

Análise da Aproximação para Baixa Absorção Óptica na Geração de Calor Via Laser em Sólidos Semitransparentes: Aplicação na Técnica de Lente Térmica

Leandro S. Herculano¹, Gustavo V. B. Lukasiewicz², Otávio A. Capeloto³

1. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Santa Helena, Santa Helena, PR, Brasil.

2. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Toledo, Toledo, PR, Brasil.

3. Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Física, Maringá, PR, Brasil.

Introdução: Na técnica de Lente Térmica (LT), 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.

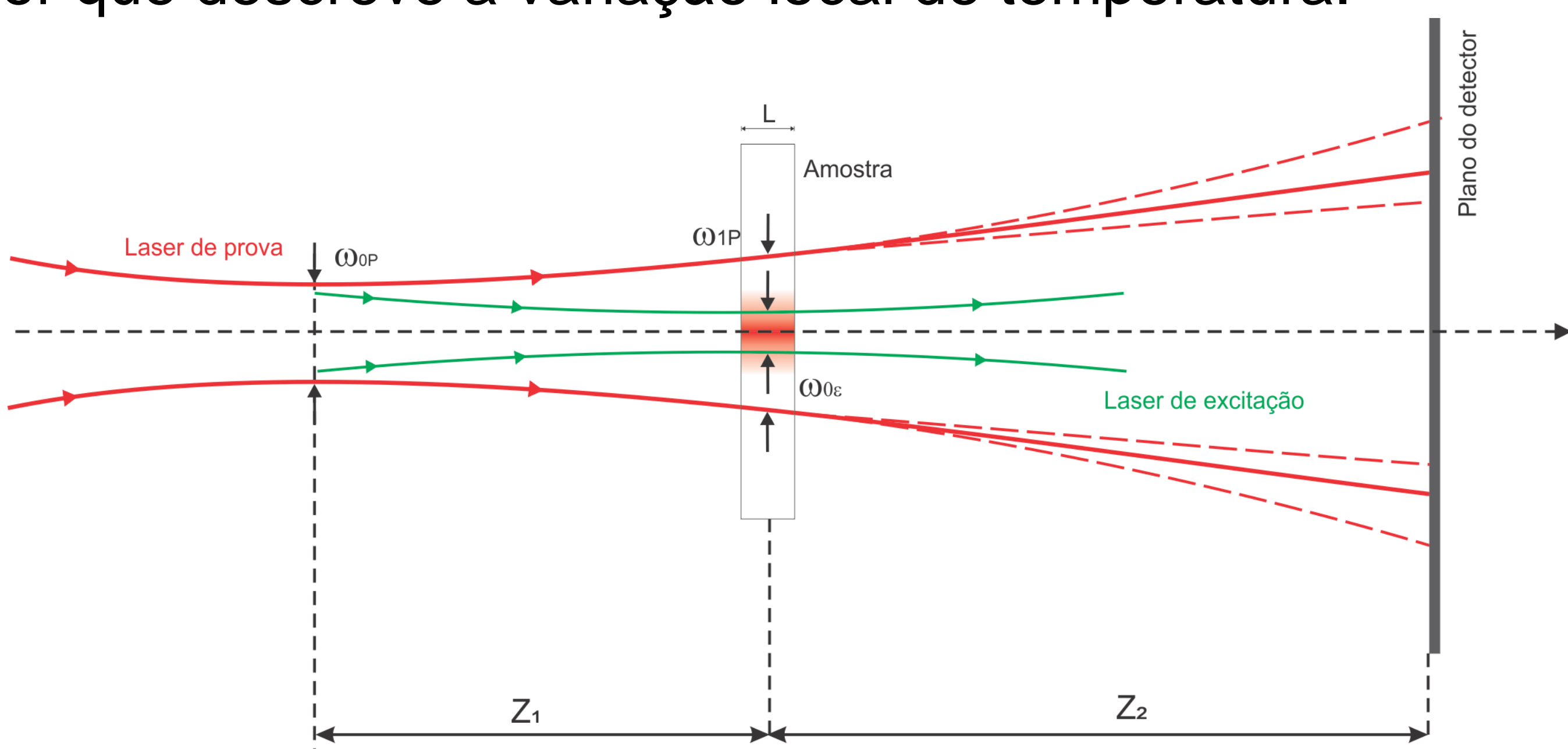


Figure 1. Feixes de Laser no experiment de LT.

