

# Da Terra(,) à volta da Lua

MARIA LEONOR PAVÃO\*

A comemoração, pelo CHAM, dos cinquenta anos da chegada do Homem à Lua entusiasmou-me desde logo, pela potencial multiplicidade de abordagens e de reflexões que permite, pela liberdade que isso encerra, mesmo quando o assunto está muito afastado da nossa área de trabalho. Trata-se, com efeito, de um dos feitos mais extraordinários do Homem do século XX e de toda a História da Humanidade, com repercussões profundas aos mais diversos níveis, desde o científico propriamente dito até ao quotidiano da actividade humana, inundada por tecnologias adaptadas ou desenvolvidas a partir das criadas para permitir as viagens no Espaço, que são tremendamente facilitadoras da vida e de que nem sempre temos consciência.

Reconhecida por todos como tendo uma motivação inicial sobretudo geopolítica, numa corrida entre os Estados Unidos e a ex-União Soviética, quando esta última já tinha no seu palmarés o envio para o Espaço da célebre cadela Laika e do primeiro cosmonauta, Yuri Gagarin, a chegada à Lua pelos americanos em 1969, em plena Guerra Fria, não deixou de representar a concretização de um sonho antigo do Homem – sonho que inspirou poetas, romancistas, artistas plásticos e até músicos, ao longo dos tempos. Lembro, a esse propósito e a título de exemplo, a ópera feérica em quatro Actos de Jacques Offenbach *A viagem na Lua (Le Voyage dans la Lune*, no título original), estreada em 1875 no Théâtre de la Gaîté em Paris. Supostamente inspirada em dois romances de Júlio Verne (que fez notar publicamente as

---

\* Universidade dos Açores, Portugal.  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3720-6294>. E-mail: maria.lp.medeiros@uac.pt.

semelhanças, poucos dias depois da estreia), termina com os pretensos astronautas, chegados à Lua por um tiro de um fantástico canhão, a escapar do seu quase fatídico destino de prisioneiros morrendo à fome no fundo de uma cratera através da explosão de um vulcão que os projecta para o espaço e permite o seu regresso à Terra.

Mas foram a ciência e o génio humano, dando corpo ao sonho e à insaciável curiosidade de muitos que, ao longo dos últimos séculos, conseguiram as bases sólidas de conhecimento para a criação e desenvolvimento de tecnologias que permitiram colocar objectos a orbitar, ultrapassar a acção da gravidade terrestre, transportar e fazer pousar homens na Lua em condições de perfeita saúde e, ainda mais, de regressar à Terra em segurança! Todos lunáticos, não tanto pelo significado que se atribui vulgarmente ao termo, mas mais pelo seu sentido original – o nome por que ficou conhecida uma dúzia ou menos de homens notáveis (Erasmus Darwin, Joseph Priestley, James Watt, Josiah Wedgwood, entre outros) que, em 1765, criaram uma das primeiras sociedades científicas privadas da Inglaterra da era do deslumbramento com a nova ciência e que constituíram uma força intelectual poderosa e decisiva para o progresso científico e técnico desse tempo – a “Sociedade Lunar”. De facto, com formações, credos, visões políticas e modos de vida tão diferentes uns dos outros – havia escritores, poetas, cientistas, industriais, médicos e outros –, apenas comungavam a mesma paixão pela ciência; reuniam-se para jantar uma vez por mês para debater ideias, saber as últimas novidades da ciência e das suas práticas, sempre numa segunda-feira próxima da Lua Cheia (daí o nome) – a tirar partido da melhor iluminação pública da época para viajar em segurança (Calado 2015).

Caminhos tão difíceis e longos quanto geniais e inovadores foram percorridos! Constituem marcos primordiais as primeiras descrições da Lua (e fases de Vénus e Luas de Júpiter) e das suas manchas (ou crateras) feitas por Galileu, que permitiram fundamentar o modelo heliocêntrico de Nicolau Copérnico; ou a lei de gravitação universal de Newton, que veio finalmente trazer luz às relações e equilíbrios entre os planetas e dar resposta às especulações feitas sobre o estranho facto de a Lua mostrar sempre a mesma face à Terra; ou ainda, os primeiros mapeamentos dos céus de William Herschel e da sua irmã Caroline (também ela eminente astrónoma), conseguidos ao longo de inúmeras noites de vigília, utilizando telescópios de reflexão sucessivamente mais potentes. O maior destes aparelhos (e que manteve esse estatuto durante cinquenta anos) ficou conhecido como o telescópio de 40 pés; era mais alto do que uma casa, tinha espelhos de quase meia tonelada de peso e foi financiado pelo

rei Jorge III de Inglaterra, que fez questão de ir pessoalmente visitar e avaliar o andamento das obras (Holmes 2015).

