



## ACOPLAMENTO SOL-TERRA VIA MAGNETOSFERA PLANETÁRIA

LAÍNE BENGO SOARES ROSALES<sup>1</sup>; FERNANDO SIMÕES JR.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – bsrlaine@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – fernando.simoes@ufpel.edu.br*

### 1. INTRODUÇÃO

No estudo do tema, acoplamento Sol-Terra via magnetosfera planetária, será utilizada como principal objeto a magnetosfera terrestre, que, devido sua proximidade com a Terra, apresenta facilidade de observação e entendimento dos fenômenos espaciais.

Para uma melhor compreensão do tema, faz-se necessário o entendimento de como ocorre o surgimento de uma magnetosfera; nesse caso, consideraremos a relação mais simples que é a distorção das linhas do campo magnético interplanetário por um cometa, Figura 1 (KIVELSON E RUSSELL, 1995).

O processo de formação de uma magnetosfera se dá a partir da interação do – vento solar – campo magnético interplanetário – quando este encontra um objeto, que pode ou não conter um campo magnético. Em decorrência dessa interação ocorre a formação de uma região próxima ao objeto no qual o campo magnético sofre uma deformação, como apresentado na Figura 1. Nessa figura os quadros (a – d) representam um modelo de evolução temporal do processo de formação de uma magnetosfera em um cometa, as linhas verticais no quadro (a) representam o campo magnético interplanetário.

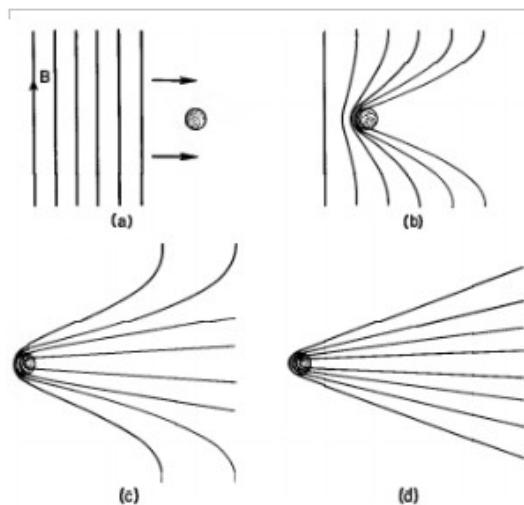


Figura 1: Campo magnético do vento solar sendo "arrastado" e deformado pelo cometa.

FONTE: KIVELSON E RUSSEL, 1995

Existem diversos tipos e tamanhos de magnetosferas, Figura 2, as diferentes configurações dessas magnetosferas dependerão da característica física do obstáculo e da intensidade do vento solar (ECHER, 2010), já o tamanho da magnetosfera está associado a condição de equilíbrio entre a pressão exercida pelo vento solar e a pressão magnética exercida pelo planeta. As magnetosferas apre-

sentam assimetrias intensas, elas são comprimidas no lado diurno, isto é, aquele voltado para o vento solar e alongadas no lado noturno, isto é, na região de sombra do planeta (PARKS, 2004). Embora exista uma ampla variedade de magnetosferas, todas elas podem ser divididas em dois tipos, intrínsecas e induzidas.

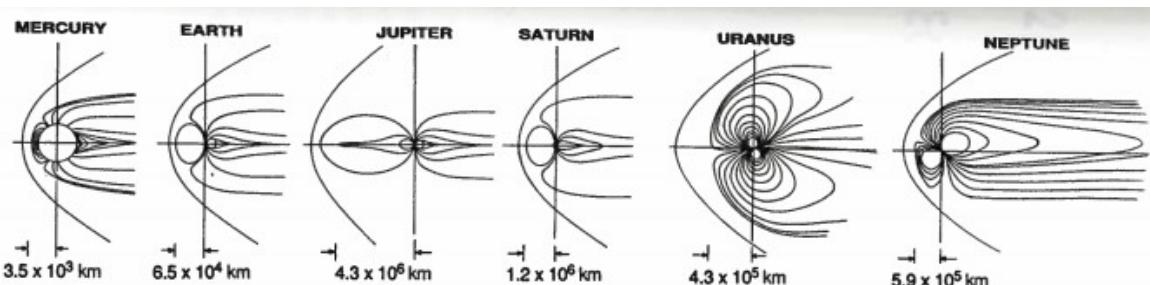


Figura 2: Comparação dos diferentes tipos de magnetosferas em alguns planetas.

