

XI TALLER DE CIENCIAS  
PLANETARIAS  
XI REUNIÃO DE TRABALHO SOBRE  
CIÊNCIAS PLANETÁRIAS

14 al 18 de Febrero de 2022

Resúmenes de Presentaciones en Poster

**Sesión de Posters I**

---

RESUMEN 1

**Astrometria das luas galileanas a partir de  
ocultações estelares.**

Bruno Eduardo Morgado<sup>1,2,3</sup>, Altair R. Gomes Júnior<sup>4,2</sup>, Felipe Braga  
Ribas<sup>5,3,2</sup>, Roberto Vieira Martins<sup>3,2</sup>, Josselin Desmars<sup>6,7</sup>, Valery Lainey<sup>6</sup>,  
Emiliano D'Aversa<sup>8</sup>, Marcelo Assafin<sup>9</sup>, Bruno Sicardy<sup>3</sup>, Desenvolvedores  
SORA<sup>1,2,3,4</sup>, Observadores<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional, Brasil

<sup>2</sup> LIneA e INCT do e-Universo, Brasil

<sup>3</sup> LESIA, Observatoire de Paris-Meudon, França

<sup>4</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia - UNESP, Brasil

<sup>5</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

<sup>6</sup> IMCCE, Observatoire de Paris, França

<sup>7</sup> Polytechnique des Sciences Avancées IPSA, França

<sup>8</sup> IAPS-INAF, Italia

<sup>9</sup> UFRJ/Observatório do Valongo, Brasil

<sup>10</sup> IOTA

## Resumen - Resumo

Os progressos na astrometria e nas modelagens dinâmicas dos satélites naturais dos planetas gigantes permitiu estimar os efeitos de maré entre estes satélites e o planeta associado. Estes estudos necessitam de uma astrometria precisa ao longo de muitos anos para restringir os modelos dinâmicos, podendo trazer informações até dos processos de formação destes sistemas. Além disso, órbitas precisas de objetos do Sistema Solar também auxiliam na preparação de missões espaciais visando esses objetos. Em especial, no caso das luas galileanas, duas missões estão sendo preparadas para serem lançadas nos próximos anos (2020s), a *Europa Clipper* da NASA e a *JUICE* da ESA.

A astrometria de solo destes satélites é essencial para estes estudos. Entretanto, fazer a astrometria clássica CCD destes satélites não é uma tarefa trivial. O brilho de Júpiter (mag.  $V = -2$ ) rapidamente satura a imagem CCD antes que se obtenha um número adequado de estrelas para calibração astrométrica. Esta dificuldade vem motivando a busca por métodos alternativos para se obter posições precisas destes satélites. Em particular, neste projeto utilizamos a técnica das Ocultações Estelares que é capaz de prover posições astrométricas com a precisão da ordem de 1 milissegundo de arco (*mas*), aproximadamente 3 quilômetros à distância de Júpiter. Aqui apresentaremos os resultados de três campanhas observacionais entre 2019 e 2021. Além disso, apresentaremos uma re-análise de dois eventos previamente observados em 2016 e 2017 agora utilizando o recém publicado catálogo Gaia EDR3.

---

RESUMEN 2

## Estudo e Análise de Transnetunianos de Alta Inclinação

Luiz Gomes<sup>1</sup>, Rafael Sfair<sup>1,2</sup>, Rosana A. N. Araujo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil

<sup>2</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität  
Tübingen, Auf der Morgenstelle 10, 72076 Tübingen, Germany

## Resumen - Resumo

Com o Dark Energy Survey (DES) em funcionamento mais de 150 transnetunianos foram descobertos em apenas 3 anos, nos revelando o grande número de objetos além da órbita de Netuno. Assim procuramos desenvolver uma ferramenta completa e simples afim de investigar a órbita desses e outros corpos pequenos do Sistema Solar. Utilizando o software Rebound com o integrador IAS15 de alta precisão, construímos um código robusto que verifica e armazena

ejeções e encontros próximos no sistema durante a simulação, além de gerar arquivos de saída detalhados com os dados que caracterizam os encontros. O código é bastante versátil e adaptável, onde facilmente podemos alterar as condições iniciais e selecionar as informações de saída. Para validar o código, utilizamos o centauro 10199 Chariklo que possui um sistema de anéis e há estudos detalhados sobre sua órbita entre os planetas gigantes, onde encontramos valores coerentes ao trabalho comparado. Integrando 730 clones de Chariklo por 10 milhões de anos, utilizando o critério de encontro próximo de 1 Raio de Hill e o critério de ejeção sendo ultrapassar a distância de 100 UA do Sol, o código verificou 76186 encontros próximos entre os clones e os planetas e 84 % de ejeção do sistema. Analisamos também o TNO 2013 VD24, um objeto de alta inclinação e elevado semi-eixo maior, em uma simulação com 900 clones por 100 milhões de anos, onde constatamos a influência dos Jovianos, com 95910 encontros próximos dentro de  $1R_{Hill}$  e a instabilidade da sua órbita onde 41,8 % dos clones foram ejetados( $r > 250ua$ ). Estamos analisando a evolução orbital do cometa 2014 UN271, descoberto por Bernardinelli – Bernstein, considerando os diversos valores dos elementos orbitais disponíveis na literatura.

---

RESUMEN 3

## **El impacto de la contaminación lumínica y satelital en la observación de cuerpos menores y aportes a su mitigación desde el observatorio astronómico del CURE**

Andrea Sosa Oyarzabal<sup>1</sup>, Valentina Pezano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de la República, Uruguay

### **Resumen - Resumo**

A la pérdida de la oscuridad del cielo nocturno por efecto de la luz artificial por la noche (conocida como ALAN por sus siglas en inglés) se agregan recientemente las grandes constelaciones de satélites de telecomunicaciones en perjuicio de la investigación en astrofísica. Estas constelaciones de satélites brillantes en órbitas de baja altitud cambiarán fundamentalmente la observación astronómica en las longitudes de onda del óptico y del infrarrojo cercano. Una de las varias líneas de investigación que se verá particularmente afectada será la detección y seguimiento de los Objetos Cercanos a la Tierra (NEOs). Además de la importancia de su estudio para los modelos de formación y evolución planetaria, los asteroides y cometas han impactado frecuentemente la Tierra en el

pasado y lo continuarán haciendo en el futuro, con consecuencias que podrían ser catastróficas si no son descubiertos a tiempo para aplicar alguna técnica de mitigamiento. Los grandes proyectos de búsqueda de NEOs (Pan-STARRS, Catalina Sky Survey, etc.) operan cerca del crepúsculo para detectar NEOs a bajas elongaciones solares, cuando la interferencia de los satélites será más notoria. Además las trazas de los satélites en las imágenes disminuirán la eficiencia en la detección. Un NEA no detectado significa un potencial impactador no recuperado y cuyos parámetros orbitales no se pudieron actualizar.

Presentamos en este trabajo una breve síntesis de las recomendaciones que grupos de trabajo internacionales vienen desarrollando desde 2020, con los auspicios de la IAU, de la Oficina para Asuntos del Espacio Exterior de la ONU (UNOOSA) y del Comité para el Uso Pacífico del Espacio Exterior (COPUOS), para mitigar el impacto científico de estas nuevas fuentes de contaminación del cielo (p.e. <https://noirlab.edu/public/media/archives/techdocs/pdf/techdoc003.pdf>). De estos reportes surge como recomendación fundamental la interacción entre la comunidad de astrónomos profesionales y los observatorios con los operadores de las constelaciones satelitales. En este contexto nos referiremos a los aportes de un observatorio pequeño como el observatorio astronómico del CURE destinados a mitigar los efectos de ALAN y de las grandes constelaciones satelitales, especialmente en la observaciones ópticas de cuerpos menores.

---

RESUMEN 4

## **Dinâmica ao redor do sistema triplo (153591) 2001 SN263**

Giulia Valvano<sup>1</sup>, Othon Winter<sup>1</sup>, Gabriel Borderes-Motta<sup>2</sup>, Rafael Sfair<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, Guaratinguetá (SP)

<sup>2</sup> Universidade Carlos III de Madrid, Espanha

<sup>3</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Germany

### **Resumo**

A primeira missão brasileira de espaço profundo, denominada missão ASTER, tem como alvo o sistema triplo de asteroides (153591) 2001 SN263, na qual seu objetivo é analisar as estruturas dinâmicas e físicas destes asteroides. Winter et al. (2020) apresentam uma análise da dinâmica na superfície dos corpos do sistema e no presente trabalho analisamos a dinâmica de partículas ao redor do sistema. Um conjunto de partículas foi distribuído em torno do sistema e consideramos a perturbação gravitacional dos três corpos, além da pressão de

radiação solar (Burns et al. 1979). As formas irregulares dos corpos Alpha e Beta são modeladas utilizando o método de mascons, enquanto o corpo Gamma, será considerado um corpo massivo. Para os parâmetros da pressão de radiação solar utilizamos algumas variações de área-massa para considerar regimes onde a radiação afeta de diferentes maneiras as partículas. Buscamos identificar a ordem de grandeza do tamanho das partículas que sobrevivem a pressão de radiação nas vizinhanças do sistema. Então, realizamos integrações numéricas, a fim de identificar possíveis regiões de estabilidade e quanto as perturbações consideradas no sistema afetam o comportamento das regiões de estabilidade, quando comparadas com um sistema sem tais perturbações (Araujo et al. 2012, Araujo et al. 2015).

## Referências

ARAUJO, R. A. N. et al. Stability regions around the components of the triple system 2001 SN263. *Monthly Notices of The Royal Astronomical Society*, v. 423, n. 4, p.3058-3073, 2012.

ARAUJO, R. A. N.; WINTER, O. C.; PRADO, A. F. B. A. Stable retrograde orbits around the triple system 2001 SN263. *Monthly Notices of The Royal Astronomical Society*, v. 449, n. 4, p.4404-4414, 2015.

BURNS, J. A.; LAMY, P. L.; SOTER, S. Radiation forces on small particles in the solar system. *Icarus*, v. 40, n. 1, p.1-48, 1979.

WINTER, O. C. et al. Asteroid triple-system 2001 SN263: surface characteristics and dynamical environment. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, v. 492, n. 3, p. 4437-4455, 2020.

## Agradecimentos

Agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo) – processos 2016/24561-0 e 2019/23963-5 – pelo apoio financeiro.

---

RESUMEN 5

## Simplificación numérica del modelo de fragmentación de planetesimales

Irina Luciana San Sebastián<sup>1,2</sup>, Octavio Miguel Guilera<sup>1,2,3,4</sup>, Marcelo Miguel Miller Bertolami<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Insituto de Astrofísica de La Plata, CONICET–UNLP, Argentina.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Astrofísica - Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

<sup>4</sup> Núcleo Milenio de Formación Planetaria (NPF), Chile

## Resumen - Resumo

Uno de los desafíos de los modelos de formación planetaria es, incorporando los principales fenómenos físicos presentes en dicho proceso, poder explicar las arquitecturas de los diversos sistemas planetarios que hay observados hasta la actualidad. El modelado de las colisiones y fragmentación de planetesimales es clave para reproducir correctamente la formación y evolución planetaria. Sin embargo, en el marco de los modelos globales de formación planetaria, el modelado detallado de estos procesos es extremadamente costoso desde un punto de vista computacional. En este trabajo estudiamos y comparamos diferentes aproximaciones de nuestro modelo detallado de fragmentación de planetesimales, aplicado a la formación de un planeta gigante, que simplifican el fenómeno numéricamente y, por lo tanto, reducen significativamente el tiempo de cómputo en nuestras simulaciones. El objetivo a futuro es realizar un estudio de síntesis poblacional incorporando la fragmentación de planetesimales en PLANETALP, nuestro modelo global de formación planetaria, para estudiar cómo este fenómeno afecta la formación de los sistemas planetarios.

---

RESUMEN 6

## TRANSPORTE DE POEIRA ENTRE OS SATÉLITES DE SATURNO

Vanessa M. F. de Moura<sup>1</sup>, Rafael Sfair<sup>1,2</sup>, Patrícia Buzzatto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil

<sup>2</sup> University of Tübingen, Tübingen, Alemanha

## Resumen - Resumo

Saturno possui um sistema de anéis bastante diverso e atualmente são conhecidos 82 satélites orbitando o planeta. Em muitos casos a origem e evolução dos anéis estão intimamente ligadas à interação com alguns satélites. Por exemplo, Verbiscer et al. (2009) estudaram a manutenção do anel de Phoebe a partir da ejeção e posterior evolução orbital de partículas de poeira geradas por colisões de corpos interplanetários com o satélite de Saturno; além disso, analisaram o transporte de algumas partículas do tamanho de centímetros desse anel e possível colisão com Iapetus.

Em nosso trabalho investigamos a geração de poeira de diferentes famílias de satélites de Saturno e sua evolução orbital com o intuito de analisar os mecanismos de transporte e destino destas partículas. Consideramos a geração de

poeira a partir de impactos de micrometeoritos com os satélites e para a evolução orbital destas partículas foram levadas em conta as forças de Lorentz, pressão de radiação solar, gravidade solar, gravidade dos satélites, arrasto de Poynting-Robertson, arrasto de plasma e efeitos gravitacionais da não esfericidade de Saturno.

