

Luas do Sistema Solar

Liana Li (lianali1217@usp.br), Yasmmin F. Tamburus (ytamburus@usp.br)
 Messias Fidêncio Neto (messiasf@usp.br) e Vera Jatenco-Pereira (vera.jatenco@iag.usp.br)
 Observatório Abrahão de Moraes e Departamento de Astronomia – IAG/USP

Introdução

Os satélites naturais do sistema solar, popularmente conhecidos como “luas”, são objetos que orbitam os planetas, planetas-anões e asteroides, de modo que todos eles orbitam o Sol. Além disso, todos os satélites são sólidos, sejam rochosos ou cobertos por gelo. Também podem apresentar atmosfera e atividade vulcânica, assim como diversas morfologias e composições químicas que ajudam a descobrir o seu processo de formação e de outros corpos do sistema solar.

Há poucos satélites com tamanho considerável, pois no geral eles são objetos pequenos. Na Figura 1 encontra-se uma comparação dos tamanhos em relação à Terra de alguns satélites que orbitam os planetas do sistema solar e um deles que orbita um asteroide (243 Ida), já na Tabela 1 encontra-se a quantidade de satélites que alguns corpos possuem, lembrando que há inúmeros asteroides que também possuem satélites.



Figura 1: Principais luas do sistema solar com comparação em escala de seus tamanhos com a Terra.
 Créditos: NASA/ Medium69/ William Crochot.



Telescópios na Escola

Tabela 1: Quantidade de satélites naturais conhecidos que alguns objetos do sistema solar possuem.
Créditos: NASA.

Planeta								
-	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno
Número total de satélites	0	0	1	2	79	82	27	14
Número de satélites confirmados	0	0	1	2	53	53	27	14
Número de satélites aguardando confirmação	0	0	0	0	26	29	0	0

Planeta anão					
-	Ceres	Plutão	Haumea	Makemake	Éris
Número de satélites	0	5	2	1 (a confirmar)	1

Nossa Lua

A Lua, o único satélite natural da Terra, é o objeto celeste que está mais próximo de nós, com uma distância média de 384.000 km em relação ao nosso planeta. Assim, ela inevitavelmente é muito importante para a nossa vida, influenciando-nos com sua iluminação (que na verdade é apenas a luz do Sol refletida pela sua superfície para a Terra), gravidade e beleza. Um grande exemplo disso é o fenômeno das marés, que será relatado neste texto posteriormente.

O seu diâmetro equatorial é de 3.474 km aproximadamente. A sua estrutura interna pode ser dividida por algumas camadas básicas, sendo a primeira, mais próxima da superfície, denominada crosta com cerca de 50 km de espessura, a segunda um manto com quase 1000 km de espessura e por último, um núcleo no centro que é possivelmente sólido com aproximadamente 740 km de raio. Possui densidade média de 3,3 g/cm³, que a torna uma das Luas mais densas do Sistema Solar.

A sua superfície é composta por mares e continentes. Os mares são as regiões com relevo baixo, plano, de composição basáltica e cor escura, portanto, planícies de lava vulcânica. Enquanto que os continentes são regiões que possuem relevo alto, cheias de crateras de impacto, acidentadas e mais claras, ou seja, possuem maior refletividade. O nome mares lunares surgiu do fato que antes da invenção do telescópio supunham que essas regiões escuras eram oceanos ou mares, hoje sabemos que a Lua não tem água.

No geral, todo o terreno lunar possui uma camada espessa de poeira na sua superfície, sendo ela denominada de regolito, que vem do bombardeamento de seu solo por outros objetos de impacto, como asteroides que atingem sua superfície.

As fases da Lua são um ciclo causado pelo seu movimento em relação à Terra e ao Sol, e que dura aproximadamente um período de 29,5 dias para se completar. Por ser um corpo iluminado, ou seja, que não possui luz própria, mas sim reflete a luz de outro corpo luminoso, no caso o Sol, dependendo da posição desses corpos em relação aos movimentos de rotação e translação, há diferentes partes da Lua que podem ser iluminadas e observadas aqui da Terra ao longo do tempo. Mas deve-se atentar ao fato de que a Lua possui uma rotação sincronizada com a translação, ou seja, o período de rotação e translação possuem a mesma duração, por este motivo a Lua sempre mostra a mesma face voltada para a Terra.