Método computacional: Neste trabalho utilizamos o software COMSOL Multiphysics® para resolver a equação de difusão e comparamos os resultados obtidos com a solução analítica previamente determinada [2]. Utilizamos a interface física *Heat transfer in solids* com simetria axial em 2D, no regime transiente, considerando que não há fluxo de calor com o ambiente.

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q \quad (1)$$

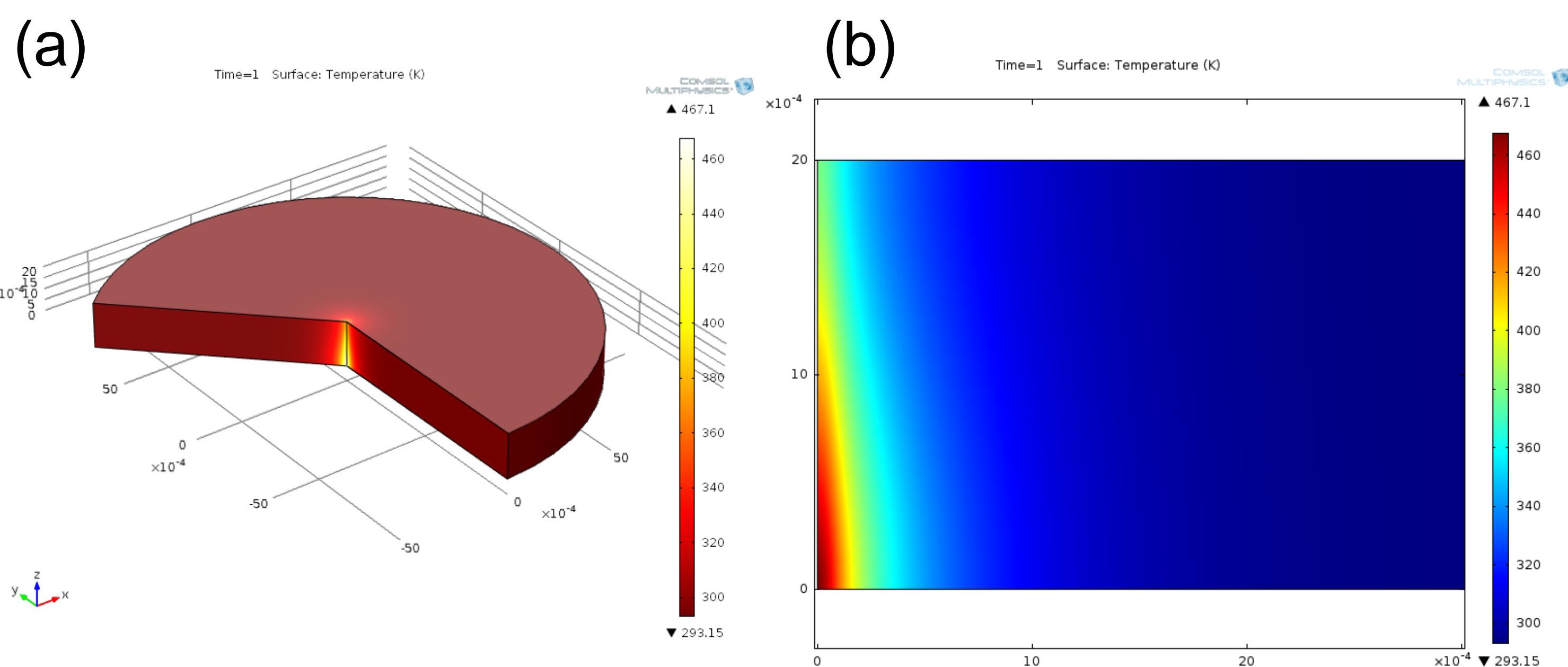


Figura 2. (a) Representação 3D da amostra no COMSOL usando 2D com eixo de simetria. (b) Mapa de temperature em rz.

