

DISPOSITIVO PARA CARACTERIZAÇÃO DE SENSOR DE UMIDADE DO SOLO

Samuel Serafim da Silva, samuel.serafim98@gmail.com

Nayari Marie Lessa, nayary@ifsp.edu.br

Glauco Rogério Cugler Fiorante, glauco@ifsp.edu.br

William Portilho de Paiva, portilho@ifsp.edu.br

Instituto Federal de São Paulo – Campus Salto
Rua Rio Branco 1780 – Salto – SP

RESUMO. O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento e a construção de um dispositivo para a caracterização de um sensor de umidade do solo. O dispositivo é baseado em uma célula de carga de uma balança de cozinha e um amplificador de instrumentação desenhado para a leitura dos sinais dessa célula. O trabalho iniciou-se com uma pesquisa das alternativas para captar o sinal de saída da célula de carga, que é muito pequeno. A alternativa adotada foi a construção do amplificador. O circuito foi montado em uma “proto-board” e testado, com resultados satisfatórios. No entanto, para a esta aplicação específica o circuito apresentou muita oscilação. A alternativa foi buscar um circuito integrado com a mesma função. Utilizando o CI amplificador de instrumentação INA122 os resultados obtidos estabilizaram e convergiram para o resultado esperado.

Palavras-chave: Amplificador operacional, Amplificador de instrumentação, Célula de carga, Sensores.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do nível de umidade do solo é de fundamental importância para várias atividades dentre as quais podem ser citadas a produção agrícola e a execução de obras civis.

A medição da umidade do solo indica as condições hídricas às quais os cultivares estão sujeitos. A determinação da umidade em amostras de terras é importante para trabalhos de irrigação, porém, a possibilidade de se fazer esta determinação *on-line* no campo é de grande interesse pois o monitoramento dessas condições hídricas pode auxiliar na obtenção de safras melhores ao acionar dispositivos de irrigação ou auxiliar na redução com gastos de água e energia elétrica, pois possibilita aplicações controladas e pontuais de água, controlando onde, quando e quanto irrigar, de acordo com as necessidades hídricas de cada cultura (KLAR *et al.*, 1966).

Na execução de obras civis, a medição da umidade do solo é muito importante para a compactação do solo nas execuções de aterros, terraplenagem, taludes, muros de arrimo e estradas. Por meio da compactação de um solo obtém-se maior adensamento de suas partículas. Esse adensamento torna o solo mais estável pois reduz o volume de vazios e a capacidade de absorção de água o que ocasiona o aumento da resistência ao cisalhamento e a obtenção de uma maior capacidade do solo suportar as construções. Dois fatores são fundamentais na compactação: o teor de umidade do solo e a energia empregada na aproximação dos grãos, que se denomina energia de compactação. Há um determinado teor de umidade ótima que, dada uma energia de compactação, levará a um peso específico seco mais elevado, o que resulta em uma maior resistência mecânica do aterro. Apenas no teor de umidade ótimo se atinge o máximo peso específico seco, que corresponde a maior resistência do solo (SENÇO, 1980; ABRAM e ROCHA, 2000). A umidade ótima é obtida em laboratório através de ensaio de compactação (NBR7182, 1986).

Pequenas propriedades rurais, construtores autônomos ou pequenas empresas de terraplanagem não tem acesso a equipamentos sofisticados de medição de umidade (Fig. 1a). No entanto, atualmente, a construção de dispositivos de medição de umidade utilizando sensores de baixo custo (Fig. 1b) é viável. Porém, as folhas de dados desses sensores de baixo custo quase nunca estão disponíveis. As aplicações já realizadas os utilizam basicamente como funções liga-desliga.

Este trabalho tem o propósito de propor um sistema para a obtenção da curva característica em forma de função contínua desse tipo de sensor.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A umidade do solo pode ser medida por meio de métodos diretos e indiretos. O método direto mais utilizado é o gravimétrico, que consistem em pesar amostras de solo seco e úmido, e relacioná-las adequadamente, seja por massa ou volume. Tem como desvantagem a necessidade de um longo período, podendo passar de 24 horas, para a obtenção do

resultado. Todavia, é o método utilizado para a calibração dos sensores utilizados nos métodos indiretos (LEÃO *et al.*, 2007).

