

Desenvolvimento de sensores descartáveis, aplicados à obtenção do tempo de molhamento foliar e temperatura, utilizando a técnica de formação de trilhas

Pedro Cesar Zavitoski¹; Rafaella Takehara Paschoalin²; Alexandra Manzoli³; Clarice Steffans⁴; Marcelino Badin⁵; André Torre Neto⁶; Paulo Sergio de Paula Herrmann⁶

¹Aluno de graduação em Engenharia Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, pczavitoski@gmail.com;

²Aluna de graduação em Farmácia, Centro Universitário Central Paulista, São Carlos, SP;

³Aluna de pós-doutorado em Química, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP;

⁴Aluna de doutorado em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP;

⁵Aluno de graduação de Engenharia Elétrica, EESC, USP, São Carlos, SP;

⁶Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver sensores descartáveis e de baixo custo para a medição do molhamento foliar (MF) e temperatura. Para isso, foi utilizado como base o polietileno tereftalato (PET), por ser um plástico barato, e que pode ser usado para emular uma folha (importante para um sensor de MF). Ambos os sensores utilizaram trilhas depositadas em filmes finos por intermédio da técnica “line patterning”, que possui as características de ser simples e barata, podendo ser utilizada com equipamento comum de escritório. As trilhas do sensor de molhamento foliar eram de grafite, e as do sensor de temperatura foram feitas de ouro. As máscaras utilizadas na técnica foram desenhadas utilizando softwares gráficos convencionais e, impressa sobre o substrato de PET utilizando uma impressora “laser Jet” convencional (HP LaserJet 1022). Para o sensor de molhamento, foi preparada uma solução aquosa de grafite, utilizando uma pasta de grafite comercial (Aquadag-E da Acheson. Inc) na razão de 1:3 grafite:água (peso/peso), e depositada no substrato em camadas finas. A deposição de ouro foi realizada utilizando uma evaporadora de ouro, depositando uma camada de 30nm de ouro sobre o substrato. Então, o PET foi mergulhado em tolueno e metil etil cetona (MEK), utilizando banho ultrassônico, para retirar o toner e manter apenas a trilha desejada no substrato. O eletrodo utilizado como sensor de molhamento foliar foi recoberto com tinta látex, diluída em água na proporção de 3:1 (v/v). Foram realizados testes para caracterizar a sensibilidade do sensor à água livre em sua superfície, medindo a resistência elétrica entre os terminais do eletrodo, inicialmente seco e, então, a cada acréscimo de água. Para isso utilizou-se um multímetro de alta precisão (PM 2525 Philips), e uma micropipeta de laboratório para adicionar água à superfície do sensor, com volume controlado, em gotas de 15 µL. Os sensores desenvolvidos apresentaram alta resistência quando secos, acima de 210 MΩ, sendo considerado como um circuito aberto e, na presença de água, uma queda de resistência elétrica, mínima na faixa de 35 MΩ. Foram realizados também, testes para caracterizar o funcionamento do sensor para gotas de menor volume (10 µL, 5 µL e 1 µL), apresentando resultados semelhantes. Os resultados foram comparados com os de um sensor de circuito impresso. O sensor de temperatura foi recoberto com uma camada de PET, idêntica à do substrato, e foi testado medindo sua resistência em variadas temperaturas. Os sensores podem ser desenvolvidos de maneira simples e barata, com resultados que possibilitam a sua utilização na instrumentação no campo, aplicada a avaliação do molhamento foliar e temperaturas (°C). As medidas de resistência elétrica no sensor de MF mostraram um comportamento reprodutivo para a detecção de água, o que torna o sensor confiável o suficiente para medições de presença de água na folha. As medidas no sensor de temperatura mostraram boa reprodutibilidade, com uma relação constante entre temperatura e resistência. Futuros trabalhos estão sendo desenvolvidos, referente ao circuito eletrônico de leitura e aquisição de dados, e na melhoria da sensibilidade do sensor de temperatura.

Apoio financeiro: CNPq

Área: Instrumentação