

ISSN 2175-8395

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

**ANAIS DO VII WORKSHOP DA REDE DE
NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO**

Maria Alice Martins
Odílio Benedito Garrido de Assis
Caue Ribeiro
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

Editores

Embrapa Instrumentação
São Carlos, SP
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

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

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: João de Mendonça Naime
Membros: Dra. Débora Marcondes Bastos Pereira Milori
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Sandra Protter Gouvea
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dra. Lucimara Aparecida Forato

Revisor editorial: Valéria de Fátima Cardoso
Capa - Desenvolvimento: NCO; criação: Ângela Beatriz De Grandi
Imagem da capa: Imagem de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus
Loures Mourão, Viviane Soares

1a edição

1a impressão (2013): tiragem 50

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

Anais do VII Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio –
2012 - São Carlos: Embrapa, 2012.

Irregular
ISSN 2175-8395

1. Nanotecnologia – Evento. I. Martins, Maria Alice. II. Assis, Odílio Benedito Garrido de.
III. Ribeiro, Caue. IV. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. V. Embrapa Instrumentação.

© Embrapa 2013

SENSORES MICRO-NANOPOROSOS DE VIDRO SINTERIZADO PARA MEDIDA DE POTENCIAL MÁTRICO

Odilio B.G. Assis¹, José D.C. Pessoa¹, Adonai G. Calbo¹

¹Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, 1452, São Carlos/SP, odilio.assis@embrapa.br

Projeto Componente: PC2 **Plano de Ação:** PA2

Resumo

Sensores de contato apropriados para a avaliação do potencial hidrostático do apoplasto ou do potencial mátrico foram processados por técnicas cerâmicas a partir de partículas nas dimensões micro e nanométricas. Os sensores são formados por uma interface porosa e um capilar de vidro preenchido com água e um fluido imiscível. A interface porosa foi produzida por sinterização a partir de pós de vidro. Empregou-se mistura de pó de vidro e NaCl na proporção de 70-30%. Testes de absorção de água destilada indicaram uma maior capilaridade com a presença da matriz porosa, refletindo no aumento da velocidade do deslocamento do menisco ao longo do capilar.

Palavras-chave: vidro poroso, sinterização viscosa, sensores, potencial mátrico

Publicações relacionadas

Assis, O.B.G.; Pessoa, J.D.C., Calbo, A.G. Confecção de sensores de vidro poroso sinterizado para medida do potencial mátrico. *Cerâmica*, v. 59, n.1, p.65-70, 2013.

Introdução

O potencial da água e seus componentes em plantas tais como turgescência, sucção, potencial osmótico do simplasma e do apoplasto são variáveis empregadas na caracterização de condições críticas de déficit hídrico (PESSOA; CALBO, 2004). Em condições normais, um decréscimo da ordem de 0,1 MPa no potencial de água na raiz de uma planta é suficiente para comprometer o crescimento celular e afetar a síntese de proteínas e demais atividades enzimáticas (BERTUCCI NETO et al., 1997).

Na unidade da Embrapa Instrumentação em São Carlos, SP, encontra-se em desenvolvimento uma base experimental para a medida da pressão interna em células vegetais baseado no sistema introduzido por Pessoa e Calbo (2001) adaptado à medida de turgescência (pressão intracelular), o que possibilita estimar valores relativos de deficiência hídrica em plantas. A base de medida neste equipamento é o registro do deslocamento de um menisco em uma sonda composta de um tubo capilar vítreo com diâmetro com bulbo entre 100 µm e 200 µm e ponta em cônica em torno de 7 µm, suficiente para penetrar em uma célula vegetal sem rompê-la. O capilar é conectado a

uma câmara e ambos são preenchidos com um líquido com fator de compressibilidade K conhecido. O princípio de medida é o de balancear a turgescência da célula em oposição à pressão do volume preenchido.

O objetivo do presente trabalho é o de obter uma região porosa na extremidade do capilar (região que será introduzida ou estará em contato com o tecido vegetal), com o intuito de estabilizar o gradiente de pressão na interface e elevar a capilaridade, ao mesmo tempo reduzindo a fragilidade da ponta. Para a formação dessa “ponte” porosa de maior tortuosidade, optou-se pelo processamento de sinterização segundo a técnica de preenchimento (*filler principle*), a qual faz uso da mistura de partículas de vidro e de uma fase solúvel em água, não-sinterizável, que após o ciclo de consolidação térmica é removida resultando em uma matriz porosa.