Realizamos simulações numéricas utilizando o pacote REBOUND (Rein & Spiegel, 2015), do sistema envolvendo Saturno, seus satélites e partículas micrométricas, considerando a influência de todas as forças perturbativas citadas acima, além das colisões mútuas entre partículas e os satélites. Com isso podemos observar a evolução orbital das partículas e o transporte de material entre as famílias de satélites.

Em alguns de nossos resultados preliminares, vimos que as partículas foram transportadas para mais próximas do planeta devido à influência das forças perturbativas. Ao computar as colisões, observamos que a grande maioria das partículas colidiu com Saturno e os satélites que sofreram o maior número de impactos foram Tethys, Dione, Rhea e Titan.

---

RESUMEN 7

## Dinâmica orbital de asteroides ressonantes na região do grupo Hungarias - O caso da 5:7 com Marte

Gabriel Nunes de Araújo<sup>1</sup>, Adrián Rodríguez<sup>1</sup>, Anderson Oliveira Ribeiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro

<sup>2</sup> Centro Universitário Geraldo Di Biase, UGB

### Resumen - Resumo

O grupo dos Hungarias é um adensamento de asteroides, no plano semieixo vs. excentricidade, na região interna do Sistema Solar. Suas órbitas ( $1,8 < a < 2$  UA) se localizam entre a de Marte ( $\approx 1,52$  UA) e o cinturão principal de asteroides ( $2,1 < a < 3,7$  UA). A proximidade com Marte permite que os efeitos gravitacionais do planeta sejam suficientes para perturbar dinamicamente a região. A estrutura dinâmica do grupo é composta principalmente por ressonâncias de movimentos médios (RMMs) com Marte, Júpiter e ressonâncias seculares. Para estudar a influência das ressonâncias de movimentos médios marcianas foi construído um mapa das principais RMMs presentes na região dos Hungarias. Identificamos o destaque da RMM 5:7 com Marte (5:7M), cuja região de domínio se encontra em uma posição na qual existe mais de uma centena de objetos reais. Foi realizada uma simulação de teste com estes asteroides e foi possível notar que poucos objetos se mostraram capturados por intervalos de

tempo da ordem de milhares de anos. Parte significativa da população evoluiu de forma a se tornar cruzadora da órbita de Marte. Para então compreender o papel da 5:7M investigou-se a variação da largura, força e ângulo crítico da ressonância em função dos elementos orbitais, principalmente excentricidade e longitude do periélio. A partir dos resultados obtidos foram construídas simulações com cerca de 1000 objetos similares à população dos Hungarias ( $e < 0,2$ ;  $I = 20^\circ$ ) em diferentes faixas de semieixo ( $1,9 < a < 1,91$  UA;  $1,906 < a < 1,908$  UA). Para a realização das integrações numéricas foi utilizado o programa Mercury e as mesmas foram repetidas para 4 valores do ângulo crítico inicial dos objetos ( $\sigma = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ ). Os resultados apontaram que a população é dinamicamente estável ( $\approx 95\%$  de sobreviventes e  $\approx 60\%$  se mantém na faixa inicial) para 50 milhões de anos de evolução, entretanto, cerca de 60% da população cruza a órbita de Marte. Além disso, identificamos suas principais rotas dinâmicas, assim como o tempo médio de permanência na região de domínio da ressonância. Uma parcela da população inicial ( $\approx 5\%$ ) adquiriu órbitas típicas de NEOs ao longo das simulações. Com o intuito de estudar a influência de efeitos dissipativos na captura de objetos na ressonância, foram realizadas novas simulações considerando variações no semieixo causadas pelo efeito Yarkovsky.

---

RESUMEN 8

## PREDIÇÃO DE OCULTAÇÕES ESTELARES PARA ASTEROIDES DO CINTURÃO PRINCIPAL

Sérgio Henrique<sup>1,2</sup>, Martin Banda<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul (MS),  
Brasil

<sup>2</sup> Observatório Nacional/MCTI, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>3</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA), Rio de Janeiro  
(RJ), Brasil

### Resumen - Resumo

Asteroides do Cinturão Principal são pequenos corpos do Sistema Solar que estão orbitando entre os planetas Marte e Júpiter. Estes objetos são importantes porque fornecem informações para desvendar história e evolução do Sistema Solar. Atualmente há pouco mais de um milhão de asteroides registrados no *Minor Planet Center* (MPC) e estima-se a observação de 5,5 milhões com o *Legacy Survey of Space and Time* (LSST). Boa infraestrutura e ferramentas computacionais são requeridos para analisar de forma eficiente a grande quantidade de

dados que estão sendo gerados pelos grandes levantamentos astronômicos. Neste contexto, desenvolvemos uma metodologia sistemática para fazer previsões de ocultações estelares por asteroides do Cinturão Principal. Essa metodologia consiste na aplicação de *Interfaces de Programação de Aplicações* (APIs) para obter informações dos asteroides, tais como: efemérides, diâmetros e suas respectivas incertezas, entre outros e o gerenciamento de ferramentas de previsões tais como: *Stellar Occultation Reduction and Analysis* (SORA), e um portal computacional desenvolvido pelo LIneA.

Fizemos as previsões para 261 asteroides e obtivemos no total pouco mais de 28 mil eventos de ocultações para os meses de outubro e novembro de 2021. Nossas previsões foram avaliadas comparando-as com aquelas publicadas no *Asteroid Occultation* (<https://asteroidoccultations.com/>). Neste trabalho apresentamos as estratégias adotadas, dificuldades encontradas e os resultados obtidos.

Este trabalho é parte de um projeto de iniciação científica no Observatório Nacional (período: maio de 2021 até abril de 2022).

---

RESUMEN 9

## Resonant dynamics of newly discovered inner Saturn moons

Nelson Callegari Jr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> São Paulo State University (Unesp), Institute of Geosciences and Exact Sciences (IGCE)

### Abstract

The Cassini spacecraft discovered many close-in small satellites in Saturnian system, and several of them exhibit exotic orbital states due to interactions with Mimas and the oblateness of the planet. This work is devoted to Anthe, Methone and Aegaeon, which are currently involved in the 11:10, 15:14 and 6:7 Mean-Motion Resonance with Mimas. We give an in deep study the current orbits of the small satellites by analyzing and identifying the short, resonant and long-term gravitational perturbations on their orbit. In addition, we perform numerical integrations of full equations of motion of ensembles of close-in small bodies orbiting the non-central field of Saturn. Spectral analyses of the orbits and interpretation of them in dynamical maps allow us to describe the orbits and the dynamics of Anthe, Methone and Aegaeon in view of resonant and long-term dynamics.

We show that the current geometric orbit of Methone is aligned with Mimas' due to a forced resonant component in eccentricity, leading to simultaneous oscillations of several critical angles of the expanded disturbing function. Thus,

we explain the simultaneous oscillations of four critical arguments associated to the resonance. The mapping of the Mimas-Methone resonance shows that the domains of the 15:14 Mimas-Methone resonance are dominated by regular motions associated to the Corotation resonance located at osculating eccentricities lower than 0.015 and osculating semi-major axis in the interval 194,660-194,730 km. Methone is currently located deeply within this site (Callegari, Rodríguez and Ceccatto 2021, CMDA - <https://rdcu.be/cA7KO>).

In the case of Anthe, it is shown that the current resonant state of the pair Mimas-Anthe is characterized uniquely by the stable libration of the corotation angle,  $C$ . The component  $C$  is identified in the time variations of the orbital elements and in the other arguments of the disturbing function, all of them which circulate in prograde sense driven by secular components, despite showing episodic oscillations in short time intervals (Callegari and Yokoyama 2021, Icarus). The mapping of the 11:10 Mimas-Anthe resonance in the eccentricity-semi-major axis phase space shows the non-chaotic regions around both the Corotation and Lindblad resonances, which are separated by chaotic zones. The orbit of Anthe is located deeply inside the stable regions of the Corotation resonance.

The current resonant dynamics of Aegaeon is also dominated by Corotation resonance with Mimas (Hedman et al. 2010, Icarus). The phase space of Aegaeon shows many differentiated structures, like secondary resonances (Callegari and Rodríguez 2021 – work in progress).

Acknowledgements NCJ is grateful to Fapesp (Sao Paulo State Research Funding Agency), through the processes 2019/15162-2, 2020/06807-7.

---

RESUMEN 10

## **Evolución y crecimiento de polvo en discos protoplanetarios en sistemas estelares triples**

María Paula Ronco<sup>1,2</sup>, Jorge Cuadra<sup>3,2</sup>, Octavio M. Guilera<sup>3,2</sup>, Marcelo M. Miller Bertolami<sup>4</sup>, Amelia Bayo<sup>5,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astrofísica - PUC, Chile

<sup>2</sup> Núcleo Milenio de Formación Planetaria

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias, Facultad de Artes Liberales, Universidad Adolfo Ibáñez, Chile

<sup>4</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, Argentina

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

<sup>6</sup> Instituto de Física y Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Chile

## Resumen - Resumo

El número de exoplanetas descubiertos en sistemas estelares binarios, tanto tipo S (circumprimarios) como tipo P (circumbinarios), aumenta día a día, y más aún, varios exoplanetas se han encontrado en sistemas estelares triples o múltiples. Para entender y modelar correctamente los procesos físicos que forman a este tipo de exoplanetas, es necesario primero entender cómo evolucionan los discos protoplanetarios en los cuales estos procesos ocurren. En Ronco et al. 2021 desarrollamos un modelo 1D+1D que nos permitió estudiar la evolución de la componente gaseosa de un disco protoplanetario en un sistema estelar jerárquico triple. Determinamos que estos discos son capaces de perdurar por varios millones de años antes de disiparse por completo, pudiendo favorecer, en principio, la formación planetaria. En este nuevo trabajo presentamos resultados preliminares sobre la evolución simultánea del gas y del polvo en estos escenarios. Evaluamos el crecimiento, evolución del polvo y posibles regiones de formación de planetesimales, bloques fundamentales para dar lugar a la posible formación de exoplanetas.

## Sesión de Posters II

---

RESUMEN 11

### **Influencia de los términos seculares asociados al factor de forma dinámico en la evolución térmica de exotierras**

S. H. Luna<sup>1-2</sup>, M. G. Spagnuolo<sup>1</sup>, M. Mantegazza<sup>1</sup>, M. C. Rojas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Intituto de Estudios Andinos “Don Pablo Groeber” (IDEAN),  
UBA-CONICET, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Tecnología e Ingeniería, UNaHur, Argentina

## Resumen - Resumo

En los últimos años cientos de planetas han sido descubiertos orbitando estrellas similares al Sol. Sus órbitas pueden ser tan cercanas que los correspondientes periodos orbitales suelen ser menores a 10 días. Se espera que en tales circunstancias los efectos de deformación por interacción de mareas sean particularmente intensos. Una de las consecuencias más notables son las capturas

en resonancia espín-órbita. En el caso de planetas cuya composición pueda asumirse similar a la de la Tierra, se suman además los efectos de la deformación permanente, debidas a distribuciones inhomogéneas de masa interna. En este trabajo se estudian los efectos combinados de los términos seculares del potencial gravitatorio asociados al achatamiento polar de las llamadas súper Tierras y el efecto de mareas sólidas. Se encontró que los primeros pueden producir desviaciones apreciables respecto de las resonancias espín-órbita exactas. Una de las consecuencias más importantes de este efecto es la disipación extra de energía que, en algunos casos, puede llegar a ser una importante fuente de calor extra y que puede llevar a una complejización de la historia térmica de dichos sistemas extrasolares. En el presente trabajo, se discuten también los posibles caminos que puede tomar la evolución orbital de los mismos en virtud de la compleja interrelación entre la evolución térmica y la evolución dinámica que es objeto de estudio de trabajos recientes.

---

RESUMEN 12

## Estudio de los efectos sistemáticos de SOPHIE+ con algoritmos de aprendizaje automático

J.R. Serrano<sup>1</sup>, R.F. Díaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

<sup>2</sup> International Center for Advanced Studies (ICAS) and ICIFI (CONICET), ECyT-UNSAM, Argentina.

### Resumen

SOPHIE+ es un espectrógrafo echelle de dispersión cruzada ubicado en el Observatorio de Haute-Provence, Francia. El instrumento fue concebido para tener una gran estabilidad, por lo que se encuentra aislado y a temperatura y presión controladas. Mediante calibración simultánea de la longitud de onda puede alcanzar precisiones cercanas a  $1 \text{ m s}^{-1}$ . Sin embargo, el punto cero del instrumento presenta derivas a baja frecuencia de algunos  $\text{m s}^{-1}$  que deben ser corregidas para la alta precisión que requieren los programas actuales de búsqueda de exoplanetas. Con este fin se monitorean regularmente cuatro estrellas de velocidad radial constante, y se usan estas mediciones para corregir las velocidades observadas. En este trabajo, proponemos una nueva forma de realizar la corrección de punto cero de instrumentos como SOPHIE+. Usamos técnicas de aprendizaje automático supervisado para predecir los cambios de punto cero a partir de variables ambientales, instrumentales, y observacionales. Recolectamos 645 observaciones de las estrellas constantes HD 185144, HD 9407 y HD 89269 y construimos un dataset con más de 120 variables. Exploramos distintos

algoritmos y construimos un modelo que logra predecir un 70 % de la dispersión de los datos. Estas técnicas tienen el potencial de permitir realizar la corrección sin necesidad de observar estrellas constantes y de obtener conocimiento sobre el instrumento que permita mejorar su estabilidad y precisión.

