

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

14 al 18 de Febrero de 2022

Resúmenes de Presentaciones Orales

---

RESUMEN ORAL 1

**Novos avanços e resultados em ocultações  
estelares por objetos do Sistema Solar Exterior:  
TNOs, Centauros e Troianos e Satélites**

Felipe Braga-Ribas<sup>1,2,3</sup>, J. I. B. de Camargo<sup>2,3</sup>, R. Vieira-Martins<sup>2,3</sup>, M.  
Assafin<sup>4,3</sup>, R. Sfair<sup>5</sup>, G. Benedetti-Rossi<sup>5,3</sup>, M. Banda<sup>2,3</sup>, A. R.  
Gomes-Junior<sup>5,3</sup>, B. Morgado<sup>2,3</sup>, R. Bouffeur<sup>2,3</sup>, F. Rommel<sup>2,3</sup>, C. L.  
Pereira<sup>2,3</sup>, Y. Kiliç<sup>6</sup>, B. Sicardy<sup>7</sup>, J. Desmars<sup>8</sup>, D. Souami<sup>7</sup>, J. L. Ortiz<sup>9</sup>, P.  
Santos-Sanz<sup>9</sup>, R. Duffard<sup>9</sup>, E. Fernandez-Valenzuela<sup>9</sup>, Lucky Star  
Team<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup>

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR-Curitiba, Brasil

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

<sup>3</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia, RJ, Brasil

<sup>4</sup> Observatório do Valongo, UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil

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

<sup>6</sup> Akdeniz University Faculty of Science, Antalya, Turkey  
Observatório de Paris, Meudon, França

<sup>7</sup> Observatório de Paris, Meudon, França

<sup>8</sup> Institut Polytechnique des Sciences Avancées, Ivry-sur-Seine, França

<sup>9</sup> Instituto de Astrofísica de Andalucía, Granada, Espanha

Resumen - Resumo

O emprego da técnica de ocultações estelares para o estudo de pequenos corpos do Sistema Solar exterior vem sendo utilizada com grande sucesso, a mais de uma década, pelo nosso grupo, em uma colaboração internacional com o Observatório de Paris e Instituto de Astrofísica de Andalucía, além de dezenas de astrônomos amadores no Brasil e no mundo. Dentre os quase 100 objetos detectados em ocultações[1], medidas precisas de propriedades como tamanho, forma, albedo e densidade já foram publicadas para mais de 10 corpos. Estas observações também permitiram descobertas de propriedades intrigantes como altos albedos, topografias expressivas e em especial a presença de anéis ao redor de pequenos corpos, como aqueles ao redor de Chariklo[2] e Haumea[3]. A disponibilidade dos catálogos Gaia e cálculo de efeméride de maneira dedicada, tem permitido um aumento expressivo da taxa de sucesso de campanhas observacionais de ocultações estelares. Este crescente número de detecções positivas, tem levado ao desenvolvimento de novas ferramentas para campanha, observação, redução e análise, conferindo maior agilidade e precisão da técnica. Nesta apresentação mostrarei os novos desenvolvimentos que implementamos, como o software SORA[4] para análise de ocultações, e o Portal de Ocultações ([occultation.tug.tubitak.gov.tr/](http://occultation.tug.tubitak.gov.tr/)). Também darei destaque a alguns resultados recentes, como o estudo da atmosfera de Tritão usando mais de 90 observações simultâneas[5], a detecção por 61 locais diferentes de uma ocultação pelo TNO 2002 MS4[6], o refinamento das propriedades de Chariklo e seus anéis[7], entre outras.

**Referências:** [1] F. Braga-Ribas, et al, Database on detected stellar occultations by small outer Solar System objects *J. Phys.: Conf. Ser.* 1365 012024, 2019, [2] F. Braga-Ribas, et al, A ring system detected around the Centaur (10199) Chariklo, *Nature*, 508, 2014, [3] Ortiz, et al, The size, shape, density and ring of the dwarf planet Haumea from a stellar occultation *Nature*, 550, 2017, [4] Gomes-Júnior, et al, SORA: Stellar Occultation Reduction and Analysis, *MNRAS*, submitted, 2021, [5] J. Marques Oliveira, et al, Constraints on the structure and evolution of Triton's atmosphere from the 5 October 2017 stellar occultation and previous observations, *A&A*, accepted, 2022, [6] F. L. Rommel, et al, The Trans-Neptunian Object (307261) 2002 MS4 from multiples stellar occultations, *A&A*, in preparation, 2021, [7] B. Morgado, et al, Refined physical parameters for Chariklo's body and rings from stellar occultations observed between 2013 and 2020, *A&A*, 652, 2021.

---

RESUMEN ORAL 2

## La distribución global del flujo térmico superficial en Marte

Laura M. Parro<sup>1</sup>, Alberto Jiménez-Díaz<sup>2</sup>, Javier Ruiz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías, Universidad de Alicante, España

<sup>2</sup> Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, Spain

<sup>3</sup> Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain

## Resumen - Resúmo

En la Tierra, los mapas globales de flujo térmico superficial muestran claras variaciones de su distribución entre la corteza oceánica y la corteza continental, pero además, se registran altos valores de flujo térmico en zonas y regiones continentales activas. Claramente, el flujo de calor es un buen indicador de la geodinámica de un planeta, y es un parámetro importante para entender la evolución térmica, y en general, interior de un cuerpo planetario.

En Marte, el flujo térmico debería variar a lo largo de su superficie (así como en el tiempo), dependiendo de las abundancias y la distribución de los elementos productores de calor de la corteza y el manto [1], del estado térmico del interior del planeta y según la capacidad de disipar el calor del interior al exterior. Dado que las variaciones del flujo térmico pueden afectar probablemente, entre otras muchas cosas, a la geodinámica interna del planeta, a la distribución de las aguas subterráneas y circulación de fluidos, y a procesos como la fusión de hielo del subsuelo o la desestabilización de clatratos; es esencial obtener modelos globales de flujo térmico para predecir esas variaciones en todo el planeta geográficamente [2].

Actualmente, no existen mediciones directas del flujo de calor en Marte. El estudio de las propiedades mecánicas de la litosfera de este planeta han permitido deducir el estado térmico de la misma, además de ampliar nuestro conocimiento sobre las características y estructura de la corteza marciana [3,4]. Hemos modelado la distribución global del flujo térmico de la superficie marciana en la época actual y hace 3700 ma (límite Noachiano-Hesperiano), y a través de la relación entre el comportamiento mecánico de las rocas y la temperatura, lo que nos permite calcular los flujos correspondientes a la época en que se formaron las estructuras geológicas utilizadas como indicadores.

[1] Hahn, B.C., McLennan, S.M., Klein, E.C., 2011. Martian surface heat production and crustal heat flow from Mars Odyssey Gamma-Ray spectrometry. *Geophys. Res. Lett.* 38, L14203.

[2] Parro, L.M., Jiménez-Díaz, A., Mansilla, F., Ruiz, J., 2017. Present-day heat flow model of Mars. *Sci. Rep.* 7, 45629.

[3] Egea-Gonzalez, I., Jiménez-Díaz, A., Parro, L.M., López, V., Williams, J.P., Ruiz, J., 2017. Thrust fault modeling and Late-Noachian lithospheric structure of the circum-Hellas region, Mars. *Icarus* 288, 53–68.

[4] Ruiz, J., McGovern, P.J., Jiménez-Díaz, A., López, V., Williams, J.P., Hahn, B.C., Tejero, R., 2011. The thermal evolution of Mars as constrained by paleo-heat flows. *Icarus* 215 (2), 508–517.

---

RESUMEN ORAL 3

## Curva de polarización del asteroide (16) Psyche

J.H. Castro-Chacón<sup>1</sup>, R. Gil-Hutton<sup>2</sup>, J. Ramírez Vélez<sup>3</sup>, M. Reyes-Ruiz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CONACYT - Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Astronomía, Ensenada, BC, México

<sup>2</sup> Grupo de Ciencias Planetarias, Dpto. de Geofísica y Astronomía, FCFN - UNSJ y CONICET, Argentina

<sup>3</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Astronomía,  
Ensenada, BC, México

### Resumen - Resumo

Las variaciones del porcentaje de luz linealmente polarizada de un asteroide a diferentes fases rotacionales pueden proveer información útil acerca de las propiedades de diversas áreas de la superficie y, particularmente, de como cambia el albedo de las mismas. La próxima misión de la NASA para visitar el asteroide (16) Psyche requiere de este tipo de información para determinar con mayor precisión que esperar acerca de las propiedades y estructura de la superficie de este objeto, pero hasta el momento esa información es escasa. En este trabajo presentamos mediciones polarimétricas del asteroide Psyche cubriendo un período rotacional completo. Las observaciones fueron adquiridas en Septiembre de 2019 con el telescopio de 0.84 m del Observatorio Astronómico Nacional "San Pedro Martir" (OAN-SPM) en Baja California, México, utilizando el polarímetro de doble haz POLIMA2, pudiéndose detectar una clara variación del grado de polarización lineal con la fase rotacional que indicaría la presencia de una región con propiedades superficiales diferentes.

---

RESUMEN ORAL 4

## Caracterização do cometa interestelar 2I(2019 Q4) Borisov em torno do periélio.

Marçal Evangelista-Santana<sup>1</sup>, Jorge Márcio F. Carvano<sup>1</sup>, Mário de Prá<sup>2</sup>,  
Filipe Monteiro<sup>1</sup>, Hissa Medeiros<sup>3,4</sup>, Plácida Maria Arcoverde<sup>1</sup>, Eduardo  
Rondon<sup>1</sup>, Jonatan Michimani García<sup>1</sup>, Francisco Wesley Mesquita<sup>1</sup>, Daniela  
Lazzaro<sup>1</sup>, Terezinha Rodrigues<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional

<sup>2</sup> University of Central Florida

<sup>3</sup> Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), C/Vía Láctea sn, 38205 La  
Laguna, Spain

<sup>4</sup> Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna, 38206 La Laguna,  
Tenerife, Spain

### Resumen - Resumo

Os cometas são importantes reservatórios contendo peças que auxiliam o entendimento da origem e processos físicos e químicos do nosso sistema planetário, o sistema solar. Agora, a partir das descobertas e observações de pequenos corpos de origem interestelar no sistema solar interior, nós temos a oportunidade

estudar tais corpos e entender melhor algumas similaridades e ou singularidades de outros sistemas planetários. Neste trabalho, nós analisamos a evolução da coma do cometa interestelar 2I/(2019 Q4) Borisov. Esse cometa foi classificado como o primeiro cometa interestelar e o segundo objeto conhecido proveniente de tal região (o primeiro foi o 1I/(2017 U1)'Oumuamua). Nós realizamos observações do cometa interestelar 2I/(2019 Q4) Borisov em torno do periélio entre novembro de 2019 e março de 2020 a partir do Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI, Itacuruba) do Observatório Nacional (ON/MCTIC, Brasil) e o telescópio SOAR de 4.1m em Cerro Pachón no Chile.

---

RESUMEN ORAL 5

## Análise do seeing e das condições meteorológicas no Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica em 2019

Tatiane Corrêa<sup>1</sup>, Eduardo Rondón<sup>1</sup>, Daniela Lazzaro<sup>1</sup>

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

### Resumen - Resumo

O Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI) faz parte do projeto IMPACTON e se encontra localizado no município de Itacuruba no estado de Pernambuco ( $-8^{\circ}47'32,1''$ ,  $-38^{\circ}41'18,7''$ ). O OASI é dedicado à observação de pequenos corpos do Sistema Solar, com ênfase nos objetos que possuem órbita próxima da Terra (NEO). A escolha do sítio foi baseada na baixa nebulosidade, contaminação luminosa e precipitação. Devido a necessidade de quantificar estes valores no ano de 2019, foi desenvolvido este trabalho com o objetivo de estimar o *seeing* médio do OASI e correlacioná-lo com as condições meteorológicas, afim de encontrar padrões noturnos e/ou sazonais para determinar as melhores noites e/ou épocas do ano para realização de observações fotométricas.

Para estimar o *seeing* médio foi calculada a FWHM da PSF para todas as estrelas do campo observado de todas as imagens no ano de 2019, onde se obteve uma moda de 1,35" para os tempos de exposição de 30 e 40 segundos no filtro  $R_c$ , mas com desvio  $\sigma = 0,55''$  e  $\sigma = 0,47''$ , respectivamente. Da análise da distribuição dos melhores valores de *seeing* médios ao longo de 2019, concluiu-se que em quase todo o ano se obteve noites fotométricas, e as piores noites com *seeing* acima de 1,5" aconteceram entre Maio e Julho. Ao comparar estes resultados com os obtidos entre 2011 e 2018, foi observado que o ano 2019 foi um dos anos com mais noites fotométricas que o observatório já teve.

Outra parte do trabalho consistiu em analisar os parâmetros meteorológicos da estação do OASI, como a umidade, pressão atmosférica, temperatura, velocidade do vento e precipitação, e foi observada a natureza periódica destes parâmetros. A velocidade do vento mostra uma direção preferencial norte, em 92% dos dias do ano. Por último, foi estudada a correlação do *seeing* com os

parâmetros meteorológicos, usando dados de outra estação, próxima ao observatório, devido à pouca quantidade de dados da estação OASI nos dias em que se determinou o *seeing*. Para isso, foram analisadas as correlações existentes entre os dados fornecidos por ambas estações, encontrando uma forte correlação linear para a umidade, pressão atmosférica e temperatura. Finalmente, foi estudada a correlação do *seeing* com cada um destes parâmetros, não encontrando nenhuma correlação. No entanto, fica em aberto a possibilidade de que o *seeing* possa ou não estar correlacionado com combinações não lineares com estes parâmetros.

---

RESUMEN ORAL 6

## Composición Superficial de los Asteroides Troyanos: ¿Qué esperar de la misión Lucy?

M. Melita<sup>1,2</sup>

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

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

### Resumen

En esta comunicación se resumirán las principales conclusiones del artículo sobre Composición Superficial de los Asteroides Troyanos, a ser publicado en un próximo volumen de la “Space Science Review (SSR)” sobre la misión Lucy (Emery et al. 2022).