Materiais e métodos

A matéria básica na confecção dos sensores foi vidro plano transparente de origem comercial de composição média CaO (10-15%) Na₂O (12-15%) SiO₂ (71-75%). Após fragmentação manual fragmentado em dimensões inferiores a 100µm e

misturados com 30% (em peso) de NaCl seguido de moagem em moinho de bolas de alumina por 2 horas. A função do sal é estabelecer uma fase intermediária, não sinterizável que possa ser facilmente removida após o processo de consolidação da fase vítrea. O pó após a moagem é o material de preenchimento da ponte porosa (região ao redor de 1 mm) na extremidade aberta do capilar. Utilizou-se hematocapilares vítreos comerciais, sendo o pó manualmente compactado.

A sinterização da região porosa se deu por passagens em chama de bico de Bunsen por breves intervalos de tempo. A remoção do solvente foi conduzida por intensiva passagem de água corrente através do capilar. A morfologia aproximada dos grãos foi avaliada por MEV (Philips XL 30).

O sensor em sua configuração final fica composto por um capilar de vidro transparente e de uma parcela (interface) porosa. Quando saturada com água ou um fluido imiscível de compressibilidade (k), permite avaliar o potencial de sucção de fluido da amostra, tomada como igual à tensão de reação (P) do corpo fluido, ou seja:

$$dP = -\frac{1}{k} \frac{dV}{V}$$

sendo 'V' é o volume inicial do fluido deformado e 'd' o operador diferencial. No capilar de simetria cilíndrica, a variação relativa de volume pode ser substituída pela variação relativa da posição do menisco fluido1/fluido2 (Fig 1).

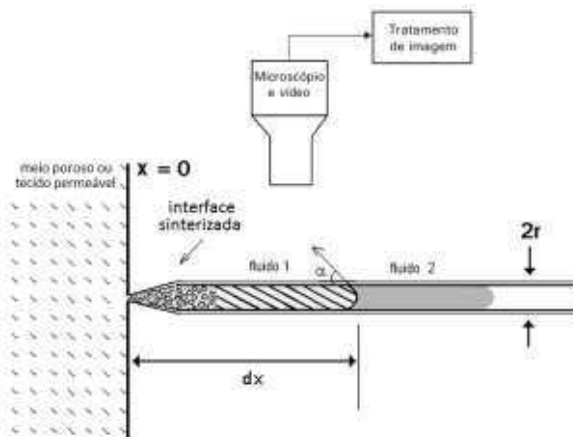


Fig 1: Princípio e disposição padrão do sensor de contato com região porosa sinterizada

A faixa de valores mensurável com esta metodologia depende da quantidade de gases dissolvida nos fluidos, das dimensões dos poros e do volume disponível na interface porosa, do raio

capilar (r) e da tensão superficial da água (σ). Em uma avaliação preliminar (Pessoa, 1999):

$$P = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{r}$$

admite-se $\cos \theta = 1$ e o raio capilar próximo ao limite inferior para visualização no microscópio óptico: 1μm. Com este modelo e nestas condições a tensão máxima medida pelo sensor é da ordem de 1 MPa, limite adequado para muitas aplicações em física dos solos e fisiologia vegetal (PESSOA; CALBO, 2001).

Resultados e discussão

A sinterização se seu pela passagem da extremidade do capilar em bico de Bulsen. A Fig. 2 ilustra o provável processo.

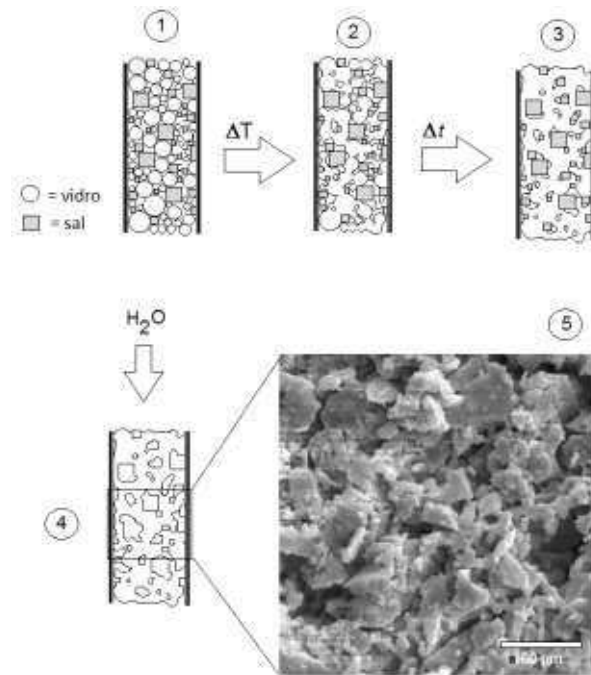


Fig 2: Esquema ideal de formação da região porosa segundo o "princípio do preenchimento": em (1) temos a distribuição vidro-sal compactado dentro do capilar. Com a ação da temperatura damos início à sinterização estabelecendo a consolidação sólida da fase vítrea (2) e (3). Com a remoção do sal por lixiviação em água corrente (4) estabelecemos a matriz porosa ao longo do capilar (5).

