

**RADIOLYSIS OF H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> ICES BY ENERGETIC AND HEAVY COSMIC RAY ANALOGS:  
IMPLICATION ON OUTER SOLAR SYSTEM SURFACES**

**Sergio Pilling<sup>1</sup>, Eduardo Seperuelo Duarte<sup>2</sup>, Alicja Domaracka<sup>3</sup>, Hermann Rothard<sup>3</sup>, Philippe Boduch<sup>3</sup>,  
Enio Frota da Silveira<sup>3</sup>**

**1 - UNIVAP; 2 - CEFET/Química de Nilópolis; 3 - CIMAP-CIRIL-GANIL**

We present an experimental study on the interaction of heavy, highly charged, and energetic ions (52 MeV <sup>58</sup>Ni<sup>13+</sup>) with pure H<sub>2</sub>O, pure CO<sub>2</sub> and mixed H<sub>2</sub>O:CO<sub>2</sub> astrophysical ice analogs. This analysis is in an attempt to simulate the chemistry and the physical chemistry induced by heavy cosmic rays inside dense and cold astrophysical environments such as molecular clouds, protostellar clouds as well as at the surfaces of solar system objects with none or thin atmospheres. The measurements were performed at the heavy ion accelerator GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds in Caen, France). The gas samples were deposited onto a CsI substrate at 13 K. *In-situ* analysis were performed by a Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer at different fluences. Radiolysis yields of the produced species were quantified. The dissociation cross section of pure H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> ices are 1.1 and 1.9 × 10<sup>-13</sup> cm<sup>2</sup>, respectively. In the case of mixed H<sub>2</sub>O:CO<sub>2</sub> (10:1) the dissociation cross section of both species was about 1 × 10<sup>-13</sup> cm<sup>2</sup>. The measured sputtering yield of pure CO<sub>2</sub> ice is 2.2 × 10<sup>4</sup> molec ion<sup>-1</sup>. After a fluence of 2-3 × 10<sup>12</sup> ions cm<sup>-2</sup> the CO<sub>2</sub>/CO ratio become roughly constant (~0.1), independently of the of initial CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O ratio in the ice. A similar behavior was observed for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O ratio which stabilizes at ~ 0.01, independently of the initial H<sub>2</sub>O column density or relative abundance. The obtained results suggest that the abundances of the radiolysis products CO<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> in typical astrophysical ices irradiated by heavy and energetic ions should be very low, except for those ices with large enrichment of CO<sub>2</sub>. The molecular half-lives due to the bombardment by heavy nuclei in frozen solar system surfaces are τ<sub>1/2</sub> ~ 1 × 10<sup>7</sup>, 5 × 10<sup>6</sup> and 3 × 10<sup>6</sup> years at Jupiter and Saturn orbits, at Uranus and Pluto orbits and, at Oort cloud comets and interstellar medium, respectively. The estimated desorption flux promoted by heavy and energetic nuclei during the entire history of the solar system at the orbit of Jupiter, Saturn and Uranus is 6 × 10<sup>11</sup>, 8 × 10<sup>11</sup>, 1 × 10<sup>12</sup> molec cm<sup>-2</sup>, respectively.

**ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO TAXONÔMICA DOS ASTEROIDES DO CINTURÃO PRINCIPAL  
A PARTIR DA FOTOMETRIA DO CATÁLOGO SLOAN DIGITAL SKY SURVEY MOC4**

**Anderson de Oliveira Ribeiro<sup>1</sup>, Fernando V. Roig<sup>1</sup>, Jorge Márcio Carvano<sup>1</sup>, David Nesvorný<sup>2</sup>**

**1 - ON/MCT; 2 - Southwest Research Institute**

As propriedades superfícies dos asteroides são estudadas analisando a luz refletida pelos mesmos em diferentes comprimentos de onda. Isto permite classificar os objetos em diferentes tipos taxonômicos, que dependem das propriedades do espectro de reflexão. A distribuição de classes taxonômicas no Cinturão Principal era compatível com a idéia de que existia uma correlação entre o gradiente de temperatura da nebulosa primordial e a ocorrência de processos de aquecimento nos asteroides. Porém, com o aumento nos últimos anos do número de asteroides com espectro conhecido, começou a resultar evidente que este cenário não podia ser sustentado, e que as diferentes classes taxonômicas apareciam misturadas, podendo ser achadas em proporções semelhantes a qualquer distância do Sol. Neste trabalho propomos utilizar os dados fotométricos do Catálogo de Objetos Móveis do Sloan Digital Sky Survey (SDSS-MOC4) para analisar a existência de possíveis correlações entre a taxonomia dos asteroides e suas propriedades orbitais. A amostra do SDSS-MOC4 é aproximadamente 20 vezes maior que o conjunto de todos os surveys espectroscópicos de asteroides, o que torna a nossa análise estatisticamente significativa. Apresentamos resultados deste estudo que indicam existência de uma correlação forte entre as classes taxonômicas e a distância média ao Sol, e a existência de correlações fracas entre a taxonomia e as excentricidades e inclinações orbitais.

