

## CONDUTÂNCIA HIDRÁULICA DE CÁPSULAS POROSAS DE TENSÍOMETROS DE SOLO

Lucas Hiroshi Sugiura<sup>1</sup>, Wesley Augusto Mendonça<sup>2</sup>, Mariana Piva Castilho<sup>3</sup>, Lucas Daniel Carvalho Dias<sup>4</sup>, Roberto Rezende<sup>5</sup>, Antônio Carlos Andrade Gonçalves<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Sede, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Participante do PIC-UEM. Bolsista PET MEC/SESu. ra103619@uem.br

<sup>2</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, Campus Sede, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Bolsista PIBIC/CNPq. ra113400@uem.br

<sup>3,4</sup>Acadêmico(a) do curso de Agronomia, Campus Sede, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Integrante do grupo PET-Agronomia/UEM. Bolsista PET PEC/SESu. petagronomiauem@gmail.com

<sup>5</sup>Doutor, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Professor Associado da UEM. rrezende@uem.br

<sup>6</sup>Orientador, Doutor, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Professor Associado da UEM e Tutor do Grupo PET-Agronomia/UEM. acagoncalves@uem.br

### RESUMO

O manejo da água no solo em sistemas agrícolas irrigados é essencial para que esta técnica possa promover os ganhos de produtividades possíveis das culturas. Para isto, é necessário que o potencial de água no solo seja monitorado na área irrigada, de forma a constituir a base para a tomada de decisão sobre quando e quanto aplicar de água ao solo. Tensiômetros de solo são instrumentos de princípio de funcionamento relativamente simples e são empregados no monitoramento de água no solo. Garantir a qualidade das medidas torna-se essencial para a confiabilidade do método e isto está relacionado com a avaliação da condutância hidráulica (K) das capsulas porosas empregadas na sua confecção. A metodologia tradicional de avaliação de K deixa importantes lacunas, pois é vaga sobre os critérios a serem empregados. O presente trabalho propõe a metodologia baseada no decaimento de carga hidráulica, seguida de linearização logarítmica, de forma a se obter um valor de K mais confiável que o geralmente obtido. Os resultados evidenciam que esta metodologia proposta é uma alternativa consistente em relação à tradicional e deve ser empregada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Potencial matricial; Umidade; Irrigação.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é essencial à segurança alimentar da humanidade. Para a sua realização, técnicas de manejo de água são essenciais. Dentre elas, o emprego do tensiômetro de solo para medida do potencial hídrico merece destaque, pela qualidade e simplicidade do processo (LIBARDI, 2005; FRANCO, 2015).

A crescente demanda por tensiômetros no país tem levado algumas empresas a colocar no mercado diferentes cápsulas porosas, as quais apresentam diferentes características hidráulicas. Isto gera a necessidade de avaliar a habilidade dessas cápsulas em conduzir água, por meio da medida da sua condutância hidráulica (SOCCOL *et al.*, 2005) A metodologia padrão para isto foi proposta por Cassel e Klute (1986), e consiste em medir a variação de nível de uma coluna de água sobre a cápsula porosa, entre uma carga hidráulica H1 até H2, bem como o tempo necessário para que esta variação ocorra. A condutância hidráulica (K) é obtida por:  $K = a \ln(H1/H2)/dT$ . Sendo “a” a medida da área da seção transversal da coluna de água sobre a cápsula, H1 e H2 os níveis iniciais e final adotados e dT o intervalo de tempo da variação. Os inconvenientes desta metodologia estão relacionados ao fato de que não há padronização de valores de H1, H2, intervalo de H a ser empregado, nem da área “a” de seção. Assim, diferentes autores empregam diferentes valores, o que limita a comparação entre estes.