As fases mais marcantes da Lua são quatro: Lua Nova, Lua Quarto-Crescente, Lua Cheia e Lua Quarto-Minguante, que podem ser visualizadas na Figura 2, que mostra a variação das fases da Lua ao longo do mês de maio de 2021, sendo no dia 4 a Lua Quarto-Minguante, dia 12 a Lua Nova, dia 20 a Lua Quarto-Crescente e dia 27 a Lua Cheia. Logo, a Lua Nova ocorre quando a face visível não recebe a luz do Sol, enquanto que na Lua Cheia ocorre o contrário e a face visível está completamente iluminada. Já a Lua Quarto-Crescente ocorre quando a metade oeste da face está sendo iluminada e voltada para a Terra, enquanto que na Lua Quarto-Minguante ocorre o contrário e a face visível que está sendo iluminada é na parte leste.

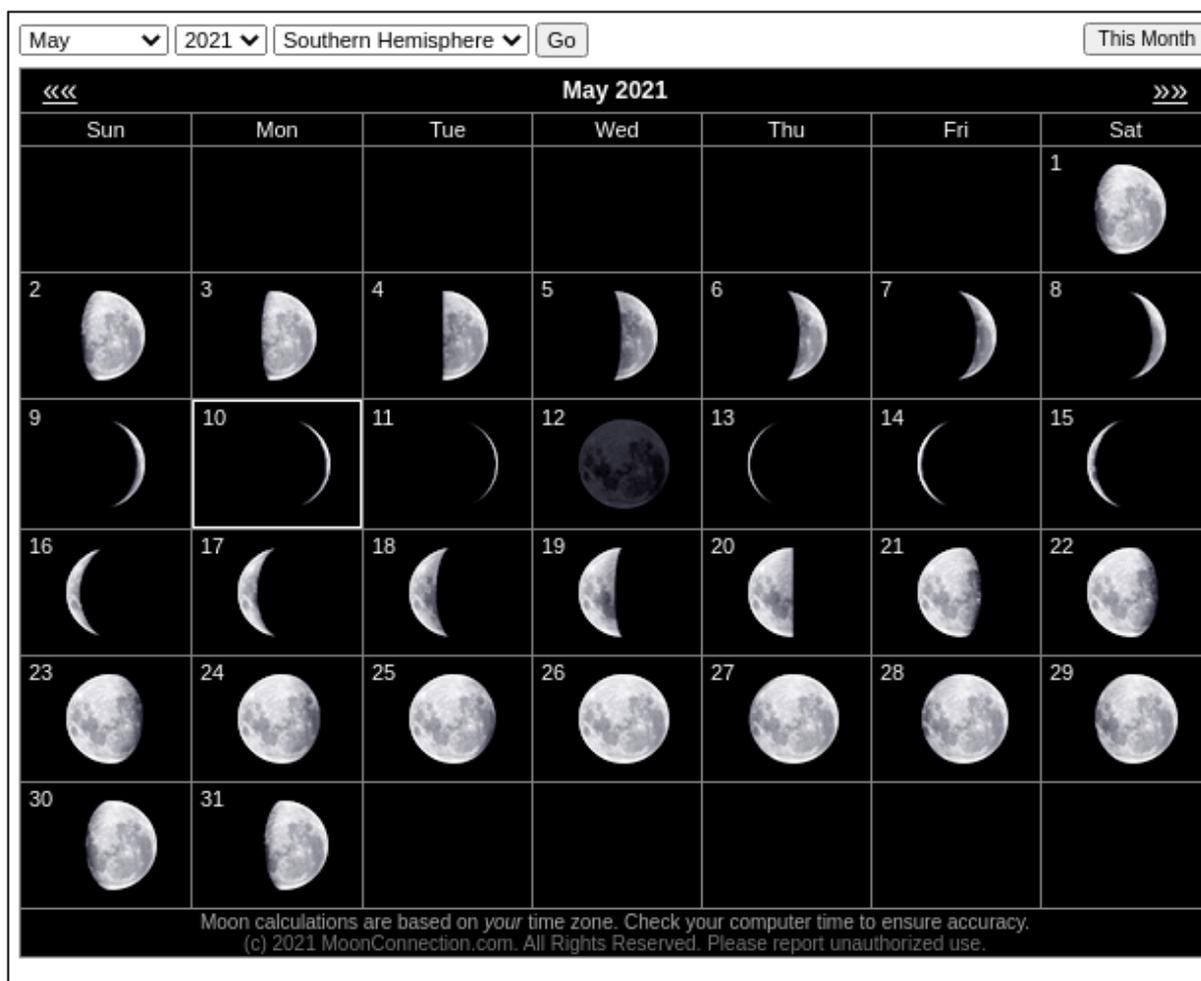


Figura 2: Imagem composta pelas fases da Lua ao longo do mês de maio de 2021 para um observador do hemisfério Sul. Créditos: moonconnection.