Em geral, os métodos indiretos possibilitam a determinação instantânea da umidade, o que os torna particularmente interessante nas aplicações de monitoramento *on-line*. Os principais métodos indiretos baseiam-se na medição de grandezas que variam com a umidade presente no solo, tais como tensão da água no solo, resistência do solo à passagem de corrente elétrica, constante dielétrica do solo, moderação de nêutrons (COELHO, 2003).



Figura 1. Sensores de umidade do solo: (a) industrial, fornecido com folha de dados

(<http://www.sigmasensors.com.br/produto/10hs-sensor-de-umidade-do-solo-s-smd-m005.html>) e manual de utilização (http://wpc.306e.edgecastcdn.net/80306E/onsetcomp_com/files/manual_pdfs/15081-D-MAN-S-SM.pdf) ao custo de US\$ 139,00; (b) sensor de baixo custo, sem documentação (<http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-689248615-sensor-de-umidade-do-solo-modulo-arduino-pic-JM>), ao preço de R\$ 6,15.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo para a realização automatizada de ensaios gravimétricos, para a caracterização do sensor mostrado na Fig. 1b. A metodologia do ensaio é descrita a seguir:

Uma amostra de solo completamente seco (Fig. 2a) é colocada em um tubo (Fig. 2b) que tem uma de suas extremidades fechadas por um tecido (Fig. 2c). Esse conjunto é colocado sobre uma balança (Fig. 2d), que mede a massa da amostra de solo seco. Nessa amostra é colocado o sensor de umidade (Fig. 2e) ligado a um voltímetro (Fig. 2f) que mede a tensão transmitida pelo solo nesta condição. Relaciona-se, então a tensão e a massa registradas com o nível 0% de umidade. Em seguida coloca-se o cilindro com a amostra do solo dentro de um recipiente com água (Fig. 2g) e aguarda-se até que, por efeito de capilaridade, o solo fique totalmente encharcado. Coloca-se novamente o conjunto sobre a balança e relaciona-se a tensão e a massa registradas com o nível 100% de umidade. Os valores intermediários necessários para a obtenção da curva do sensor são obtidos por meio de medições em intervalos regulares de tempo, conforme a água contida no solo vai se evaporando.

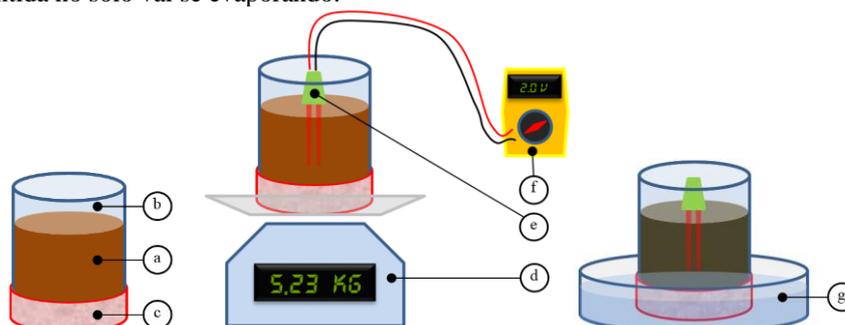


Figura 2. Procedimento do ensaio para determinação dos níveis de umidade na amostra de solo e caracterização do sensor de umidade.

Esse processo pode ser realizado manualmente, porém demanda um acompanhamento intenso do processo que, como dito anteriormente, pode passar de 24 horas. Neste projeto foi proposta a automatização desse processo utilizando uma placa Arduino para a aquisição dos dados de massa, a partir da leitura da célula de carga da balança e da aquisição dos dados de umidade, a partir da tensão medida pelo sensor de umidade. A etapa principal foi a construção de um circuito amplificador de instrumentação para a aquisição dos dados da célula de carga.

2.1 Circuito amplificador de instrumentação

Inicialmente, para medir o sinal da célula de carga foi montado um circuito amplificador compostos por dois amplificadores operacionais CI TL082. Porém este circuito sofreu com muitas interferências e dificuldade de ajuste no ganho. Buscando uma resposta melhor, foi montado um segundo circuito, utilizando três CIs amplificadores CA3140.