## DETECTABILIDADE DE MOLÉCULAS INDICADORAS DE VIDA EM SOLOS DE INTERESSE ASTROBIOLÓGICOS POR ESPECTROSCOPIA RAMAN

**Fabio Rodrigues<sup>1</sup>, Douglas Galante<sup>2</sup>, Claudia A S Lage<sup>3</sup>, Eduardo Janot-Pacheco<sup>2</sup>**  
1 - IQ/USP; 2 - IAG/USP; 3 - UFRJ

A busca por vida extraterrestre vem sendo realizada, nos dias de hoje, tanto de forma remota, por meio de telescópios em terra ou no espaço, quanto por sondas enviadas a ambientes possíveis de abrigar vida, que obtêm dados in situ. Um exemplo é a sonda Phoenix, enviada a Marte para estudar seu solo na região polar e procurar indícios indiretos da presença de vida atual ou passada. A futura geração de sondas inclui o Mars Science Laboratory, o qual contará com diversas técnicas espectroscópicas de análise, e em especial, um espectrômetro Raman chamado Mars Microbeam Raman Spectrometer (MMRS), visando estudar a geologia e química marciana. A espectroscopia Raman se destaca entre os métodos devido à portabilidade dos equipamentos atuais e à facilidade de obter medidas, dispensando o preparo de amostras. Neste contexto, há a necessidade de estudos em laboratório para servirem de padrão para os futuros dados obtidos in situ. Neste trabalho, verificamos a possibilidade de detecção de pigmentos biológicos, como  $\beta$ -Caroteno, em condições análogas a Marte. Utilizamos como substrato óxidos metálicos e o solo simulante de Marte (JSC-1), em que foram dispersas moléculas de interesse, em diferentes concentrações sendo apresentados assim os limites de detectabilidade. Conclui-se que solos de albedo baixo possuem menor detectabilidade, devido à forte absorção do laser e que alguns tipos de solo, como o óxido de ferro, podem catalisar a degradação da biomolécula pelo laser, sendo um fator que dificulta a detecção.

## O AUMENTO DO BRILHO DO ANEL F

**Rafael Sfair<sup>1</sup>, Mark Showalter<sup>2</sup>**  
1 - FEG/UNESP; 2 - SETI Institute

O estudo fotométrico do anel F foi realizado através de mais de 3500 imagens enviadas pela sonda Cassini, obtidas pelas câmeras WAC e NAC. Apesar do conjunto de imagens não cobrir toda a extensão longitudinal do anel, foi possível obter dados de um amplo espectro de ângulos de fase. A comparação dos dados recentes com dados da Voyager (Showalter et al, 1992) revelou uma alteração na profundidade óptica  $\tau$  do anel. Uma análise complementar com imagens do anel A mostrou que esta alteração não se deve a fatores instrumentais, indicando que a diferença de um fator 2-3 deve-se realmente à alteração das propriedades do anel F. Esta conclusão é reforçada pela análise dos perfis de ocultação obtidos pelo fotopolarímetro da Voyager (PPS) e pelo instrumento VIMS a bordo da Cassini. Em todos os casos a largura equivalente do anel calculada a partir dos dados da Voyager é menor do que os valores encontrados recentemente. Uma possível explicação para o aumento do brilho do anel é interação de Prometeu com a população de corpos macrométricos, cujos tamanhos variam de metros a poucos quilômetros. Devido à aproximação da configuração de maior proximidade entre o satélite e o anel, a influência de Prometeu pode ter causado o aumento na taxa de produção de poeira.