Se discutirán las propiedades de esa población asteroidal en el marco de las características del resto de las poblaciones de cuerpos menores del Sistema Solar y de posibles análogos entre los meteoritos. Se resumirán sus propiedades físicas, como ser la reflectancia espectral en el UV, el visible y el IR cercano, así como los modelos termofísicos derivados de las mediciones en el IR y en particular los resultados de WISE y las estimaciones de albedo y tamaño. También haremos una breve referencia a los escenarios de formación propuestos hasta el momento. Describiremos en mayor detalle los modelos de composición y de evolución (“nature” vs. “nurture”) realizados hasta el momento y sus principales conclusiones. Finalmente, enunciaremos las principales preguntas que subsisten al presente respecto a esta peculiar población y cómo los datos que serán aportados por la misión Lucy colaborarán en resolverlas.

Surface Compositions of Trojan Asteroids. 2022. J.P. Emery, .P. Binzel, D.T. Britt, .E. Brown, .J.A. Howett, A.C. Martin, M.D. Melita, .C. Souza-Feliciano, I. Wong. The Lucy mission. Space Science Review (SSR). En preparación.

---

RESUMEN ORAL 7

# iSyMBA: UN ALGORITMO SIMPLÉCTICO DE N CUERPOS MASIVOS CON INTERPOLACIÓN PLANETARIA

Fernando Roig<sup>1</sup>, David Nesvorný<sup>2</sup>, Rogerio Deienno<sup>2</sup>, Matías J. García<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Southwest Research Institute, Boulder, CO, USA

## Resumen - Resumo

Una inestabilidad planetaria, acontecida menos de 100 millones de años después de la formación de los planetas gigantes en nuestro sistema solar, puede haber sido responsable por algunas características del sistema solar interior. Sin embargo, aún no se conoce totalmente bien la influencia real de esta inestabilidad en la formación de los planetas terrestres. Esto se debe a que las simulaciones de la formación de planetas terrestres, en general, consumen mucho tiempo de CPU y esto limita la capacidad de explorar diferentes escenarios de inestabilidad.

Para incluir los efectos de la inestabilidad de los planetas gigantes en las simulaciones de formación de los planetas terrestres de forma viable, podemos abordar el problema en dos etapas. Primero, modelamos y registramos las órbitas para una evolución plausible de los planetas gigantes, que en el final reproduzca al sistema solar exterior actual. Luego usamos este registro de órbitas, interpolado de forma apropiada, para alimentar una segunda etapa en la que simulamos la formación de los planetas terrestres bajo la influencia de los gigantes. Para ejecutar esta segunda etapa, desarrollamos el integrador iSyMBA, un algoritmo simpléctico para N cuerpos masivos basado en el código SyMBA, donde la “i” proviene de “interpolado”. iSyMBA resulta ser un código muy eficiente para evaluar con precisión los efectos de la inestabilidad de planetas gigantes en diferentes poblaciones de cuerpos pequeños, manejando adecuadamente la ocurrencia de encuentros cercanos entre cuerpos masivos.

En este trabajo, describimos cómo se desarrolló e implementó iSyMBA para estudiar la formación de planetas terrestres, y presentamos los resultados de dos aplicaciones, considerando el modelo de migración de los planetas gigantes conocido como “jumping Jupiter”. La primera aplicación trata de la acreción de embriones y planetesimales en la región de los planetas terrestres, a partir de diferentes configuraciones del disco protoplanetario, examinando las condiciones que podrían haber llevado a la formación de los planetas actuales (Nesvorný et al., 2021). La segunda aplicación analiza las condiciones que podrían haber llevado al tipo de colisión entre protoplanetas capaz de desencadenar la formación de la Luna (DeSouza et al., 2021). En ambas aplicaciones, se concluye, entre otras cosas, que la ocurrencia de una inestabilidad temprana sería compatible con los tiempos de formación planetaria y lunar.

La estrategia aplicada para construir iSyMBA permite que el código se adapte fácilmente para estudiar otros problemas que requieran la interpolación de órbitas a partir de simulaciones anteriores.

---

## Artificial Neural Network classification of asteroids in the M1:2 mean-motion resonance with Mars

Valerio Carruba<sup>1</sup>, Safwan Aljbaae<sup>2</sup>, Rita C. Domingos<sup>3</sup>, William Barletta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> São Paulo State University (UNESP), School of Natural Sciences and Engineering, Guaratinguetá, SP, 12516-410, Brazil.

<sup>2</sup> National Space Research Institute (INPE), Division of Space Mechanics and Control, C.P. 515, 12227-310, São José dos Campos, SP, Brazil.

<sup>3</sup> São Paulo State University (UNESP), São João da Boa Vista, SP, 13876-750, Brazil.

### Resumen - Resumo

Artificial neural networks (*ANN*) have been successfully used in the last years to identify patterns in astronomical images. The use of *ANN* in the field of asteroid dynamics has been, however, so far somewhat limited. In this work we used for the first time *ANN* for the purpose of automatically identifying the behaviour of asteroid orbits affected by the M1:2 mean-motion resonance with Mars. Our model was able to perform well above 85% levels for identifying images of asteroid resonant arguments in term of standard metrics like *accuracy*, *precision* and *recall*, allowing to identify the orbital type of all numbered asteroids in the region. Using supervised machine learning methods, optimized through the use of genetic algorithms, we also predicted the orbital status of all multi-opposition asteroids in the area. We confirm that the M1:2 resonance mainly affects the orbits of the Massalia, Nysa, and Vesta asteroid families.

The deep learning codes developed in this work are available at the *GitHub* software repository:

[https://github.com/valeriocarruba/ANN\\_Classification\\_of\\_M12\\_resonant\\_argument\\_images](https://github.com/valeriocarruba/ANN_Classification_of_M12_resonant_argument_images)

### References

Carruba V., Aljbaae S., Domingos R. C., Barletta W., 2021, Artificial Neural Network classification of asteroids in the M1:2 mean-motion resonance with Mars, *MNRAS*, 504, 692.

## Composición mineralógica de los “pit craters” del Cráter Hale (Marte).

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

<sup>1</sup> IDEAN (UBA-CONICET)

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

### Resumen - Resumo

El Cráter Hale es un cráter de impacto complejo ubicado al norte de la cuenca de Argyre en las latitudes medias de Marte (35,7° S 36,34° W). En la pendiente externa del sector noreste del cráter se identifican una serie de depresiones cuyas características se corresponden con “pit craters” descritos por Wyrick (2014). Los “pit craters” son estructuras de colapso de forma circular a subcircular que carecen de una cresta definida y de una planicie de eyectos. Existen diversas propuestas acerca de los mecanismos de formación de los “pit craters” entre ellos la presencia hielo o agua subsuperficial.

Los “pit cráteres” que se observan en el Cráter Hale se encuentran espacialmente vinculados con geoformas de ambiente periglacial como morenas y glaciares de roca (Mantegazza and Spagnuolo, 2020). Asimismo, se observa que las pendientes donde se encuentran los pits están altamente erosionadas por gullies. La relación entre geoformas glaciarias, gullies y “pits” apuntan a que estos últimos estarían genéticamente vinculadas a la posible existencia de hielo y agua superficial o subsuperficial.

En este trabajo analizamos imágenes hiperespectrales obtenidas por el sensor Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars (CRISM) con el objetivo de caracterizar el ambiente geológico y buscar evidencias de la presencia de minerales hidratados que puedan estar asociados a la formación de los “pit craters”. Los resultados obtenidos muestran que la zona donde se ubican los “pit craters” presenta firmas espectrales distintivas en relación al terreno circundante.

---

RESUMEN ORAL 10

## ¿ES POSIBLE UN DISCO DE PARTÍCULAS ALREDEDOR DEL ASTEROIDE DIDYMOS?

Nair Trógolo<sup>1,2,3</sup>, Adriano Campo Bagatin<sup>3</sup>, Fernando Moreno<sup>4</sup>

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

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

<sup>3</sup> Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y las Tecnologías,  
Universidad de Alicante, España

<sup>4</sup> Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Granada, España.

Resumen

El asteroide binario (65803) Didymos orbita alrededor del Sol con un semieje mayor de 1.64 *ua* y es el objetivo de las futuras misiones espaciales DART (NASA) y Hera (ESA). El sistema está compuesto por un asteroide primario, Didymos, de 780 *m* de diámetro y un satélite, Dimorphos, de 160 *m*.

Didymos es un asteroide de tipo Xk, con una densidad de 2170 *kg/m*<sup>3</sup> y un rápido periodo de rotación de 2.26 *h*. La densidad estimada para este objeto es compatible con una alta macroporosidad, típica de los agregados gravitacionales o *rubble – piles* (pila de escombros). Los asteroides de este tipo, se mantendrían unidos debido a las fuerzas de cizalladura generadas por la fricción entre sus componentes, sin embargo, en la región ecuatorial la aceleración local puede ser positiva (dirigida hacia afuera), permitiendo que el regolito superficial pueda escapar y evolucionar en el sistema por efecto de la gravedad de el o los asteroides, la gravedad del Sol, y la presión de radiación solar.

En este trabajo se estudia bajo qué condiciones es posible el desprendimiento de partículas en la superficie de Didymos y las regiones en la superficie donde esto ocurriría. Mediante simulaciones numéricas, computamos la evolución dinámica del regolito eyectado, los posibles estados finales, los tiempos de vida medios en órbita y la densidad de masa presente en el entorno del cuerpo.

---

RESUMEN ORAL 11

## Estabilidade coorbital retrógrada durante a migração planetária

Alan Cefali Signor<sup>1</sup>, Gabriel A. Caritá<sup>1</sup>, Maria Helena Moreira Morais<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DEMAC - IGCE, Universidade Estadual Paulista

### Resumen - Resumo

No início da formação do Sistema Solar, existe a possibilidade de Júpiter, durante a migração planetária, ter estado em uma configuração temporária de ressonância de movimento médio 2/1 com Saturno. Atualmente, por volta de 1 milhão de troianos de Júpiter já foram descobertos, porém, até o momento, não foram detectados troianos de Saturno. A recente descoberta do asteroide coorbital retrógrado de Júpiter, Bee-zed [1], nos instigou a pensar que também poderiam existir coorbitais retrógrados de Saturno. Dessa forma, através deste trabalho, buscou-se compreender a respeito da estabilidade dos asteroides coorbitais retrógrados de ambos os planetas nesta configuração e também na situação em que os planetas migram de um região próxima da ressonância 2/1 até alcançarem a configuração atual. Por meio do modelo de migração descrito em Malhotra (1995) [2], foram utilizados dois conjuntos de excentricidades iniciais para os planetas, no primeiro os mesmos partem de órbitas circulares e convergem as localizações atuais mantendo excentricidades menores do que as observadas atualmente; já no segundo, os planetas partem de órbitas excêntricas de modo a convergirem para a configuração orbital atual. A partir das simulações, percebeu-se que ao contrário dos troianos prógrados, existem coorbitais retrógrados de Júpiter estáveis, tanto na configuração 2/1 quanto na 5/2, sendo mantidos pela ressonância 1/1 ou pelo mecanismo de Kozai. Por outro lado,

na região coorbital de Saturno, só encontramos estabilidade quando os planetas estão na localização atual e possuem baixas excentricidades. Esse resultado é importante para essa região, pois pela análise de ângulos ressonantes seculares e por resultados anteriores, Huang et al (2019) [3], sabe-se que a instabilidade dos coorbitais de Saturno também é causada pela sobreposição das ressonâncias seculares  $\nu_5$  e  $\nu_6$ . Portanto, a falta de asteroides coorbitais retrógrados de Saturno observada nos dias atuais ocorre devido a uma combinação entre a excentricidade dos planetas e a sobreposição de ressonâncias seculares.

[1] Morais M.H.M. & Namouni F. (2017) Reckless orbiting in the solar system, *Nature*, 543, 635–636

[2] Malhotra, R. (1995) The origin of Pluto’s orbit: implications for the Solar System beyond Neptune, *Astronomical Journal*, 110 (1), 420

[3] Huang Y., Li M., Li J., Gong S. (2019) On the instability of Saturn’s hypothetical retrograde co-orbitals, *MNRAS*, 488, 2543-2548

Os autores agradecem a FAPESP (2019/24958-5, 2018/08620-1)

---

RESUMEN ORAL 12

## O que curvas de fase podem nos dizer sobre a origem dos NEOs

Arcoverde, P.<sup>1</sup>, Rondón, E.<sup>1</sup>, Ieva, S.<sup>2</sup>, Monteiro, F.<sup>1</sup>, Evangelista, M.<sup>1</sup>, Mesquita, W.<sup>1</sup>, Michimani, J.<sup>1</sup>, Silva, J.<sup>1</sup>, Medeiros, H.<sup>1,3</sup>, Lazzaro, D.<sup>1</sup>, Michtchenko, T.<sup>4</sup>, Rodrigues, T.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional, Rua Gal. José Cristino 77, 20921-400 Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>2</sup> INAF, Observatorio Astronomico di Roma, Via Frascati 33, 00178 Monteporzio, Italia.

<sup>3</sup> Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), C/Vía Láctea sn, 38205 La Laguna, Spain.

<sup>4</sup> Universidade de São Paulo, IAG, Rua do Matão 1226, Cidade Universitária, 05508-090 São Paulo, Brasil.

### Resumen - Resumo

Os objetos em órbitas próximas da Terra (NEOs), possuem uma natureza transiente, com um fluxo constante de objetos vindos de outras regiões do Sistema Solar, principalmente do Cinturão Principal de asteroides (CP). Como menos do que 10 % dessa população têm suas propriedades físicas determinadas, isso dificulta um melhor entendimento da sua origem, evolução e os riscos devido à possibilidade de colisão com a Terra.

Com o objetivo de melhor identificar quais são as regiões mais prováveis do CP que dão origem aos NEOs, realizamos o estudo de curvas de fase dessas populações com o intuito de estabelecer possíveis relações. Através da curva

de fase é possível determinar a magnitude absoluta (H), que está diretamente relacionada com o diâmetro, e o parâmetro de inclinação da curva (G1 – G2). Juntos esses dois parâmetros podem fornecer informações sobre o albedo do corpo e sobre o tamanho dos grãos na superfície.