Mas avancemos na história e no muito que o Homem descobriu e construiu nas mais diversas áreas da ciência e da tecnologia, até chegar à aeronáutica e à computação digital do século XX, esta última desenvolvida para os cálculos de balística necessários ao esforço requerido pela Segunda Guerra Mundial.

Ao contrário de Galileu, que, empunhando o seu primeiro telescópio, exclamara que “A Lua é uma coisa muito bonita e agradável de se ver” (Calado 2015), Neil Armstrong, o primeiro a lá pôr o pé, e o seu companheiro Aldrin foram encontrar um planeta seco, inóspito, inabitável e até com cheiro desagradável a pólvora queimada, diziam – emanava da poeira pegajosa que se agarra às botas, aos fatos e aos capacetes! Vida que se visse, também não – não era novidade; a outra, a dos invisíveis, não era certo que não houvesse (por isso ficaram de quarentena após o seu regresso à Terra)! Nas palavras de Aldrin – “uma desolação magnífica” (Aldrin 2010)!

Bela era a Terra vista do Espaço, já fotografada da Apollo 8 por William Anders, que assim comentou – “Vimos [...] explorar a Lua [...] e descobrimos a Terra”<sup>1</sup>. Um espectáculo para o Mundo, na altura – um pontinho azul, frágil, como que perdido num espaço escuro imenso! E nós e todo o poder da nossa inteligência, da nossa ousadia e das emoções geradas ao instante, lá todos concentradinhos num grão do Universo (percebeu-se!), afinal numa finitude quase confrangedora! Uma lição de humildade, sem dúvida!

A missão Apollo 11 foi o zénite do Programa Apollo, definido expressamente pela NASA para levar o Homem à Lua – um empreendimento gigantesco que se descreve sumariamente em números, como 11 missões tripuladas (a que se juntam as outras, até à Apollo 8) em 11 anos, 12 astronautas a caminhar cerca de 100 km na superfície da Lua num total acumulado de 12 dias e meio, onde deixaram mais de duas toneladas de equipamento científico e realizaram actividades fora da cápsula em 3,4 dias, ao todo (Pernet-Fischer *et al.* 2019). Números magros, que deixam de lado, na penumbra dos bastidores, todo o trabalho de muitos mais na invenção, na construção, na testagem, no comando e controlo das operações, sem excluir os fracassos que permitiram corrigir, superar e avançar para se atingir o objectivo!

---

1 Tradução da autora. “Remarks by the President at the National Academy of Sciences Annual Meeting” [discurso], *White House*, 27 de Abril de 2009. <https://obama.whitehouse.archives.gov/the-press-office/remarks-president-national-academy-sciences-annual-meeting>.

O que ganhou a Humanidade com isso?

Logo à partida, com as viagens de ida, ganhou avanços tecnológicos formidáveis, uma grande parte dos quais nascidos da necessidade de aumentar a capacidade de computação e de miniaturização de equipamentos para instalar no pequeno espaço das naves e para monitorizar a saúde dos astronautas. Hoje, continuamos a sentir os seus reflexos. Basta olharmos de relance para os *spinoffs* publicados regularmente pela NASA – mais de seis mil invenções estão contabilizadas hoje, cuja origem radica na pressão criadora associada às viagens no Espaço para ir à Lua. Sem querer, ou sequer poder ser exaustiva, não posso deixar de realçar a incorporação do processamento da imagem digital em equipamentos médicos (usados em exames de imagiologia de tomografias computadorizadas e de ressonância magnética), os materiais que revolucionaram o calçado de atletas, que absorvem o choque, o termómetro instantâneo de infravermelhos (auriculares), as ferramentas sem fio, o sistema de segurança alimentar conhecido como HACCP (em português – “Análise de Risco e Controlo de Pontos Críticos”), ou o sistema de localização geográfica com a ajuda de satélites, GPS. E a propósito de satélites, é justo lembrar que foi na era Apollo que se vulgarizou o seu lançamento (hoje são 5000 em órbita), cujo impacto foi e é absolutamente extraordinário também ao nível da melhoria das comunicações, das previsões meteorológicas e da monitorização de desastres naturais.