Por fim, a grande influência gravitacional que a Lua causa na Terra devido à sua proximidade com o nosso planeta produz o fenômeno das marés, que são alterações no nível da água dos oceanos que aumentam ou diminuem de forma cíclica, com diferentes níveis de intensidade e periodicidade por região. As várias fases da Lua e também o movimento de rotação e translação da Terra são variáveis que afetam diretamente a forma de agir das marés, como se vê na Figura 3. Por exemplo, as marés vivas ocorrem na fase de Lua Nova e de Lua Cheia quando o pico do nível dos mares é atingido no ciclo das marés, porque se soma as forças gravitacionais do Sol e da Lua na mesma direção. Já as marés mortas ocorrem nas fases de Quarto-Minguante e Quarto-Crescente da Lua, quando os mares atingem o nível mais baixo no ciclo das marés, já que a força da gravidade da Lua e do Sol estão perpendiculares entre si.

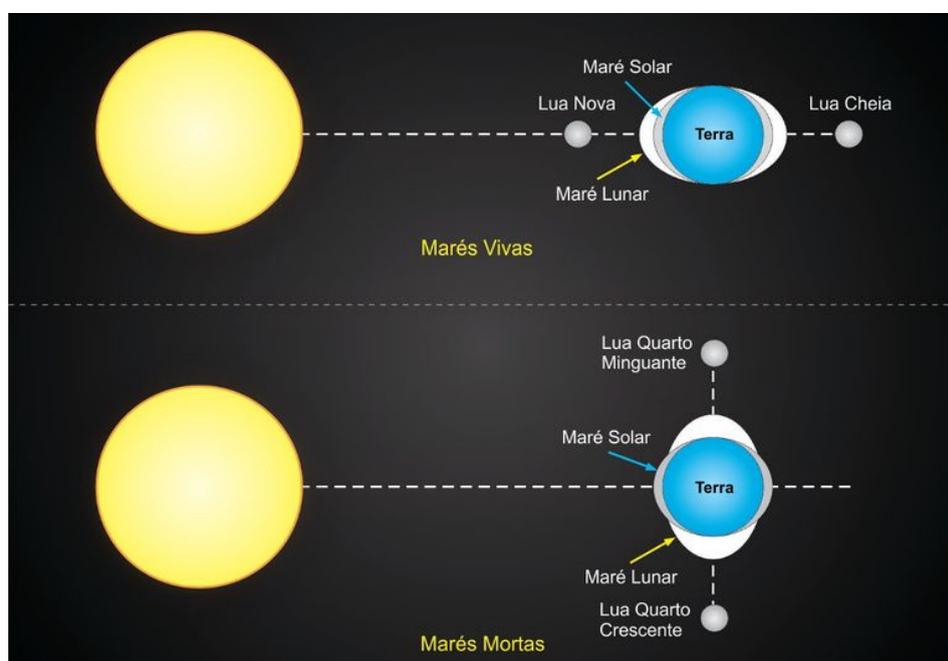


Figura 3: O fenômeno das marés varia de acordo com as fases da Lua. Créditos: Mundo Estranho/Revista Superinteressante.