Dessa forma, apresentaremos a determinação de 24 curvas de fase de NEOs com os dados obtidos por nós no Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica - OASI. Também utilizamos bases de dados da literatura, como do AAMS e da NEOWISE, para objetos do CP dentro dos quais foram selecionados aqueles localizados próximos das principais ressonâncias, de movimento médio e seculares, por serem considerados os locais mais prováveis de origem dos NEOs, encontrando assim resultados que indicam correlações interessantes entre essas duas populações que podem trazer indícios importantes sobre a origem dos NEOs.

---

RESUMEN ORAL 13

## Poderia ser Mercúrio o produto de uma colisão com um alvo de tamanho semelhante?

Patrick F Oliveira<sup>1</sup>, Fernando V Roig<sup>2</sup>, Othon C Winter<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Observatório Nacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, Brasil

### Resumen - Resumo

O planeta Mercúrio é constituído, predominantemente, por um núcleo de ferro coberto por um fino manto de silicatos, o que tem levado a propor a ideia de que esta configuração seja o produto de um impacto gigante. Em particular, tem se explorado o impacto denominado de *hit-and-run* clássico, em que um proto-Mercúrio de massa  $\sim 0,1M_{\oplus}$  colide com um alvo de massa  $\sim 1M_{\oplus}$ , perdendo parte do material do seu manto. Todavia, simulações da formação dos planetas terrestres, utilizando algoritmos numéricos de N-corpos, têm se mostrado incapazes de produzir um objeto com as características de Mercúrio. Parte dessa limitação se deve a que, nesse tipo de simulações, as colisões são sempre tratadas de forma inelástica, fazendo com que a massa do corpo resultante seja a soma das massas dos dois corpos que colidem. Leinhardt & Stewart (2012) produziram um conjunto de leis de escala com os resultados de diferentes tipos de colisões, levando em consideração o parâmetro de impacto, velocidade e tamanho dos corpos envolvidos. Nós aplicamos tais leis de escala para investigar a ocorrência, em simulações de N-corpos, de colisões cujas configurações possam ser favoráveis à formação de Mercúrio. Porém, observamos que configurações como as requeridas pelo cenário de *hit-and-run* clássico são raras, mesmo quando ocorrem uma grande quantidade de colisões no disco de acreção. Por outro lado, verificamos que colisões de tipo *hit-and-run* diferentes do cenário clássico, nas quais as massas do alvo e do projétil são semelhantes, ocorrem com

muita mais frequência nas simulações de N-corpos. Neste trabalho, visamos investigar se este último tipo de colisões pode favorecer a formação de Mercúrio. Utilizando simulações numéricas hidrodinâmicas (SPH), modelamos impactos entre dois corpos diferenciados (núcleo+manto), para diferentes velocidades e ângulos de impacto calculados a partir das leis de escala, assumindo diferentes massas para o alvo e um projétil de massa fixa ( $0,13 M_{\oplus}$ ), de modo que a massa final do maior fragmento tivesse aproximadamente a massa de Mercúrio atual ( $0,055 M_{\oplus}$ ). Nossos resultados indicam que, considerando alvos de massas semelhantes ao do proto-Mercúrio, é possível obter o resultado desejado desde que a energia do impacto seja suficientemente alta, mas ainda compatível com os valores observados nas simulações de N-corpos. Estes resultados nos permitem concluir que Mercúrio poderia ter se formado numa colisão mais realística do que havia sido considerado até agora.

#### Referências

- Asphaug E., 2014, AREPS, 42, 551  
Izidoro A., Haghighipour N., Winter O., Tsuchida M., 2015, MNRAS, 453, 3619  
Leinhardt Z., Stewart S., 2012, ApJ, 745, 27  
Nesvorný D., Roig F. V., Deienno R., 2021, AJ, 161, 50

#### Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

---

RESUMEN ORAL 14

## ¿Qué más revela el comportamiento resonante de K2-138 sobre el sistema?

Matías Cerioni<sup>1</sup>, Cristian Beaugé<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC, Córdoba, Argentina

### Resumen - Resumo

K2-138 es actualmente el sistema *K2* con el mayor número de planetas conocidos, compuesto por cinco sub-Neptunos y una super-Tierra. Este sistema presenta un caso de estudio interesante debido a su estructura dinámica, ya que los cinco planetas interiores forman una cadena ininterrumpida de resonancias de movimientos medios de 2 cuerpos  $3:2$ . Adicionalmente, existe una brecha considerable entre el quinto y sexto planeta, lo suficientemente grande como para albergar dos planetas adicionales no-transitantes, y que podrían extender la cadena de resonancias  $3:2$  para que involucre a todos los planetas del sistema. Además, las dos ternas planetarias más internas también se encuentran cada una en resonancias puras de 3 cuerpos.

En este trabajo, revisamos el sistema realizando estudios numéricos para comprobar la robustez de las resonancias de 2 y 3 cuerpos. También describimos el efecto de estas resonancias en la arquitectura del sistema. Por último, comprobamos si su configuración es compatible con la existencia de dos planetas adicionales no detectados en el hueco entre el quinto y sexto planeta.

---

RESUMEN ORAL 15

## RASTROS DE POLVO GENERADOS EN EL EXPERIMENTO DART

Gonzalo Tancredi<sup>1</sup>, Po-Yen Liu<sup>2</sup>, Adriano Campo-Bagatin<sup>2</sup>, Fernando Moreno<sup>3</sup>, Bruno Domínguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Depto. Astronomía, Fac. Ciencias UdelaR, Uruguay

<sup>2</sup> Escuela Politecnica Superior, Universidad de Alicante, España

<sup>3</sup> Instituto de Astrofísica de Andalucía, España

### Resumen - Resumo

La NASA enviará la sonda espacial DART (Double Asteroid Redirection Test) al sistema binarios de asteroides Dídymos-Dimorfos. La misión tiene los siguientes objetivos: *i*) apuntar al sistema binario de asteroides Dídymos; *ii*) impactar al satélite Dimorfos y cambiar su período orbital; *iii*) medir el cambio en el período desde la Tierra. Con este experimento se intenta estudiar la técnica de desvío de asteroides denominada impactor cinético.

Didymos es el asteroide principal del sistema binario, con un diámetro de 780m y un período de rotación de 2,26h. Orbitando entorno a él se ubica Dimorfos, con un diámetro de 160m, un período orbital de 11,92h, y una separación entre objetos de 1.180 m.

La sonda se lanzará a finales del 2021, y el experimento de impacto ocurrirá entre el 26-Sept y 1-Oct del 2022. La nave espacial DART tendrá una masa al impactar de  $\sim 550$  kg, a una velocidad de 6,6 km/seg.. DART liberará previamente el "Cubesat" italiano LICIAcube (ASI); para obtener imágenes de alta resolución de los instantes posteriores al impacto. Desde la Tierra se hará un monitoreo con una batería de telescopios. El impacto producirá un cráter y gran cantidad de material eyectado a alta velocidad (cientos de m/s), produciendo un cono de eyecta que rápidamente se dispersará.

En este estudio analizaremos la producción de material eyectado a baja velocidad, como consecuencia de la generación de una onda sísmica que se propaga al interior y genera sacudidas en puntos distantes. Combinaremos simulaciones numéricas de los siguientes procesos: *i*) propagación de ondas sísmicas inducidas por impacto; *ii*) efecto local de estas ondas en pequeñas partículas en puntos

distantes de la superficie; *iii*) evolución de las partículas eyectadas a velocidades comparables a la velocidad de escape del sistema binario; *iv*) evolución de las partículas bajo la influencia de la presión de la radiación. *v*) predicción de la observación de esta nube de partículas de la Tierra.

Preveamos los siguientes fenómenos: *i*) generación de una nube de partículas que producirá un aspecto brumoso de Dimorfos, detectable por LICIACube; *ii*) generación de un rastro de polvo (dust trails), similar al observado en los Asteroides Activados, que puede perdurar por varias semanas luego del impacto.

---

RESUMEN ORAL 16

## OS PRINCIPAIS PERTURBADORES DAS ÓRBITAS DE PROMETHEUS E PANDORA

Altair R. Gomes-Júnior<sup>1,2</sup>, Thamiris de Santana<sup>1</sup>, Othon C. Winter<sup>1</sup>, Rafael Sfair<sup>1,3</sup>

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

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

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

### Resumen - Resumo

Em 1980, os satélites de Saturno Prometheus e Pandora foram descobertos pela sonda Voyager I próximos às bordas interna e externa do anel F, respectivamente. As órbitas iniciais dos satélites mostraram pouca interação gravitacional com os outros satélites, com exceção da perturbação de Mimas sobre Pandora. Portanto, as órbitas dos satélites poderiam ser caracterizadas como órbitas elípticas precessando devido ao achatamento de Saturno.

Entretanto, observações subsequentes mostraram um atraso na posição angular (lag) de Prometheus em relação à posição esperada, enquanto Pandora estava adiantado. Em 2003, foi proposto que uma ressonância de movimento médio 121:118 entre Prometheus e Pandora, resultando em caos, seria o responsável pelos lags orbitais observados e pela dificuldade na predição de posições futuras.

Além disso, a cada 6,2 anos acontece uma máxima aproximação entre os satélites, quando o apoastro de Prometheus se alinha com o periastro de Pandora, ampliando a interação gravitacional entre eles e aumentando a sensibilidade do sistema. Em estudo recente foi verificado que os lags observados não podem ser explicados apenas por meio da interação gravitacional entre os dois satélites.

Com base nisso, estudamos as órbitas de Prometheus e Pandora para identificar os perturbadores que sejam responsáveis pelo efeito complementar necessário. Desta forma, pretendemos entender os limites do conhecimento da

órbita dos satélites no curto prazo com respeito ao cálculo de efemérides. Para isso, primeiramente exploramos a sensibilidade do sistema dinâmico considerando a perturbação de outros satélites, de forma a entender numericamente a evolução de Prometheus e Pandora. Também construímos experimentos que enfatizam a perturbação de cada objeto de teste.

Como isso demonstramos que determinações de efemérides só são confiáveis até cerca de 20 anos a partir do instante inicial e mostramos que outros satélites também são importantes para a evolução dinâmica de Prometheus e Pandora.

---

RESUMEN ORAL 17

## Posible origen del C/2003 T12 como fragmento del 169P NEAT

Santiago Roland<sup>1</sup>, Andrea Sosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CURE Rocha, Universidad de la República Oriental del Uruguay

<sup>2</sup> CURE Rocha, Universidad de la República Oriental del Uruguay

### Resumen - Resumo

En este trabajo se estudia la hipótesis del origen del cometa de la familia de Júpiter C/2003 T12 SOHO, como producto de la fragmentación del 169P NEAT. Este estudio ha sido motivado por la gran similitud que presentan los elementos orbitales en la actualidad (Fernández & Sosa 2015). Con el integrador numérico Mercury (Chambers 1999), estudiamos la evolución dinámica hacia el pasado de ambos cometas y determinamos los instantes de mínima distancia y velocidad relativas así como también la similitud de sus órbitas utilizando diferentes criterios (Rozek, Breiter & Jopek 2011). La evolución hacia el pasado la estudiamos generando clones con elementos orbitales compatibles con las incertidumbres de la órbita actual tomando como fuente los datos del JPL/Horizons (Munonen 1997). Encontramos que la evolución dinámica es estable durante los primeros 1500-2000 años hacia el pasado. Durante la evolución orbital, identificamos cuatro épocas donde se hacen mínimas la distancia y velocidad relativas simultáneamente. La última 2000 años hacia el pasado. Para estudiar posibles eventos de fragmentación en estas épocas aplicamos un modelo simple generando fragmentos ficticios a diferentes velocidades relativas al progenitor. Analizamos la evolución de los fragmentos y estudiamos la similitud de sus órbitas con la del C/2003 T12 aplicando distintas métricas (Kholshchevnikov et al 2016) así como la dispersión de las órbitas hacia el presente. Concluimos en que la órbita del C/2003 T12 es más compatible con la dispersión de los fragmentos a partir del cuarto mínimo (2000 años hacia el pasado). Esto concuerda con la posibilidad de

que un fragmento del 169P NEAT a baja velocidad haya dado origen al C/2003 T12. Concluimos además que la época más probable para dicha fragmentación sería, por lo menos unos 2000 años hacia el pasado, lo cual concuerda con otros trabajos (Jenniskens 2006, Jenniskens & Vaubaillon 2010).

Referencias Fernández, J. & Sosa, A. 2015, *Planetary and Space Science*, 118, 14 Chambers, J. E. 1999, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 304, 793 Rozek, A., Breiter, S., Jopek, T. J. 2010, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 412, 2 Muinonen, K. 1997, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 280 Kholshchevnikov et al 2016, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 462, 2 Jenniskens, P., 2006. *Meteor Showers and their Parent Comets*. Cambridge University Press Jenniskens, P., Vaubaillon, J., 2010. *Astron. J.* 139

---

RESUMEN ORAL 18

## **El Hielo de Cráter Louth (Marte) y su relación con las variaciones de inclinación de su eje.**

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

<sup>1</sup> IDEAN (UBA-CONICET)

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

### **Resumen - Resúmo**

En las regiones de altas latitudes en Marte hay más de 10 depósitos de hielo contenidos en el interior de diferentes cráteres. Uno de estos depósitos se encuentra en el interior del cráter Louth. Este es un cráter de impacto de 36 km de diámetro y 1,5 km de profundidad, está situado a los 70,2°N 102,3°W y representa uno de los depósitos de hielo de agua más meridionales en el polo Norte. Su interior contiene un montículo de hielo de 10 km de diámetro situado cerca del centro del suelo del cráter con un centroide ligeramente desplazado hacia el norte y forma elongada hacia el NE. La formación de este montículo de hielo no está del todo clara y existen diversas teorías. Algunos autores propusieron que se habría desarrollado bajo condiciones atmosféricas únicas en lo que se conoce como "trampas frías"; mientras que otros autores sostienen que estos depósitos de hielo tan meridionales, con respecto al polo Norte, podrían estar relacionados con una extensa capa de hielo que hubiera alcanzado dichas latitudes. En este trabajo se busca aportar al conocimiento de este depósito de agua, utilizando la herramienta MarsLux junto con la interpretación geomorfológica del cráter. MarsLux es un código publicado a comienzos del 2019, que permite analizar la luz solar recibida en cualquier área de Marte durante un periodo determinado. Para este trabajo se modificó el código de tal forma que permita modificar el ángulo de inclinación del eje de rotación. Dada la ausencia de un Satélite Natural suficientemente grande, algunos autores han propuesto

que el eje de rotación Marciano habría sufrido grandes cambios a lo largo de la historia geológica. Utilizando la nueva implementación en el código MarsLux analizamos la insolación recibida por el cráter Louth, durante un año Marciano. Este análisis se realizó para dos escenarios distintos, el cráter actual y el cráter vacío (sin el montículo de hielo), para casos de alto (60) y bajo (25) ángulo de inclinación. Los resultados muestran que la forma del monte de hielo podría estar relacionada con las variaciones en el eje de inclinación.