---

RESUMEN 13

## A contribuição de corpos macroscópicos para manutenção do do arco do anel G

Victor Lattari<sup>1</sup>, Rafael Sfair<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia

<sup>2</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität  
Tübingen, Germany

### Resumen - Resumo

A existência dos arcos de anéis planetários é creditada a presença de um satélite perturbador que os confina em uma ressonância de corotação. No caso do arco do anel G de Saturno, este é confinado por uma ressonância excêntrica 7:6 de corotação com o satélite Mimas. Hedman et al. (2010) citam que o arco do anel G é majoritariamente composto por partículas da ordem de micrômetros. Neste caso, as forças perturbativas, tais como a pressão de radiação e a força eletromagnéticas, são significativas e tendem a reduzir o tempo de vida destas partículas nesta região. Para explicar a estabilidade do arco Hedman et al. (2010) utilizaram o pequeno satélite Aegaeon (imerso no arco) que poderia ser uma fonte do material das partículas micrométricas imersas no arco via colisões de partículas interplanetárias com Aegaeon. Entretanto, Madeira et al. (2018) exploraram o efeito da pressão de radiação solar e mostraram que o tempo de vida das partículas micrométricas no arco é menos de 40 anos e que o satélite Aegaeon não poderia ser fonte de material e manter a quantidade de poeira no arco via colisões de partículas interplanetárias. Isto, levantou a hipótese de que outro mecanismo de reposição de poeira deveria ser considerado. Tal mecanismo pode ser explicado a partir dados do instrumento LEMMS (Magnetospheric Imaging Instrument's LowEnergy, em português "Instrumento de Imagem Magnetosférica para Baixas Energias") da sonda Cassini que detectou uma queda mais acentuada na energia dos elétrons no arco, inferindo que deva existir uma população de corpos da ordem de metros imersos no arco. Neste trabalho será analisada a produção de poeira gerada devido a colisões super-catastróficas entre os corpos macroscópicos com o objetivo de verificar se estes podem ser o mecanismo de reposição de poeira no arco. Por fim, neste

trabalho foi mostrado que é possível manter a população de poeira no arco do anel G através das colisões super-catastróficas entre os corpos macroscópicos imersos no arco e com isso manter o sistema estável por mais de 100 anos e que o satélite Aegaeon não é relevante para a produção de poeira do arco.

---

RESUMEN 14

## Mapeamento da estabilidade de órbitas ao redor de luas perturbadas por um terceiro corpo.

Lucas S Ferreira<sup>1</sup>, Antônio F. B. A. Prado<sup>2</sup>, Rafael Sfair<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos (SP), Brasil

<sup>3</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 10, 72076 Tübingen, Germany

### Resumen - Resumo

O presente trabalho tem como objetivo investigar órbitas de sondas espaciais ao redor de diversas luas hipotéticas considerando os efeitos devidos a presença de um terceiro corpo perturbador. Para isso o problema circular restrito de três corpos (P3C) foi assumido e utilizado de forma adimensional, sendo investigado como as perturbações do terceiro corpo (Planeta) afetam o tempo de vida das órbitas das sondas em torno de cada lua. Adaptado para verificar a possibilidade de escapes da sonda, possíveis colisões com a lua ou a estabilidade da sonda ao tempo total de integração, as simulações foram realizadas utilizando o integrador REBOUND. Com um tempo total de integração correspondente a 477 períodos orbitais de cada lua, as simulações foram realizadas variando os valores iniciais de semieixo maior ( $a_0$ ) e excentricidade ( $e_0$ ) da órbita da sonda para diversos intervalos, assumindo inclinações iniciais entre  $60^\circ$  e  $80^\circ$ , sendo catalogadas as durações de sobrevivência dessas órbitas. Essas investigações foram realizadas para diversas razões de massa das luas, em um intervalo da ordem de  $10^{-1}$  à  $10^{-7}$ , assumindo múltiplos valores de densidades e raios das luas. Os resultados mostraram que a escolha do valor da excentricidade inicial da órbita da sonda é um fator importante, pois os casos iniciais circulares registraram o maior número de órbitas com os maiores tempos de vidas. Para órbitas iniciais excêntricas, foi visto que a depender da altitude da órbita inicial da sonda, existe uma dominância ou um equilíbrio entre o argumento do pericentro e a longitude do nodo inicial que determina condições com maiores tempos de vida. Também

foram localizadas condições orbitais iniciais mais excêntricas e/ou inclinadas com tempos de vida altos, em relação ao vizinha dessas condições, que foram classificadas como ilhas de estabilidade. Além disso, também foram gerados mapas de tempos de vida das órbitas em função do valor das razões de massa das luas e dos perturbadores.

---

RESUMEN 15

## Período de rotação de objetos em órbita próxima da Terra dentro do projeto IMPACTON

Wesley Pereira<sup>1</sup>, Daniela Lazzaro<sup>1</sup>, Jorge Carvano<sup>1</sup>, Filipe Monteiro<sup>1</sup>, Eduardo Rondón<sup>1</sup>, Marçal Evangelista<sup>1</sup>, Plícida Arcoverde<sup>1</sup>, Jonatan Michimani<sup>1</sup>, Wesley Mesquita<sup>1</sup>, Tatiane Corrêa<sup>1</sup>, Teresinha Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional/ MTCI, Rio de Janeiro - Brasil

### Resumen - Resumo

Os NEOs (do inglês Near-Earth Objects) são pequenos corpos do Sistema Solar em órbitas próximas da órbita da Terra, esses objetos são divididos em 4 subgrupos: Atrias, Aten, Apollo e Amor. Estudar as propriedades físicas desses corpos é importante não apenas para uma melhor compreensão sobre sua origem e evolução, mas também permite definir estratégias para o caso de descobrir algum objeto que apresente risco de impactar com a superfície terrestre. Atualmente conhece-se 27670 objetos classificados como NEOs mas para apenas 1891 se tem o período de rotação determinado, ou seja, para menos do que 7% de toda a população. O objetivo deste projeto é contribuir para aumentar essa amostra.

A metodologia adotada é a observação fotométrica de NEOs, sem período determinado, utilizando o Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI) do projeto IMPACTON. Os dados permitem obter a curva de luz dos objetos, ou seja, como o brilho varia no tempo. Supondo que a variação no brilho é devida principalmente à forma não esférica dos objetos, a análise da curva de luz permite então determinar o período de rotação.

Até o momento foram observados 14 NEOs dentro do presente projeto. A redução dos dados é atualmente feita utilizando o *Pipeline IMPACTON*, desenvolvido por J.M. Carvano, que de forma automática identifica e determina as magnitudes instrumentais dos objetos numa imagem. O período é obtido a partir de um programa em Fortran através do ajuste da curva de luz em séries

de Fourier. Sendo assim, iremos apresentar as primeiras curvas de luz obtidas usando o *Pipeline IMPACTON* e os períodos de rotação derivados.

---

RESUMEN 16

## MAPAS DINÂMICOS DA RESSONÂNCIA 2/1. APLICAÇÃO AOS SISTEMAS EXTRASSOLARES TOI-216, K2-24 E HD27894

Cristián Giuppone<sup>1</sup>, Adrián Rodríguez<sup>2</sup>, Viviam Alencastro<sup>3</sup>, Fernando Roig<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC, Córdoba, Argentina

<sup>2</sup> Observatório do Valongo, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Observatório Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

### Resumen - Resumo

As ressonâncias de movimento médio (RMM) são um fenômeno frequente entre os sistemas planetários extrassolares. As observações atuais indicam que muitos sistemas têm planetas que estão próximos ou dentro da RMM 2/1, quando o período orbital de um dos planetas é duas vezes o do outro. Modelos analíticos para descrever esta RMM, em particular, possuem limitações devido ao número de graus de liberdade do sistema e, em geral, só podem ser reduzidos a aproximações integráveis em alguns casos específicos. Existem várias abordagens bem-sucedidas usando métodos semi-analíticos ou semi-numéricos, porém estes não são suficientes para compreender completamente a dinâmica ressonante. Neste trabalho, propomos aplicar um método numérico bem estabelecido para estudar o retrato global da dinâmica ressonante, que consiste na construção de mapas dinâmicos. Esses mapas podem contribuir para entender a estrutura ressonante subjacente, ajudando a identificar os diversos comportamentos que podem ser esperados em diferentes regiões do espaço de fase e para diferentes valores dos parâmetros do modelo. A nossa análise permite validar resultados anteriores de modelos semi-analíticos, que mostram que a família de pontos ressonantes estáveis se bifurcam em librações assimétricas a partir de librações simétricas, dependendo das massas e excentricidades dos planetas. Como aplicação, construímos mapas dinâmicos para três sistemas planetários extrassolares, TOI-216, K2-24 e HD27894, e discutimos sua estabilidade à luz dos diversos ajustes de parâmetros orbitais disponíveis na literatura.

## Síntesis poblacionales de discos protoplanetarios

José Gomez<sup>1</sup>, Octavio M. Guilera<sup>1,2,3</sup>, Marcelo M. Miller Bertolami<sup>1,2</sup>, María Paula Ronco<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Astrofísica Planetaria de La Plata.

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata.

<sup>3</sup> Núcleo Milenio de Formación Planetaria, Chile.

<sup>4</sup> Pontificia Universidad Católica de Chile.

### Resumen

En este trabajo presentamos una automatización de la selección de las condiciones iniciales de nuestro modelo global de formación planetaria. El objetivo final de este proyecto es la realización de síntesis poblacionales de formación planetaria que incorporen parámetros iniciales en acuerdo con los datos observacionales. En particular, en este trabajo aplicamos esta automatización para el cómputo de una síntesis poblacional de discos protoplanetarios. Para esto desarrollamos diferentes módulos numéricos que computan la elección de parámetros al azar, como por ejemplo las masas, tamaños y metalicidades de los discos protoplanetarios, a partir de las distribuciones estadísticas inferidas de las observaciones. Estudiamos cómo distintos modelos de fotoevaporación debido la estrella central impactan en el diagrama fracción de discos – tiempo de disipación de los mismos a partir de una síntesis poblacional que compute la evolución de los discos protoplanetarios por acreción viscosa y fotoevaporación. Comparamos nuestros resultados con las observaciones y con los resultados de estudios previos.

## Estudo das propriedades físicas das populações dos objetos cruzadores da órbita de Marte e dos objetos próximos da Terra

Jonatan Michimani<sup>1</sup>, Daniela Lazzaro<sup>1</sup>, Eduardo Rondón<sup>1</sup>, Jorge Carvano<sup>1</sup>, Teresinha Rodrigues<sup>1</sup>, Wesley Mesquita<sup>1</sup>, Plícida Arcoverde<sup>1</sup>, Filipe Monteiro<sup>1</sup>, Tatiane Corrêa<sup>1</sup>, Marçal Evangelista<sup>1</sup>, Wesley Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional/ MTCIC, Rio de Janeiro - Brasil

## Resumen - Resumo

Entre os pequenos corpos do Sistema Solar as populações dos cruzadores da órbita de Marte e dos objetos próximos da Terra (do inglês MCs e NEOs, respectivamente) são de particular interesse pois acredita-se serem objetos de natureza transiente. Esses objetos passam apenas alguns milhões de anos orbitando os planetas rochosos antes de serem ejetados do Sistema Solar, caindo no Sol ou atingindo um planeta. Os reservatórios de MCs e NEOs são, portanto, constantemente reabastecidos principalmente por objetos oriundos do cinturão principal. O estudo e a caracterização físicas dessas populações podem, portanto, permitir impor vínculos sobre sua origem e evolução. O presente projeto tem como objetivo uma melhor compreensão das populações dos MCs e NEOs, através da derivação de propriedades físicas das duas populações. Nesse sentido, a fotometria é uma técnica observacional que permite a obtenção de propriedades físicas tais como período de rotação, forma e direção do eixo de rotação, propriedades de reflexão da superfície e indicação da composição superficial de MCs e NEAs.

Com esses antecedentes, e a fim de contribuir para reduzir o déficit de pequenos objetos do Sistema Solar cujas características físicas já estão determinadas, realizamos observações fotométricas desde janeiro de 2020, de um número selecionado de objetos. As observações foram realizadas a partir do Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI, Itacuruba) do Observatório Nacional (ON/MCTIC, Brasil). Neste trabalho apresentamos os resultados obtidos até final do ano 2021.

---

RESUMEN 19

## Estudo da Dinâmica Orbital no Processo de Envelhecimento do asteroide (162173) Ryugu

Milena C. Guimarães<sup>1</sup>, Othon C. Winter<sup>1</sup>, Rosana A. N. Araújo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia - UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - São José dos Campos (SP)

## Resumen - Resumo

Os asteroides recebem diversas classificações de acordo com suas características orbitais, químicas, físicas e mineralógicas. O processo que ocorre na superfície dos asteroides, alterando sua superfície morfológicamente, sob efeito de

diversos fatores exógenos, como bombardeamento por meteoritos, variação de temperatura, partículas de vento solar, raios cósmicos, etc, são denominados envelhecimento espacial (“space weathering”).