Sabe-se que o processo de decaimento de pressão hidrostática ao longo do tempo, em um escoamento de um fluido tende a seguir uma variação não linear e sim exponencial. Isto explicita as limitações da metodologia tradicional e sugere que se aborde o processo de decaimento por meio de linearização logarítmica, seguida da obtenção do coeficiente

angular da reta para a obtenção do parâmetro hidráulico relacionado ao escoamento do fluido (SILVA *et al.*, 2009).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a condutância hidráulica de cápsulas porosas disponíveis no mercado e de um material poroso alternativo, por meio da técnica de decaimento e comparação com a metodologia usualmente preconizada.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

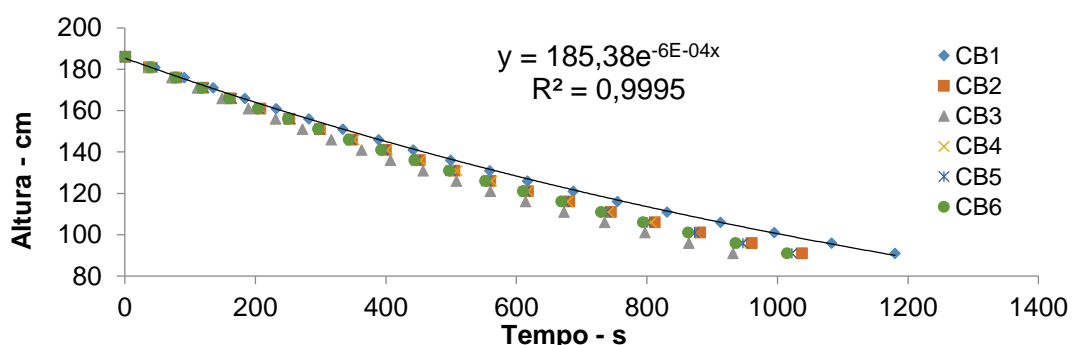
Foram construídos seis tensiômetros convencionais empregando cápsulas porosas comerciais de um fabricante, os quais foram denominados “CB”, caracterizado como cápsula branca e cinco com a utilização de cápsula amarela “CA”, obtidas de outro fabricante. Todas estas cápsulas tiveram a sua condutância hidráulica avaliada pelo método do decaimento de pressão (Silva *et al.*, 2009). Também foram construídos três tensiômetros com pastilhas cerâmicas de material poroso alternativo, denominados de “PPV”.

Cada tensiômetro foi montado em um aparado que permitiu a fixação de uma coluna de água inicial de 2,0m de altura, sobre o centro da cápsula porosa. Iniciou-se a contagem do tempo no instante em que se abriu a válvula que permitia o escoamento de água através da cápsula e o processo de decaimento de carga hidráulica (H) foi monitorado até que uma altura da ordem de 0,8m ou de 0,5m fosse atingida, respectivamente para “CB” e “CA”. Para o material poroso alternativo, limitou-se o tempo de escoamento a 24 horas.

Os valores obtidos de H e correspondente tempo (T), para cada ensaio, foram plotados em gráfico, com ajuste de função exponencial, seguido de linearização, para obtenção da inclinação |S|, do modelo linear, o qual deu origem ao valor de K, para o respectivo ensaio, por meio da expressão  $K=|S|^a$ , expressa em  $\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ . Foram calculados os valores de K segundo a metodologia padrão, em diferentes posições ao longo da curva que descreve o processo.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

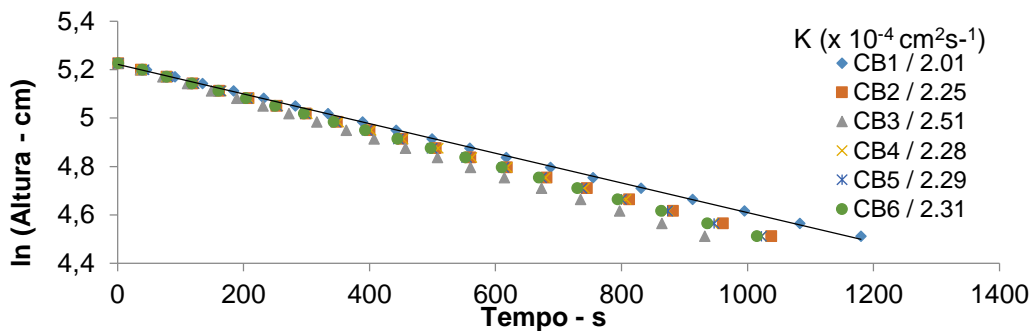
Na Figura 1 são apresentadas as curvas de decaimento de carga hidráulica sobre a cápsula branca, ao longo do tempo, para as seis cápsulas em avaliação.