Um aspecto importante a ser considerado na confecção e uso desses elementos está relacionado com o empacotamento final das partículas e com o formato dos poros, que tem influência no efeito de capilaridade dentro do sensor. Esse grau de capilaridade pode ser inferido pela taxa de absorção, o que no caso do capilar reflete na

velocidade de deslocamento do menisco (perfil de percolação). Este dado pode ser observado na Fig. 3 na qual temos a medida do deslocamento do menisco em função do tempo (para absorção de água destilada) até sua estabilização indicando que no capilar composto com a ponte porosa a absorção é maior para um mesmo tempo se comparado com o capilar único oco. Embora com comportamento similares, o efeito da presença da ponte porosa é melhor visualizado se fizermos um ajuste linear na região em que ocorre e absorção contínua (até aproximadamente 60 segundos), Fig 4.

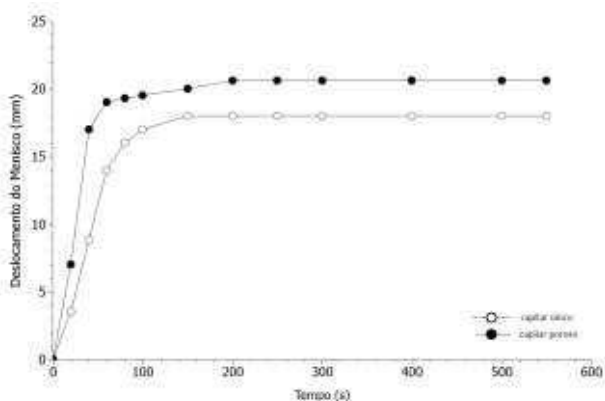


Fig 3: Perfil de percolação, representado pela velocidade de deslocamento do menisco para os sensores de capilar único e de meio poroso, indicando o favorecimento da absorção por capilaridade no meio poroso.

Temos nestas condições que embora o capilar com ponte porosa descreva uma percolação contínua com ajuste linear inferior ($R^2 = 0,84$) do que a observada para o capilar único ($R^2 = 0,97$), a taxa de absorção, ou neste caso, a velocidade do deslocamento do menisco, pode ser estabelecido pela inclinação da reta (derivada dy/dx), indicando valores de $0,23 \text{ mms}^{-1}$ para o sensor oco e de $0,35 \text{ mms}^{-1}$ para o poroso sinterizado, ou seja, a presença da ponte porosa na exterminada do sensor elevada a capilaridade gerando um aumento da ordem de 1,5 vezes a velocidade de absorção. Após a estabilização, o volume de água absorvido é contudo, muito similar para ambos os capilares ($9,07 \text{ mm}^3$ para o capilar oco e $10,03 \text{ mm}^3$ para o com ponte porosa).

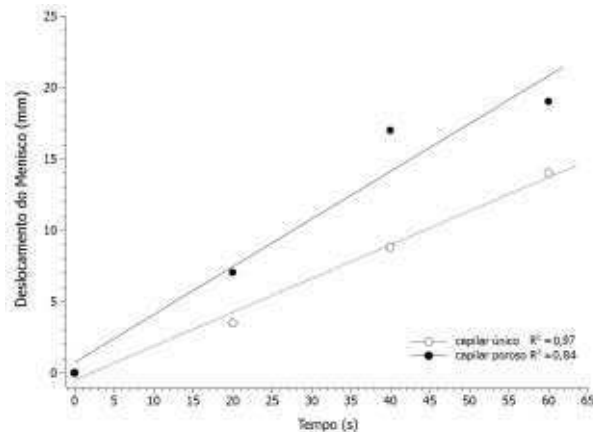


Fig 4: Detalhe da região de absorção capilar contínua, e ajuste linear.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e ao Projeto MP1 Rede AgroNano – Embrapa.

Referências

BERTUCCI NETO V., PESSOA J.D.C., CRUVINEL P.E, CALBO A.G. Automação de um sistema de medida de turgescência em plantas. Pesquisa em Andamento, CNPDIA, São Carlos, n.15, 3p., 1997. (Publicação Interna Embrapa).

PESSOA, J.D.C., CALBO, A.G. Apoplasm hydrostatic pressure on growth of cylindrical cells Brazilian Journal of Plant Physiology. Brasília, v.16, p.17-24, 2004.

PESSOA, J.D.C., CALBO, A.G. Metodologia para medir a tensão da água em raízes de cenoura. Revista de Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.12, n.3, p.210-217, 2001

PESSOA, J.D.C. Instrumentações para estudo das relações água-planta. 1999. 72 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 1999.