Luas de Marte

O planeta Marte possui dois satélites rochosos que são assimétricos e pequenos, descobertos em 1877 e chamados de Phobos e Deimos. A origem de seus nomes dá-se em homenagem aos filhos do deus mitológico romano da guerra/combate Marte, cujos significados são “medo” para Fobos, e “pavor” para Deimos.



Figura 4: Satélites de Marte, Phobos e Deimos, fora de escala. Créditos: NASA/JPL.

Phobos é o maior satélite de Marte com cerca de 22 km de diâmetro. Ele apresenta marcas em sua superfície que indicam que foi bombardeado por meteoroides (restos de cometas ou fragmentos de asteroides), vide Figura 4. Além disso, Phobos está se aproximando do planeta quase dois metros a cada 100 anos, e em um futuro distante irá chocar-se com a superfície marciana ou a força gravitacional irá destruir o satélite criando um anel em volta de Marte.

Já Deimos tem cerca de 12 km de diâmetro. Apresenta uma superfície lisa e coberta com regolito (camada solta de material que aparenta uma poeira e recobre uma rocha), com algumas crateras e também alguns pontos brilhantes cuja natureza não é muito conhecida, vide Figura 4.

Ao observá-los da superfície marciana, nota-se que esses satélites transitam em sentidos opostos, ou seja, Deimos nasce a leste e se põe a oeste enquanto que com Phobos ocorre o contrário. Isso se dá em razão de seus períodos orbitais, pois Phobos dá uma volta em torno de Marte em cerca de 7,7 horas e Deimos leva aproximadamente 30 horas. Ademais, eles são compostos de rocha menos densa do que Marte, sendo mais escuros que a nossa Lua, e bem parecidos com o planeta-anão Ceres, do Cinturão de Asteroides, por isso é possível que eles sejam dois asteroides que tenham sido capturados por Marte.

Luas Galileanas de Júpiter

Júpiter possui 79 satélites, sendo 53 confirmados e 26 aguardando confirmação. Em relação às luas Galileanas deste planeta, pode se encontrar mais informações no link abaixo. Nele contém um texto feito anteriormente por membros da equipe do TnE, que inclui também uma atividade muito interessante.

Link: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/atividades/LuasJupiter.pdf>

Luas de Saturno

Saturno é um planeta com 82 satélites naturais no total, sendo que 53 deles foram confirmados, enquanto que 29 ainda estão em processo de confirmação. Titã é o maior deles com cerca de 5100 km de diâmetro, descoberto em 1655 sendo um pouco maior que o planeta Mercúrio, único que possui uma atmosfera densa e leva cerca de 16 dias para completar uma volta em torno de Saturno. Titã possui superfície com relevo acidentado e lagos de metano que congelam no inverno, provavelmente há um oceano de água líquida abaixo de sua superfície. Em 2004, a sonda Cassini-Huygens pousou em sua superfície e conseguiu mapeá-la na banda do infravermelho, como mostra a Figura 5, pois observá-la no espectro visível é difícil devido à névoa que a envolve. O nome Titã, assim como os nomes dos demais satélites de Saturno conhecidos até então, foram tirados dos Titãs da mitologia grega, irmãos do deus Cronos, o equivalente grego de Saturno.