---

RESUMEN ORAL 19

## **El impacto de la acreción y distribución de sólidos en la migración orbital de los planetas en formación**

Octavio M. Guilera<sup>1,2</sup>, Pablo Benítez-Llambay<sup>3</sup>, Marcelo M. Miller Bertolami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Astrofísica Planetaria, Instituto de Astrofísica de La Plata

<sup>2</sup> Núcleo Milenio de Formación Planetaria, Chile.

<sup>3</sup> Niels Bohr Institute, Denmark

### **Resumen**

La mayoría de los trabajos sobre la migración orbital de los planetas en formación se enfocan en las interacciones gravitatorias entre los planetas y el disco de gas. Estas interacciones generan un intercambio de momento angular, principalmente en las regiones donde se encuentran las resonancias de Lindblad y la región de corrotación del planeta. Como consecuencia, el planeta sufre un torque neto el cual es, en general, negativo y por ende el planeta sufre un decaimiento orbital hacia la estrella central. Sin embargo, a pesar de que el sólido (polvo y/o grava –usualmente *pebbles* en inglés–) representa solo una pequeña fracción de  $\sim 1\%$  de la masa del disco protoplanetario, estudios recientes muestran que el calor liberado por la acreción del mismo genera una nueva componente en el torque total sobre el planeta, conocida como torque térmico. Además, las asimetrías generadas en la distribución del sólido en torno al planeta también pueden generar un torque no despreciable sobre el planeta (conocido como torque del polvo). En esta charla mostraremos como los torques térmicos y los torques generados por el polvo/grava afectan la migración orbital de un planeta en formación.

## Sistema SAAMER: El radar de meteoros de Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina

Diego Janches<sup>1</sup>, Jose Luis Hormaechea<sup>2,3,5</sup>, Sebastián Bruzzone<sup>4</sup>, Claudio Brunini<sup>3,5</sup>, Robert Weryk<sup>6</sup>, Gerardo Connon<sup>2,5</sup>, Carlos Alberto Ferrer<sup>2,5</sup>, Luis Barbero<sup>2,3</sup>, Leandro Maslov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ITM Physics Laboratory, Goddard Space Flight Center, NASA, USA

<sup>2</sup> Estación Astronómica Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

<sup>4</sup> Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay

<sup>5</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

<sup>6</sup> Institute for Astronomy, University of Hawaii, USA

### Resumen - Resumo

Se describe la motivación, instalación y características del Radar de Meteoros Ágil del Sur Argentino (Sothern Argentina Agile Meteor Radar, SAAMER), sus posteriores ampliaciones y capacidades.

En mayo de 2008 se instaló en Río Grande, Tierra del Fuego, Argentina, un radar de meteoros modelo Skymet de la firma australiana Genesys Software. La motivación inicial para este proyecto fue la investigación de la dinámica de la mesósfera, incluyendo ondas de gravedad y mareas, en una región donde estos fenómenos adquieren singulares características. El diseño original del radar estuvo orientado a proporcionar una buena resolución en la medición de vientos y flujos de momento y también proveer material observacional para estudios de meteoros.

SAAMER cuenta con un transmisor de 60 kW de potencia pico, transmitiendo en 32.55 MHz con un ancho de banda de 0.3 MHz. En su configuración inicial, contaba únicamente con 8 antenas transmisoras, tipo yagi de 3 elementos cada una, dispuestas en círculo y con desfazajes de tal manera que generaban un patrón de 8 haces con sensibilidad máxima a los 35 grados de distancia cenital. Esa configuración lo habilitaba para la detección de meteoroides más pequeños que los detectables por la mayoría de los radares en aquella fecha. El arreglo de recepción interferométrico constaba de 5 antenas de tipo similar dispuestas en cruz. La frecuencia de pulsación es de 1765 MHz.

A partir de 2010 se complementó con estaciones de recepción en un rango de 5 a 15 km de SAAMER central, permitiendo el cálculo de órbitas a partir de la traza de ionización detectada por tres o más estaciones. La configuración actual consta de 5 estaciones receptoras, incluyendo la central.

A partir de de 2018, SAAMER fue dotado de una antena de transmisión omnidireccional lo que permitió aumentar significativamente la cantidad de detecciones y habilitó la posibilidad de estaciones de recepción más lejanas de manera de no limitarse sólo a la retrodispersión.

En más de 13 años de funcionamiento SAAMER ha contribuido significativamente al conocimiento de la dinámica de la atmósfera superior y en los últimos

10 años de funcionamiento del modo orbital ha obtenido una cantidad de órbitas con pocos precedentes a nivel mundial.

---

RESUMEN ORAL 21

## CRATERIZACIÓN Y EDAD DE LOS SATÉLITES REGULARES DE URANO

Natalia Rossignoli<sup>1,2</sup>, Romina Di Sisto<sup>1,2</sup>

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

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

### Resumen - Resumo

Los satélites regulares de Urano se encuentran divididos en dos grandes grupos: los trece satélites interiores y los cinco satélites clásicos. En este trabajo estudiamos el proceso de craterización en cada uno de estos satélites, considerando los impactos que han recibido a lo largo de la edad del sistema solar. Tomamos como sus principales impactores a los objetos Centauros, siguiendo su evolución desde el Disco Dispersado mediante simulaciones numéricas y obtenemos así la distribución teórica de cráteres para cada satélite. Debido a que varios de los satélites interiores de Urano tienen tamaños pequeños, como Cupido, Perdita y Mab, exploramos si sufrieron impactos que resultaron en su fragmentación. A partir de este análisis, restringimos las edades de estos objetos y la distribución de cráteres correspondiente. En la actualidad, los únicos conteos de cráteres disponibles sobre estos satélites están basados en las imágenes tomadas por la misión *Voyager 2*, por lo cual la comparación entre nuestros conteos teóricos y los observados pudo realizarse únicamente en los cinco satélites clásicos.

---

RESUMEN ORAL 22

## Estudio de la distribución estacional, latitudinal y temporal del flujo entrante de meteoroides en

# Marte: estimación de la deposición de los metales ablacionados en la alta atmósfera.

Juan Diego Carrillo-Sánchez<sup>1,2</sup>, Diego Janches<sup>2</sup>, John M. C. Plane<sup>3</sup>, Petr Pokorný<sup>1,4</sup>, Menelaos Sarantos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Catholic University of America, 620 Michigan Ave. N.E., Washington, DC 20064, USA

<sup>2</sup> ITM Physics Laboratory, NASA/Goddard Space Flight Center, Code 675, 8800 Greenbelt Road, Greenbelt, MD 20771, USA

<sup>3</sup> School of Chemistry, University of Leeds, Woodhouse Lane, Leeds LS2 9JT, UK

<sup>4</sup> Astrophysics Science Division, NASA/Goddard Space Flight Center, Code 667, 8800 Greenbelt Road, Greenbelt, MD 20771, USA

<sup>5</sup> Geospace Physics Laboratory, NASA/Goddard Space Flight Center, Code 673, 8800 Greenbelt Road, Greenbelt, MD 20771, USA

## Resumen - Resumo

Las partículas de polvo interplanetario son liberadas desde la superficie de los cometas y asteroides, y viajan a velocidades orbitales mientras son sometidas a procesos como el efecto Poynting-Robertson, la presión de radiación y el viento solar. Como consecuencia, las partículas finalmente sublimarán, serán eyectadas fuera del sistema solar, o impactarán en algún cuerpo del sistema solar debido a la atracción gravitacional. En este último caso y en aquellos objetos con una atmósfera suficientemente densa, los meteoros se calentarán debido a la fricción con las moléculas del aire, y terminarán liberando los átomos e iones contenidos en sus minerales constituyentes. El fenómeno por el que un meteorito se calienta hasta alcanzar la temperatura de fusión y que conduce a la consiguiente liberación de átomos metálicos – como el Mg, Si, Fe, Na o Ni - se conoce como ablación química. De este modo, la cantidad de metales liberados en la atmósfera y la fracción ablacionada de un meteorito dependen, en última instancia, de la masa, velocidad y ángulo de entrada.

La sonda MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution) de la NASA ha analizado la composición de la atmósfera marciana desde 2014, y ha podido detectar y estudiar por primera vez la evolución de un elemento metálico,  $Mg^+$ , en una atmósfera diferente a la terrestre. Sin embargo, para entender los procesos químicos y físicos que tienen lugar en la capa permanente de metales en la alta atmósfera, es necesario el desarrollo de un modelo que permita estimar la densidad y distribución de los metales inyectados por ablación.

En el presente estudio, mostramos los resultados del modelo más reciente capaz de reproducir la distribución y variación temporal, estacional y latitudinal de la ablación meteórica en la atmósfera marciana. Por este motivo, hemos combinado tres modelos: 1. La versión más reciente del modelo de la nube zodiacal (Zodiacal Cloud Model, ZCM), que proporciona las distribuciones de masa, velocidad, y radiantes de partículas sub-milimétricas para cuatro poblaciones de meteoroides – la familia de cometas de Júpiter, JFC, los cometas de tipo Halley, HTC, la nube de Oort, OCC, y asteroides del cinturón principal, AST; 2. La función de entrada de meteoros (Meteor Input Function, MIF), que proporciona por primera vez una descripción completa de la evolución temporal

y orbital de los flujos globales de meteoros en diversas atmósferas planetarias en coordenadas locales; y 3. El modelo de ablación meteórica (The Chemical Ablation Model, CABMOD), capaz de estimar el perfil de inyección de 10 elementos químicos – Mg, Si, Fe, Ca, Al, Ti, Na, K, Ni, y P – asumiendo dos fases minerales inmiscibles, olivino y metálica.

En resumen, el modelado arroja los siguientes resultados:

- **Tamaño promedio de partícula y distribución de velocidades.** La distribución de tamaños y velocidades para JFC y AST muestran una marcada dependencia temporal. Por el contrario, en el caso de HTC, las partículas más pequeñas y veloces suelen impactar siempre entre las 3 y las 9 horas (LTST), mientras que los meteoroides más pesados y lentos suelen entrar entre las 15 y las 24 horas.
- **Máxima masa total entrante y máximo ablacionado.** El flujo total de masa alcanza su máximo entre el invierno en el hemisferio norte (longitud solar,  $L_s = 270^\circ$ ) y el primer cruce con el plano de la eclíptica ( $L_s = 325^\circ$ ). Asimismo, la masa total liberada por ablación alcanza el máximo entre el perihelio ( $L_s = 251^\circ$ ) y el invierno en el hemisferio norte ( $L_s = 270^\circ$ ).
- **Contribución de las poblaciones a la masa total de entrada y ablacionada.** JFC es el mayor contribuyente al flujo global con hasta un 56 % en el primer ( $L_s = 144^\circ$ ) y segundo ( $L_s = 325^\circ$ ) encuentro con el plano de la eclíptica, concentrándose mayoritariamente en latitudes ecuatoriales. En términos de ablación química, HTC es el mayor contribuyente en hasta un 93 %.
- **Distribución temporal de los perfiles de ablación.** La ablación en Marte se localiza principalmente entre 110 km y 70 km, y entre las 0 y las 12 horas. Los elementos volátiles, como Na y K, suelen ablacionar a una altura entre 100 km y 90 km, mientras que los componentes principales – Mg, Si, y Fe – se localizan 10 km por debajo.

---

RESUMEN ORAL 23

## Red de detección de bólidos BOCOSUR - Principales resultados y perspectivas

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

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

Se presenta el estado actual de la Red de Detección de Bólidos BOCOSUR, que se está desplegando en distintas localidades de Uruguay, así como algunos resultados preliminares y productos desarrollados. La red consiste en un conjunto de estaciones de diseño propio. Cada una contiene una cámara CCTV de alta sensibilidad (Watec 902H2 Ultimate), lente ojo de pez ( $FOV \approx 180$  deg), sistemas de prevención de rocío y PC, todo albergado dentro de un gabinete estanco. Las estaciones corren una aplicación también de desarrollo propio, que detecta, almacena y envía por FTP a un servidor central los videos de una noche. Los bólidos detectados son posteriormente procesados con otra aplicación, también desarrollada localmente, que permite realizar la astrometría y fotometría del evento.

Las estaciones se han instalado en varios institutos públicos de enseñanza secundaria del país. Actualmente la red cuenta con 6 estaciones operativas y 1 en proceso de instalación. Durante todas las etapas de despliegue (montaje de equipos, instalación, operación y mantenimiento) se busca la participación activa de agentes educativos locales (docentes y estudiantes de secundaria), así como de estudiantes de grado de la Licenciatura en Astronomía que junto a docentes del Departamento conforman el staff estable del proyecto.

El objetivo general del proyecto es consolidar un grupo de investigación, fuertemente comprometido con la extensión universitaria, que contribuya a la caracterización de la actividad meteórica a nivel regional. Asimismo, se busca involucrar a comunidades educativas locales, con un enfoque de ciencia ciudadana.

Se presentará una breve descripción de la red, de las aplicaciones de detección y postprocesamiento desarrolladas, así como de algunos datos primarios en base a detecciones realizadas a la fecha.

