seja, temos uma alta resistência e o seu estado é tido como baixo. Mas conforme acrescenta-se água ao solo essa condutividade passa a aumentar, e quanto mais água houver, menor será a resistência à condutividade pelos íons e o solo estará em estado alto (PELLISON, 2001).

Os materiais usados para confeccionar o terminal de contato do sensor resistivo com o solo foram basicamente dois de fios de cobre esmaltados com seção nominal de 6 mm² e comprimento de 10 cm; e dois pares de conectores de fios, para manter a distância definida entre os fios fixa.

Os dois fios de cobre tiveram seu esmalte raspado em duas partes, correspondentes a 3cm e 7cm de seus comprimentos. A raspagem do esmalte é necessária para que haja a comunicação através do solo entre os dois fios. A Figura 4 mostra o sensor resistivo que foi construído.

Figura 4. Terminal de contato do sensor resistivo



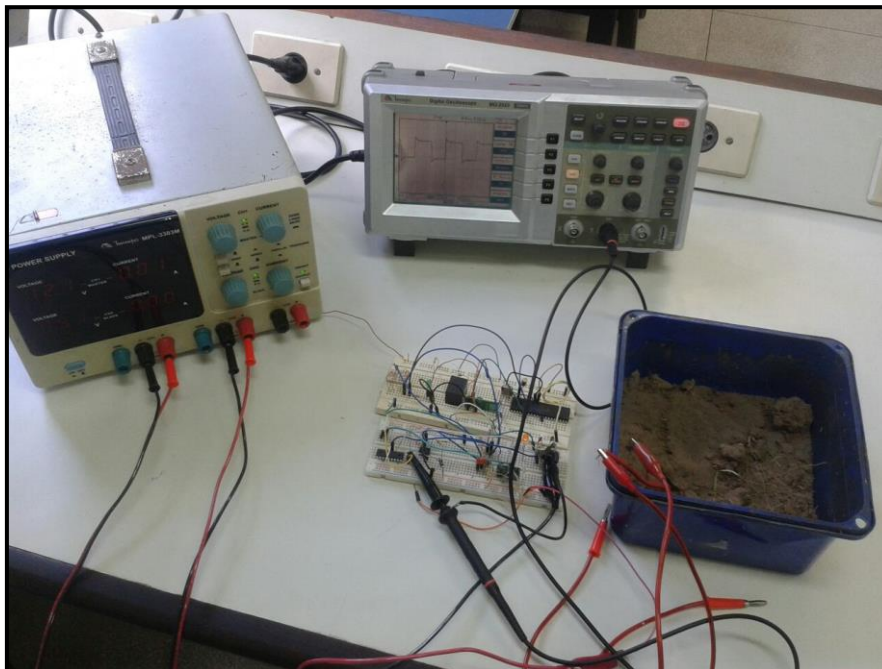
Os conectores de fios foram envolvidos por fita isolante, a fim de impedir que água, ou terra úmida se acumule em suas cavidades, provocando assim alterações nos valores coletados. Como o fio de cobre já possui esmalte próprio, não foi necessário usar nenhum outro tipo de proteção contra a ferrugem, pois, o próprio revestimento do fio já realiza esta função. Como teste, os sensores ficaram mantidos em solo úmido por um período de 20 dias, e estes não apresentaram sinais de oxidação.

A comunicação entre o sensor e as demais partes do sistema de controle autônomo se dá a partir de uma placa com sistema embarcado constituído por um microprocessador PIC16F628A programado para receber em uma de suas entradas o sinal periódico de frequência definida pelo sensor já regulada para uma tensão máxima de 5V. A programação foi implementada de forma ao microcomputador realizar a medição da frequência e enviar esse valor através de rádio frequência para uma placa central que determinará a ligação ou não dos irrigadores e que se comunica com computador para armazenamento desses dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a fase de simulação em *software* seguiu-se para a fase de testes em laboratório, onde o sistema completo foi montado em uma placa de testes (*proto-board*). Foi utilizado para alimentar a placa uma fonte de tensão controlada e um osciloscópio digital. A Figura 5 mostra o teste de eficácia em laboratório do sistema de irrigação.

Figura 5. Teste de eficácia em laboratório.



Para esse teste, as resistências de solo utilizadas foram de $150\text{K}\Omega$ (valor de solo com baixo teor de água), $10\text{K}\Omega$ (valor de solo com alto teor de água) e $60\text{k}\Omega$ (valor de solo com quantidade ideal de água). Durante o teste percebeu-se uma margem de erro na faixa de 4,5 Hz a 10,6 Hz entre a frequência medida e a frequência calculada, por prováveis motivos de perdas nos componentes utilizados, já que estes não são ideais como na simulação em *software*. Essa margem de erro foi considerada e incluída na programação da calibração dos sensores. Os valores de frequência calculados e medidos durante as simulações para as respectivas resistências utilizadas podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de Frequência Medida e Calculada

	150 KΩ	60 KΩ	10 KΩ
<i>f</i> (calculado)	146,66 Hz	366,66 Hz	2,2 KHz
<i>f</i> (medido)	142,20 Hz	360,46 Hz	2,189 KHz

No laboratório, o sistema identificou corretamente a umidade do solo e acionou a válvula quando o sensor da placa remota foi inserido na condição de solo seco, conforme a umidade aumentou, chegando a condição de umidade ótima prevista na calibração, a válvula voltou a condição de normalmente fechada, demonstrando um tempo ótimo de resposta do sistema. Dessa forma, o sistema mostrou eficácia uma vez que o programa identificou o atendimento à condição de ajuste pré-estabelecida.

CONCLUSÃO

Nos testes preliminares de calibração, o sistema identificou a umidade da amostra de terra preta de forma eficiente.

Com o sistema montado completamente, em testes no laboratório, foi identificada corretamente a umidade do solo pela placa remota e acionou a válvula de forma correta e eficaz e um tempo ótimo pela placa central. Então, pode ser aplicado em campo para analisar seus benefícios aplicados a produtividade de uma propriedade.

O protótipo de sensor mostrou-se, então, eficiente. Desenvolvido com baixo custo, e de maneira simples, o sensor teve seu funcionamento muito próximo ao que se esperava teoricamente e manteve suas medições constantes para medições em mesmas condições. Atuando em conjunto com o sistema de controle como um todo apresentou-se como uma alternativa acessível para automação da irrigação, levando em conta os cuidados com o desperdício de água.

REFERÊNCIAS

- Calbo, A. (2001). Irrigação – novo sistema para o controle da irrigação. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Irrigação e Drenagem*, (pp. 177-182). Fortaleza.
- FAO. (2015). *Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura*. Disponível em www.fao.org: <http://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/>. Acesso em 24 de outubro de 2017
- Miranda, R. G.. (2010). Controle e Automação Industrial II. Disponível em http://www.trajanocamargo.com.br/wp-content/uploads/2012/05/Controle_e_-Automacao_Industrial_II.pdf. Acesso 13 de março 2018.
- Salvadori, G. K.. Desenvolvimento de um Sistema para a Medição da Umidade do Solo Utilizando Sensor Capacitivo. Trabalho de conclusão de curso para título de Eng. Eletricista. Departamento de Engenharia Elétrica, ULBRA. Canoas, RS, Brasil. Julho de 2013.
- Pellison, A. T. (2001). Proposta de um sistema automatizado para controle de nível freático em subirrigação. Sao Paulo, SP, Brasil. Disponível em : <http://hdl.handle.net/11449/93823>. Acesso em 24 de setembro de 2017.