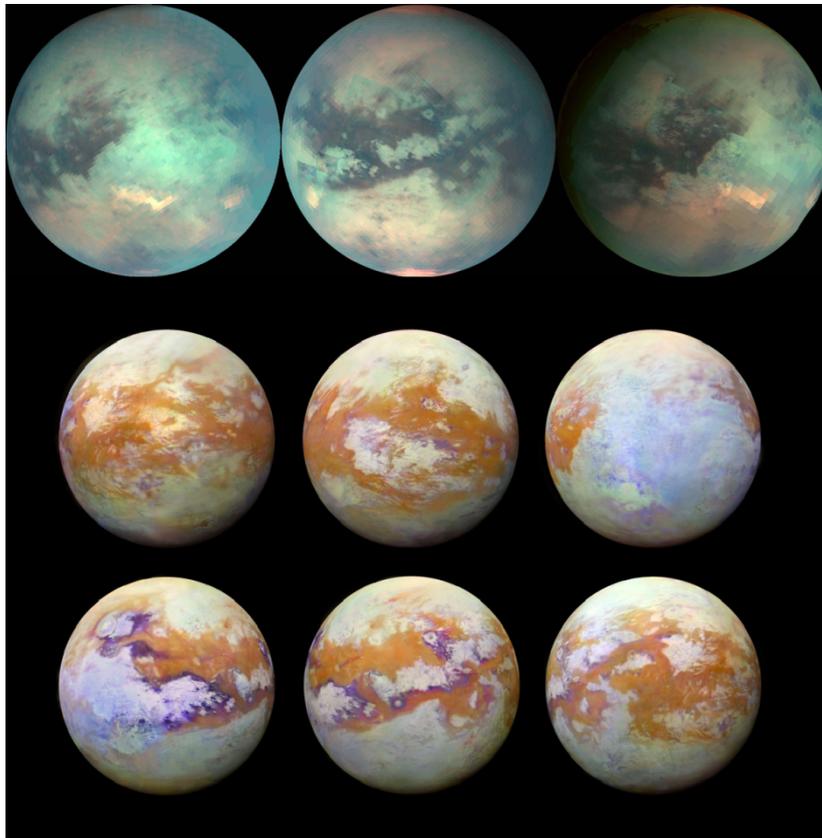


Figura 5: Mapeamento no infravermelho da lua Titã feito pela sonda Cassini com cores ilustrativas (editada).
Créditos: NASA/JPL-Caltech/Universidade do Arizona, Stéphane Le Mouélic, Virginia Pasek, Universidade dos Nantes.

Encélado é o sexto maior satélite de Saturno, no entanto apresenta características curiosas. É uma lua oceânica descoberta em 1789 e seu nome foi dado em homenagem ao gigante Encélado da mitologia grega. Ela possui cerca de 505 km de diâmetro e orbita o planeta em aproximadamente 33 horas, tem a superfície mais branca e mais reflexiva do sistema solar (chamamos de maior albedo) formada de gelo com algumas fraturas e um oceano abaixo, vide Figura 6. Também possui um gêiser em seu polo que espalha jatos com partículas de gelo na órbita de Saturno, formando o anel E do planeta.



Figura 6: Mosaico de gelo na superfície de Encélado (sonda Cassini).

Créditos: NASA/JPL/Space Science Institute.

Saturno possui outros satélites que ultrapassam 1.000 km de diâmetro: Reia, Jápeto, Dione e Tétis. Os demais são bem menores, alguns com apenas algumas dezenas de quilômetros. A Figura 7 mostra alguns outros satélites desse planeta.