---

RESUMEN ORAL 24

## Un modelo semianalítico espacial para resonancias planetarias

Tabaré Gallardo<sup>1</sup>, Cristián Beaugé<sup>2</sup>, Cristian Giuppone<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Córdoba, Observatorio Astronómico - IATE, Argentina

### Resumen

Existe una diferencia fundamental entre un asteroide en resonancia con un planeta y las resonancias entre planetas. En el primer caso sólo el asteroide siente el efecto de la resonancia mientras que en el segundo los dos cuerpos masivos sienten los efectos dinámicos de la resonancia. Esto cambia radicalmente el concepto de resonancia, por ejemplo, ya no hay resonancias interiores o exteriores y

las propiedades de las resonancias asteroidales cambian completamente. Presentamos un modelo (Gallardo, Beaugé, Giuppone, *Astronomy and Astrophysics*, 646, A148, 2021) que permite describir todas las propiedades de las resonancias entre planetas con cualquier excentricidad e inclinación: localización, fuerzas, anchos, puntos de equilibrio, estabilidad y periodos de libración. En particular es muy simple obtener los dominios de las resonancias en los espacios  $(a, e)$  y  $(a, i)$ . Este modelo también se aplica a planetas en resonancia con un sistema estelar binario y puede extenderse a resonancias entre satélites.

---

RESUMEN ORAL 25

## **SOBRE O DESTINO DOS NEOS: EVOLUÇÃO DINÂMICA E TEMPOS DE VIDA**

Othon Winter<sup>1</sup>, Luana Liberato<sup>1,2</sup>, Rosana Araujo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Guaratinguetá, Brasil

<sup>2</sup> Observatório de La Cote D'Azur, Nice, França

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, Brasil

### **Resumen - Resumo**

No sistema solar, os pequenos corpos estão distribuídos em diversos bolsões, como o cinturão principal de asteróides (MB), os cometas da família de Júpiter (JFC), os centauros, objetos transnetunianos (TNO) e os objetos próximos à Terra (NEO). Diversos estudos mostraram que corpos são removidos do cinturão principa em direção aos NEOs. Outros estudos mostraram que corpos vindos dos TNOs podem migrar para centauros e eventualmente chegar à região dos NEOs. Além disso, o tempo de meia vida dos NEOs é curto, sendo estimado em 10 milhões de anos. Assim sendo, em geral, tem-se uma imagem de que se tornar um NEO pode corresponder a entrar no estágio final da vida de um pequeno corpo.

No presente trabalho revisitamos a evolução dinâmica dos NEOs procurando por rotas e escalas de tempo de seus destinos. Para tal, adotamos 5355 NEOs reais (aqueles com diâmetros maiores que 300 m) em integrações numéricas de

um sistema que inclui o Sol e os oito planetas, por um tempo de até 100 milhões de anos. Ao longo das simulações monitoramos quando os corpos deixaram de ser NEOS, se deslocando para outras regiões. Identificamos que apenas 15% dos NEOs não deixam de ser NEOs até o final das integrações.

A estatística da primeira transferência dos NEOs resultou em 53% se deslocando para JFC e 15% se deslocando para MB, que ocorreram em escalas de tempo de 3,5 milhões de anos e 2 milhões de anos, respectivamente. Na segunda transferência, aproximadamente 1/5 dos NEOs que haviam migrado para JFC se deslocaram para centauro, e aproximadamente 1/4 se tornaram corpos do cinturão principal. Por outro lado, mais de 80% dos NEOs que haviam migrado para o cinturão principal se deslocaram para JFC na segunda transferência. Nossos resultados mostraram que 1/3 dos NEOs estudados encerraram sua vida em outras regiões (MB, JFC or Centaur). No que se refere à meia vida, obtivemos valores em torno de oito milhões de anos.

---

RESUMEN ORAL 26

## CADEIAS RESSONANTES LAPLACIANAS DE EXOPLANETAS

Sylvio Ferraz-Mello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Astronomia, Universidade de São Paulo

### Resumen - Resumo

Os catálogos de exoplanetas descobertos registram atualmente 4870 companheiros planetários (planetas e anãs marrons), dos quais 965 em 265 sistemas com pelo menos 3 planetas. Eles apresentam extraordinária diversidade e muitos desses sistemas são exemplos de soluções particulares do problema gravitacional de N corpos, naturalmente engendrados. Entre eles, vários mostram ressonâncias de três corpos do tipo Laplaciano. As cadeias ressonantes Laplacianas são a extensão a 3 planetas das ressonâncias com corrotação apsidal evidenciadas e estudadas pelo grupo USP/UNC no início do século. A teoria de Laplace permite o estudo detalhado das cadeias ressonantes Laplacianas e, por extensão dos pares de planetas em ressonância com corrotação apsidal. Apresentaremos os resultados da teoria e aplicações a vários sistemas compactos de exoplanetas com ênfase em GJ 876.

---

RESUMEN ORAL 27

# Classificação de exoplanetas por meio de variações de tempo de trânsito utilizando Machine Learning

Marco A. Petersem-Domingues<sup>1</sup>, Fernando Roig<sup>1</sup>, Ximena Saad-Olivera<sup>1</sup>

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

## Resumen - Resumo

Neste trabalho treinamos um algoritmo baseado em redes neurais convolucionais profundas, com o objetivo de inferir a massa e o período de exoplanetas num sistema planetário. Para isto, produzimos curvas de trânsito, denominadas de *river-plots*, a partir da síntese em larga escala de sistemas planetários fictícios, visando o aprendizado, por parte do algoritmo, dos padrões presentes nas variações do tempo de trânsito (TTV) de um planeta transitante, causadas por outros planetas presentes no sistema mas que não transitam. Nossa análise discute a inclusão no modelo aprendido de fatores presentes nas curvas de luz, tais como o *limb-darkening* e o ruído decorrente da atividade estelar, procurando mitigar o impacto dos mesmos sobre a capacidade preditiva do algoritmo. Testamos algoritmos baseados em redes neurais convolucionais com arquiteturas diferentes, para classificação de período e massa de planetas não-transitantes em sistemas planetários simples, constituídos por uma estrela hospedeira e apenas dois planetas, um que transita e outro que não. Nos modelos, a massa e o raio estelar e a massa e os parâmetros orbitais do planeta transitante são fixos, enquanto que, inicialmente, a massa e o período do planeta não transitante são livres. Posteriormente, fomos ampliando progressivamente o número de graus de liberdade do problema, variando outros elementos orbitais do planeta não transitante. Para produzir os *river-plots*, utilizamos um script em Python acoplado a um algoritmo para o cálculo de TTVs baseado no integrador simplético SWIFT (Saad-Olivera et al., 2017). Os melhores resultados são obtidos a partir dos testes realizados com a rede ResNet50, com 23 milhões de parâmetros e configurada para 4 classes de massa e 8 classes de período do planeta não transitante, perfazendo um total de cerca de 36 mil curvas de luz sem ruído. As classes são determinadas a partir de populações balanceadas, cuja distribuição foi inspirada em sínteses populacionais como as propostas por Mordasini (2018), além de Zeng et al. (2019). Os testes usaram como referência o planeta Kepler-101 b. Obtivemos acurácias de teste médias de 38,77% para a massa e 63,28% para o período, quando empregamos o máximo número de graus de liberdade, podendo alcançar 72,6% para a massa e 99,4% para o período, com apenas a massa e o período livres. Com este tipo de processo, buscamos desenvolver formas automatizadas de inspeção de curvas de luz observadas por missões de detecção de exoplanetas, de modo a otimizar a velocidade de análise do imenso volume de dados que será produzido pelos vários levantamentos astronômicos nos próximos anos.

# EL EFECTO DE LA MIGRACIÓN DE MIMAS EN EL MOVIMIENTO RESONANTE DE PEQUEÑAS LUNAS DE SATURNO

Adrián Rodríguez<sup>1</sup>, Nelson Callegari Jr.<sup>2</sup>, Karyna Gimenez<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil

## Resumen - Resumo

Mimas es el menor de los satélites medianos del sistema de Saturno. Se destaca por su movimiento resonante con otros tres satélites pequeños (del orden de pocos km), Aegaeon (7/6), Methone (14/15) y Anthe (10/11). La dinámica orbital de estas tres resonancias ha sido estudiada en trabajos recientes (Callegari & Yokoyama 2020, Callegari et al. 2021, Rodríguez & Callegari 2021). La interacción a través del efecto de marea entre Mimas y Saturno produce expansión orbital del satélite en escalas de tiempo que dependen críticamente del modelo utilizado para la inclusión de las mareas. A lo largo de su proceso migratorio, Mimas atravesó diversas resonancias de movimientos medios con los tres satélites pequeños hasta alcanzar las configuraciones resonantes actuales. En este trabajo investigamos el movimiento orbital de Aegaeon, Methone y Anthe para diferentes valores de semieje, excentricidad e inclinación de Mimas de forma consistente con la evolución por efecto de marea. El análisis de las simulaciones numéricas, mediante la construcción de mapas dinámicos, revela ambientes complejos para el movimiento de Aegaeon, Methone y Anthe. Durante la expansión orbital de Mimas durante la edad de los pequeños satélites (unos pocos cientos de millones de años), resonancias significativas con Mimas son atravesadas. La inclusión del efecto dinámico de la resonancia 4/2 entre Mimas y Tethys no altera los resultados de forma sustancial.

---

RESUMEN ORAL 29

## ENCUENTROS CERCANOS ENTRE BINARIOS TRANS-NEPTUNIANOS

López María C.<sup>1</sup>, Brunini Adrián<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astrofísica La Plata, CCT CONICET La Plata

<sup>2</sup> Universidad Nacional de la Patagonia Austral, CONICET

Resumen

Hace casi tres décadas, se llevó a cabo el avistamiento de un objeto helado que cambió por completo la perspectiva de trabajo respecto del sistema solar exterior. Este cuerpo, junto con otros miles observados en la región en los últimos tiempos, son parte de una gran población denominada objetos trans-Neptunianos. Una notable característica de la misma, es la fracción de objetos binarios que presenta y según las evidencias actuales, esta fracción habría sido prácticamente total en sus orígenes.

Gracias a la gran distancia que los separa del Sol, se especula que los objetos de esta región son en realidad primigenios, conservando información del ambiente físico y dinámico en el que se formaron y posibilitando así la elaboración de modelos más precisos de formación del sistema planetario. La estructura del cinturón de Kuiper, con sus distintas poblaciones y peculiaridades, muestra la evolución dinámica que ha atravesado la región. Procesos tales como los encuentros cercanos y/o colisiones, habrían sido recurrentes en las primeras etapas de formación del sistema solar exterior, moldeando de esta manera las órbitas de los binarios trans-Neptunianos hasta la disposición que en la actualidad observamos.

En nuestro trabajo presentamos los resultados obtenidos a partir de un modelo que evalúa los cambios orbitales exhibidos luego de un encuentro cercano entre sistemas binarios con características típicas de la región trans-Neptuniana.

---

RESUMEN ORAL 30

## EVOLUCIÓN COLISIONAL DE AGREGADOS DE POLVO

Belén Planes<sup>1,2</sup>, Emmanuel Millán<sup>2,3</sup>, Eduardo Bringa<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza, Argentina

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCuyo, Argentina

<sup>4</sup> Centro de Nanotecnología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Chile.

### Resumen - Resumo

Las colisiones entre agregados granulares son comunes en discos de formación planetaria. Comprender la dependencia del resultado con las propiedades de los agregados (porosidad, composición, morfología, tamaños, etc.) y de la misma colisión (velocidad, parámetro de impacto, etc.) es relevante para poder determinar las condiciones que posibilitan la aglomeración del polvo, lo que llevaría a la formación de agregados mayores (precursores de pebbles y planetesimales), proceso que actualmente no está totalmente comprendido. Utilizando simulaciones de mecánica granular con DEM (Discrete Element Method) hemos investigado varias de estas dependencias para choques de agregados de sílica, compuestos por granos individuales de tamaño sub-micrón. Basados en estos resultados hemos desarrollado un código de Monte Carlo que simula la evolución

de una población de agregados luego de que un cierto número dado de colisiones al azar ocurren entre ellos; esto nos permite obtener las distribuciones finales de masas, tamaños y porosidades de esta población. Nuestros resultados muestran que hay gran producción de monómeros y dímeros; y que la compactación promedio de la población puede aumentar considerablemente. Las distribuciones de masas y tamaños muestran dependencias tipo leyes de potencias, cuyos exponentes coinciden razonablemente bien con los coeficientes derivados observacionalmente. Consideramos que este código es una herramienta relativamente simple, pero que permitiría al usuario modelar distintos objetos en varias etapas evolutivas, según las condiciones que se ingresen en la simulación.

---

RESUMEN ORAL 31

## **Estudio de los cambios de la distribución de propiedades espectrales de Familias dinámicas de asteroides tipo S con la edad**

E.Tello<sup>1,2</sup>, M. Melita<sup>1,2</sup>, Z. Kaňuchová<sup>3</sup>, R. Brunetto<sup>4</sup>, G. Strazzulla<sup>5</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> Astronomical Institute of Slovak Academy of Sciences, SK-059 60 Tatranská Lomnica, Slovakia  
<sup>4</sup> Institut d'Astrophysique Spatiale, CNRS, UMR-8617, Université Paris-Sud, bâtiment 121, F-91405 Orsay Cedex, France  
<sup>5</sup> INAF-Osservatorio Astrofísico di Catania, Via S. So a 78, I-95123 Catania, Italy

### **Resumen**

El cambio de la pendiente de la distribución espectral con la edad de las familias dinámicas de tipo S, causada por el efecto acumulativo de la irradiación cósmica, está bien establecido para familias dinámicas de tipo S por diversos autores. Nosotros notamos que si hay variedad en la composición de la superficie primordial, entonces la escala de tiempo típica, que determina la velocidad de ese cambio, va a tener un rango de valores como consecuencia de esa diversidad y desarrollamos un modelo de tipo Montecarlo para determinar cómo es el cambio del sesgo de la distribución en el tiempo debido a ese efecto. Entonces, así como el valor medio de la distribución de pendientes de la distribución espectral tiende a ser más pronunciado (más rojo) con el paso del tiempo, también debería desarrollarse un sesgo progresivo en esa distribución. Utilizando colores SDSS-MOC-4 y NEOWISE R-albedos, determinamos que miembros de las familias de tipo S con albedos conocidos por NEOWISE poseen albedos y colores

típicos de ese tipo espectral, tanto en las familias definidas por Nesvorny et al. (2015) como por Spoto et al. (2015). Reteniendo sólo miembros con albedos y colores en el rango característico de los cuerpos de tipo S, corroboramos el cambio de la distribución espectral con la edad y comparamos nuestros resultados con estimaciones anteriores. Utilizando sólo los miembros “verdaderos” de tipo S, también encontramos una correlación significativa entre algunos parámetros de estimación del sesgo y la edad. En conclusión, nuestros resultados ofrecen evidencia adicional de los efectos de la radiación cósmica en superficies asteroidales y proporcionan nuevas formas posibles de determinar la edad de las familias dinámicas de tipo S.

