

# Análise Da Aproximação Para Baixa Absorção Óptica Na Geração De Calor Via Laser Em Sólidos Semitransparentes: Aplicação Na Técnica De Lente Térmica

L. S. Herculano<sup>1</sup>, G. V. B. Lukasiwicz<sup>2</sup>, O. A. Capeloto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, PR, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, PR, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil

## Abstract

### Introdução

Na técnica de Lente Térmica (TL), um feixe de laser, chamado feixe de excitação, incide em um material semitransparente e tem parte de sua energia absorvida e convertida em calor gerando uma variação local de temperatura no material. Essa variação de temperatura induz o surgimento de um gradiente de índice de refração na região iluminada. Um segundo feixe de laser, chamado feixe de prova, atravessa a região iluminada pelo feixe de excitação e interage com o gradiente de índice de refração, vindo deste fato o nome de Lente Térmica [1].

Uma das etapas na obtenção do modelo teórico para a técnica de lente térmica, consiste em resolver a equação diferencial de difusão de calor que descreve a variação local de temperatura [2].

Neste trabalho utilizamos o software COMSOL Multiphysics® para resolver a equação de difusão e comparamos os resultados obtidos com a solução analítica previamente determinada.

### Uso do COMSOL Multiphysics

Para obter a solução analítica da equação de difusão de calor, assumimos que a amostra possua um baixo coeficiente de absorção óptica. Neste trabalho, utilizamos o COMSOL Multiphysics para verificar quais os valores do coeficiente de absorção ópticos que possibilitem que a solução analítica possa ser utilizada. Nesse intuito, utilizamos as interfaces físicas Heat Transfer in Solids com simetria axial em 2D, no regime transiente, considerando que não há fluxo de calor com o ambiente. Foram utilizadas as propriedades térmicas da sílica fundida para uma amostra com espessura de 2 mm e 10 mm de raio. A equação diferencial foi adicionado o termo de fonte que considera entre outros aspectos a distribuição de intensidade e a potência óptica e o raio feixe de laser.

### Resultados

A Figura 1 compara as distribuições radiais de temperatura obtida através do COMSOL Multiphysics e pelo método analítico, para diferentes valores do coeficiente de absorção óptica da amostra.

A Figura 2 compara a solução analítica e a solução obtida através do COMSOL Multiphysics para a variação temporal da temperatura no ponto central da amostra.

A análise das figuras 1 e 2 mostra que o COMSOL Multiphysics além de fornecer a solução completa para o sistema, pode ser utilizado como uma poderosa ferramenta no estabelecimento dos limites de aplicação das soluções analíticas, no ajuste de dados experimentais advindo da técnica de LT.

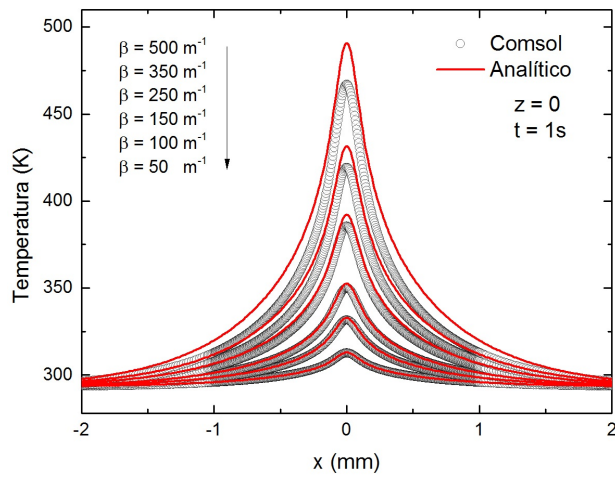
### Conclusão

Além de resolver a equação de difusão de calor sem assumir a condição de amostra radialmente infinita e a aproximação de baixa absorção óptica, o COMSOL Multiphysics apresenta-se como uma poderosa ferramenta na análise das aproximações utilizadas na obtenção de expressões analíticas que descrevem a variação de temperatura na técnica de LT. Em especial, no estabelecimento do limite adequado para aplicação da aproximação para baixo coeficiente de absorção óptica.

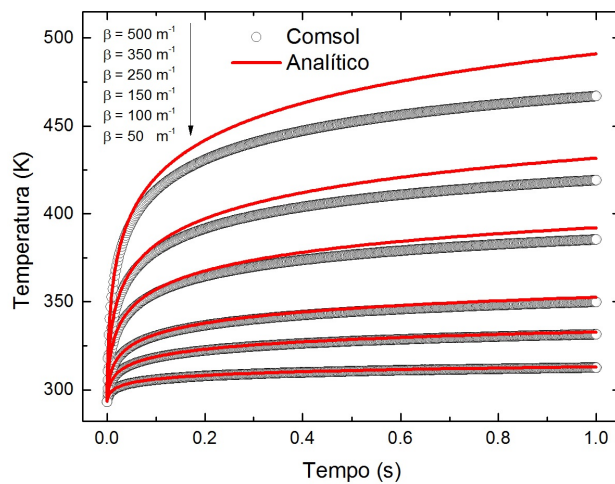
## Reference

1. L. C. Malacarne, G. V. B. Lukasiewicz et. al., Time-Resolved Thermal Lens and Thermal Mirror Spectroscopy with Sample–Fluid Heat Coupling: A Complete Model for Material Characterization, *Applied Spectroscopy* 65 (1), 99-104, 2011.
2. L. S. Herculano, Teoria Unificada para a variação do caminho óptico em sólidos isotrópicos: aplicação na Espectroscopia de Lente Térmica, Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, 2014.

## Figures used in the abstract



**Figure 1:** Comparação entre a solução analítica aproximada (linha contínua) e a solução através do COMSOL (círculos abertos) para a distribuição radial de temperatura.



**Figure 2:** Comparação entre a solução analítica aproximada (linha contínua) e a solução através do COMSOL (círculos abertos) para a variação temporal da temperatura.