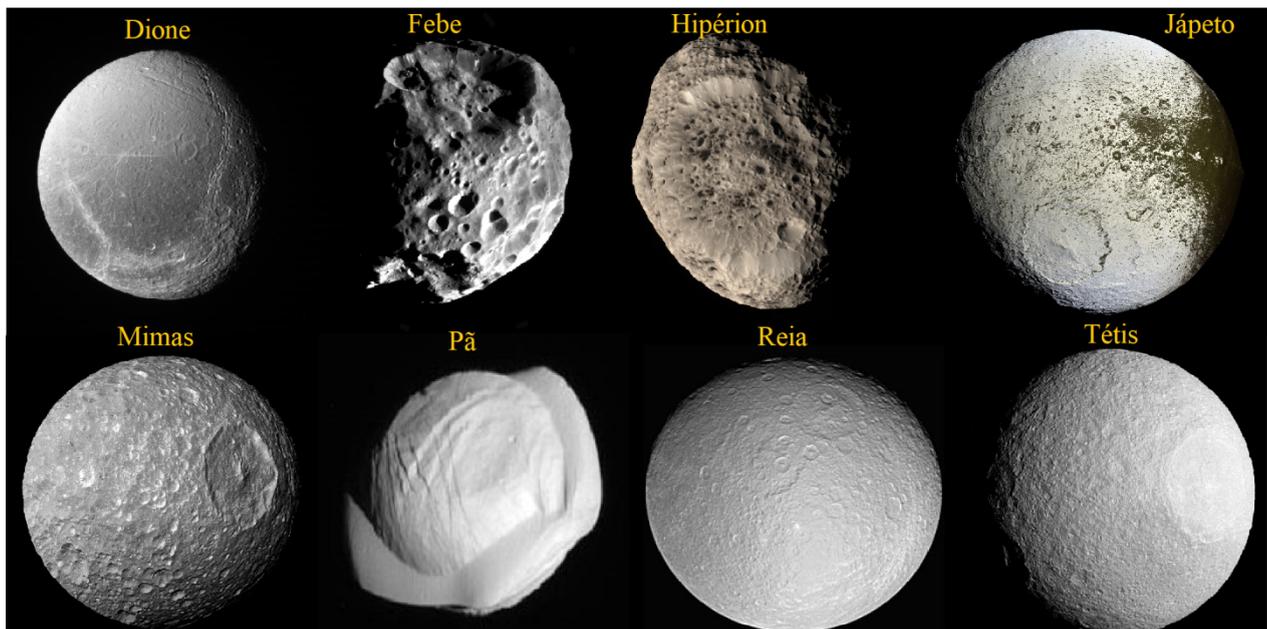


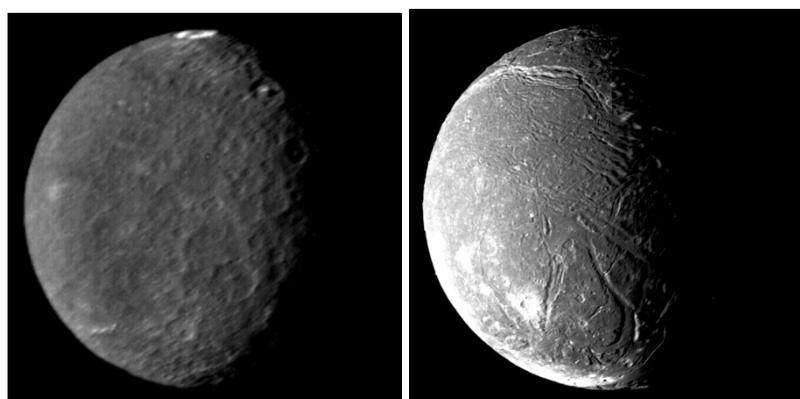
Figura 7: Alguns outros satélites de Saturno (editada). Créditos: NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute/SSI/Gordan Ugarkovic.

Luas de Urano

Urano possui no total 27 satélites confirmados, os quais são divididos em três grupos: cinco grandes satélites, treze satélites internos e nove satélites irregulares. Os satélites internos são corpos pequenos e escuros que apresentam características e origem similares aos anéis do planeta. Já os cinco grandes satélites são grandes e massivos o suficiente para terem equilíbrio hidrostático, além de apresentarem sinais de atividade vulcânica e até cânions na sua superfície. Dentre estes cinco grandes satélites se destacam Titânia e Oberon (vide Figuras 8), descobertas por William Herschel em 1787, e Umbriel e Ariel (vide figuras 9), descobertas por William Lassell em 1851. Os nomes dos satélites de Urano são originados das famosas obras de William Shakespeare e Alexander Pope.



Figuras 8: As luas Titânia e Oberon de Urano, respectivamente. Créditos: NASA.



Figuras 9: As luas Umbriel e Ariel de Urano, respectivamente. Créditos: NASA.

Titânia é a maior lua de Urano, com 1577 km de diâmetro e $353,7 \times 10^{19}$ kg de massa, sendo ela composta principalmente por gelo, silicatos e compostos orgânicos de metano. Seu núcleo é rochoso e seu manto é de gelo, porém dentro da divisa dessas duas camadas suspeita-se que exista uma camada líquida de água. Já na sua superfície, o satélite é caracterizado por crateras de impacto, além de possuir grandes sistemas de cânions e escarpas.

Oberon é um satélite composto de gelo, silicato e compostos de metano, carbono e nitrogênio. Possui 1523 km de diâmetro, 300×10^{19} kg de massa e $1,69 \text{ g/cm}^3$ de densidade. Sua superfície também é caracterizada pelo grande número de crateras de impacto, e não possui atmosfera.