## ESTUDO ANALÍTICO DA EFETIVAÇÃO DA CAPTURA GRAVITACIONAL DEVIDO A RUPTURA DE ASTEROIDES BINÁRIOS

**Ernesto Vieira Neto, Othon Cabo Winter, Saymon Henrique Santos Santana, Helton da Silva Gaspar**  
FEG/UNESP

Os planetas gigantes possuem duas classes de satélites. Existem satélites que estão mais próximo do planeta, com órbitas quase circulares e quase equatoriais, que são chamados de satélites regulares. E existem os satélites irregulares que são aqueles que estão mais distantes do planeta, com órbitas mais elípticas e fora do plano equatorial, alguns inclusive são retrógrados. É amplamente aceito que os satélites irregulares têm uma história dinâmica de captura gravitacional. Mas a dinâmica de captura gravitacional produz apenas capturas temporárias. Na literatura existem diversos mecanismos que poderiam efetivar uma captura gravitacional. Um mecanismo mais recente utiliza a separação de um par de asteroides que orbitam o mesmo centro de massa. A ruptura gravitacional desses asteroide, provocada pela aproximação a um planeta, acarretaria em uma troca de energia no sistema de forma que um asteroide ganha energia e escapa da gravidade do planeta, enquanto que o outro perde energia e fica preso gravitacionalmente em torno do planeta, se tornando um satélite irregular desse planeta. Neste trabalho apresentamos os resultados analíticos de balanços de energia que explicam a geometria da captura, e mostram as características que

umentam a probabilidade da captura gravitacional permanente.

PAINEL 313

## **RADIAÇÕES IONIZANTES (RAIOS-X) EMITIDAS POR FONTES ASTROFÍSICAS E CONDIÇÕES DE SOBREVIVÊNCIA DE MICRORGANISMOS EXTREMÓFILOS**

**Ivan Glaucio Paulino-Lima<sup>1</sup>, Douglas Galante<sup>2</sup>, Eduardo Janot-Pacheco<sup>2,3</sup>, Charles Cockell<sup>3</sup>, Karen Olsson-Francis<sup>3</sup>, Nigel John Mason<sup>4</sup>, Claudia Lage<sup>1,4</sup>**  
**1 - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho/UFRJ; 2 - IAG/USP; 3 - Open University; 4 - The Open University**

Explosões estelares são eventos astronômicos cataclísmicos que emitem grande quantidade de radiações em períodos de tempo muito curtos [1]. Recentemente, fontes de radiação síncrotron superaram as dificuldades de se produzir feixes de raios-X com grande luminosidade e com energias de até centenas de keV, podendo-se simular em laboratório tais eventos. Por isso, os laboratórios síncrotron representam ferramentas ideais para estudar a capacidade de sobrevivência de microrganismos irradiados com feixes nessa faixa de energia, sob condições simuladas desse tipo de cenário extraterrestre [2]. O objetivo deste trabalho foi verificar a sobrevivência de microrganismos extremófilos (*Chroococcidiopsis* sp. e *Deinococcus radiodurans*) sob diferentes condições experimentais após irradiação com diversas doses de raios-X utilizando a linha de luz B16 do laboratório síncrotron Diamond, na Inglaterra. Culturas líquidas (1uL) foram depositadas em triplicata sobre folhas de kapton, posicionadas em um porta-amostras, e desidratadas à temperatura e pressão ambiente por no mínimo 24 horas. As amostras desidratadas foram colocadas numa câmara de vácuo (10E-2mbar) e irradiadas com tempos crescentes de exposição tanto ao feixe monocromático (10keV), como ao feixe branco (espectro 1 a 20keV). Após os tratamentos, as amostras foram reconstituídas em meio de cultura líquido e submetidas à diluição seriada e semeadura em meio sólido para multiplicação das células viáveis. Após um tempo mínimo de 72 horas de incubação, as colônias foram contadas e os resultados registrados em gráficos mostrando curvas de sobrevivência. Com isso, foram determinadas as doses que inativam 90% da população de células bacterianas (DL10) e os valores foram extrapolados para o contexto astrofísico real. Os resultados obtidos contribuem para um melhor entendimento sobre a possibilidade de transferência de microrganismos entre diferentes corpos de sistemas planetários, hipótese conhecida como Panspermia [3].

Referências: [1] Galante, D. and Horvath, J. (2007) Int. J. Astro-biol., 6, 19-26. [2] Paulino-Lima, I.G., et al. (2010) Planet. & Space Sci. in press. [3] Nicholson, W.L. (2009) Trends in Microbiol., 17, 243-250.