Neste trabalho é estudado o asteroide (162173) Ryugu, que foi alvo da missão de retorno de amostra Hayabusa 2 da Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa. Ele é um asteroide pertencente ao grupo dos NEAs (Near-Earth Asteroids), asteroides próximos à Terra, cuja origem mais provável é o cinturão principal de asteroides, localizado entre as órbitas de Marte e de Júpiter. Estudos apontam que sua fonte mais provável é a região do cinturão principal que se encontra sob a ação da ressonância secular  $\nu_6$ . Segundo dados obtidos pela missão Hayabusa 2, foi observado que Ryugu deve ter sofrido o fenômeno de space weathering, sendo este envelhecimento causado pela radiação recebida pelo asteroide devido a aproximações com o Sol.

Em função disso, o presente trabalho tem como objetivos estudar a evolução orbital de Ryugu, verificando a possibilidade dele ter sofrido encontros próximos com o Sol, e computar a radiação solar devida a essa aproximação com o Sol e a radiação acumulada em sua superfície desde o momento em que ele se torna um NEA até o presente momento, de modo que se possa estimar o seu grau de envelhecimento espacial.

Deste modo, para analisar a evolução orbital de Ryugu foram realizadas integrações numéricas do problema gravitacional de N-corpos, utilizando o pacote integrador Mercury. Então, foram gerados 7.000 clones partindo da vizinhança da ressonância  $\nu_6$ , verificando quais chegaram nas vizinhanças da órbita atual de Ryugu. Analisou-se a evolução orbital dos clones, identificando aqueles que obtiveram êxito. E para esses, foi calculada a radiação acumulada ao longo do tempo.

Em função das observações da Hayabusa 2, esperava-se que Ryugu obtivesse encontros próximos com o Sol, os nossos resultados corroboraram as observações, mostrando que alguns clones chegaram a uma distância muito próxima do Sol, recebendo uma grande quantidade de radiação de uma única vez, podendo tal radiação ter modificado sua superfície em um único evento pontual. Analisou-se também o fluxo de radiação acumulada ao longo de sua vida como NEA, no qual esse acúmulo pode ter modificado sua superfície ao longo dos anos e não somente em um único evento.

## Resultados de Ocultações Estelares pelo Troiano (5638) Deikoon

Viviane F. Peixoto<sup>1,2,3</sup>, Julio I. B. Camargo<sup>2,3</sup>, Bruno E. Morgado<sup>2,3</sup>, Felipe Braga-Ribas<sup>2,3,4</sup>, Time LuckyStar<sup>2,5,6</sup>, Desenvolvedores SORA<sup>2,3,7</sup>, Observadores<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

<sup>2</sup> Observatório Nacional (ON/MCTI), Brasil

<sup>3</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIeA), Brasil

<sup>4</sup> Departamento de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil

<sup>5</sup> Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

<sup>6</sup> LESIA, Observatoire de Paris-Meudon, França

<sup>7</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Brasil

<sup>8</sup> IOTA/Europe

### Resumo

A técnica de ocultações estelares vem sendo amplamente utilizada nos últimos anos, resultando em dados que podem contribuir com o estudo dos pequenos corpos do Sistema Solar. Entre as informações obtidas por meio dessa técnica estão medidas precisas sobre a forma e o tamanho desses objetos, além da presença de anéis, satélites e atmosfera. Os troianos de Júpiter são pequenos corpos agrupados nos pontos de estabilidade de Lagrange L4 e L5, localizando-se a 60<sup>o</sup> na frente e atrás do planeta gigante. O objeto estudado neste trabalho, (5638) Deikoon, é um troiano que foi descoberto em 1988 e que está situado no ponto L5. Recentemente, foram observadas duas ocultações estelares por esse objeto: uma ocorrida em 23 de fevereiro de 2019 e outra em 10 de abril de 2020. Ambas foram observadas na Europa, contabilizando 15 observadores em 2019 (sendo 2 cordas positivas) e 7 observadores em 2020 (com 3 cordas positivas).

Neste trabalho, apresentamos os resultados obtidos por meio dessas duas detecções, que incluem posições astrométricas e as medidas do raio efetivo e do achatamento do objeto estudado. Tais resultados podem contribuir com o que já se conhece sobre os troianos, além de fornecer dados para melhores previsões de futuras ocultações estelares por esse objeto. Pretendemos, nesse contexto, utilizar dados fotométricos de grandes levantamentos, como o *Dark Energy Survey* (DES), com o intuito de também obtermos um albedo mais preciso do objeto.

## Sesión de Posters III

---

RESUMEN 21

### Caracterização Física de Exoplanetas Potencialmente Habitáveis Descobertos Pela Missão TESS

Anna Beatriz Bocatto<sup>1</sup>, Beatriz Blanco Siffert<sup>2</sup>, Matias Javier Garcia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias

<sup>3</sup> Observatório Nacional do Rio de Janeiro

A descoberta de planetas fora do Sistema Solar, os chamados exoplanetas, teve seu primeiro sucesso em 1992 e desde então, mais de 4870 exoplanetas já foram detectados em mais de 3599 sistemas planetários. A maior parte deles foi descoberta pela missão Kepler através da técnica de trânsito planetário. A descoberta de que existem sistemas planetários ao redor de outras estrelas, suscita naturalmente o questionamento sobre a possibilidade de que esses exoplanetas possam hospedar vida. Apesar de bastante diversificado na Terra, o fenômeno da vida parece ser raro, e o nosso planeta parece ser o único, até o momento, que hospeda vida no Sistema Solar. Nesse contexto, se torna imperativo a determinação da chamada “Zona de Habitabilidade”, que é definida como a região ao redor da estrela em que é possível a existência de água no estado líquido na superfície de um planeta rochoso (Kasting et al., 1993). Entretanto, além da existência de água no estado líquido, outros parâmetros como pressão, salinidade, nível de exposição à radiação e pH são determinantes para a origem e o desenvolvimento da vida. Nesse contexto, o objetivo principal do trabalho é a análise dos dados da missão Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), para a seleção de exoplanetas que apresentem características favoráveis ao desenvolvimento de algum tipo de vida. Mais especificamente, determinamos a zona habitável das estrelas observadas pela missão TESS, as temperaturas planetárias, e as pressões atmosféricas dos exoplanetas. Baseados na literatura (Selsis et al. 2007, Seager et al. 2007, Zeng et al. 2016), determinamos um intervalo de raios e densidades planetárias para selecionarmos uma amostra de exoplanetas potencialmente rochosos. Calculamos as temperaturas e as pressões atmosféricas dos planetas desta amostra e, a partir desses dois parâmetros, selecionamos aqueles que poderiam suportar algum tipo de organismo existente na Terra.

## A CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA BINÁRIO (90) ANTIOPE

D.Nunes<sup>1</sup>, O.Winter<sup>1</sup>, G.Valvano<sup>1</sup>, R. Sfair<sup>1</sup>, G.Borderes<sup>2</sup>, R.Machado<sup>1</sup>,  
T.Moura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia - UNESP - Campus  
Guaratinguetá

<sup>2</sup> Bioengineering and Aerospace Engineering Department, Universidad Carlos  
III de Madrid, Leganes, 28911, Madrid, Spain

### Resumen - Resumo

(90) Antiope é um sistema binário de asteroides localizado no cinturão principal entre as órbitas de Marte e Júpiter, e cada componente (alfa e beta) mede aproximadamente 80 km de diâmetro. Através de simulações computacionais usando dados obtidos por radiotelescópios é possível compreender mais detalhadamente a dinâmica na superfície e na vizinhança do sistema binário. Com esses dados, as formas destes corpos podem ser reproduzidas pelo método de poliedros com faces tetraédricas, onde são conhecidos os vértices e as faces de cada poliedro. Assumindo o valor de  $1,67 \text{ g cm}^{-3}$  para a densidade dos corpos e considerando que são homogêneos, é possível criar uma configuração hipotética para o sistema alfa-beta. Definimos um dos corpos como um ponto de massa em seu centro geométrico, e calculamos o efeito do ponto de massa sobre a superfície do outro corpo, quantificando como  $\Delta s$ . O  $\Delta s$  é a mudança no ângulo (graus) de slope produzida pela perturbação gravitacional do objeto perturbador na superfície do objeto perturbado, assim quantificando os efeitos que cada corpo exerce sobre a superfície do outro. Outro método usado para abordar a dinâmica entre os corpos é pela representação em termos de mascons (massas esféricas discretas). A partir disso, um corpo com formato irregular é aproximado por um conjunto de mascons colocados de forma adequada para produzir a distribuição de massa do objeto. Dessa maneira, serão realizadas simulações com o modelo mascons para alfa e beta com anel de partículas sem massa, a fim de observar a interação das partículas com regiões de altos valores de  $\Delta s$ .

## CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS E DINÂMICAS DO SATÉLITE PAN

Andreza Martin<sup>1</sup>, Othon Winter<sup>1</sup>, Rafael Sfair<sup>1</sup>, Giulia Valvano<sup>1</sup>, Raí  
Machado<sup>1</sup>, Gabriel Borderes<sup>2</sup>, Tamiris Moura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia - UNESP - Campus  
Guaratinguetá, São Paulo, Brasil

<sup>2</sup> Bioengineering and Aerospace Engineering Department, Universidad Carlos  
III de Madrid, Leganes, 28911, Madrid, Spain

### Resumo

Saturno possui a maior quantidade de satélites dentre todos os planetas do sistema solar, neste trabalho focamos na sua lua Pan. Localizado no Anel A, Pan é responsável por manter o Encke Gap livre de partículas do anel. Este satélite é classificado como irregular com crista equatorial e possui um diâmetro de 28,2 km. A partir de imagens e dados deste satélite obtidos pela sonda Cassini, usamos o método de poliedros com faces triangulares para reproduzir o formato do corpo estudado. Utilizando uma densidade constante de  $0,4g/cm^3$  para todo o corpo, é possível encontrar características como o potencial gravitacional, potencial speed, slope e acelerações na superfície do corpo. Toda essa primeira análise é feita para que possamos, em uma segunda etapa, estudar a influência de Saturno no slope de Pan. Por fim, removemos a sua crista e verificamos se houve significativas mudanças em sua superfície.

## DYNAMICAL STUDY ON THE FORMATION OF THE JOVIAN IRREGULAR SATELLITES

Gustavo Benedetti-Rossi<sup>1,2</sup>, Ernesto Vieira Neto<sup>1</sup>, Rafael Ribeiro<sup>1</sup>, Othon C.  
Winter<sup>1</sup>, Helton S. Gaspar<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, UNESP - Guaratinguetá (SP),  
Brasil

<sup>2</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia e INCT do e-Universo, Rio  
de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, UFSC, Brasil

## Resumen - Resumo

The dynamical history of the solar system (SS) is described by the Nice Model and its variations, where interactions between the giant planets (GPs) and the primordial planetesimal disc sculpted the dynamical structure that we observe today. However, some dynamical classes of objects - such as the irregular satellites of the GPs - still need better explanation about their origin mainly due to new observational discoveries and evidences. This population is believed to be captured from different families and groups during the evolutionary history of the SS. Therefore studying this class of objects can provide important restrictions to the models used to simulate the formation of our planetary system.

Numerical simulations present good agreement between the number of predicted and observed irregular satellites for the outer giants (Uranus and Neptune). On the other hand, specially for the case of Jupiter, it is still lacking a better understanding of the capture mechanisms. Nesvorný et al. 2007 and 2014 studied those mechanisms and evolution of the jovian irregular satellites using N-bodies numerical simulations in the context of the Nice Model and the Jumping Jupiter. Here we present the results of recent simulations where we first followed similar procedures as used by Izidoro et al. 2015 and 2017 – and references within – on which we implemented the gas density profile, temperature gradient, and torques on the gas suffered by a planet with Type I migration, and act under the effects of the thermal and viscous diffusion of the gas. We also included damping effects on eccentricities and inclinations and accelerations, besides the equations for migration time scale.

We first performed comparative tests for code validation and thousands of simulations using different initial conditions such as: number of planetary embryos (super-Earth); total mass of planetary embryos; initial orbital parameters ( $a, e, i, f, \omega, \Omega$ ). Then we selected the best case scenarios where it was formed Uranus and Neptune and analysed the close encounters that happened between the GPs.

---

RESUMEN 25

## Dinâmica de Exocometas nos Sistemas Planetários Kepler-90, Kepler-35 e Kepler-38

Nilce da Silva dos Santos<sup>1</sup>, Silvia Maria Giuliatti Winter<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Matemática, FEG/Unesp

## Resumen - Resumo

Os cometas são objetos importantes para a vida da forma que a conhecemos, pois podem transportar água e substâncias de importância astrobiológica através de colisões com os planetas.

Neste trabalho, é analisada a dinâmica de exocometas nos sistemas planetários Kepler-90 (K90), Kepler-35 (K35) e Kepler-38 (K38). Os cometas são considerados subprodutos da formação planetária, desta forma assumimos a existência destes corpos nos sistemas planetários estudados.