Umbriel possui 1170 km de diâmetro e uma massa de 117×10^{19} kg. Ele é o satélite mais escuro do planeta Urano, sendo também composto por gelo, silicato e compostos de metano.

Por fim, Ariel possui 1159 km de diâmetro e 135×10^{19} kg de massa, também possui os compostos químicos que as apresentadas anteriormente. Não possui tantas crateras de impacto como os outros satélites do planeta e aparenta ter tido uma intensa atividade geológica que formou redes de cânions e fluxos de água líquida em sua superfície.

Luas de Netuno

O planeta mais distante do Sol, Netuno, tem 14 satélites naturais conhecidos, sendo que apenas um deles possui grandes proporções chamado Tritão, as demais luas netunianas são bem menores tanto em tamanho como em massa, vide Figura 11. Os nomes de suas luas, assim como o seu (Netuno, deus romano do mar), foram dados em homenagem aos vários deuses e ninfas menores da mitologia grega provenientes das águas do oceano.

Tritão foi descoberto por William Lassell em 1846, dezessete dias depois do Observatório de Berlim descobrir o planeta Netuno. Um pouco maior que Plutão, com um diâmetro equatorial de aproximadamente 2700 km, possui a superfície mais fria do sistema solar (-235°C), devida à grande reflexão da luz do Sol, e uma variedade de terrenos que vão de grandes penhascos à planícies de lagos congelados, como mostra a Figura 10. Também circunda Netuno em direção oposta à rotação do planeta (órbita retrógrada), sugerindo que possa ser um objeto independente que foi capturado. Além disso, ele está sendo atraído para próximo do planeta e em um futuro distante irá despedaçar-se e possivelmente formar um anel.

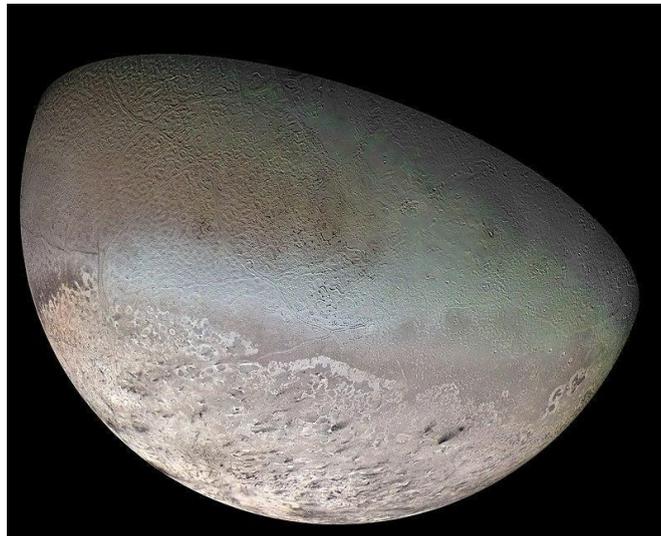


Figura 10: Mosaico global de cores do satélite Tritão tirada pela sonda Voyager 2 em 1989.
Créditos: NASA/JPL/USGS.

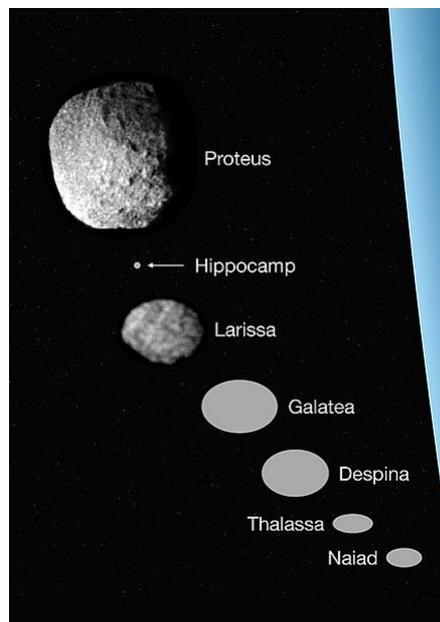


Figura 11: Comparação do tamanho das sete luas mais internas de Netuno, ordenadas pela distância orbital.
Créditos: Nrc00e.