Resultados: A Figura 3 compara as distribuições radiais de temperatura obtida através do COMSOL e pelo método analítico, para diferentes valores do coeficiente de absorção óptica da amostra. A Figura 4 compara a solução analítica e a solução obtida através do COMSOL para a variação temporal da temperatura no ponto central da amostra. A análise das figuras 3 e 4 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.

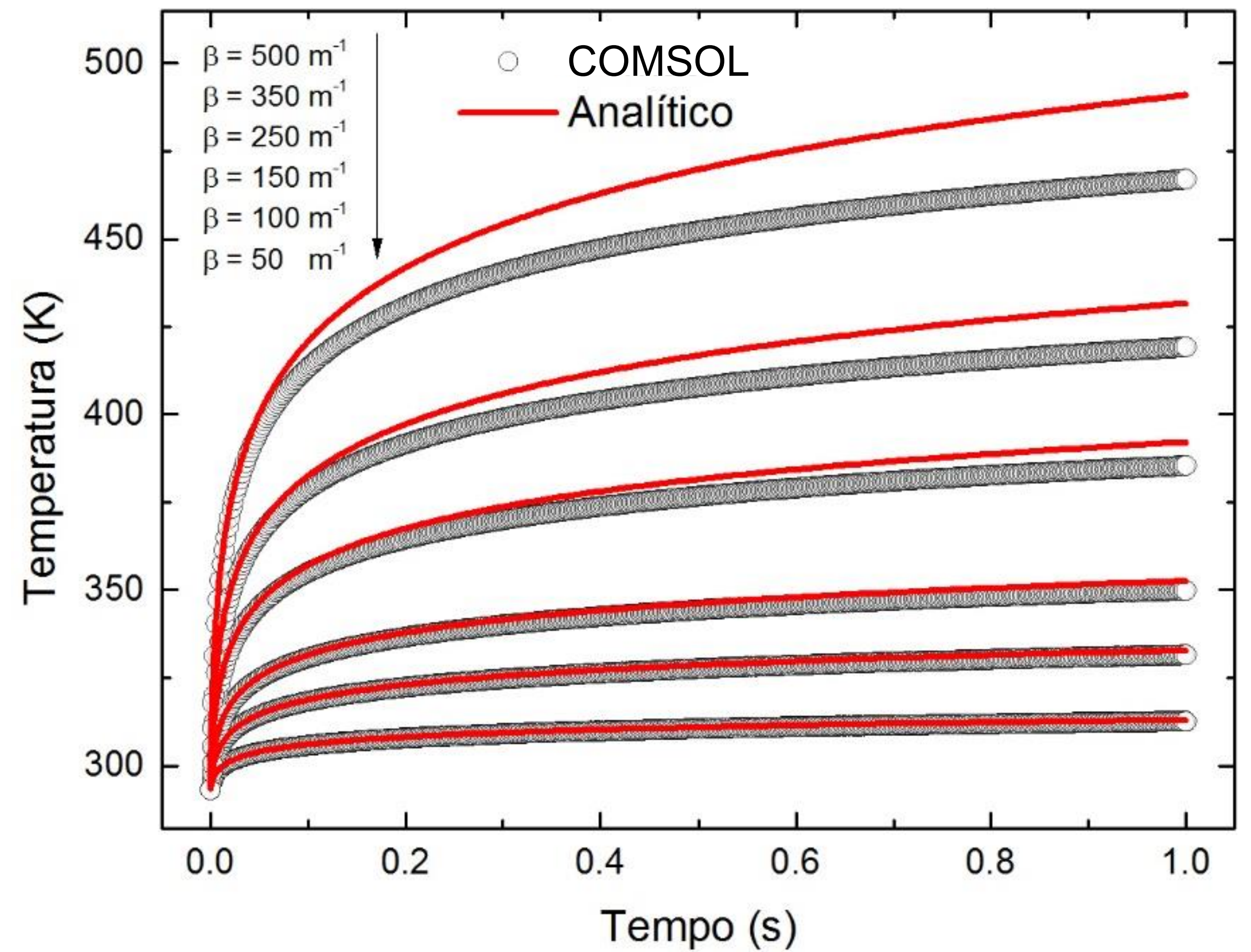


Figure 3. Comparação entre a solução analítica aproximada (linha contínua) e a solução através do COMSOL (círculos abertos) para a distribuição radial de temperatura.