Este circuito também apresentou problemas de interferência. Desse modo, optou-se por utilizar um CI amplificador de instrumentação dedicado. Por questões de disponibilidade e custo, o CI selecionado foi o INA122 da Burr-Brown.

Os amplificadores de instrumentação de precisão amplificam a diferença entre duas tensões com baixo ruído de aquisição, mantendo elevada impedância de entrada, elevada rejeição a sinais de modo comum e ganho diferencial ajustável. O amplificador utilizado é um CI com dois amplificadores operacionais (Fig. 3), com tensão de alimentação entre 2,2 V a 36 V, tensão de entrada do sinal entre -0,9/+1,3V a +/- 18 V e tensão de saída dependendo do ganho necessário, conforme equação

$$V_o = (V_{in}^+ - V_{in}^-) * G \quad (1)$$

onde V_o é a tensão de saída, proporcional à massa medida na balança, que será fornecida ao Arduino; V_{in}^+ e V_{in}^- são os sinais de saída da célula de carga, que serão amplificados; G é o ganho, ou seja, o valor que amplifica os sinais V_{in}^+ e V_{in}^- .

Verificou-se que, para a correta leitura do sinal da célula de carga utilizada, o ganho G deveria ser da ordem de 300. Conforme o *datasheet* do CI INA122, o valor do ganho é definido pela equação

$$G = 5 + \frac{200k\Omega}{R_G} \quad (2)$$

onde R_G é a resistência de ganho. Utilizando a Eq. 1 foi calculado o valor de R_G para um ganho $G = 300$, obtendo-se $R_G = 662 \Omega$. foi adotado $R_G = 600 \Omega$, o que resultou num ganho

$$G \cong 338 \quad (3)$$

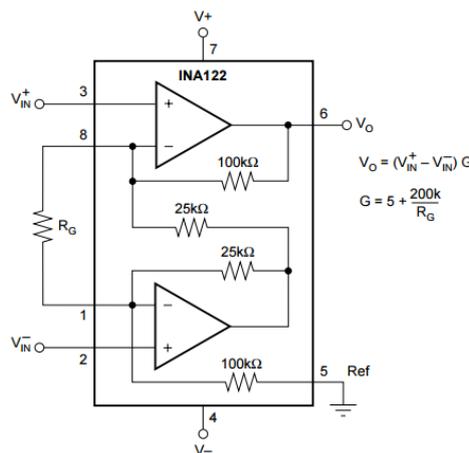


Figura 3. Esquema do amplificador de instrumentação INA122.

Há ainda um potenciômetro RV1, de 10 kΩ, para ajuste do início da escala da faixa de saída. (Fig. 4).

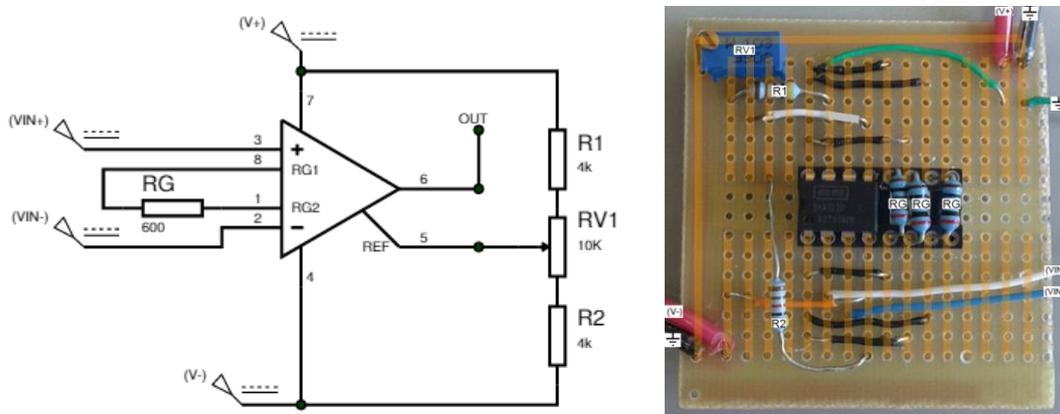


Figura 4. Esquema e montagem em placa do circuito do amplificador de instrumentação completo.