---

RESUMEN ORAL 32

## *Cronomoons: origin, dynamics, and light-curve features of ringed exomoons*

Mario Sucerquia et al.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física y Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, 5030 Casilla, Valparaíso, Chile

<sup>2</sup> Núcleo Milenio Formación Planetaria - NPF, Universidad de Valparaíso, Av. Gran Bretaña 1111, Valparaíso, Chile

### Resumen - Resumo

In recent years, technical and theoretical work to detect moons and rings around exoplanets has been attempted. The small mass/size ratios between moons and planets means this is very challenging, having only one exoplanetary system where spotting an exomoon might be feasible (i.e. Kepler-1625b i). In this work, we study the dynamical evolution of ringed exomoons, dubbed *cronomoons* after their similarity with Cronus (Greek for Saturn), and after Chronos (the epitome of time), following the Transit Timing Variations (TTV) and Transit Duration Variation (TDV) that they produce on their host planet. *Cronomoons* have extended systems of rings that make them appear bigger than they actually are when transiting in front of their host star. We explore different possible scenarios that could lead to the formation of such circumsatellital rings, and through the study of the dynamical/thermodynamic stability and lifespan of their dust and ice ring particles, we found that an isolated *cronomoon* can survive for time-scales long enough to be detected and followed up. If these objects exist, *cronomoons*' rings will exhibit gaps similar to Saturn's Cassini Division and analogous to the asteroid belt's *Kirkwood gaps*, but instead raised due to resonances induced by the host planet. Finally, we analyse the case of

Kepler-1625b i under the scope of this work, finding that the controversial giant moon could instead be an Earth-mass *cronomoon*. From a theoretical perspective, this scenario can contribute to a better interpretation of the underlying phenomenology in current and future observations.

---

RESUMEN ORAL 33

## **Evolución secular de cuerpos menores resonantes: enfoque semi-analítico para excentricidades arbitrarias**

Juan Pons<sup>1</sup>, Tabaré Gallardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

### **Resumen**

En este trabajo estudiamos la evolución secular de una partícula (masa  $m \sim 0$ ) en una MMR (*Mean Motion Resonance*) de amplitud de libración cero con un planeta de masa  $m_p$ , ambos orbitando una estrella de masa  $m_s$ . Consideramos el problema plano pero no se imponen restricciones a la excentricidad  $e$  de la partícula ni a la del planeta.

La metodología utilizada se basa en un modelo semi-analítico (Gallardo 2020) que consiste en calcular numéricamente la función perturbadora resonante promediada  $\mathcal{R}$  y en el uso del principio del invariante adiabático, el cual permite predecir el comportamiento a largo plazo. Encontramos numéricamente los puntos de equilibrio en el espacio  $(\sigma, e, \varpi)$  lo que nos permite construir una superficie en ese espacio que contiene las curvas de contorno dadas por el valor del hamiltoniano  $\mathcal{H}$ .

Esta técnica nos permite hallar los puntos ACR (*Apsidal Corotation Resonance*) del sistema y encontrar aquellas trayectorias que incrementan notablemente  $e$ . Aplicamos esto a la MMR 2:1 en general y en particular al caso del hipotético planeta 9 obteniendo trayectorias que podrían excitar objetos de bajas  $e$  hasta valores cercanos a 1, pudiendo entonces este mecanismo ser el responsable de alguno de los TNO distantes de alta  $e$  observados actualmente. Todos los resultados son comprobados mediante integraciones numéricas de las ecuaciones exactas de movimiento.

---

RESUMEN ORAL 34

## **Identificação e caracterização de asteroides binários próximos da Terra pelo projeto IMPACTON**

Filipe Monteiro<sup>1</sup>, Daniela Lazzaro<sup>1</sup>, Eduardo Rondón<sup>1</sup>, Marçal Evangelista<sup>1</sup>,  
Plícida Arcoverde<sup>1</sup>, Teresinha Rodrigues<sup>1</sup>, José Silva-Cabrera<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México  
(IA-UNAM), Ensenada, México

## Resumen - Resumo

A identificação de sistemas binários entre os asteroides em órbitas próxima da Terra (NEOs) tem crescido bastante nos últimos anos, sobretudo por conta do aumento do número de curvas de luz fotométricas e das detecções feitas a partir das observações de radar. Neste contexto, o conhecimento das características físicas e orbitais desses sistemas é fundamental para alcançar uma melhor compreensão da formação e evolução desses objetos. Além disso, asteroides binários fornecem condições únicas para derivar a densidade e as massas dos componentes a partir da Terra, permitindo investigar melhor a estrutura interna e a composição dos asteroides. No âmbito do projeto IMPACTON, foram obtidas curvas de luz para cerca de 100 NEOs com o telescópio de 1 m do Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI) entre 2012 e 2020. Para identificar e estudar sistemas binários próximos da Terra, nós selecionamos 30 NEOs com período de rotação determinados entre 2 e 3 horas e amplitudes de curva de luz menores do que 0,3 mag. Objetos com esse intervalo de rotação rápido são mais suscetíveis a produzir satélites e, portanto, são considerados candidatos a binários. Até o momento, 12 possíveis binários foram identificados entre os rápidos rotadores selecionados. Esses binários suspeitos mostraram um período secundário ou um único evento mútuo sobrepostos em suas curvas de luz. Entre os possíveis binários identificados estão os asteroides potencialmente perigosos (PHAs) (12538) 1998 OH, (243566) 1995 SA, (251346) 2007 SJ e 2015 FS332, para os quais apresentaremos suas curvas de luz. Alguns sistemas binários confirmados também foram observados, como o binário 2017 YE5. Observações fotométricas desse sistema foram feitas no Brasil e, também, na Austrália e no México durante a sua aparição em 2018. Essas observações permitiram confirmar o período orbital e, também, derivar um período secundário no sistema. Vale ser ressaltado que o albedo e o espectro fotométrico derivados para o binário 2017 YE5 indicam que ele pode ter uma origem cometária, contribuindo para a identificação de possíveis cometas extintos na região dos NEOs.

---

RESUMEN ORAL 35

## O sistema de Chariklo a partir de ocultações estelares.

Bruno Eduardo Morgado<sup>1,2,3</sup>, Bruno Sicardy<sup>1</sup>, Felipe Braga Ribas<sup>4,3,2,1</sup>,  
Josselin Desmars<sup>5,6,1</sup>, Altair R. Gomes Júnior<sup>7,2</sup>, Equipe LuckyStar<sup>1-11</sup>,  
Observadores<sup>0</sup>

<sup>1</sup> LESIA, Observatório de Paris-Meudon

<sup>2</sup> LineA e INCT do e-Universo

<sup>3</sup> Observatório Nacional

<sup>4</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná

<sup>5</sup> Institut Polytechnique des Sciences Avancées

<sup>6</sup> IMCCE, Observatório de Paris-Meudon

<sup>7</sup> Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia - UNESP

<sup>8</sup> Observatoire de la Côte d'Azur

<sup>9</sup> Universidad de Chile

<sup>10</sup> UFRJ/Observatório do Valongo

<sup>11</sup> Instituto de Astrofísica de Andalucía

## Resumen - Resumo

O Centauro (10199) Chariklo é um pequeno corpo do Sistema Solar de especial interesse devido a presença de seu sistema de anéis. Este sistema de anéis foi o primeiro a ser descoberto em um pequeno corpo e sua descoberta, em 2013, ocorreu a partir da técnica de ocultação estelar e confirmada por outras ocultações entre 2013 e 2016. Uma ocultação estelar é quando um objeto do Sistema Solar passa na frente de uma estrela para um observador na Terra. Essa técnica nos permite determinar a forma e o tamanho do objeto de interesse com uma precisão na ordem do quilômetro, além de posições, presença de atmosferas, anéis, topografia, etc.

Após o lançamento do catálogo Gaia DR2 e de sucessivas observações de ocultações, a efeméride de Chariklo foi atualizada permitindo atingir uma precisão melhor que cinco milissegundo de arco (*mas*) nos dias de hoje. Isto permitiu a organização de campanhas observacionais bem sucedidas na Namíbia (22/06/2017), América do Sul (23/07/2017) e La Réunion (08/08/2019). Estas foram as primeiras ocultações por Chariklo já observadas com mais de três cordas sob o corpo principal. Neste trabalho vamos apresentar parâmetros físicos de Chariklo e de seu sistema de anéis que foram obtidos a partir de ocultações estelares entre 2013 e 2020. Os parâmetros obtidos neste trabalho podem ser utilizados para restringir os modelos dinâmicos e assim contribuir para o entendimento da formação e evolução deste sistema.

---

RESUMEN ORAL 36

## Escape de fragmentos de Ceres y Vesta

Patricio Zain<sup>1,2</sup>, Gonzalo de Elía<sup>1,2</sup>, Romina Di Sisto<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata-CONICET-UNLP

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata

## Resumen - Resumo

Ceres y Vesta han sido impactados por cuerpos de distintos tamaños y regiones de origen a lo largo de la historia del Sistema Solar. La historia colisional de ambos cuerpos fue ampliamente estudiada en nuestro trabajo previo Zaín et al. (2021), en el que mostramos que miles de fragmentos de tamaño kilométrico habrían sido eyectados de ambos cuerpos. El estudio del destino de dichos fragmentos es relevante en el contexto de que no se ha detectado una familia de asteroides asociada a Ceres pero, de acuerdo a Carruba et al. (2016), fragmentos de Ceres podrían haber sido inyectados en la región Prístina. Dicha región está ubicada entre las resonancias 5:2 y 7:3 y propone que podrían aún sobrevivir allí remanentes de una familia antigua para ser detectados. Por otro lado, Vesta tiene una familia de asteroides asociada, la cual fue ampliamente estudiada y catalogada, y además la misión Dawn comprobó que es la fuente de meteoritos HED. Por lo tanto, no solo es interesante plantear la posible existencia de una familia de Ceres, sino también si podrían haber meteoritos que provengan de Ceres. Entonces, un primer paso para tratar el problema de si fragmentos de Ceres y Vesta podrían llegar a ser fuente de meteoritos en la Tierra es analizar la factibilidad de que Ceres y/o Vesta puedan ser fuente de NEAs.

En esta charla presentamos el resultado de simulaciones de  $N$ -cuerpos, desarrolladas con el código MERCURY, con el objetivo de estudiar la evolución dinámica de fragmentos eyectados de Ceres y Vesta de manera isotrópica tras un gran impacto. En particular, consideramos la evolución dinámica de fragmentos de tamaño multikilométrico, de forma tal que no se vean afectados de manera significativa por el efecto Yarkovsky. Determinamos, para los fragmentos de eyectados de ambos cuerpos, su distribución espacial en el Cinturón de Asteroides, sus regiones de residencia. Además, buscamos identificar las rutas de escape del Cinturón, el aporte de fragmentos de ambos cuerpos a las regiones de NEAs, y las escalas de tiempo asociadas a dichas rutas. Por otro lado, comparamos nuestros resultados con la distribución de elementos orbitales de la familia de Vesta y los candidatos propuestos por Carruba et al. (2016) para una potencial familia de Ceres. Las simulaciones, hasta el momento de escribir este resumen, se han desarrollado por  $\sim 100$  millones de años.

---

RESUMEN ORAL 37

## Efectos de la relatividad general en la dinámica de partículas de la zona habitable bajo la influencia de un perturbador interno

Coronel Carla F.<sup>1,2</sup>, de Elía Gonzalo Carlos<sup>1,2</sup>, Zanardi Macarena<sup>1,2</sup>, Dugaro Agustín<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata-CONICET-UNLP

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

Asumiendo sólo perturbaciones gravitatorias, partículas externas en el problema restringido elíptico de tres cuerpos pueden evolucionar manteniendo inclinaciones directas o retrógradas con circulaciones nodales, o mostrar oscilaciones del plano orbital entre valores directos y retrógrados con libraciones nodales. En este escenario, las inclinaciones de la partícula que llevan a libraciones nodales sólo dependen de la excentricidad del perturbador interno.

Aquí, analizamos la evolución dinámica de partículas externas en el problema restringido elíptico de tres cuerpos considerando efectos de relatividad general. Nuestros sistemas están compuestos por un perturbador interno localizado en 0.1 UA, y una partícula externa en la zona habitable (ZH) del mismo, alrededor de una estrella de tipo solar. Para llevar a cabo nuestro trabajo, desarrollamos dos estudios complementarios. Por un lado, realizamos un tratamiento analítico sobre las bases del hamiltoniano secular expandido hasta el orden cuadrupolar de la aproximación. Por otra parte, desarrollamos simulaciones numéricas de N-cuerpos con el fin de validar los resultados obtenidos con el tratamiento analítico.

A partir de esto obtuvimos los valores de la inclinación y excentricidad de la partícula que conducen a libraciones y circulaciones nodales de la misma en función de la excentricidad y de la masa del perturbador interno. Nuestros resultados muestran que cuanto menor es la masa del perturbador, mayor debe ser la excentricidad de la partícula para experimentar libraciones nodales. Además, en términos generales, cuanto mayor es la excentricidad del perturbador, más grande debe ser la excentricidad de la partícula para evolucionar con libraciones nodales. Finalmente, nuestro estudio nos ha permitido derivar una masa mínima del perturbador para la cual se podrían obtener libraciones nodales de la partícula para cualquier valor de su excentricidad.