**Figura 1:** Variação da carga hidráulica sobre cada CB de cerâmica, ao longo do tempo.

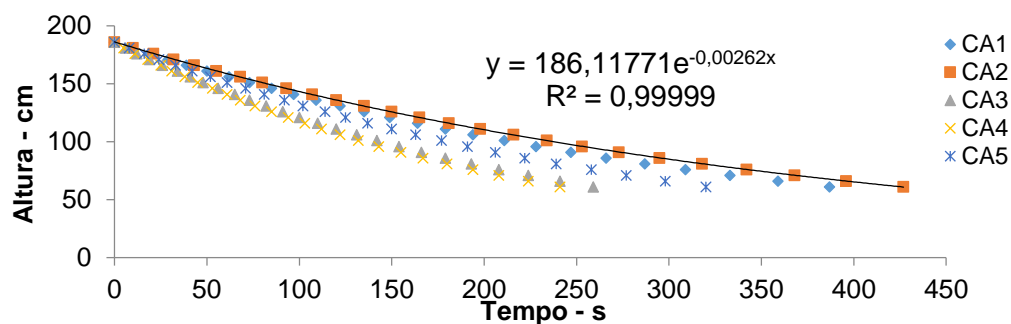
**Fonte:** Dados da pesquisa

Verifica-se que a variação de altura com o tempo não é linear, mas sim exponencial, embora com curvatura pouco acentuada. Para a cápsula 1 é apresentado o modelo ajustado, evidenciando a qualidade do ajuste, o que se repete para as demais. Ao se linearizar as curvas, conforme apresentado na Figura 2, calcula-se uma condutância hidráulica média, mais coerente para descrever as propriedades do meio poroso.



**Figura 2:** Linearização a partir das curvas de decaimento de altura com o tempo para as CB.  
**Fonte:** Dados da pesquisa

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de decaimento de carga hidráulica sobre a cápsula, para as cinco cápsulas amarelas obtidas para o presente estudo. Pode-se verificar que o tempo para um ciclo de avaliação é muito menor que aquele observado para as cápsulas brancas, conforme Figura 1.



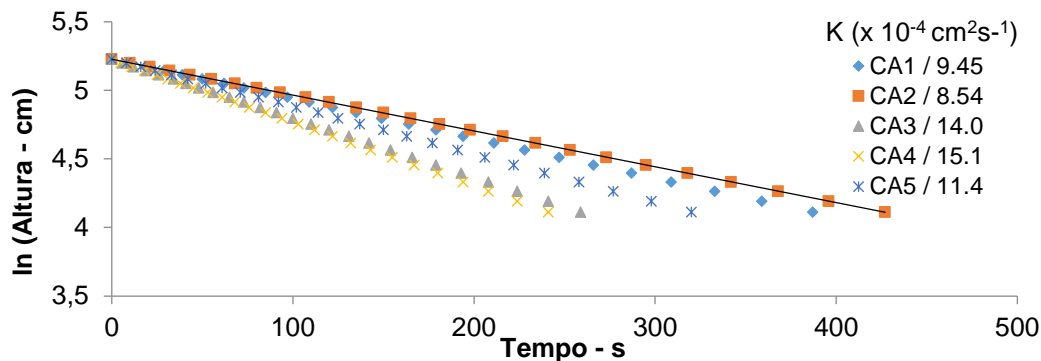
**Figura 3:** Variação da carga hidráulica sobre cada CA de cerâmica, ao longo do tempo.  
**Fonte:** Dados da pesquisa

Na Figura 4 são apresentados os modelos linearizados para as cápsulas amarelas. São apresentados também os valores obtidos para a condutância hidráulica de cada uma delas, obtidos a partir do coeficiente angular do modelo (inclinação) linear obtido.