Os circuitos de teste do amplificador de instrumentação foram montados inicialmente em uma placa *proto-board* (Fig. 5a). Foi utilizada uma fonte de alimentação DC simétrica para alimentar o CI com +6,5 V no pino 7 e -6,5 V no

pino 4. O ajuste do valor da tensão de saída, amplificado, foi realizado comparando-se o valor da massa indicado no *display* da balança com a tensão indicada nos multímetros (Fig. 5b).

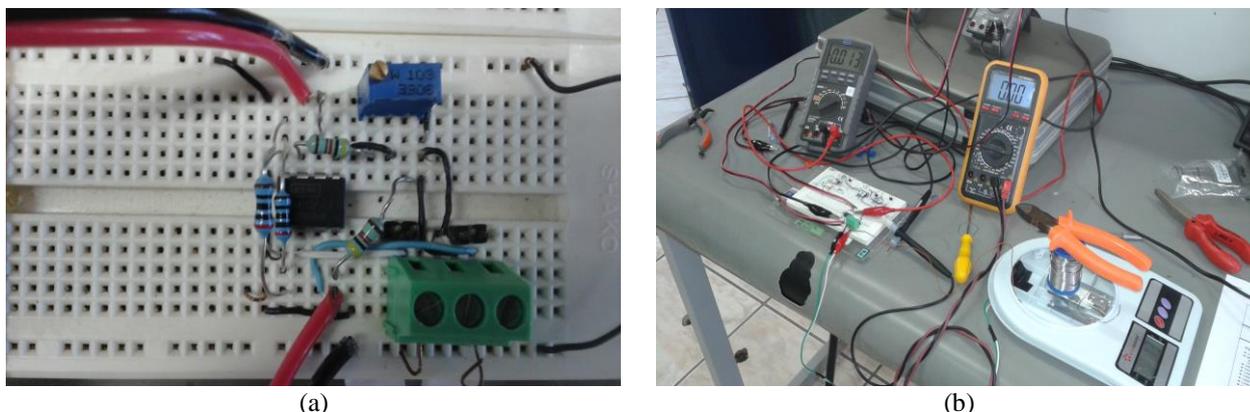


Figura 5. (a) circuitos de teste do amplificador de instrumentação (b) ajuste do valor da tensão de saída.

3. RESULTADOS

O circuito montado com o CI amplificador de instrumentação INA122 funcionou com estabilidade e precisão, amplificando o sinal de saída da célula de carga, sem interferência e oscilações. Com esse circuito amplificador de instrumentação torna-se possível automatizar o processo de caracterização de sensores de umidade utilizando uma placa microcontroladora Arduino.

4. CONCLUSÕES

Este projeto permitiu ligação entre a parte teórica e a parte prática no processo de aprendizagem. O monitoramento da umidade do solo é muito importante para diversas áreas, implicando em vantagens econômicas quando bem empregado. O monitoramento pode fornecer dados para diversas aplicações que necessitem de informações relacionadas a quantidade de água presente no solo de um determinado local, contribuindo com uma série de fatores, e dentre eles a redução de custos e economia de recursos naturais. A construção desse tipo de dispositivo é viável e fornece subsídios para uma calibração adequada do módulo sensor de umidade do solo.

5. REFERÊNCIAS

- KLAR, AE; VILLA NOVA, NA; MARCOS, ZZ; CERVÉLLINI, A. Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens. *Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"*, v. 23, p. 15-30, 1966.
- DE SENÇO, W. **Terraplenagem**. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 1980.
- ABRAM, I; ROCHA, AV. **Manual Prático de Terraplenagem**. Salvador, Bahia, 2000.
- NBR7182. **Solo**: Ensaios de compactação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1986. 10p.
- LEÃO, RAO; TEIXEIRA, AS; CANAFÍSTULA, FJF; MESQUITA, PEG; COELHO, SL. Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para calibração de sensores de umidade do solo. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*, v. 27, n. 1, p. 294-303, 2007.
- COELHO, S.L. **Desenvolvimento de um tensiômetro eletrônico para o monitoramento do potencial da água no solo**. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.