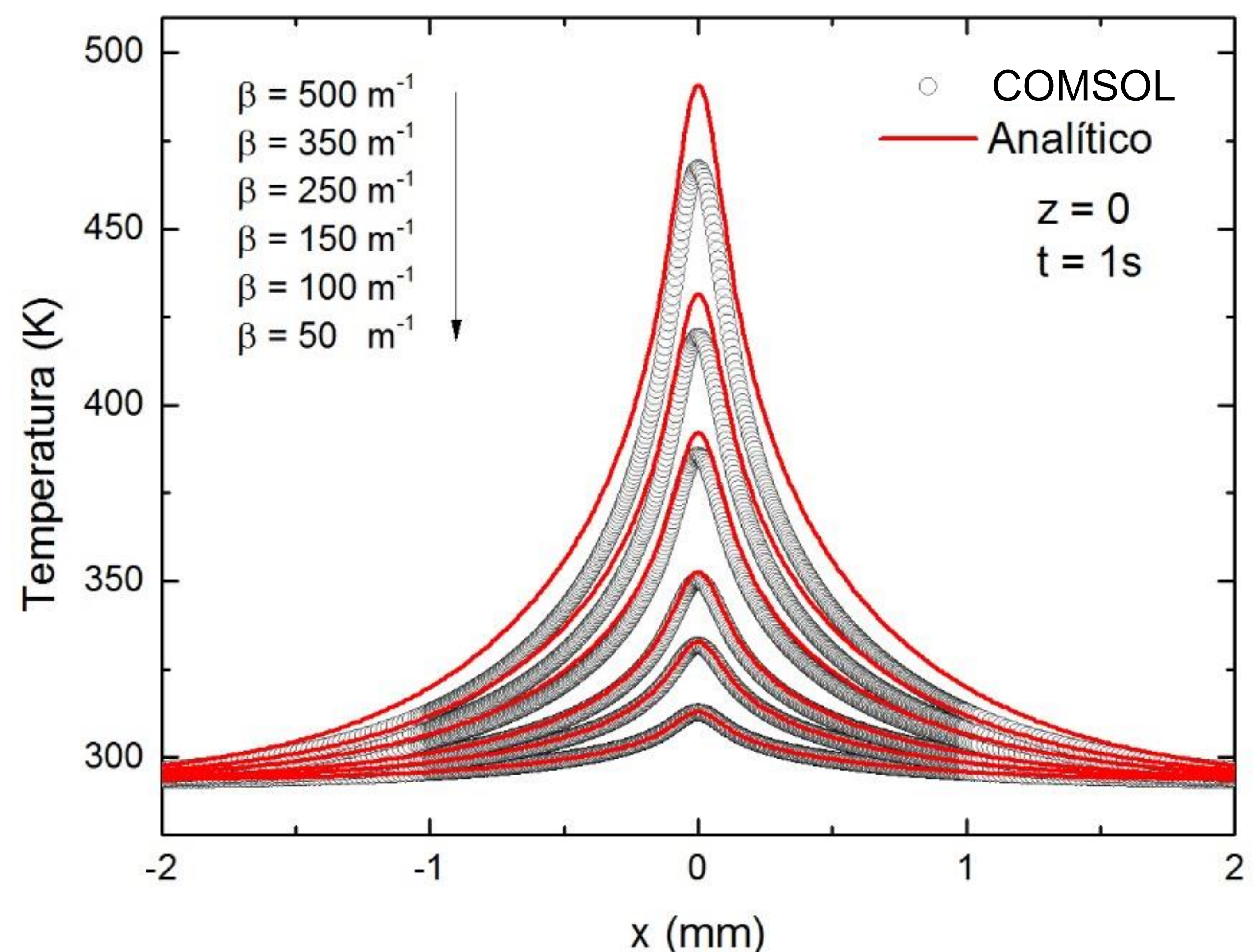


Figure 4. Comparação entre a solução analítica aproximada (linha contínua) e a solução através do COMSOL (círculos abertos) para a variação temporal da temperatura.

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.

Referências Bibliográficas:

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.