FONTE: PARKS G.K. (2004)

As magnetosferas intrínsecas são conhecidas também como verdadeiras, pois ocorrem em planetas magnetizados ou mais comumente chamados de planetas com campo magnético, temos como exemplo a Terra, Júpiter, Netuno, Mercúrio, Saturno e Urano, pertencentes ao nosso sistema solar, os quais, apresentam essa característica e por isso se encaixam nessa categoria.

Já as induzidas são magnetosferas comuns em planetas sem campo magnético, assim sendo, temos como responsável pela formação da magnetosfera a ionosfera do planeta, tendo como exemplo Marte e Vênus.

Ambos os tipos de magnetosferas citadas possuem estruturas similares que compõem este fenômeno. Essencialmente elas são divididas em algumas partes, dentre elas podemos citar: a magnetopausa, fronteira externa que separa o domínio do campo magnético planetário, do vento solar; a frente de choque, região em que o vento solar se choca com o campo magnético; a magnetobainha, região de grande instabilidade onde o vento solar acaba sendo desacelerado e defletido; e as cúspides polares, localizadas nos polos das magnetosferas onde as linhas do campo planetário estão configuradas de uma maneira que facilita a entrada de partículas do plasma solar na ionosfera do planeta, essa facilitação é um dos motivos do aparecimento de auroras polares (PARKS, 2004).

A entrada de energia na região da magnetosfera se dá através de um processo chamado de reconexão magnética. A reconexão magnética essencialmente é caracterizada como um processo físico em que as linhas do campo magnético solar e as linhas do campo magnético terrestre estão muito próximas e em sentidos opostos (KIVELSON E RUSSEL, 1995).

## 2. METODOLOGIA

A autora ingressou no Curso de Bacharelado em Física em 2020, até o momento está estudando as propriedades físicas das magnetosferas planetárias, intrínsecas, isto é, aquelas que são produzidas devido ao campo magnético dos planetas e induzidas, aquelas que estão associadas a planetas sem campo magnético interno (ECHER, 2010). Um fator determinante no tipo de interação magnética está associado ao ângulo de declinação de campo magnético planetário em relação ao eixo de rotação do planeta, por exemplo as magnetosferas da Ter-

ra, Júpiter e Saturno estão a um ângulo aproximado de  $< 12^\circ$  em relação ao eixo de rotação do respectivo planeta, enquanto que Urano ( $60^\circ$ ) e Netuno ( $47^\circ$ ) possuem magnetosferas deslocadas em relação aos seus eixos de rotação (PARKS, G.K. 2004). A Figura 3 apresenta um modelo das magnetosferas de alguns planetas gigantes, revelados pelo satélite Voyager (BLANK et al. 2005).

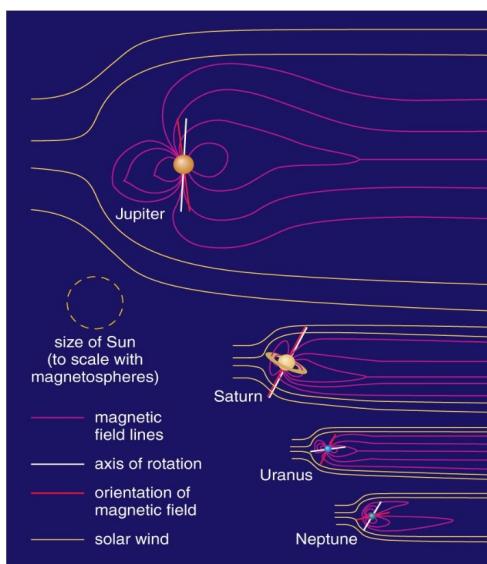


Figura 3: Ilustração das magnetosferas dos planetas gigantes.