Consideramos uma nuvem de cometas com altas excentricidades nos sistemas análoga à nossa nuvem de Oort, porém proporcionalmente distante ao Cinturão de Kuiper. Desta forma, eles estão próximos o suficiente do sistema para interagir gravitacionalmente com os planetas.

O sistema K90 é semelhante ao sistema Solar: possui oito planetas e a massa da estrela é de aproximadamente 1.2 massas solares. Entretanto, é um sistema compacto com as órbitas dos planetas localizadas dentro de um raio orbital de 1 unidade astronômica. As simulações numéricas são realizadas para um tempo de integração de um milhão de anos e consideramos as excentricidades dos planetas com ordem de grandeza de  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ , sendo que para esses valores o sistema é estável. Verificamos colisões com os planetas, entretanto menos de um por cento das partículas analisadas colidiram.

Os sistemas K35 e K38 são sistemas compostos por duas estrelas binárias e um planeta confirmado. No trabalho de Barbosa et al (2020) é mostrado o potencial de formação de um planeta do tipo Terra em K35 e um no sistema K38, ambos na zona habitável. Nestes dois casos, inicialmente, realizamos simulações para 500 mil anos de integração. Verificamos que menos de 1% das partículas colidem com as estrelas, mas não há colisões com os planetas. Novas integrações são realizadas para as partículas que sobreviveram no sistema durante o tempo de integração e se aproximaram dos planetas.

---

RESUMEN 26

## Hacia la caracterización de una atmósfera exoplanetaria con datos de GEMINI/GMOS

R. G. Miculán<sup>1,2</sup>, A. F. Torres<sup>1,2</sup>, R. F. Díaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata (CONICET-UNLP), Argentina.

<sup>3</sup> International Center for Advanced Studies (ICAS) and ICIFI (CONICET), ECyT-UNSAM, Argentina.

**Resumen - Resumo**

Los tránsitos primarios ofrecen una oportunidad única para estudiar atmósferas exoplanetarias. Cuando un planeta con atmósfera pasa delante del disco de su estrella, parte de la luz emitida por la estrella interactúa con las capas de la exo-atmósfera y, dependiendo de los compuestos presentes en ésta, es absorbida de distinta manera según el rango espectral. Esta absorción puede traducirse en una variación en el tamaño relativo del planeta respecto a su estrella en función de la longitud de onda, llamado espectro de transmisión. Hasta el día de la fecha sabemos de la existencia de alrededor de cuatro mil exoplanetas pero apenas conocemos la composición atmosférica del 1.5 % de ellos. Para expandir este conocimiento y entender la diversidad exoplanetaria estudiamos al exoplaneta WASP-122 b, un Júpiter caliente que presenta condiciones óptimas para su caracterización atmosférica mediante espectroscopía de transmisión utilizando datos obtenidos con GEMINI/GMOS. En esta contribución presentaremos los avances de este trabajo.

---

RESUMEN 27

## **Estudo das características físicas e orbitais de um possível sistema de anéis ao redor do PDS110b**

Tiago Pinheiro<sup>1</sup>, Rafael Sfair<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia – UNESP/Guaratingueta

<sup>2</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Germany

### **Resumen - Resumo**

Desde descoberta do primeiro planeta fora do Sistema Solar (51 Pegasi b), nenhum exoplaneta com sistema de anéis foi confirmado, entretanto com aprimoramento da tecnologia observacional, num futuro próximo deve ser descoberto os primeiros sistemas de exoanéis.

A estrela PDS110 apresentou dois eclipses semelhantes ocorridos nos anos de 2008 e 2011, cada um com uma duração de aproximadamente 25 dias e queda de 30 % na sua luminosidade. Entre as plausíveis explicações para esses eventos é a hipótese de que a estrela foi eclipsada pela passagem da borda de um disco ao redor de um corpo não observado, propondo dois diferentes cenários: A primeira hipótese sugere que o eclipse tenha ocorrido por um disco em torno de uma segunda estrela (uma anã marrom) ou por um planeta gigante, não observado (PDS110b), orbitado por um sistema de anéis.

Entretanto as grandes incertezas observacionais não conseguiram determinar diversas características desse sistema. O objetivo deste trabalho é analisar a

natureza de um possível planeta PDS110b a conter um sistema de anéis, investigando possíveis intervalos de tamanho, massa, excentricidade, inclinação do planeta, variáveis não determinados através dos dados observacionais.

Neste trabalho propomos através de simulações numéricas do problema de três corpos (Estrela, Planeta e partícula do anel) explorar a estabilidade do anel considerando uma ampla gama de diferentes configurações orbitais do planeta e das partículas. Isso permitiu restringir possíveis intervalos de valores dos parâmetros físicos e orbitais desse sistema, tais como a massa e excentricidade do planeta, o tamanho e a inclinação de seu anel.

As simulações foram realizadas utilizando do pacote Rebound. Cada simulação continha uma diferente configuração inicial para o sistema. Os resultados mostram que o sistema de anel pode ser prógrado ou retrógrado, sendo que no caso de um anel prógrado provavelmente teria uma inclinação menor que  $60^\circ$  e raio entre 0,1 e 0,2 au, orbitando um planeta com baixa excentricidade ( $< 0,05$ ) e massa superior a  $35M_{\text{Jup}}$ . No caso de um anel retrógrado, sua inclinação seria superior a  $120^\circ$ , com extensão radial entre 0,1 e 0,25 au, a massa do planeta seria superior a  $5M_{\text{Jup}}$  e sua com excentricidade menor que 0,25.

---

RESUMEN 28

## RESULTADOS DAS RECENTES OCULTAÇÕES ESTELARES POR (60558) ECHECLUS

C. L. Pereira<sup>1,2</sup>, F. Braga-Ribas<sup>1,2,3</sup>, M. Emilio<sup>1,3,5</sup>, B. Sicardy<sup>4</sup>, B. E. Morgado<sup>1,2</sup>, J.I.B. Camargo<sup>1,2</sup>, A.R. Gomes-Jr<sup>6,2</sup>, F. L. Rommel<sup>1,2</sup>, M. Assafin<sup>7,2</sup>, Echeclus Occultation Team

<sup>1</sup> Observatório Nacional/MCTI, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia - LIneA, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, Brasil

<sup>4</sup> LESIA, Observatoire de Paris, Meudon, França

<sup>5</sup> Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, Brasil

<sup>6</sup> UNESP - Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, SP, Brasil

<sup>7</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro - Observatório do Valongo, RJ, Brasil

### Resumo

Centauros são definidos pela sua órbita, tendo periélio ( $q$ ) e semi-eixo maior ( $a$ ) entre os semi-eixo maior de Júpiter ( $a_J = 5,2$  UA) e de Netuno ( $a_N = 30$  UA) além de não estar em ressonância 1:1 com os planetas [1]. Como são pequenos e se encontram a grandes distâncias, a determinação precisa de suas

propriedades físicas a partir de imagens diretas se torna impraticável. A ocultação estelar, por outro lado, é um método efetivo para determinar com precisão o tamanho e forma de um objeto distante, além de permitir a detecção de atmosfera tênues e material disperso ou confinado em anéis nos seus arredores. Esse método permitiu a detecção de anéis densos e estreitos no Centauro (10199) Chariklo [2] e no planeta anão Haumea [3]. Além desses, observações recentes de ocultações estelares indicam a presença de sistemas semelhantes ao redor do centauro 97P/Chiron (2060) [4]. Descoberto em Março de 2000, o Centauro Ativo 174P/Echeclus (60558) apresentou atividade cometária em diferentes ocasiões: Dezembro de 2005, Maio de 2011, Setembro de 2016 e Dezembro de 2019. Assim, observações de ocultações estelares por Echeclus podem revelar estruturas nos arredores desse corpo.

Usando efemérides NIMA e estrelas do catálogo GAIA DR2, ocultações estelares foram previstas e observadas em 2019 e 2020 na América do Sul e em 2021, com a passagem da sombra sobre o Japão. Ajustando as extremidades das cordas do evento de 2020 às elipses possíveis e limitando o diâmetro equivalente em 64 quilômetros como apresentado na literatura [5], encontramos no nível de  $1\sigma$ , um raio equatorial de 40 quilômetros e achatamento de 0,362. Esse resultado será comparado ao recente modelo 3D e possíveis posições do polo derivados de dados fotométricos de quase duas décadas [6]. Usamos todos os conjuntos de dados dos três eventos em busca de quedas abruptas do fluxo (evidência de material confinado) ou quedas rasas e extensas (evidência de coma). As melhores curvas de luz em relação a cobertura espacial e SNR das ocultações estelares observadas foram: La Silla/NTT em 2019, que cobriu cerca de 7000 km no plano do céu; SOAR em 2020, cobrindo 14000 km no plano do céu e Okazaki/Japão em 2021, que cobriu cerca de 9000 km no plano do céu. Com esses dados, determinamos limites inferiores para a detecção da opacidade aparente no nível  $3\sigma$  como 0,135, 0,189 e 0,258, respectivamente. Limites para a largura equivalente também foram determinados para esses três conjuntos de dados, sendo encontrados os valores de 166 metros para La Silla, 331 metros para o SOAR e 162 metros para Okazaki.

## Referências

- [1] D. Jewitt: 2009, *The Astronomical Journal*, 137, 4296.
- [2] Braga-Ribas, F., Sicardy, B., Ortiz, J. L., et al.: 2014, *Nature*, 508, 72.
- [3] Ortiz, J. L., Santos-Sanz, P., Sicardy, B., et al.: 2017, *Nature*, 550, 219.
- [4] Sickafoose, A. A., Bosh, A. S., Emery, J. P., et al. 2020, *MNRAS*, 491, 3643.
- [5] Duffard, R., Pinilla-Alonso, N., Santos-Sanz, P., et al.: 2014, *A&A*, 564, A92.
- [6] Rousselot, P., Kryszczyńska, A., Bartzack, P., et al.: 2021, *MNRAS*, 507, 3444-3460.

# APLICAÇÃO WEB PARA O ESTUDO DOS PEQUENOS CORPOS DO SISTEMA SOLAR ATRAVÉS DE OCULTAÇÕES ESTELARES

Martin Banda<sup>1,2</sup>, Glauber Vila Verde<sup>2</sup>, Matheus de Freitas<sup>2</sup>, L. N. da Costa<sup>2,1</sup>, J. I. B. Camargo<sup>1,2</sup>, Rodrigo Bouffeur<sup>1,2</sup>, LIneA IT team<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional/MCTI, Rio de Janeiro (RJ), Brasil

<sup>2</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA), Rio de Janeiro (RJ), Brasil

## Resumen - Resumo

Pequenos corpos contêm informações importantes para desvendar a história e evolução do Sistema Solar. Atualmente, há mais de 1 milhão de pequenos corpos registrados no *Minor Planet Center* (MPC) e o *Legacy Survey of Space and Time* (LSST) aumentará esse número num fator de 10. O tratamento de grande quantidade de dados demanda o uso de ambientes computacionais de alto desempenho para armazenar, gerenciar e processar os dados de forma rápida, organizada e eficiente. Baseado nessa necessidade, foi desenvolvida, em colaboração da equipe de TI do LIneA, uma aplicação web, sistema informático projetado para utilização através de um navegador. Nela foram implementados os processos de: identificação de objetos conhecidos do Sistema Solar em imagens astronômicas, determinação de posições observadas, refinamento de órbitas e predição de ocultações estelares.

Em março de 2020 foi finalizada a primeira versão da aplicação web, e desde então foi feita uma reestruturação onde foram implementadas várias melhorias (gerenciamento mais eficiente do processo de identificação de objetos, astrometria a partir de catálogos, etc.). O primeiro caso de uso da aplicação web foi o *Dark Energy Survey* (DES), que coletou 50 TB de dados durante seus seis anos de observações (2013 - 2019). Foram identificados pouco mais de 370.000 pequenos corpos do Sistema Solar em cerca de 4,3 milhões de imagens CCDs do DES.

Neste trabalho apresento a infraestrutura, as principais características e as estratégias adotadas na implementação da aplicação web, bem como os resultados obtidos da análise dos dados do DES e a metodologia para receber os dados que serão gerados pelo LSST.