Nuestros resultados indican que los efectos de la relatividad general juega un rol clave en la dinámica de partículas de prueba que evolucionan en la ZH bajo los efectos de un perturbador interno masivo.

---

RESUMEN ORAL 38

## EFFECTOS DE LOS VIENTOS DEL DISCO EN LA EVOLUCIÓN DE DISCOS PROTOPLANETARIOS

Elisa Castro Martínez<sup>1</sup>, Julia Venturini<sup>2</sup>, Octavio Guilera<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> International Space Science Institute, Suiza

<sup>3</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, Universidad Nacional de La Plata,  
Argentina

### Resumen

Los discos protoplanetarios influyen drásticamente el proceso de formación planetaria, afectando los tipos de planetas que puedan resultar en cuanto a masa, composición y arquitectura orbital, por ello la importancia de incorporar

nuevos efectos físicos en su modelado. Debido a la incertidumbre que existe en cuanto a los procesos que producen la disipación de los discos, además de los modelos de fotoevaporación, típicamente se utiliza un parámetro de disipación viscosa (parámetro de Shakura-Sunyaev) que permite reproducir los tiempos de vida de los discos, asumiendo una viscosidad turbulenta. La inestabilidad magnetorrotacional ocupa hoy el lugar principal en cuanto a las teorías sobre el origen de la turbulencia, aunque hay evidencias de que no sería suficiente para explicar por sí misma los tiempos evolutivos de los discos. Recientemente se han estudiado los efectos que pudieran tener los vientos del disco, generados por la inestabilidad magnetorrotacional, en su disipación y en la formación planetaria. En este trabajo se implementa numéricamente la evolución de un disco de gas por viscosidad turbulenta, fotoevaporación y vientos del disco, partiendo del código *PLANETALP*, reproduciendo los resultados obtenidos por Suzuki et al. (2016) y Kunitomo et al. (2020). Dichos resultados sugieren que los vientos tienen un efecto importante en la densidad superficial del gas, y podrían influir en la migración de planetas en formación, suprimiéndola en la región interna de los discos.

---

RESUMEN ORAL 39

## Formación de planetas rocosos en el límite subestelar

Mariana B. Sánchez<sup>1,2</sup>, Gonzalo C. de Elía<sup>1,2</sup>, Juan José Downes<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> Departamento de Astronomía, Facultad de Ciencias, Universidad de La República, Uruguay

### Resumen - Resumo

En los últimos años se han confirmado los primeros exoplanetas de tipo terrestre en torno a objetos de muy baja masa. Este hecho es relevante ya que las estrellas de baja masa son las más comunes en nuestra galaxia, y junto con las enanas marrones, los objetos más cercanos a nuestro Sistema Solar. Estos objetos de muy baja masa albergan planetas terrestres en órbitas muy cercanas a ellos, en particular en la zona habitable, lo que los convierte en blancos ideales para la búsqueda de vida en el entorno solar. Motivados por esto es que estudiamos la formación de planetas rocosos entorno a un objeto cerca del límite subestelar. Para ello desarrollamos simulaciones de N-cuerpos en las cuales incorporamos las interacciones de un disco de gas con una muestra de protoplanetas siguiendo dos prescripciones diferentes y basándonos en un modelo de disco standard. Nuestro modelo incluye además efectos de marea y relatividad general, así como también la evolución de la rotación del cuerpo central y su contracción en el tiempo durante los primeros 100 Myr. Los resultados muestran

que tanto la evolución dinámica de planetas rocosos, como sus arquitecturas resultantes, y en particular los candidatos a planetas potencialmente habitables, están fuertemente relacionados con cada prescripción utilizada para tratar las interacciones de los planetas con el gas del disco. Además, vemos como los efectos de marea juegan un rol principal en la población de planetas internos una vez que el gas se disipa del disco.

---

RESUMEN ORAL 40

## A eficiência dos mecanismos de migração de alta excentricidade na produção de candidatos a Júpiter quente

H. Garzón<sup>1</sup>, A. Rodríguez<sup>1</sup>, G. C. de Elía<sup>2,3</sup>

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

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, CCT La Plata-CONICET-UNLP, La Plata, Argentina

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), La Plata, Argentina

### Resumen - Resumo

Júpiteres Quentes (JQs) são planetas gigantes com períodos orbitais da ordem de alguns dias terrestres (semi-eixo maior de até 0,1 UA). Diversas teorias têm sido invocadas para explicar a origem desse tipo de planetas, sendo uma delas a migração pela maré de alta excentricidade. Nesse cenário, sistemas multiplanetários sofrem fortes instabilidades dinâmicas entre gigantes gasosos, permitindo que um ou mais deles atinjam altas excentricidades orbitais. A interação de maré entre o planeta e a estrela hospedeira posteriormente leva ao decaimento orbital, permitindo que o planeta seja transformado em um JQ. Nossa investigação se concentrou em seis tipos diferentes de mecanismos de alta excentricidade, a saber, o espalhamento planeta-planeta, coplanar, Lidov-Kozai, caos secular, mecanismos E1 e E2. Nós investigamos a eficiência desses mecanismos para a produção de candidatos a JQ, considerando um grande conjunto de simulações numéricas das equações exatas do movimento, no contexto do problema geral dos N corpos. Em particular, analisamos a sensibilidade de nossos resultados em relação ao número inicial de planetas, o semi-eixo maior inicial da órbita planetária mais interna, a configuração inicial das massas planetárias e a inclusão dos efeitos da relatividade geral. Descobrimos que o mecanismo E1 é o mais eficiente na produção de candidatos a JQ tanto em simulações com e sem a contribuição da relatividade geral, seguido pelos mecanismos Lidov-Kozai e E2. Nossos resultados também revelaram que, exceto para a configuração inicial na qual todos os planetas possuem a mesma massa, o mecanismo E1 foi notavelmente eficiente nas outras configurações iniciais de massa planetária consideradas neste trabalho. O presente trabalho nos permitiu aprimorar nosso entendimento

sobre a evolução dinâmica de sistemas que sofrem fortes eventos de instabilidade inicial entre planetas gigantes gasosos, explorando em detalhe a produção de candidatos a JQ via mecanismos de alta excentricidade.

---

RESUMEN ORAL 41

## **Modelado numérico de estructuras de polvo en cometas**

Romina S. Garcia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Ciencias Planetarias, Departamento de Geofísica y Astronomía, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan – CONICET

### **Resumen - Resumo**

En este trabajo se presenta un modelo numérico para el modelado de comas y colas de polvo de cometas. En dicho modelo, basado en el de Fulle (1989) y Moreno(2012) se introducen los parámetros de entrada (variables libres) y mediante el uso de un método Monte Carlo se eligen partículas de un tamaño y un tiempo de eyección previo y se calculan sus posiciones para finalmente situarlas en una imagen sintética (Jiménez-Fernández and Reach, 2009). Modificando los parámetros libres, se obtienen una serie de imágenes que se compararán con la imagen real hasta encontrar aquella que minimice  $\sigma^2$ . El propósito es reproducir estructuras de la coma y cola de polvo de cometas con la finalidad de obtener indirectamente información del núcleo del objeto. Además, se calcula también la pérdida de masa del objeto bajo estudio. Aquí se muestran los resultados de la aplicación de modelo a imágenes del cometa C/2013 US10 (Catalina) tomadas en 2015 en el Complejo Astronómico El Leoncito.

---

RESUMEN ORAL 42

## **Análise numérica de ressonâncias coorbitais no problema geral de três corpos**

Gabriel A. Caritá<sup>1</sup>, Alan C. Signor<sup>1</sup>, Maria Helena. M. Morais<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas

## Resumen - Resumo

Desde os primórdios da astronomia a dinâmica orbital possui grande relevância na compreensão do desenvolvimento do sistema solar. Atuais pesquisas demonstram um interesse crescente no estudo de órbitas com o movimento oposto aos demais e na verificação da existência de corpos em ressonâncias retrógradas, citando-se, como exemplo, a descoberta do asteroide 2015 BZ509 em ressonância retrógrada na região coorbital de Jupiter, sendo que, geralmente, os corpos com movimento retrógrado são capturados no sistema. Deste modo, é de se esperar que existam corpos em órbitas retrógradas em sistemas extrassolares. É de conhecimento comum que o número de exoplanetas descobertos orbitando sistemas estelares vêm crescendo de forma exponencial. Nesse sentido, foi desenvolvido um estudo numérico sobre a dinâmica orbital de sistemas planetários, considerando o problema geral de três corpos com diferentes razões de massa, a fim de observar a estabilidade e possíveis ressonâncias de movimento médio retrógradas de sistemas planetários extrassolares. Estudamos a estabilidade e as ressonâncias coorbitais de órbitas retrógradas próximas ao plano de sistemas planetários, com diferentes razões de massa e em diferentes configurações iniciais baseadas nos ângulos ressonantes retrógrados críticos. Os cálculos computacionais foram realizados utilizando o integrador numérico de n-corpos REBOUND. A estabilidade foi verificada através do indicador caótico MEGNO. Os resultados demonstraram a existência de famílias ressonantes retrógradas estáveis nos sistemas planetários de massas equiparáveis a joviana, saturniana, netuniana e suas razões. A dinâmica orbital dos sistemas planetários de ordem joviana estáveis foram verificadas para diferentes inclinações retrógradas.

- [1] Morais, Helena, and Fathi Namouni. *Nature* 543.7647 (2017): 635-636.
- [2] Rein, Hanno, and David S. Spiegel. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 446.2 (2015): 1424-1437.
- [3] Goździewski, K. *Astronomy & Astrophysics* 398.3 (2003): 1151-1161.

---

RESUMEN ORAL 43

## Um Estudo Fotométrico de Alguns Membros da População NEOs-Atiras.

Eduardo Rondón, Daniela Lazzaro, Jorge Carvano, Filipe Monteiro, Plicida Arcoverde, Marçal Evangelista, Jonatan Michimani, Wesley Mesquita, Teresinha Rodrigues

Observatório Nacional, Rio de Janeiro, Brazil.

## Resumen - Resumo

As observações dos objetos da população dos Atiras é um desafio para qualquer observatório devido a estreita janela de observação assim como a baixa altitude nas quais estes objetos podem ser observados. Isto se deve a que os

Atiras se encontram numa órbita interna à órbita da Terra. Neste trabalho apresentamos os resultados de uma campanha observacional fotométrica dos Atiras, realizado no Observatório Astronômico do Sertão de Itaparica (OASI), com o objetivo de determinar parâmetros físicos usando as curvas de luz rotacionais, as curvas de fase solar e os espectros fotométricos. Desta forma tem se determinado o período de rotação para os asteroides 163693 Atira, 413563 (2005 TG45) e 2017 YH. No caso do asteroide 163693 Atira temos encontrado um período de rotação  $P=3.1532\pm 0.0001$ , onde na curva de luz se observa uma estrutura similar à encontrada quando temos presença de um segundo objeto orbitando o objeto primário, como foi sugerido por observações de radar. Para os asteroides 163693 Atira, 413563 (2005 TG45), 481817 (2008 UL90) e 2018 JB3 foi possível determinar a magnitude absoluta e os coeficientes de fase. Os valores obtidos são similares aos asteroides observados em objetos com albedos intermediários ou baixos. Finalmente para o asteroide 163693 Atira, foi encontrado um espectro fotométrico característico de espectros sem banda, compatível com as classes  $C_P$ ,  $X_P$ ,  $D_P$ . Não foi observado nenhuma variação composicional superficial para este objeto.

---

RESUMEN ORAL 44

## Métodos Alternativos na Astrometria dos Satélites Principais de Urano

Marcelo Assafin<sup>1,2</sup>, Sérgio Santos Filho<sup>1,2,3</sup>, Bruno E. Morgado<sup>1,2,4</sup>, Roberto Vieira Martins<sup>4,2,1</sup>, Altair Ramos Gomes Júnior<sup>5,2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Federal do Rio de Janeiro, Observatório do Valongo, Brasil

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

<sup>3</sup> Centro de Educação a Distância RJ CECIERJ/CEDERJ, Brasil

<sup>4</sup> Observatório Nacional do Rio de Janeiro MCTI, Brasil

<sup>5</sup> GDOP UNESP Guaratinguetá (SP), Brasil

### Resumen - Resumo

A astrometria de alta precisão dos satélites de Urano é atualmente uma tarefa desafiadora. Nenhuma sonda orbitará o sistema antes de 2040 e os próximos fenômenos mútuos só ocorrerão em 2050. Urano passa por uma região do céu sem estrelas suficientes, tornando ocultações estelares raras e dificultando muito a astrometria CCD convencional mesmo com catálogos como o Gaia.

Neste contexto desenvolvemos 2 métodos de astrometria de alta precisão dos principais satélites de Urano sem usar estrelas de referência de catálogos. São as aproximações mútuas e a Astrometria Diferencial em Distância (ADD).

As aproximações mútuas consistem em medir as distâncias aparentes mínimas entre dois satélites no plano do céu. Usando o tempo GPS e as efemérides de outros satélites como referência ICRS, determinamos a escala de pixel e a partir daí o instante central, parâmetro de impacto e velocidade relativa, que podem ser usados como observáveis no cômputo de órbitas como nos fenômenos mútuos. O método (ver Santos Filho et al. 2019, MNRAS) confere posições relativas com 45 mas de precisão no sistema de Urano. Primeiramente aplicado aos satélites galileanos (Morgado et al. 2016, 2019, MNRAS), vem sendo bastante analisado na literatura (Emelyanov 2017 MNRAS; Fayolle, Lainey et al. 2021 A&A).

