



Rede
Agro
Nano

Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio

Anais do V Workshop 2009



Editores

**Odílio Benedito Garrido de Assis
Wilson Tadeu Lopes da Silva
Luiz Henrique Capparelli Mattoso**

Embrapa

Instrumentação Agropecuária

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio
Anais do V Workshop 2009**

**Odílio Benedito Garrido de Assis
Wilson Tadeu Lopes da Silva
Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Editores**

**Embrapa Instrumentação Agropecuária
São Carlos, SP
2009**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação Agropecuária

Rua XV de Novembro, 1452
Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: (16) 2107 2800
Fax: (16) 2107 2902
<http://www.cnpdia.embrapa.br>
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Capa: Manoela Campos e Valentim Monzane
Imagem da Capa: Imagem de AFM de nanofibra de celulose - Rubens Bernardes Filho
Editoração eletrônica: Manoela Campos e Valentim Monzane

1ª edição

1ª impressão (2009): tiragem 200

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Instrumentação Agropecuária**

Anais do V Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao
agronegócio 2009 - São Carlos: Embrapa Instrumentação
Agropecuária, 2009.

Irregular
ISSN: 2175-8395

I. Nanotecnologia - Evento. I. Assis, Odílio Benedito Garrido de.
II. Silva, Wilson Tadeu Lopes da. III. Mattoso, Luiz Henrique
Capparelli. IV. Embrapa Instrumentação Agropecuária

© Embrapa 2009



SENSOR DESENVOLVIDO COM TRILHA INTERDIGITADA DE GRAFITE, APLICADO AO MOLHAMENTO FOLIAR

Pedro César Zavitoski^{1,2}, Paulo S. de P. Herrmann^{2*}, Alexandra Manzoli², Clarice Steffens², Rafaella Takehara Pascoalini², André Torre Neto²

¹Depto. de Física - UFSCar, 13560-905, São Carlos/SP

²Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio, Embrapa Instrumentação Agropecuária, 13560-970, São Carlos/SP * herrmann@cnpdia.embrapa.br

Projeto Componente: PC2

Plano de Ação: 01.05.1.01.02.03

Resumo

Foi desenvolvido um sensor de molhamento foliar por meio da técnica de "line-patterning" à base de grafite, utilizando substrato de Polietileno Tereftalato (PET) e recobrimento com tinta látex. A caracterização do sensor foi feita por meio de medida de resistência elétrica em contato com diferentes quantidades de água. Os resultados mostraram que a potencialidade para o uso na medida de molhamento foliar em sistemas eletrônicos.

Palavras-chave: Sensor baixo custo, molhamento foliar, "line patterning", grafite.

Introdução

A medição do período de molhamento foliar (MF) é necessária para o trabalho em agronomia de precisão, na prevenção da ação de patógenos fúngicos ou bacterianos (SENTELHAS et al., 2004). Uma aplicação direcionada de agentes defensivos resulta em menores custos e poluição ambiental.

O polietileno tereftalato (PET) é um polímero largamente utilizado em diversas atividades, e por ser plástico, com a possibilidade de emular uma folha, e barato foi escolhido para ser a base de um sensor descartável e de baixo custo.

As trilhas de grafite foram utilizadas tanto pelo baixo custo e facilidade de deposição quanto pela boa interação que demonstraram com o recobrimento de tinta látex que foi utilizado para simular a superfície natural de uma folha.

A deposição de filmes finos de grafite foi realizada por intermédio da técnica "line patterning", que possui as características de ser simples e barata, podendo ser utilizada com equipamento comum de escritório (HOHNHOLZ e MACDIARMID, 2001).

Materiais e métodos

Os eletrodos foram preparados de acordo com a metodologia de preparação, utilizando a técnica de "line patterning" de grafite (VENÂNCIO et al., 2008). A máscara utilizada foi desenhada utilizando softwares gráficos convencionais e impressa sobre o substrato de PET utilizando uma impressora 'laser jet' convencional (HP LaserJet 1022). Foram depositadas 4 camadas finas de solução aquosa de grafite, preparada utilizando uma pasta de grafite comercial (Aquadag-E da Acheson. Inc) na razão de 1:3 grafite:água (peso/peso). Depois de seco, o PET foi mergulhado em tolueno e metil etil cetona (MEK), utilizando banho ultrassônico, para retirar o toner e manter apenas a grafite no substrato. Os eletrodos foram então mergulhados em tinta látex, diluída em água na proporção de 3:1 (v/v).

Dessa forma, as dimensões físicas do sensor (2,5cm por 4,5cm) foram projetadas para simular a superfície de uma folha de laranjeira (Fig. 2). Foram realizados testes para caracterizar a sensibilidade do sensor à água livre em sua superfície.