## Dissipação de maré em Saturno e o impacto na expansão orbital de Mimas

Karyna Gimenez<sup>1</sup>, Adrián Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatório do Valongo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

### Resumen - Resumo

Saturno é o planeta que apresenta o maior número de satélites naturais do Sistema Solar. São dezenas de luas que orbitam o planeta em um ambiente dinâmico complexo. A interação de maré com Saturno desenha a dinâmica orbital de seus satélites fazendo com que eles migrem, alterando assim seus semi-eixos, excentricidade e estrutura interna do corpo. Além disso, a maré faz com que muitos desses satélites sejam capturados em ressonâncias orbitais. Mimas é o satélite mediano mais próximo de Saturno, e junto com Enceladus, Tethys, Dione e Rhea forma um conhecido sistema dinâmico regido por algumas ressonâncias. Mimas também se encontra em ressonância com outros três pequenos satélites: Aegaeon, Methone e Anthe. A descoberta dessa configuração ressonante trouxe alguns questionamentos e incertezas acerca da migração de Mimas. Aqui, investigamos a migração de Mimas utilizando a teoria clássica para abordar a maré em Saturno e a teoria *creep* para a maré em Mimas. Consideramos Saturno como um corpo formado por um núcleo sólido e um envelope fluido gasoso e investigamos como e onde ocorre a dissipação dominante devido às marés no planeta. Analisamos dois possíveis casos: quando só há dissipação no núcleo sólido, sendo essa dissipação governada pela viscosidade; e quando só há dissipação no envelope fluido, podendo ser governada pelo que chamamos de *resonance locking* ou por conta da turbulência viscosa no envelope devido à perturbação de Mimas. A partir disso analisamos a migração de Mimas através da solução numérica das equações médias num cenário em que  $Q$  não é constante. Comparamos esta expansão orbital com modelos clássicos em que o  $Q$  de Saturno é assumido constante. Comparamos ainda, explicitamente, as dissipações no envelope gasoso e no núcleo sólido do planeta e mostramos que a dissipação no núcleo é dominante perante ao envelope, o que corrobora com os resultados obtidos por trabalhos anteriores. Concluimos então que a expansão orbital de Mimas depende sensivelmente do modelo utilizado para a dissipação no envelope gasoso e principalmente da dissipação no núcleo de Saturno.

## Sesión de Posters IV

---

RESUMEN 31

### **Sobre la aplicabilidad de la Ley de Benford a datos de sistemas exoplanetarios y de asteroides del Sistema Solar**

M.D. Melita<sup>1,2</sup>, J. Miraglia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Insituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA, Argentina

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

#### **Resumen**

La Ley de Benford (Benford 1938) predice la probabilidad de ocurrencia de los diferentes dígitos en grandes bases de datos. En este proyecto investigamos la base de datos de masas, periodos orbitales, ejes semimayores, excentricidades y radios de los exoplanetas existentes, comparando las probabilidades del primer y segundo dígito con las predicciones de la ley de Benford. Se encuentra que las masas, periodos orbitales y ejes semimayores se ajustan bastante bien a la ley de Benford, pero los radios fallan. También se investiga la aparición de los primeros dígitos correspondientes a un orden de magnitud dado. Introducimos una función "top" que estima todas las probabilidades del primer dígito orden a orden. En el caso de los asteroides, los radios de NEOWISE tampoco ajustan a la predicción de la Ley de Benford, en ambos casos discutimos las causas de dichas discrepancias.

Benford, F. (1938). The Law of Anomalous Numbers. Proceedings of the American Philosophical Society, 78(4), 551–572.

---

RESUMEN 32

### **PONTOS DE EQUILIBRIO AO REDOR DE UM CORPO NÃO SIMÉTRICO AXIALMENTE**

Thamiris de Santana<sup>1</sup>, Bruno Sicardy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LESIA, Observatoire de Paris, Meudon, France

## Resumen - Resumo

É bem conhecido que o problema circular restrito de três corpos não é integrável. No entanto, existem algumas análises especiais que podem ser feitas para extrair algumas informações sobre este sistema e os pontos de equilíbrio estudados por Lagrange são provavelmente a ferramenta mais notável para tal fim. Por esse motivo, é comum se interessar pelas regiões estáveis como locais propícios para, por exemplo, encontrar objetos, ou ainda manter satélites artificiais. Neste estudo, propomos explorar a estabilidade em torno de um corpo não axialmente simétrico por meio de uma variação dos pontos de Lagrange (ou equilíbrio). Existem vários propósitos de motivação para estudar esses tipos de corpos e seus arredores: É plausível que alguns corpos tenham uma anomalia de massa; Haumea, por exemplo, é tão alongado que os pontos L4 e L5 não são estáveis. Além disso, seus anéis, assim como os anéis de Chariklo, estão longe do raio de rotação e perto do limite de Roche. O modelo de nosso estudo consiste em um corpo esférico de raio  $R$  e massa  $M$  com uma anomalia topográfica de massa  $\mu$  (em relação ao corpo esférico) e está localizado no equador. Todo o corpo gira com uma taxa uniforme  $\Omega$ . O potencial não axissimétrico que modela o corpo possui termos que levarão uma partícula ao seu redor a experimentar uma perturbação adicional ao movimento kepleriano.

Calculamos numericamente e analiticamente as novas posições dos pontos de equilíbrio para vários estados de rotação. Também estudamos como o sistema muda quando a pressão de radiação é considerada.

---

RESUMEN 33

## Transporte de agua hacia los planetas internos de un sistema binario abierto

M. F. Calandra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Ciencias planetarias FCEF, Universidad Nacional de San Juan, Argentina

## Resumen - Resumo

Los cometas se consideran un resultado natural de la formación de sistemas planetarios y son responsables de la transferencia de agua a la región más interna del Sistema Solar. Sin embargo, su existencia no se restringe a este sistema en particular, de hecho, es razonable suponer que en la mayoría de los sistemas planetarios debería haber actividad cometaria. Entre los más de 3000 sistemas exoplanetarios que se encuentran en la actualidad, aproximadamente 170 residen en sistemas binarios, lo que también plantea la cuestión de cómo la binariedad

afecta a eficiência do transporte de água. Em este trabalho, se estudiam sistemas binários amplos onde a primária está rodeada por uma nuvem de cometas. Em este cenário, para estimar a taxa de transporte de água para os planetas na zona mais interna do sistema se calcula a probabilidade intrínseca de colisão de estes com os cometas dispersados por las perturbaciones de la binaria. Dado que a probabilidade de receber uma colisão com um cometa é uno de los parámetros que intervienen en el cálculo del transporte de agua, es posible calcular la cantidad de agua transportada en diferentes configuraciones.

---

RESUMEN 34

## ÓRBITAS ESTÁVEIS NO SISTEMA DE SATÉLITES DE KEPLER 1625b

Ricardo A. Moraes<sup>1</sup>, Gabriel Borderes-Motta<sup>2</sup>, Othon C. Winter<sup>1</sup>, Julio Monteiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNESP, Univ. Estadual Paulista - Grupo de Dinâmica Orbital & Planetologia, Guaratinguetá

<sup>2</sup> Bioengineering and Aerospace Engineering Department, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, 28911, Madrid, Spain

### Resumo

Desde que foi proposto o candidato à exolua Kepler 1625b-I mudou a forma com que os sistemas de satélites eram vistos. Por causa de suas características físicas e orbitais não usuais, muitas questões sobre sua origem e estabilidade surgiram. Atualmente já existem estudos dinâmicos suficientes que mostram que se o candidato a satélite for de fato confirmado, ele seria estável. A origem desse candidato também já foi explorada, trabalhos anteriores mostram que a origem mais provável para esse corpo seria a captura gravitacional, apesar de condições para a sua formação *in-situ* também terem sido investigadas. Neste trabalho nós damos um passo além, assumimos que Kepler 1625b-I é de fato uma exolua e estudamos a possibilidade de mais exoluas massivas serem estáveis nesse sistema. Para modelar este cenário nós realizamos simulações numéricas de N-corpos de um sistema que inclui o planeta, Kepler 1625b-I e um satélite extra com as características da Terra. Levando em conta estudos anteriores, os satélites simulados são expostos as forças de maré geradas a partir da interação entre satélites e planeta e as forças gravitacionais que surgem a partir da rotação do planeta. Nossos resultados mostram que esse satélite extra pode ser estável em diferentes regiões do sistema, tal que nenhuma preferência por uma região específica foi encontrada. Ainda, mostramos que a forte atuação da maré planetária sobre os

satélites é um mecanismo importante para se assegurar a estabilidade dos satélites em órbitas quase circulares próximos do planeta, enquanto que ressonâncias de movimento médio entre os satélites garantiram a estabilidade de satélites em órbitas mais distantes do planeta.

---

RESUMEN 35

## Posible resonancia spin-orbita 1:2 en el sistema WASP-167/KELT-13 a partir del análisis de la serie de tiempos fotométrica de TESS

Mario Melita<sup>1,2</sup>, Andrea Buccino<sup>1</sup>, Luis Mammana<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Insituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA, Argentina

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

<sup>3</sup> Complejo Astronómico El Leoncito, CONICET-UNLP-UNC-UNSJ, Argentina

### Resumen

WASP-167b/KELT-13b es un planeta transitante de tipo Júpiter caliente de radio  $1.58 R_J$  y periodo orbital  $2.02d$ , confirmado por mediciones de velocidad radial, orbitando una estrella de tipo F1V (Temple et al. 2017). Este es un sistema muy peculiar dado que el periodo de rotación intrínseco de la estrella es menor que el del planeta. Nosotros analizamos la serie fotométrica realizada por la misión espacial TESS y encontramos que el periodo de la estrella sería de un valor muy cercano a  $1.01d$ . El periodograma de Lomb-Scargle muestra un pico doble alrededor de ese valor. Para entender la naturaleza de ese doble pico, hemos calculado el periodograma en una ventana que corre sobre la serie de tiempos (running-window”) y encontramos que el periodo de rotación, a su vez, también varía periódicamente. En conclusión, hemos encontrado que el sistema se encuentra en una resonancia spin-orbita 1:2, probablemente causada por la interacción de mareas entre la estrella y el planeta. Pero el comportamiento del periodo intrínseco de rotación de la estrella es complejo, similar al que se evidencia en estudios de la interacción de mareas que consideran la disipación en ambos componentes del sistema (Luna et al. 2020).

Dynamical evolution of close-in binary systems by a super-Earth and its host star. 2020. Luna, S., Navone, H. y Melita M.D. A & A. 641, 109.

WASP-167b/KELT-13b: Joint discovery of a hot Jupiter transiting a rapidly-rotating F1V star. 2017. L.Y. Temple et al. MNRAS, 471, 3, 2743-2752.

## Evolução orbital de anéis densos através de simulações numéricas de N-corpos e SPH

Rafael Sfair<sup>1,2</sup>, Juliana P. Cavalcante<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil

<sup>2</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, Germany

### Resumen - Resumo

Através de uma ocultação estelar em 2013 foi revelada a presença de dois anéis ao redor do centauro Chariklo e posteriormente também foram detectados anéis ao redor do planeta anão Haumea. Estas descobertas mostraram que a existência de anéis densos é bastante comum e não está restrita aos planetas gigantes.

Neste trabalho analisamos a evolução orbital das partículas de um anel comparando duas técnicas: simulações de numéricas do problema de N-corpos e também com SPH (*Smoothed-particle hydrodynamics*). Para as simulações de N-corpos foi utilizado o pacote REBOUND com um integrador simplético epicíclico e as colisões entre as partículas foram assumidas como parcialmente elásticas através da introdução de um coeficiente de restituição; já as simulações com SPH foram realizadas com o pacote MILUPHCUDA, de código aberto e executado em placas de processamento gráfico (GPUs). Neste caso as colisões são tratadas assumindo as propriedades físicas do gelo e foram necessárias algumas adaptações para que a evolução do anel seja analisada em um referencial girante e com as condições de contorno apropriadas, de forma semelhante ao que foi executado com o REBOUND.

Apresentaremos em detalhes as implementações e também os resultados do sistema após a evolução por dez períodos orbitais. Simulações preliminares mostraram que em ambas as técnicas é possível manter a distribuição de tamanho das partículas seguindo uma lei de potência como é esperado para anéis densos. No caso das simulações com SPH, como é possível incluir os efeitos de fragmentação, pudemos detectar a formação e evolução de aglomerados (*clumps*) transientes.

## Aplicação de redes neurais convolucionais para classificação de dados astronômicos

Giovana Ramon Luiz Neto<sup>1</sup> and Rafael Sfair<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Guaratinguetá (SP), Brasil.

### Resumen - Resumo

Atualmente na Astronomia é crescente a quantidade de imagens coletadas, tanto no registro de telescópios quanto de gráficos resultantes de simulações numéricas realizadas com as informações obtidas. O objetivo principal desse projeto foi implementar e analisar métodos de Machine Learning (ML) para classificação de imagens geradas em problemas de dinâmica orbital, tipicamente gráficos que mostram a evolução temporal de elementos orbitais. O ML é uma área que busca a automatização de processos a partir de métodos computacionais, utilizando a experiência para melhorar o desempenho ou para fazer previsões precisas (Mohri et al., 2012). Dentre os métodos de ML foi escolhido a CNN (Convolutional Neural Network), que tem como objetivo a análise e classificação de imagens. Na prática um modelo de CNN é caracterizado por três etapas: treino, teste e validação. No treinamento utiliza-se um conjunto de imagens que são previamente classificadas pelo usuário e através delas o modelo aprende como associar cada padrão de pixel a determinado rótulo. Já as imagens de teste são aquelas sobre as quais serão realizadas previsões que irão retornar a porcentagem de acerto do programa. Para verificar a exequibilidade da proposta foi realizada uma análise preliminar utilizando dados orbitais da evolução dinâmica de NEAs (Near Earth Asteroids), cujo modelo de ML foi construído utilizando a biblioteca Keras de redes neurais em Python (Chollet & others, 2018). Nesse caso, o intuito foi classificar gráficos que representavam a excentricidade versus o semi-eixo maior da órbita dos objetos. Partimos de um conjunto com 429 gráficos e realizamos testes agrupando as imagens em duas ou três categorias. Para os casos com duas categorias foi possível obter uma acurácia superior a 0.9 usando 30% das imagens como etapa de treino, podendo chegar a 0.98 caso o conjunto de treino corresponda a 50% da amostra; no caso com três classes a acurácia foi inferior ( $\approx 0.86$ ). Este último resultado está relacionado a similaridade entre duas das classes, dificultando a separação entre elas. O desempenho variou de acordo com a quantidade de épocas (número de vezes em que as camadas são aplicadas), quanto maior a época maior o desempenho, havendo um limite de parada para o aprendizado. A proporção do conjunto de treino também influenciou. Diante disso para melhorar a performance do modelo, deve-se aumentar o conjunto de dados, ou quando não é possível, pode-se aprimorar as camadas de redes neurais para aperfeiçoar a identificação de padrões.

