

# ESTUDO DO EQUILÍBRIO TÉRMICO NA ATMOSFERA SOLAR

Sandra M. Conde C.

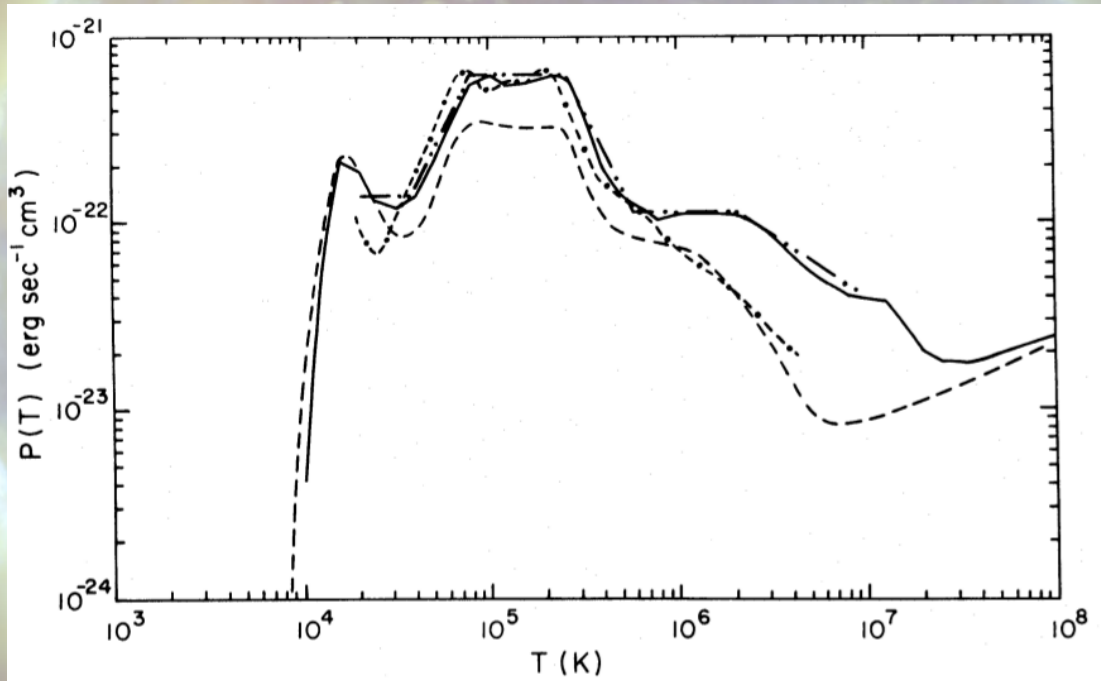
Orientadores: Dr. Joaquim E. Rezende & Dr. Miguel H. Ibáñez  
Workshop da Pós-Graduação da Divisão de Astrofísica (DAS)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
2013

## RESUMO

A dissipação de energia pelo amortecimento das ondas acústicas e magnetoacústicas é considerada uns dos mecanismos responsáveis do aquecimento em diferentes regiões da atmosfera do Sol. Para fazer o estudo, devem ser tomados em conta os termos de viscosidade e condutividade térmica nas equações que governam o plasma solar.

# PERDA DE ENERGIA POR RADIAÇÃO

$$E_{rad} = n_e^2 P(T)$$



Função perda de energia por radiação  $P(T)$  tomada do [Rosner, Tucker e Vaiana 1978].

# EQUAÇÕES DA MAGNETOHIDRODINÂMICA

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \frac{1}{4\pi} [(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B}] - \nabla \cdot \mathbf{\Pi}$$

$$\rho T \frac{Ds}{Dt} + \rho L(\rho, T) - \nabla \cdot (\kappa \nabla T) - \nabla \cdot (\mathbf{v} \cdot \mathbf{\Pi}) = 0$$

$$p = \frac{R}{\mu} \rho T$$

# EQUILÍBRIO TÉRMICO

Função perda/ganho de calor

$$\rho L(\rho, T) = \Lambda(\rho, T) - \Gamma(\rho, T),$$

onde

$$\Lambda(\rho, T) = \rho^2 \phi(T) \quad \text{e} \quad \Gamma(\rho, T) = \gamma_d \frac{v^2}{2} k^2,$$

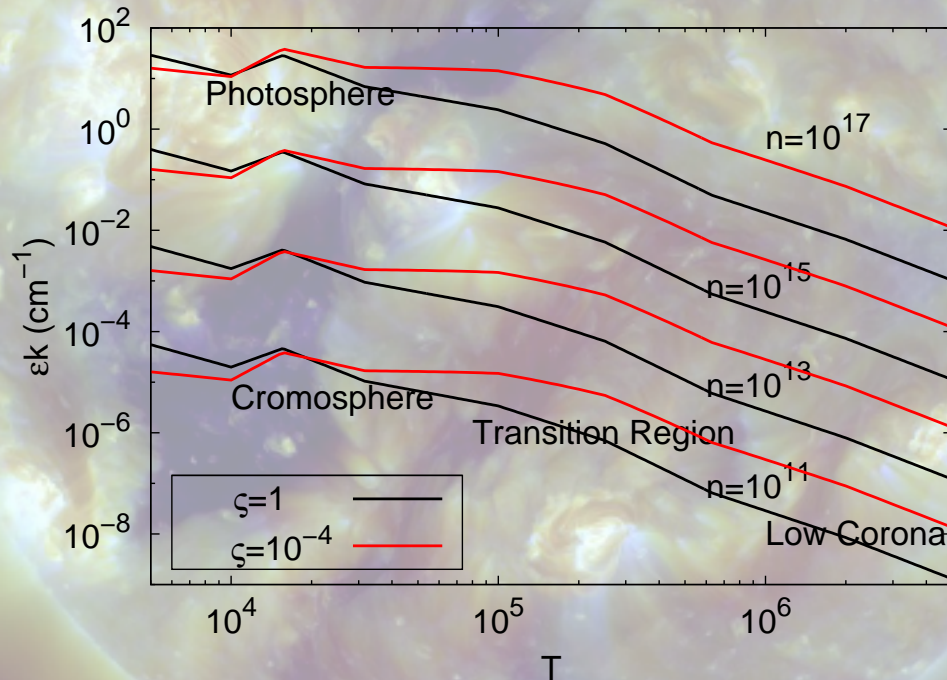
$$\gamma_d = \left[ \left( \frac{4}{3} \eta + \zeta \right) + \frac{(\gamma - 1) \kappa}{c_p} \right].$$

O equilíbrio térmico é obtido quando

$$\rho^2 \phi(T) = \gamma_d \frac{v^2}{2} k^2.$$

# MODELO COM ONDAS HIDRODINÂMICAS

As ondas hidrodinâmicas aquecem regiões da atmosfera solar de forma quase localmente.



Equilíbrio térmico na atmosfera solar por ondas hidrodinâmicas.

## Referências

[Rosner, Tucker e Vaiana 1978] ROSNER, R.; TUCKER, W. H.; VAIANA, G. S. Dynamics of the quiescent solar corona. *Astrophysical Journal*, v. 220, p. 643–645, mar 1978.

