

## Sensores Cerâmicos Aplicados na Estimativa de Flamabilidade da Vegetação

CARVALHO, M.F.O.<sup>1,2</sup>; CARDOSO, M.F.<sup>2</sup>; OLIVEIRA, R.M.<sup>1</sup>; NONO, M.C.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores - CMS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil

<sup>2</sup>Centro de Ciência do Sistema Terrestre - CCST. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Cachoeira Paulista, SP, Brasil

Bolsista de iniciação científica das áreas de CMS e do CCST

marcos.carvalho@inpe.br

**Resumo.** *A ocorrência de fogo em superfícies vegetadas pode ter importantes impactos ambientais, sociais e econômicos. Assim, o desenvolvimento de métodos capazes de estimar o grau de flamabilidade tem amplo interesse em pesquisas sobre a dinâmica da vegetação e conservação de recursos naturais. Este projeto apresenta um método que relaciona a flamabilidade da vegetação com a temperatura ambiente, a umidade atmosférica e o conteúdo de água no solo, em ambiente de laboratório. Os resultados confirmam a utilidade do método para a realização de estimativas da flamabilidade da vegetação, e adicionam detalhes quantitativos ao entendimento dos valores amostrados.*

**Palavras-chave:** Sensores cerâmicos; Conteúdo de água no solo; Vegetação; Flamabilidade.

### 1. Introdução

As condições ambientais têm grande contribuição para a ocorrência de incêndios (Bowman *et al*, 2009). Assim, determinar a umidade da vegetação é uma maneira de se estimar o risco de propagação do fogo, tendo amplo interesse em pesquisas sobre a dinâmica da vegetação [Carvalho, 2014]. Neste projeto, busca se relacionar a flamabilidade da vegetação a variáveis ambientais relevantes, através de medidas indiretas da umidade vegetal, em ambiente de laboratório. Para a realização das medições, além dos sensores comerciais, utilizou-se também elementos sensores de cerâmicas porosas para a detecção da umidade do ar e do conteúdo de água no solo, preparados pelo processamento cerâmico tradicional, a partir de pós precursores de ZrO<sub>2</sub> e de TiO<sub>2</sub>, pelo grupo de pesquisa em Micro e Nanotecnologias Espaciais e Ambientais - TECAMB/LAS, do INPE. Vale ressaltar que as cerâmicas possuem uma estrutura única, consistindo de grãos, contornos de grãos, superfícies e poros, cujo controle permite a obtenção de microestruturas adequadas para serem utilizadas nos sensores de umidade do ar e do solo [Oliveira, 2010].

### 2. Metodologia

Neste trabalho, um microambiente foi reproduzido com e sem a presença de mudas da planta *Ixora coccinea*, sob diferentes condições ambientais, simuladas em uma câmara climática (CC). As variáveis climáticas exploradas foram: umidade relativa do ar (UR) de 30 e 70%, temperatura ambiente (Ta) de 25 e 35°C e umidade do solo (US) de 0; 50 e

100%. Estes parâmetros foram escolhidos devido a maior proximidade com situações encontradas em ambientes brasileiros. Para o monitoramento do microambiente proposto, utilizaram-se sensores comerciais da marca NOVUS/modelo RHT e da marca Decagon Device/modelo EC-20 para as variáveis climáticas de UR e de US, respectivamente. Os elementos sensores cerâmicos foram utilizados para a detecção da UR e da US, na frequência de 1 kHz, através de uma ponte RLC acoplada a CC.

### 3. Resultados e Discussão

De acordo com as medições realizadas, observou-se, inicialmente, uma maior variação dos valores obtidos pelos sensores comerciais e cerâmicos quando comparados com os valores programados na CC. Nas condições com UR programada de 30%, observou-se uma maior variação da UR próxima a planta, detectada pelos sensores, quando a US foi de 100%, em Ta de 35°C. Para as condições com UR programada de 70%, a maior e a menor variações, detectadas pelos sensores, foram observadas com a US em torno de 50% e sem as plantas na CC, respectivamente, em Ta de 35°C. Agora, quando a Ta estava em 25°C, não foram observadas diferenças nas curvas de US de 50 e de 100%.

### 4. Conclusão

Os resultados confirmam a utilidade e importância dos sensores cerâmicos desenvolvidos pelo TECAMB/LAS/INPE para o método de estimativa da flamabilidade da vegetação utilizado. As medições mostram o efeito das plantas em aumentar a UR no interior da CC, e que este efeito é mais intenso em condições de maior umidade do solo. Por exemplo, na presença das plantas, a diferença na UR no interior da CC após 1hr das condições iniciais de 30% (UR), 35°C (Ta) e solo saturado, foi de 52,07%. Para condições iniciais de menor US, o impacto da presença das plantas foi menor na maioria das medições. Ressaltamos que a vegetação mais úmida e, portanto, menos inflamável, tem maior impacto sobre a umidade da atmosfera da CC. Também, durante as medições, não houve exposição ou impacto direto do solo sobre o ambiente da câmara e atribuímos, portanto, as diferenças medidas na UR no interior da CC apenas a presença das plantas. No futuro, pretendemos obter equações que relacionem as variáveis medidas na CC às condições de flamabilidade da vegetação amostrada, fornecendo subsídios para o aprimoramento de modelos computacionais do potencial ou risco de ocorrência de fogo na vegetação.

*Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro e ao INPE pela estrutura fornecida.*

### Referências

BOWMAN, David MJS et al. Fire in the Earth system. *Science*, v. 324, n. 5926, p. 481-484, 2009.

CARVALHO, M. F. O. **Estimativas de flamabilidade da vegetação**. São José dos Campos: INPE, 2014. 18p. Relatório de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq - INPE). (Orientadores: Manoel Ferreira Cardoso e Rodrigo de Matos Oliveira).

OLIVEIRA, R. M. **Desenvolvimento de elementos sensores de cerâmica porosa de para aplicação no monitoramento do conteúdo de água em solos**. Tese de doutorado, INPE – São José dos Campos, 2010.