## Referências

- Chollet, F. et al. (2018). Keras: The Python Deep Learning library.  
Mohri, M. et al. Foundations of machine learning. 2° ed. Cambridge, MA : The MIT Press, 2018.

---

RESUMEN 38

## Dynamics of Uranian dusty rings

Patricia Buzzatto<sup>1,2</sup> and Rafael Sfair<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> São Paulo State University (UNESP); Guaratinguetá, Brazil.

<sup>2</sup> Eberhard Karls University of Tübingen; Germany

### Resumen - Resumo

In 1977 during the occultation, four narrow rings around Uranus were discovered (Elliot et al., 1977), and further observations from Voyager II found six more rings and faint dust bands (Smith et al., 1986). Long exposure times images of the Uranian system using the Hubble Space Telescope (HST) discovered two rings,  $\mu$ , and  $\nu$ , which represents a secondary ring-moon system orbiting outside the main system Showalter (2006). Mostly all of Uranus's rings are opaque and only a few kilometers wide, contains little dust overall and it consists mostly of large bodies with 20 cm to 20 m diameter. Some rings are optically thin, for instance the broad and faint 1986U2R/ $\zeta$ ,  $\mu$  and  $\nu$  rings are made of small dust particles, while the narrow and faint  $\lambda$  ring also contains larger bodies. The rings of Uranus are thought to be relatively young, not more than 600 million years old (Nicholson et al., 2018). The mechanism that confines the dusty and narrow rings is not well understood. Initially, it was assumed that every ring had a pair of nearby shepherd moons corralling it into shape. However, the rings can be strongly disturbed by dissipative forces, such as the solar radiation pressure, the non-spherical shape of the planet, for charged particles Lorentz force. Furthermore, there are also forces, such as Poynting-Robertson and Plasma drag, that strongly affects the orbital energy of the micrometers particles and are able to move the particles away from the region of confinement. In this work, it was performed numeric simulations using REBOUND (Rein and Liu, 2012) to analyze the dynamics of a sample of dust particles under the effects of disturbing forces, drag forces, and the gravitational effects of nearby satellites. It was also investigated the impacts of interplanetary dust particles (IDPs) onto nearby satellites' surface if can produce sufficient particles to replenish the dusty ring population. Then finally, based on observations and the rings profile, the possibility of micrometers bodies embedded in the dusty rings to keep the replacement of visible micrometer particles in the rings.

## Evolución de discos protoplanetarios en sistemas estelares binarios

Agustín E. Correa<sup>1</sup>, María Paula Ronco<sup>2,3</sup>, Marcelo M. Miller Bertolami<sup>1,4</sup>,  
and Octavio M. Guilera<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile

<sup>3</sup> Núcleo Milenio de Formación Planetaria(NPF), Chile

<sup>4</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT-La Plata-CONICET-UNLP, Argentina

### Resumen - Resumo

Cerca del 50% de las estrellas de tipo Solar forman parte de sistemas estelares binarios y, hasta la fecha, más de 130 exoplanetas se han descubierto alrededor de una de las dos estrellas en estos sistemas. Estos planetas se conocen comúnmente como planetas tipo S. Para poder entender los procesos físicos que dan lugar a la formación de estos objetos es necesario estudiar cómo evolucionan en el tiempo los discos circumprimarios/circumsecundarios en los cuales los planetas se forman. Conocer las escalas de tiempo de disipación de estos discos es fundamental para determinar con cuanto tiempo se dispone para el proceso de formación. Trabajos previos han estudiado la evolución de discos de gas en sistemas estelares binarios mediante modelos numéricos que incluyen acreción viscosa y fotoevaporación, sin embargo modelan de manera simplificada el efecto de la compañera estelar externa sobre el disco de gas. En este trabajo presentaremos resultados preliminares sobre el estudio de escenarios análogos a los abordados previamente. Para ello utilizaremos nuestro código PlanetaLP-B que nos permite computar la evolución viscosa de discos en sistemas estelares binarios afectados por fotoevaporación de rayos X por parte de la estrella central. Modelaremos de manera detallada el efecto de la estrella externa sobre el disco de gas y utilizaremos tasas de fotoevaporación de rayos X actualizadas. Compararemos nuestros resultados con los obtenidos por trabajos previos e intentaremos determinar si las mejoras implementadas producen o no cambios significativos en las escalas de disipación de los discos.

## Análisis de las resonancias exteriores de movimientos medios con Marte

Jorge Correa-Otto<sup>1</sup>, Leiva, A. M.<sup>2</sup>, Cañada-Assandri, M.<sup>1</sup>, and García, R. S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Ciencias Planetarias, Dpto. de Geofísica y Astronomía, FCEF, UNSJ-CONICET

<sup>2</sup> Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC

### Resumen - Resumo

En la región más interna del cinturón principal de asteroides hay un grupo de objetos que ocupa una región dinámicamente compleja. Este es el grupo de asteroides Hungaria (llamado así por (434) Hungaria) cuyos miembros orbitan dentro de un estrecho rango de semieje mayor a 2 (1.78 ua - 2.06 ua) y están separados del cinturón principal de asteroides por la resonancia de movimiento medios (RMM) 4:1 con Júpiter. Además, esta región está delimitada dinámicamente en inclinación por las resonancias seculares  $\nu_6$  y  $\nu_{16}$  con Saturno (Milani et al. 2010), por lo que los asteroides tienen altas inclinaciones, en el rango  $16^\circ \leq I \leq 30^\circ$ , mientras que sus excentricidades oscilan entre valores bajos y moderados ( $e \leq 0.18$ ). El límite superior en su excentricidad está cerca del valor que es necesario para que los asteroides crucen la órbita de Marte (Gradie et al. 1979; Milani et al. 2010). Por la proximidad a Marte la región está poblada por numerosas RMM con Marte. El problema es que los principales modelos no pueden aplicarse debido a que Marte tiene una excentricidad alta (0.09) y a que los asteroides de la región tienen órbitas con altas inclinaciones. Por esta razón en esta contribución presentamos la implementación de un modelo promediado y un método que permiten determinar la máxima extensión de la región resonante.

# Sesión de Posters V

---

RESUMEN 41

## La Ciencia Ciudadana en el proyecto Red de detección de bólidos del Cono Sur (BOCOSUR)

Valeria Abraham<sup>1</sup>, Lucas Barrios<sup>1</sup>, Matías Hernández<sup>1</sup>, Lucía Velasco<sup>1</sup>,  
Manuel Caldas<sup>1</sup>, Álvaro Guaimare<sup>1</sup> y Gonzalo Tancredi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República

### Resumen - Resumo

Estamos instalando una red nacional para la detección de bólidos (meteoros de magnitud igual o más brillante que Venus). La red consiste en un conjunto de estaciones que diseñamos para este proyecto. Esta red ha crecido sustancialmente en el último año, contando actualmente con seis estaciones operativas, y uno de los retos a los que nos enfrentamos es analizar el gran volumen de datos generados. Por esta razón, ha sido clave fomentar la Ciencia Ciudadana basándonos en dos pilares: la divulgación general del proyecto BOCOSUR y la formación de estudiantes y docentes de Secundaria en la temática de Bólidos, siendo creadores activos de conocimiento científico. Con el propósito de divulgar el Proyecto BOCOSUR creamos una página web con información general además de un formulario de reporte de bólidos. Junto con la instalación de las estaciones en liceos de todo el país, realizamos charlas introductorias presentando el trabajo referido a los bólidos. Hasta la fecha, hemos dado más de 10 charlas, alcanzando una población de asistentes superior a 250 estudiantes. Por otra parte, fueron dictados dos talleres de capacitación de forma virtual dirigidos a docentes y un grupo reducido de sus alumnos interesados en contribuir en el análisis de los videos generados por la red. Cada taller consistió en tres reuniones. En las primeras dos reuniones nos centramos en presentar el proyecto e introducir los conceptos teóricos más relevantes relacionados al origen, la caracterización y detección de meteoros. Asimismo, desarrollamos en mayor detalle el funcionamiento de las estaciones, y particularmente cómo realizar la clasificación de videos. Luego, la tercera reunión tiene como objetivo poner en práctica lo aprendido acerca de clasificación en las reuniones anteriores mediante dos actividades guiadas que son realizadas en grupos de trabajo, que han continuado aportando al proyecto incluso después de finalizado el taller. Es de gran importancia contar con una gran base de datos de videos clasificados, no solo de bólidos, para automatizar un software de clasificación que está siendo desarrollado como Proyecto de Fin de Carrera de Ingeniería eléctrica por el grupo AutoBol.

## Analizando possíveis cenários para a formação dos arcos de Netuno

Silvia M. Giuliatti Winter<sup>1</sup> and Gustavo Madeira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GDOP/UNESP, Brasil

<sup>2</sup> Institut de Physique du Globe de Paris, França

### Resumen - Resumo

Os arcos de Netuno - Fraternidade, Igualdade, Liberdade e Coragem - são 4 anéis incompletos imersos no anel Adams. O mais recente modelo de confinamento propõe que essas estruturas estão azimutalmente confinadas por 4 satélites co-orbitais. Neste trabalho pretendemos analisar alguns pontos relacionados à dinâmica desses satélites co-orbitais e propor um modelo para sua formação. Nós estudamos as configurações de equilíbrio para 1 + N satélites co-orbitais sob o efeito da ressonância 42:43 com o satélite Galatéia. Obtivemos 6 configurações com 1+3 e 1+4 satélites capazes de confinar e reproduzir a localização dos arcos. A formação do satélite co-orbital é estudada através da ruptura de um corpo localizado em um ponto lagrangiano. Nesse cenário, devido a ruptura esses fragmentos se espalham em órbitas de ferradura e colidem para formam pequenos satélites, os quais alcançam uma configuração de equilíbrio devido a um efeito não conservativo. Concluímos que uma família de satélites co-orbitais confinam azimutalmente os arcos para diferentes conjuntos de satélites. Se esses satélites co-orbitais existem, a ruptura de um corpo em um ponto lagrangiano é um possível modelo de formação. Os arcos provavelmente formaram depois da formação desses satélites co-orbitais, devido a impactos de meteoritos. Porém, os 4 arcos podem ter sido formados em épocas diferentes, sendo que os arcos compostos somente por poeira o estágio final do tempo de vida do arco.

## Ocultação estelar por Umbriel - satélite de Urano

S. Santos-Filho<sup>1,2,3</sup>, M. Assafin<sup>1,2</sup>, B. E. Morgado<sup>4,2</sup>, A. R. Gomes-Jr<sup>5,2</sup>, G. Margoti<sup>6</sup>, G. Benedetti-Rossi<sup>5,2</sup>, F. Braga-Ribas<sup>6,2</sup>, and R. Vieira-Martins<sup>4,2</sup>

<sup>1</sup> Observatório do Valongo - UFRJ, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Centro de Educação a Distância do Rio de Janeiro - CEDERJ, RJ, Brasil

<sup>4</sup> Observatório Nacional - MCTI, RJ, Brasil

<sup>5</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia – UNESP, SP, Brasil

<sup>6</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, Brasil

### Resumen - Resumo

Após predição e divulgação entre observadores voluntários, uma ocultação estelar pelo satélite de Urano, Umbriel, foi observada em 24 localidades na América do Norte em 21 de Setembro de 2020, sendo 19 observações positivas e 5 negativas.

A observação positiva de uma ocultação estelar fornece um importante resultado astrométrico, pois estende a qualidade da posição da estrela, fornecida pelo catálogo Gaia, para a posição do satélite no momento da ocultação. Além disso, essa ocultação é uma oportunidade rara para estudar Umbriel com uma acurácia que rivaliza com os resultados de missões espaciais.

Quando a Voyager 2 passou pelo sistema de Urano em 1986 o hemisfério sul do planeta e dos satélites estavam voltados para a Terra. Atualmente o equador e uma grande parte do hemisfério norte estão visíveis para observações de solo, fazendo crescer o interesse pelo estudo desses corpos.

As imagens obtidas pela Voyager 2 com sua resolução máxima de 5 km/pixel cobrem apenas 20 % da superfície de Umbriel, sendo seu limbo determinado com erro da ordem de 3 km. Com esta ocultação determinaremos as dimensões do satélite para comparar com as obtidas pelos investigadores da Voyager 2.