FONTE: BLANK et al. (2005)

Num segundo momento será estudado especificamente a magnetosfera terrestre, em especial as regiões de reconexão magnética. Essas regiões apresentam papel importante no processo de entrada de energia das partículas do vento solar na região interna da magnetosfera. A Figura 4 apresenta um esquema da magnetosfera Terrestre – esquerda (BLANK et al. 2005) e as regiões de reconexão magnética – direita (BURCH et al. 2016) que serão estudadas durante o desenvolvimento do trabalho, utilizando os dados do cluster de satélites Magnetospheric Multiscale – MMS/NASA (TOOLEY et al. 2016). Esse cluster de quatro satélites idênticos navegam em formação para obterem dados detalhados sobre reconexão magnética no espaço.

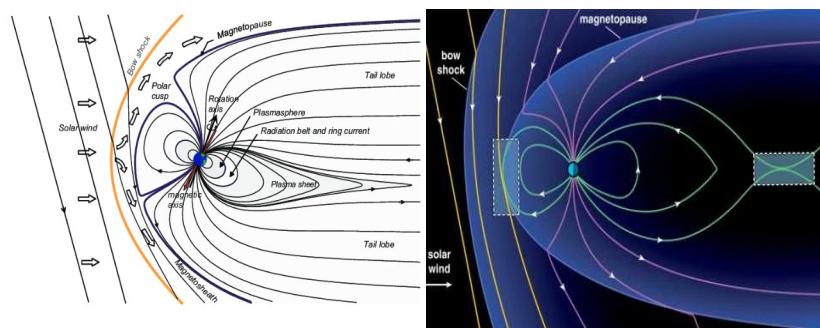


Figura 4: Esquema da magnetosfera Terrestre (esquerda) e localização das regiões de reconexão magnética dentro da magnetosfera Terrestre (direita).

FONTES: BLANK et al (2005); BURCH et al. (2016)



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse trabalho foram apresentadas as etapas iniciais da pesquisa de interação Sol-Terra via magnetosfera planetária desenvolvida pela autora junto ao grupo PET-Física. O trabalho está em fase inicial, no qual a autora, ingressante no ano de 2020, está estudando as definições básicas e propriedades físicas das magnetosferas planetárias no sistema solar e magnetosfera terrestre. Nas próximas etapas a autora estudará o sistema de coordenadas utilizado pelo sistema MMS, bem como as estruturas de dados magnetosféricos captados pelo referido cluster de satélites.

### 4. CONCLUSÕES

O estudo do acoplamento Sol-Terra via magnetosfera planetária apresenta importância fundamental no processo de compreensão da interação entre o planeta e sua estrela. Em especial, a entrada de energia na região da magnetosfera, via processo de reconexão magnética, desempenha um fator importante de tal forma que foi submetido para as regiões de reconexão um cluster de satélites, o MMS, com o objetivo de obter dados detalhados dessa região para auxiliar na compreensão do processo físico de reconexão.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANC, Michel & KALLENBACH, R. & ERKAEV, N.. **Solar System Magnetospheres**. In: Encrenaz, Thérèse & Kallenbach, R. & T.C., Owen & Sotin, C.. **The Outer Planets and their Moons**. Springer Press, 227-298, (2005).
- BURCH, J.L., MOORE, T.E., TORBERT, R.B. *et al.* **Magnetospheric multiscale overview and science objectives**. *Space Sci Rev* **199**, 5–21 (2016).
- ECHER, E. Magnetosferas planetárias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.2, p.1-4, 2010.
- KIVELSON, M.G., RUSSELL, C.T. **Introduction to space physics**. Los Angeles-EUA: Cambridge University Press, 1995.1ed.
- PARKS, G.K. **Physics of space plasmas**. Colorado-EUA: Westview Press, 2004. 2ed.
- TOOLEY, C.R., BLACK, R.K., ROBERTSON, B.P. *et al.* **The Magnetospheric Multiscale Constellation**. *Space Sci Rev* **199**, 23–76 (2016)