Luas de Plutão

Plutão é um planeta anão com cerca de 2400 km de diâmetro, localizado no Cinturão de Kuiper, que fica além da órbita de Netuno. Ele possui 5 satélites naturais, que se acredita terem sido formados a partir de sua colisão com outros objetos do Cinturão de Kuiper, sendo conhecidos como: Caronte, Nix, Hidra, Estige e Cérbero (nomes retirados da mitologia grega).

Caronte foi descoberta em 1978 e é a maior lua de Plutão, ela possui aproximadamente 1200 km de diâmetro que é quase metade do tamanho do planeta anão como mostra a Figura 13. As demais são bem menores, Nix e Hidra têm praticamente o mesmo tamanho, assim como Cérbero e Estige, vide Figura 12.



Figura 12: Comparação do tamanho do maior satélite de Plutão, Caronte, com os demais.
Créditos: NASA/JHUAPL/SwRI.

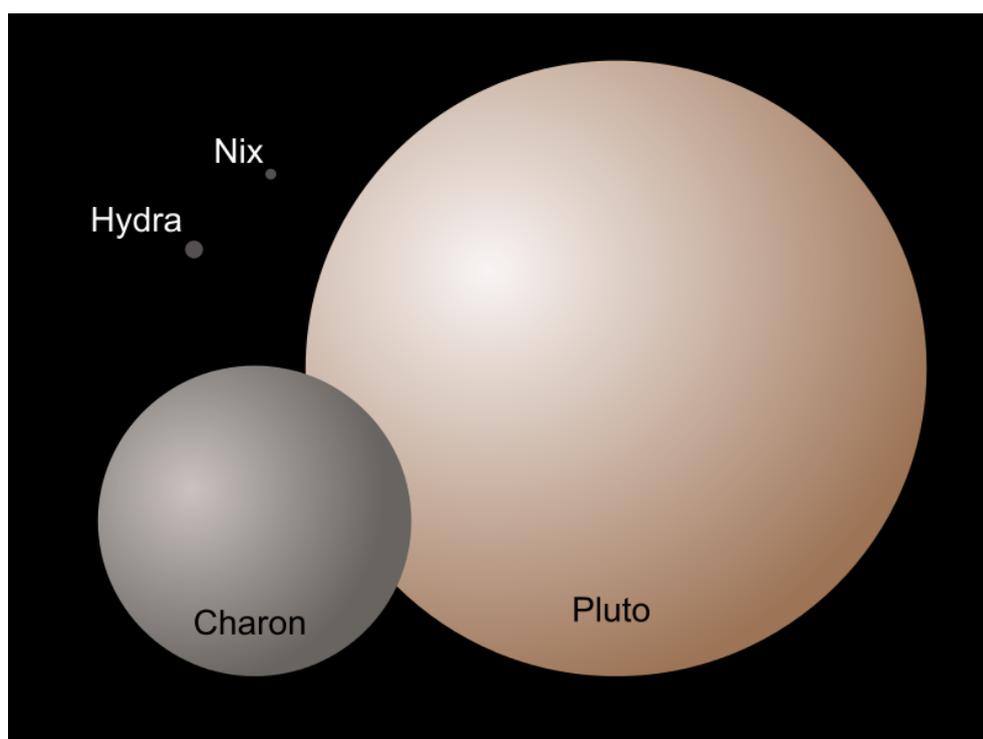


Figura 13: Comparação do tamanho de Plutão em relação aos seus satélites. Créditos: A. Stern e Z. Levey.



Telescópios na Escola

Autoria e revisão

As autoras do texto foram as bolsistas do Programa Unificado de Bolsas da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão, Liana Li e Yasmmin Ferreira Tamburus, com revisão do Sr. Messias Fidêncio Neto e da Profa. Vera Jatenco-Pereira – Observatório Abrahão de Moraes – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG/USP.

Fontes e bibliografia

E. Picazzio. O Céu que Nos Envolve, 2011. Departamento de Astronomia, IAG/USP
<https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/OCeuQueNosEnvolve.pdf>

In Depth | Moons - Nasa Solar System Exploration. Nasa.
<https://solarsystem.nasa.gov/moons/in-depth/>.