

# ESTUDO NUMÉRICO DAS EQUAÇÕES DE MAGNETOHIDRODINÂMICA APLICADA A FÍSICA DE PLASMA ESPACIAL

Elias Guilherme Correa Lovato<sup>1</sup>, (IFSP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
Margarete Oliveira Domingues<sup>2</sup>, (CTE/LAC/INPE, Orientadora)  
Mariana Pelissari Monteiro Aguiar Baroni<sup>3</sup>, (IFSP, Coorientadora)

## RESUMO

Neste trabalho é desenvolvido um estudo numérico de um modelo de magnetohidrodinâmica utilizado na física solar. Ele é um sistema composto por 8 equações diferenciais parciais evolutivas hiperbólicas, apresentadas a seguir:

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} \rho \\ \rho u \\ B \\ E \end{pmatrix} + \nabla \cdot \begin{pmatrix} \rho u \\ \rho u u + I \left( p + \frac{B \cdot B}{2} \right) - B B \\ u B - B u \\ \left( E + p + \frac{B \cdot B}{2} \right) u - B(u \cdot B) \end{pmatrix} = 0$$

em que  $I$  é a matriz identidade  $3 \times 3$ ,  $\rho$  é a densidade,  $u$  é a velocidade,  $p$  a pressão,  $B$  o campo magnético e  $E$  a energia, definida como:

$$E = \frac{p}{\gamma - 1} + \rho \frac{u \cdot u}{2} + \frac{B \cdot B}{2}.$$

É acrescido a este sistema a restrição física de divergência nula do campo magnético, o que nem sempre é respeitado numericamente. Fez-se um estudo teórico dos autovalores e vetores desse modelo e uma análise da sua hiperbolicidade. Complementando este estudo, do ponto de vista numérico estudou-se a discretização em volumes finitos desse modelo do ponto de vista teórico e computacional. Dois aspectos foram levados em conta nesse estudo, os limitadores dos fluxos numéricos e os fluxos numéricos em si. Em particular estudou-se a teoria e implementação de uma família de fluxos numéricos conhecida como HLL, HLL(E), HLL(EM) e suas aplicações. No modelo HLL uma aproximação para o fluxo da interface celular é obtido diretamente e tem como ideia central assumir, para a solução, uma configuração de ondas que consiste em duas ondas separando três estados constantes. Este modelo HLL de duas ondas, somado com uma estimativa da velocidade das ondas é conhecido como HLL(E). Já o esquema HLL(EM) é frequentemente utilizado nos cálculos envolvendo estruturas de ondas mais complexas, bem como camadas limitantes. Pretende-se implementar o fluxo HLLEM em um futuro próximo em um ambiente de simulação de MHD desenvolvido pelo grupo de estudo.

<sup>1</sup>E-mail: eliasgcl@yahoo.com.br

<sup>2</sup>E-mail: margarete.domingues@inpe.br

<sup>3</sup>E-mail: mariana.baroni@gmail.com