A ADD é um método totalmente original que consiste em medir curvas de distância, isto é, a evolução no tempo da razão de distâncias aparentes entre dois pares de satélites no plano do céu. De forma análoga as curvas de luz da fotometria diferencial de pequenos campos, os erros sistemáticos se cancelam conferindo curvas com dispersões da ordem de apenas 0.2%. Observáveis similares aos da astrometria CCD convencional são obtidos para o cômputo de órbitas, inclusive quanto ao número por observação devido as várias combinações possíveis de pares de satélites por campo.

Apresentamos resultados para mais 50 eventos observados até 2021 incluindo afastamentos máximos, além de curvas de distância de ADD. Testamos o filtro metano para diminuir a luz difusa de Urano retirada via coronagrafia digital. Todo o processamento foi feito com o pacote de astrometria e fotometria PRAIA.

---

RESUMEN ORAL 45

## **Kinetic Impact to Deflect a Dangerous Asteroid and Effects to Consider Over a Long Period.**

Bruno Chagas<sup>1</sup>, Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado<sup>2</sup>, Othon Cabo Winter<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Dinâmica Orbital & Planetologia, São Paulo State University - UNESP, Guaratinguetá, Brazil

<sup>2</sup> National Institute for Space Research, INPE, São José dos Campos-SP, Brazil

### **Resumen - Resumo**

The present work aims to study the use of a kinetic impact technique as a way to deflect asteroids that may present some risk of collision with the Earth at a given time. This is a very current topic of research and it is related to planetary defense. It has been receiving the attention of researchers worldwide. In the work to be developed here, intend to evaluate in more detail the possibility of deflecting the orbit of asteroid 101955 Bennu, taking into account specific aspects.

We find two possible forms of asteroid deflection most commonly mentioned: i) Deflection by kinetic impact, where through an impact on its surface, its velocity is changed and its trajectory is modified enough so that it does not occur the encounter with the Earth; ii) the use of a gravitational "tractor", which would consist of placing an object (another asteroid or part of an asteroid off course), close to the body that is approaching the Earth, so that this gravitational interference can deflect it from its trajectory.

We will address the deflect by kinetic impact scenario. Our intention is to understand how the gravitational perturbation affects the asteroid's orbit after impulses applied to it over a period of approximately 100 years.

For this work, we used velocity variations simulating an impact opposite to the direction of the asteroid's movement ( $\Delta v$  negative) and also in the same direction of movement of the asteroid ( $\Delta v$  positive). We also divided the impact point into 36 parts of the asteroid's orbital period to achieve greater precision in the results and also to reach the perihelion and aphelion points. At each position, we apply variations in velocity of asteroid from -50 mm/s to 50 mm/s with an increment of 10 mm/s.

---

RESUMEN ORAL 46

## OS CINCO MAIORES SATÉLITES DE URANO: OBSERVAÇÕES ASTROMÉTRICAS NO OBSERVATÓRIO DO PICO DOS DIAS ESPALHADAS POR 29 ANOS

Camargo, J.I.B.<sup>1,2</sup>, Veiga, C.H.<sup>1</sup>, Vieira-Martins, R.<sup>1,2</sup>, Fienga, A.<sup>3,4</sup>, and Assafin, M.<sup>5,2</sup>

<sup>1</sup> Observatório Nacional/MCTI, R. General José Cristino 77, CEP 20921-400 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup> Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia - LIneA, Rua Gal. José Cristino 77, Rio de Janeiro, RJ 20921-400, Brazil

<sup>3</sup> Géoazur-CNRS 7329, Observatoire de la Côte d'Azur, Valbonne, France

<sup>4</sup> IMCCE-CNRS 8028, Observatoire de Paris, Paris, France

<sup>5</sup> Observatório do Valongo/UFRJ, Ladeira do Pedro Antônio 43, CEP 20080-090 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

## Resumen - Resumo

Apresentamos a astrometria dos cinco maiores satélites de Urano a partir de observações realizadas no Observatório do Pico dos Dias (Brasil), com placas fotográficas e principalmente CCDs, espalhadas por quase três décadas. As estrelas de referência são oriundas do Gaia Early Data Release 3 permitindo, além de uma maior precisão, um maior número de posições dos maiores satélites em comparação com nossos trabalhos anteriores. De 1982 a 1987, as posições foram obtidas a partir de placas fotográficas. De 1989 até 2011, foram usados CCDs. Em média, obtivemos  $\Delta\alpha \cos \delta = -11 (\pm 52)$  milissegundos de arco e  $\Delta\delta = -14 (\pm 43)$  milissegundos de arco para as diferenças no sentido observação menos efemérides (DE435+ura111). Comparações com diferentes efemérides (DE440, INPOP21a, INPOP19a e NOE-7-2013-MAIN) e com resultados de ocultações estelares indicam um possível desvio na posição do baricentro do sistema de Urano com relação ao baricentro do Sistema Solar. No geral, nossos resultados são úteis para melhorar os modelos dinâmicos desses satélites bem como a órbita do próprio Urano. Em particular, uma atualização das efemérides planetárias INPOP, a INPOP21a, foi feita introduzindo-se nos ajustes da INPOP as posições dos satélites de Urano apresentadas neste trabalho.

---

RESUMEN ORAL 47

## Spectral and dynamical characterization of V-type asteroids in the middle-outer main belt

Tatiana A. Michtchenko<sup>1</sup>, Daniela Lazzaro<sup>2</sup>, Alessandra Migliorini<sup>3</sup>, and Maria Cristina De Sanctis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IAG, Universidade de Sao Paulo, Brazil

<sup>2</sup> Observatório Nacional, COAA, Rio de Janeiro, Brazil

<sup>3</sup> Institute of Space Astrophysics and Planetology, IAPS-INAF, Rome, Italy

## Resumen - Resumo

We present new ground-based observations of 23 putative V-type asteroids, selected according to color surveys in the visible and near-infrared. Seven asteroids have orbit semi-major axis 2:5 to 2:7 AU, while eight have a 2:7 AU.

For the observed asteroids we propose a taxonomical classification and confirm the basaltic nature for fifteen of them. The high-quality spectra in the UV

range, obtained with the X-Shooter spectrograph at ESO, allowed the identification in ten asteroids of the Fe<sup>2+</sup> forbidden transition of pyroxene, centred at 506.5 nm, which is diagnostic of the Ca-content in the pyroxene form. We propose a low Fe-content composition for asteroids (2452) Lyot, (5758) Brunini, (7675) Gorizia, (9197) Endo, (22308) 1990 UO4, (36118) 1999 RE135, (66905) 1999 VC160, and (189597) 2000 WG119, and a composition more rich in Fe for asteroids (75661) 2000 AB79 and (93620) 2000 UQ70.

We also present a dynamical investigation of V-type asteroids in the middle and outer main belt. The principal finding of these simulations is that the middle and outer V-types are more likely to be associated to some families, which were considered as possibly originated from the break-up of a partially or totally differentiated parent body by diverse studies, thus reinforcing the hypothesis that the identified V-type in the region were not originated from (4) Vesta and that the number of differentiated objects in the middle and outer main belt must have been much larger than previously assumed.

---

RESUMEN ORAL 48

## O efeito da fragmentação sobre a formação de super-Terras no cenário “Breaking The Chains”

Leandro Esteves<sup>1</sup>, André Izidoro<sup>2,1</sup>, Bertram Bitsch<sup>3</sup>, Seth A. Jacobson<sup>4</sup>, Sean N. Raymond<sup>5</sup>, Rogerio Deienno<sup>6</sup>, and Othon C. Winter<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Rice University, Houston (TX), USA

<sup>3</sup> Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg, Germany

<sup>4</sup> Université de Bordeaux, Laboratoire d’astrophysique de Bordeaux, CNRS, Pessac, France

<sup>5</sup> Michigan State University, East Lansing (MI), USA

<sup>6</sup> Southwest Research Institute, Boulder (CO), USA

### Resumen - Resumo

Planetas entre 1-4 raios da Terra com períodos orbitais >100 dias, conhecidos como super-Terras, são extremamente comuns. O modelo de migração propõe que as super-Terras migram para dentro e se acumulam na borda interna do disco protoplanetário em cadeias de ressonâncias de movimento médio. Após a dispersão desse disco de gás, as simulações mostram que as interações gravitacionais entre super-Terras podem quebrar naturalmente sua configuração ressonante, levando a uma fase tardia de colisões gigantes. A fase de instabilidade é a chave para reproduzir o espaçamento orbital dos sistemas observados. No entanto, a maioria das simulações anteriores modelou as colisões como eventos de acreção perfeita, ignorando a fragmentação. Neste trabalho, investigamos o impacto da acreção imperfeita no cenário do “Breaking The Chains”. Realizamos simulações de N-corpos a partir de distribuições de embriões planetários e modelamos os efeitos de acreção e migração de pebbles no disco. Simulamos

também a evolução dinâmica de longo período das super-Terras após a dissipação do disco. Realizamos e analisamos dois conjuntos de simulações: um conjunto considerando colisões como fusão perfeita, outro permitindo fragmentação durante as colisões. Concluimos que a acreção perfeita é uma aproximação adequada do ponto de vista dinâmico. Embora os eventos de fragmentação sejam comuns, apenas 10 % da massa do sistema é fragmentada numa típica “fase de instabilidade tardia”, com os fragmentos sendo principalmente reacretados pelos planetas sobreviventes. Esta massa total ejetada em fragmentos provou ser insuficiente para alterar qualitativamente a configuração dinâmica final dos sistemas - por exemplo, promovendo fricção dinâmica ou migração residual - em comparação com simulações onde a fragmentação é negligenciada.

---

RESUMEN ORAL 49

## Correcciones estadísticas del método de Gauss, para la inferencia de órbitas de cuerpos menores

Johana Murcia<sup>1</sup>, Nicolás Molina<sup>2</sup>, Nestor Méndez<sup>3</sup>, Camilo Delgado-Correal<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional

<sup>2</sup> Observatorio astronómico, Universidad Nacional de Colombia

<sup>3</sup> Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital FJC; Planetario de Bogotá

### Resumen - Resumo

El principal objetivo de esta propuesta es identificar, de los métodos más conocidos por la comunidad científica para definir la órbita de un cuerpo menor, cuál es el más apropiado según características orbitales que pueden conocerse mediante la observación, tales como el periodo orbital. Empleando métodos de mínimos cuadrados o analizando grados de correlación estadística entre distribuciones de puntos aleatorios cuya distancia a la órbita teórica (media de puntos de una distribución dada), establecida mediante la ecuación de Kepler, corregida según datos observacionales, se encuentra de todas las órbitas oscultrices de un asteroide, la que mejor se aproxime a la órbita teórica que determina el SMALL BODY CENTER DATABASE (NASA).

Podría decirse que el método consiste en una ampliación del procedimiento de Gauss para inferir elementos orbitales, de modo que se asienten las condiciones óptimas de observación (número de observaciones y fechas de observación), para optimizar los métodos de inferencia de órbitas actuales.

Sobre los datos observacionales, se emplean los de la base de datos del HORIZONS JPL de la NASA para los cuerpos 4 Vesta (A807 FA), 352214 Szczezin (2007 TY4) y 1566 Icarus (1949 MA) y se hace uso del lenguaje de programación Python para poder obtener los parámetros orbitales de cada uno de ellos y reconstruir su órbita. La razón de la escogencia de estos cuerpos es la diversidad

en las magnitudes de los parámetros orbitales particularmente en la inclinación.

Mediante un cruce de datos, con los parámetros orbitales del SMALL BODY CENTER DATABASE (NASA), se analizan los grados de eficiencia del método mediante comparación estadística con el método de vectores de estado entre elementos orbitales inferidos con el método implementado, y aquellos aceptados por la comunidad astronómica internacional.

En la primera fase de implementación del código encontramos que el método de Gauss tiene limitaciones a la hora de trabajar con órbitas cuyas inclinaciones son mayores a la unidad, estas se manifiestan con los valores inexactos de los elementos orbitales, en particular, la inclinación. Sin embargo, la inexactitud del cálculo de (i) genera rangos de error considerables en los otros elementos orbitales. El método en cuestión recopila esta información, con la cual se constituyen parámetros de control, que, mediante un ajuste estadístico de datos (mínimos cuadrados), permite reproducir órbitas con mayor grado de exactitud.

---

RESUMEN ORAL 50

## **Analysis of collisions between macroscopic bodies immersed in planetary rings with SPH**

Patricia Buzzatto<sup>1,2</sup>, Rafael Sfair<sup>1,2</sup>, Christoph Schaefer<sup>2</sup>

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

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

### **Resumen - Resumo**

Since the discovery of the Neptune's arcs in the Adams ring, several models have been developed to explain these azimuthally confined structures (e.g. Hubbard et al. (1986); Hedman et al. (2007, 2009); Madeira et al. (2018); Lattari (2019)). However, further efforts are still necessary to sufficiently resolve the arcs' production mechanisms to explain their compatible density with their brightness. collisional models based on N-body integrators partially explain these structures; however, they do not consider all of the bodies' internal physical properties. Therefore, models based on the SPH method are more indicated in treating such problems, because are considered the mutual interaction between the bodies, have a better computational resolution and also consider the physical properties of the bodies.

In this work, we analyzed the collision between bodies immersed in planetary rings and how some of their physical properties, such as fragmentation and porosity, can change the outcomes. Those properties cannot be handled by N-bodies simulations, making the use of SPH necessary to take into account effects of compression and fracture that depend on the strengths models. Since the outcome of a simulation run depends directly on strength models, it is essential to compare each model available to produce a meaningful result. The

planetary ring's expected physical properties (mixed ice-rock composition, high porosity, and low material strength) pose significant computational challenges, because it is necessary a method that allows detailed modeling of shock propagation and material modification as well as gravitational reaccumulation. This research project used the SPH method based on the miluphcuda code (Schäfer et al., 2020). To apply this method in the system, new implementations were necessary, which consequently expanded its field of applicability. The simulations results were combined with analytical models to estimate the production rate of dust and the average life span of objects until a new catastrophic collision occurs. A large number of simulations also allowed us to define the threshold for catastrophic disruption for macroscopic ice bodies. We also introduce a surrogate model for N-bodies simulations that provides fast, reliable answers for the masses and velocities outcome from collisions between bodies in rings, as a function of the colliding masses and their impact velocity and angle.