Os dados coletados estão sendo tratados com nossas ferramentas e técnicas, certificadas em diversas publicações. Esses dados são bastante heterogêneos, muitos em formato de vídeo com os instantes de observação gravados nas próprias imagens, o que exige grande esforço de conversão, soma de imagens, formatação do header, e coronagrafia digital para minimizar os efeitos da luz espalhada de Urano sobre o alvo. Os resultados obtidos até agora apresentam erros médios nos instantes de imersão e emersão menores que 0.2s, permitindo ajustes preliminares para a silhueta de Umbriel com precisão igual ou melhor que a obtida pela Voyager2. Neste trabalho apresentaremos os procedimentos e resultados da análise desta ocultação.

## TERMOMETRÍA DE SILICATOS EN MESOSIDERITOS

Marcela Saavedra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional de San Juan

### Resumen - Resúmo

Sobre la base de similitudes y diferencias en la textura entre distintos individuos, los mesosideritos se dividen en cuatro subtipos metamórficos (1-4), en función de la variación de los procesos térmicos [1-2]. Los estudios de mesosideritos han identificado un metamorfismo sobreimpuesto que produjo cambios tanto en la porción metálica como en la silicatada. Las texturas de desequilibrio en los intercrecimientos alrededor de los clastos de ortopiroxeno y en las coronas de reacción en los olivinos, evidencian que el metamorfismo de alto grado con temperaturas que oscilan entre 800 y 1200 °C [3]. Este evento térmico ocurrió en un periodo de corta duración (días a meses) lo cual no fue suficiente para desarrollar una roca homogénea [3]. Con el objetivo de determinar las condiciones de temperatura de formación de los silicatos de seis muestras de mesosideritos (A87106, A882023, ALHA77219, Estherville, Crab Orchard, Vaca Muerta) se utilizó el método de “dos piroxenos” [4-5-6] y el termómetro olivino-cromita [7]. En general, las formulas termométricas [4-5] otorgan datos similares para un mismo par de piroxenos (ortopiroxeno-clinopiroxeno), cuyos valores en la mayoría de las muestras exceden los > 1200 °C, quedando fuera del área de metamorfismo [3]. No obstante, las temperaturas obtenidas por el geotermómetro de QUILF95 [6] tienen valores similares, alrededor de 994 a 977 °C. Estos valores caen dentro del rango establecido por [3] y muestran una tendencia hacia un estado de equilibrio que podría coincidir con los principales episodios de reequilibrio dinámico en estas rocas. Por el contrario, el geotermómetro olivino-cromita [7], al ser sensible a las últimas etapas de enfriamiento, a menudo registra temperaturas más bajas (entre 781 y 962 °C) cuando se alcanza el estado térmico estable [8]. El intercambio de equilibrio de Mg-Fe entre el olivino y cromita sería más rápido y continuaría efectivamente durante el enfriamiento a temperaturas relativamente bajas, mientras que las reacciones de intercambio de Ca en piroxenos coexistentes, se bloquean a temperaturas más altas [9].

Referencias:

[1] Powell (1971) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 35, 5-34; [2] Floran (1978) *Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference*, 9th, 1053-1081; [3] Delaney et al (1981) *Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference*, 12th, 1315-1342; [4] Brey y Köhler (1990) *Journal of Petrology*, 31,

1353-1378; [5] Putirca (2008) *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 69 (1), 61–120; [6] Andersen et al. (1993) *Computers and Geosciences*, 19, 1333-1350; [7] Nehru et al. (1980) *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 44, 1103-1118; [8] Wood y Fraser (1976) Oxford University Press, 303p. ISBN 0 19 859927 7; [9] Lehmann (1983) *Earth and Planetary Science Letters*, 64, 123-138.

---

RESUMEN 45

## SORA: Stellar Occultation Reduction and Analysis

Bruno Eduardo Morgado<sup>1,2,3</sup>, Altair R. Gomes Júnior<sup>4,2</sup>, Gustavo Benedetti Rossi<sup>4,1,2</sup>, Rodrigo C. Bouffleur<sup>2</sup>, Flavia L. Rommel<sup>3,2</sup>, Martin V. Banda Huarca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LESIA, Observatoire de Paris, Meudon, France

<sup>2</sup> LIneA and INCT do e-Universo, Brazil

<sup>3</sup> Observatório Nacional/MCTIC,, Brazil

<sup>4</sup> UNESP, Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, Brazil

### Resumen - Resumo

Uma ocultação estelar ocorre quando um objeto do Sistema Solar passa na frente de uma estrela com respeito a um observador. Ao observar este evento, o observador medirá uma queda no fluxo de luz total por um intervalo de tempo. Quando a observação de uma ocultação é feita por diversos observadores é possível combinar estes dados e assim obter características físicas do objeto ocultador, como tamanho, forma, albedo, detecção de satélites, atmosfera, anéis, entre outras. A precisão desta técnica é comparável a observações *in situ* feitas por sondas espaciais.

Com a publicação dos catálogo Gaia e as constantes atualizações das órbitas dos objetos do Sistema Solar, o número de ocultações observadas aumentaram significativamente nos últimos anos. Além disso, com o início das atividades do Observatório Vera C. Rubin e o *Legacy Survey of Space and Time* (LSST), espera-se que o número de objetos do Sistema Solar conhecidos aumente em mais de 10x o número atual.

A combinação destes fatores aumentará ainda mais o número de ocultações que serão observadas no futuro próximo. Com isso, é crucial que as ferramentas de redução destes eventos sejam atualizadas e automatizadas, sendo capazes de auxiliar os cientistas na obtenção dos resultados de maneira ágil, precisa e eficiente.

Baseado nessa necessidade, apresentaremos o pacote SORA (*Stellar Occultation Reduction and Analysis*), uma biblioteca python baseada em classes criado

a partir da experiência de pesquisadores da colaboração ERC *Lucky Star* (Rio-Paris-Granada). Nele incluímos ferramentas para a obtenção de informações da estrela, do objeto do Sistema Solar, do observador e da curva de luz, os quais podem ser integrados a uma metodologia de redução dinâmica criada para o pacote.

---

RESUMEN 46

## OS PERÍODOS E FORMAS 3D DOS SATÉLITES IRREGULARES DE JÚPITER

Altair R. Gomes-Júnior<sup>1,2</sup>, Rafael Sfair<sup>1,3</sup>, Bruno Morgado<sup>4,2</sup>, Luana Liberato<sup>1</sup>, Tiago Francisco<sup>1</sup>, Victor Lattari<sup>1</sup>, Rodrigo Bouffleur<sup>4</sup>, Grupo do Rio<sup>1,2,3,4,5,6</sup>, Observadores<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia – UNESP/Guaratinguetá

<sup>2</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIInA)

<sup>3</sup> Institut für Astronomie und Astrophysik, Eberhard Karls Universität Tübingen, Germany

<sup>4</sup> Observatório Nacional/MCTIC, Brazil

<sup>5</sup> Observatório do Valongo - UFRJ, Brazil

<sup>6</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Brazil

<sup>7</sup> International Occultation Timing Association - IOTA

### Resumen - Resumo

Os satélites irregulares são objetos que orbitam os planetas gigantes a grandes distâncias, cujas órbitas podem ser altamente inclinadas, excêntricas e retrógradas. Acredita-se que estes satélites foram capturados por seus respectivos planetas durante a evolução do Sistema Solar. Portanto, estudá-los pode nos dar pistas da região em que eles se originaram e como foram capturados.

Com o objetivo de obter seus parâmetros físicos, iniciamos campanhas observacionais no Observatório do Pico dos Dias para obter curvas de rotação de seis satélites de Júpiter: Himalia, Elara, Pasiphae, Sinope, Lysithea e Carme sendo que apenas Himalia possui um período de rotação bem determinado. As curvas, obtidas entre 2019 e 2021, serão utilizadas para obter os períodos de rotação destes satélites e suas formas 3D através de técnicas de inversão de curvas de luz.

Por outro lado, realizamos campanhas mundiais para observação de ocultações estelares por estes satélites. Tal técnica permite obter com grande acurácia o tamanho e forma aparentes do objeto. Entre 2018 e 2021 foram observadas sete ocultações por Himalia e duas por Lysithea. Estes são os primeiros satélites

irregulares de Júpiter observados por esta técnica. Além destes, Phoebe foi o único outro satélite irregular observado por ocultação estelar (Gomes-Júnior et al, 2019).

Reportamos as primeiras estimativas de período de rotação e formas 3D de seis satélites irregulares de Júpiter. A combinação destas duas técnicas permitirá uma melhor caracterização dos parâmetros físicos dos satélites irregulares.

---

RESUMEN 47

## CATALOGO DE CURVAS DE POLARIZACION DE ASTEROIDES

R. Gil-Hutton<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Ciencias Planetarias, Dpto. de Geofísica y Astronomía, FCFN - UNSJ y CONICET, Argentina

### Resumen - Resumo

La polarimetría es una de las técnicas observacionales que nos permite obtener información sobre las propiedades físicas de las superficies de los asteroides pero presenta la importante limitación de la dificultad y lentitud con que las observaciones polarimétricas se obtienen. Como consecuencia, la base de datos polarimétricos de asteroides fue muy pequeña hasta la década de 1990 y muy pocos objetos tenían en ese entonces sus parámetros polarimétricos bien determinados. La mejora en el instrumental a partir de la década del 2000 permitió desarrollar varias campañas de observación con el objeto de incrementar la base de datos de observaciones y lograr la determinación de los parámetros polarimétricos para un mayor número de objetos. En este trabajo se presenta la última versión del Catálogo de Curvas de Polarización de asteroides, el cual concentra unas 3400 observaciones para más de 500 objetos y lista los parámetros polarimétricos para más de 120 asteroides.

## Ressonâncias seculares para órbitas retrógrada

Ana Vitoria de Almeida<sup>1</sup>, Alan Cefali Signor<sup>1</sup>, Luís Renato Damin<sup>1</sup>, Maria Helena Moreira Morais<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP

<sup>2</sup> Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP

### Resumen - Resumo

As ressonâncias seculares no Sistema Solar são um mecanismo importante para explicar instabilidade ou transporte entre diferentes regiões. Por exemplo, asteroides na localização da ressonância  $\nu_6$  tornam-se NEAs por aumento da excentricidade devido a essa ressonância [1]. Os estudos sobre ressonâncias seculares foram efetuados exclusivamente para órbitas prógradas. Neste trabalho iremos mostrar evidências sobre ressonâncias seculares para órbitas retrógradas e explicar quando ocorrem e quando são importantes.

Os asteroides experimentam ressonâncias seculares quando as frequências são ressonantes com uma das frequências de oscilação fundamentais das órbitas dos planetas que compõem o sistema (semelhante aos osciladores harmônicos acoplados).

Uma nova abordagem analítica para a expansão da função perturbadora para o caso retrógrado permitiu-nos obter as localizações das ressonâncias seculares.

As simulações numéricas usando condições iniciais em torno dos valores calculados do semieixo maior confirmaram a libração dos ângulos seculares, que são previstos pelos resultados teóricos.

### Referências:

[1] P. Michel., C. Froeschlé, P. Farinella (1996), Dynamical Evolution of NEAs: Close Encounters, Secular Perturbations and Resonances, Earth, Moon and Planets, Volume 72, Issue 1 – 3, pp. 151 – 164

## Methods of detection of chaotic diffusion in dynamical systems

Gabriel Teixeira Guimarães<sup>1</sup>, Tatiana Alexandrovna Michtchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo

## Resumen - Resumo

In this work, we apply the tools of the Wavelet Analysis Method (WAM) (Michtchenko & Nesvorný, 1996; Vela-Arevalo & Marsden, 2004) and the method of Poincaré Surfaces of Section (PSS), to study chaotic diffusion in the Planar Circular Restricted Three-Body Problem (PCR3BP). The WAM allows us to determine time variation of the fundamental frequencies of the problem. Associated with the PSS, the WAM is able to discern between regular, weakly and strongly chaotic motion, also as identify resonance transitions and their relation with the chaotic diffusion in the different regions of the phase space.

The diffusion process in the PCR3BP is also studied applying techniques based on the Maximum Lyapunov Exponent Analysis, such as the Fast Lyapunov Indicator (FLI) (Froeschlé et al., 1997). The results obtained by measuring the diffusion timescales of the fundamental frequencies are then compared to those obtained using the FLI, in order to determine the relationship between the Lyapunov times (the characteristic timescales from which one can't recover information about the initial conditions of an orbit) and the diffusion times of the problem.

Applying those methods to the PCR3BP, we investigate quantitatively the diffusion inside chaotic regions in the phase space. We show that, by means of the WAM, the complex dynamics of chaotic orbits can be studied, bringing light on the time-evolution of those systems, as well on the possible mechanisms leading to chaotic behavior of the system.

### Referências:

- Michtchenko T. A., Nesvorný D., Wavelet analysis of the asteroidal resonant motion, *Astronomy & Astrophysics*, 1996, 313, p. 674
- Vela-Arevalo, L.V., Marsden, J.E., Time-frequency analysis of the restricted three-body problem: transport and resonance transitions. *Classical and Quantum Gravity*, 2004, 21.
- Froeschlé C., Gonczi, R., Lega, E., Theory and Applications of the Fast Lyapunov Indicator (FLI) Method. *Lecture Notes in Physics*, 2016, 915. Springer, Berlin