Verifica-se que a variabilidade dos valores de K entre as cápsulas testadas são muito superiores para as amarelas (Figura 4) em relação aos valores obtidos para as brancas (Figura 2). Em média, os valores são cerca de cinco vezes maiores para as amarelas. Isto revela a maior porosidade total das cápsulas amarelas.

O decaimento exponencial mostrado nas Figuras 1 e 3 revela que a metodologia tradicional produz valores decrescentes de K com a redução do valor de H, os quais também serão variáveis com a adoção de diferentes valores para a amplitude de H adotada. Isto evidencia que a falta de critérios para o emprego da metodologia tradicional produzirá diferentes valores de K, para uma mesma cápsula, com diferenças que podem superar 10% dos valores reais.

Frente aos resultados obtidos para as cápsulas comerciais, dos dois fabricantes em tela, fica evidente que a metodologia preconizada no presente trabalho deve ser empregada preferencialmente, em relação à simplificação metodológica correspondente à metodologia tradicional. Destaca-se o fato de que o ajuste de um modelo exponencial ou a sua linearização, durante os anos 70 do século passado, apresentava dificuldades operacionais que justificavam a simplificação estabelecida. Atualmente, o avanço da microinformática permite que estas limitações não mais existam.



**Figura 4:** Linearização a partir das curvas de decaimento de altura com o tempo para as CA.  
**Fonte:** Dados da pesquisa

Em relação à avaliação da condutância hidráulica das pastilhas de cerâmicas construídas com materiais porosos alternativos, cabe destacar que a metodologia empregada se mostrou inadequada, uma vez que a experimentação evidenciou a ocorrência de fluxo desprezível de água através das mesmas, para a faixa de valores de pressão hidrostática preconizada. Assim, ficou evidente no presente trabalho que outras metodologias, para a obtenção de outros parâmetros que expressam a habilidade de conduzir água, devem ser propostas, para a avaliação destes materiais.

#### 4 CONCLUSÕES

As curvas que expressam o decaimento de carga hidráulica sobre as cápsulas porosas de tensiômetros seguem um modelo exponencial e não linear. A linearização logarítmica destes modelos permite a obtenção de um valor único de condutância hidráulica para a cápsula avaliada. A metodologia tradicional implica na obtenção de diferentes valores de K, para cada critério de escolha dos referenciais, tornando este valor dependente das escolhas do observador, razão pela qual não deve ser empregada. Para pastilhas cerâmicas analisadas, a metodologia de decaimento de carga, na faixa de valores empregada, revelou-se inadequada, em função do fluxo insignificante de água obtido.

#### REFERÊNCIAS

- CASSEL, D. K.; KLUTE, A. Water potencial: tensiometry. *In*: KLUTE, A. (Ed). **Methods of soil analysis**, 2<sup>nd</sup> ed. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1986. P.563-596.
- FRANCO, H. H. S. **Abordagem metodológica envolvendo tensiometria e determinação da curva de retenção de água num solo de textura média**. Dissertação de mestrado, ESALQ/USP, 2015. 55p.
- LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo, EDUSP, 2005. 329p.
- SILVA, A. P.; LEÃO, T. P.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A. Determinação da permeabilidade ao ar em amostras indeformadas de solo pelo método da pressão decrescente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33: 1535-1545, 2009.
- SOCOL, O. J.; CARARO, D. C.; SILVA, E. F. F.; ULLMANN, M. N. Condutância hidráulica e tempo de resposta de tensiômetros utilizados em cultivos fertirrigados. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 3-10, 2005.