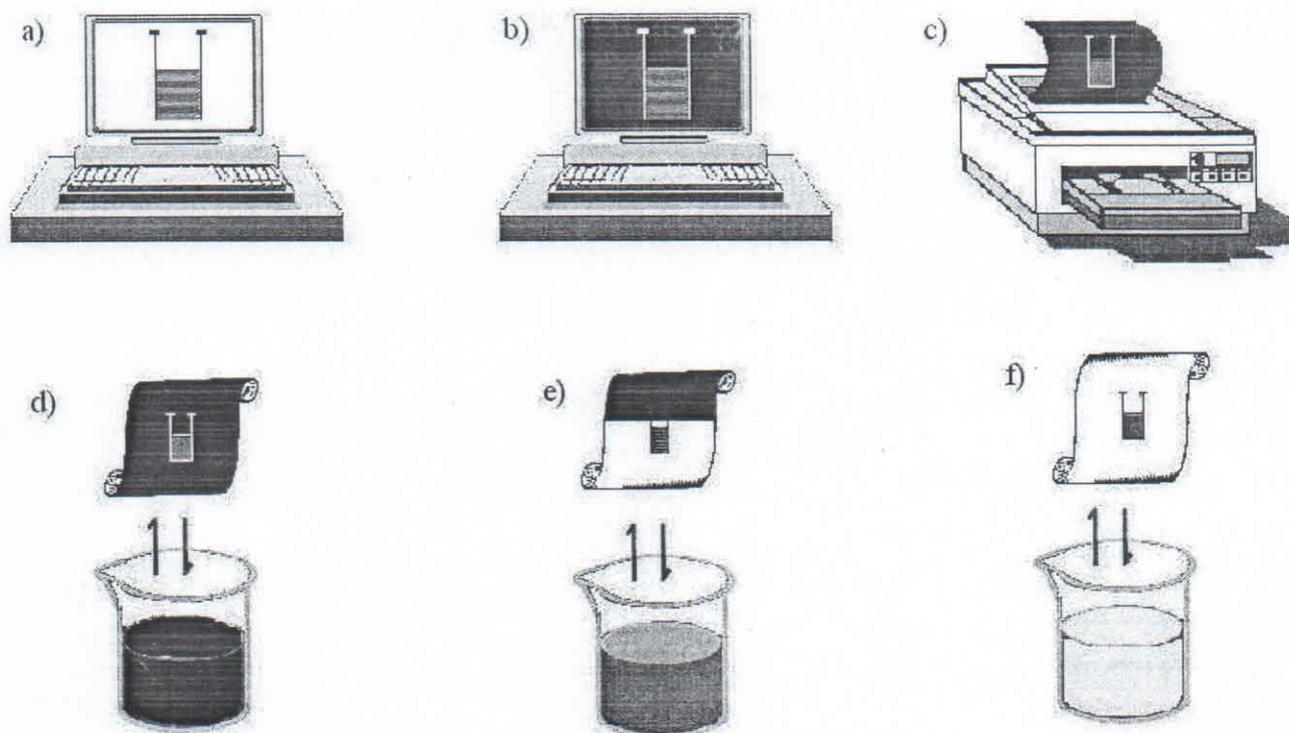


Fig. 1. Sequência para confecção do sensor utilizando a técnica de "line patterning" em grafite (LPTG). A) Desenho da máscara b) Negativo da máscara c) Impressão da máscara em PET d) Recobrimento do PET com grafite e) Retirada do toner com tolueno f) Recobrimento de tinta látex

A resistência elétrica entre os terminais do eletrodo foi medida, 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 .

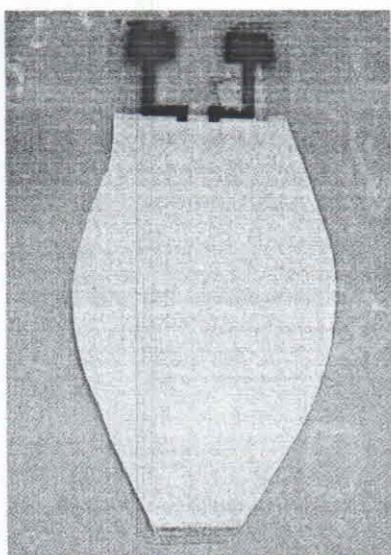


Fig. 2. Sensor de plástico para molhamento foliar desenvolvido com LPTG.

Resultados e discussão

Sendo este um sensor com comportamento resistivo, o resultado ideal seria uma resistência infinita quando seco, e 0Ω na presença de gotículas de água sobre sua superfície. Os sensores desenvolvidos apresentaram uma alta resistência inicial, acima de $210 \text{ M}\Omega$, o qual é considerado como o circuito aberto, e, uma queda de resistência mínima na faixa de $35 \text{ M}\Omega$ na presença de água. Na Fig. 3 podemos observar o comportamento da resistência em função do número de gotas de 15 μL de água. É importante notar a queda inicial de resistência, que determina a existência ou não de água sobre a superfície do sensor.

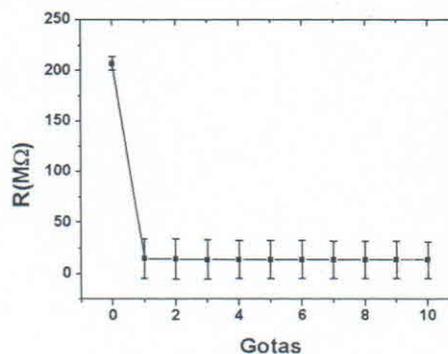


Fig. 3. Média de resultados de um sensor de molhamento.

Conclusões

O sensor de molhamento foliar pode ser desenvolvido de maneira simples e barata, com resultados que possibilita a sua utilização na instrumentação aplicada a avaliação do MF. As medidas de resistência mostraram um comportamento constante para a detecção de água, o que torna o sensor confiável o suficiente para medições de presença de água na folha. Serão realizados testes para verificar a sensibilidade a diferentes dimensões de gotas.

Agradecimentos

Ao CNPQ (485921/2006-5) pelos recursos financeiros, a Bolsa PIBIC do CNPq – Brasil, e a EMBRAPA Instrumentação Agropecuária.

Referências

- SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; GLEASON, M. L.; MONTEIRO, J. E. B. A.; HELLAND, S. T. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 126, n. 1-2, p. 59-72, 2004.
- HOHNHOLZ, D.; MACDIARMID, A. G. **Synth. Met.**, Lausanne, v. 121, n. 1-3, p. 1327-1328, 2001.
- VENANCIO, E. C.; MATTOSO, L. H. C.; HERRMANN, P. S. P.; MACDIARMID A. G. **Sensors and Actuators B**, Lausanne, v. 130, p. 723-729, 2008.