O que trouxeram na volta as viagens à Lua?

A resposta completa também daria para muito e para muitos! Mas a mais imediata, a cuja importância me vou circunscrever e que é de peso, bem concreta, resume-se numa palavra: PEDRAS – trouxeram pedras, um total de 382 kg de rochas e de solo lunar, amostradas em mais de 2000 localizações diferentes (Pernet-Fischer *et al.*, 4.22-4.23). Qual o interesse? O mais óbvio é sem dúvida o geológico, mas não só. A química das coisas fala por si, tem um discurso, revela segredos: conhecer a composição dos materiais lunares, compará-los com os da Terra e dos meteoritos da Lua permite inferir sobre a sua origem – a da Lua e a da Terra (Taylor 2014, 670-676) –, ajuda a confrontar os vários modelos que foram surgindo sobre a formação dos planetas e da sua evolução no tempo, mas também pode permitir avançar no conhecimento, ou pelo menos especular com alguma consistência sobre a origem da Vida, essa mesma que detemos aqui na Terra!

A comparação entre as composições em elementos e seus isótopos das amostras da colecção Apollo e das terrestres, com as suas semelhanças e discrepâncias, veio fornecer, sem dúvida, o principal argumento (não o único)

que favorece a hipótese apresentada nos anos setenta do século passado de que a Lua se terá formado pela aglomeração, ao longo do tempo, de uma quantidade enorme de fragmentos da Terra ejetados em resultado de uma colisão altamente energética de uma massa de dimensões da ordem de grandeza de Marte (“Theia”), logo após o começo da formação do Sistema Solar, há cerca de 4,5 mil milhões de anos (Cameron e Ward 1976, 120-122). Nesse sentido também aponta a química, quando diz que a Lua (pelo menos ao nível da crosta) tem muito menos ferro do que a Terra, fazendo supor um núcleo muito mais pequeno do que o que seria de esperar das suas dimensões, ou que os níveis de materiais voláteis (como o hidrogénio, o azoto, o metano e a própria água) são também muito mais baixos (Haskin e Warren 1991, 357-474). Todavia, este modelo da origem da Lua não é um modelo acabado, continua a evoluir nos nossos dias, na época pós-Apollo. De facto, desta feita, a química dá conta de que alguns elementos, como o oxigénio, o silício e o titânio, têm composições isotópicas muito semelhantes nos dois planetas (o que indicia uma origem comum), que não parece contudo compatível com uma colisão de elevada energia, da qual seria de esperar uma ligeira diferenciação de composição; antes sugere que terá ocorrido uma alteração no seio da nuvem de vapor superaquecida que envolveu os dois corpos após a colisão, dita “sinestia” (Lock *et al.* 2018, 910-951), ou então, e esta é uma ideia que surgiu num artigo recente, que a colisão ocorreu quando a superfície da Terra ainda estava parcialmente fundida, isto é, ainda não constituía um corpo sólido, justificando assim uma maior contribuição do manto terrestre para a composição da Lua (Hosono *et al.* 2019, 418-423).

O que parece certo, em qualquer caso, é que de facto a Lua é filha da Terra, ou, se quisermos, embora com evoluções distintas e com constituintes em proporções diferentes, ambas têm uma fonte comum de materiais, tal como o resto do Universo, aliás – “Somos feitos de poeira das estrelas”<sup>2</sup>, disse Carl Sagan na sua série televisiva *Cosmos* de 1980, o que hoje se confirma.

Mais: se a colisão gerou elevadas temperaturas, determinantes de grandes perdas de água e de outros materiais voláteis, bem se compreende que não haja vida na Lua. De facto, tudo o que sabemos dos seres vivos que conhecemos, por mais simples que sejam em termos da sua constituição, organização e funcionamento, é profundamente determinado pela presença da água que contém em quantidade elevadíssima (70% ou mais do seu peso).

---

2 *Cosmos* [série televisiva]. 1980. Realização de Carl Sagan e Ann Druyan; Produção de KCET, Carl Sagan Productions/BBC e Polytel International. EUA: PBS television.

Para além da presença de água líquida, é hoje comumente aceite que têm de coexistir várias outras condições para albergar a vida em qualquer planeta: uma atmosfera que permita manter a água estável, um campo magnético que ofereça protecção da radiação cósmica e do vento solar, e compostos orgânicos que possam constituir os blocos de construção dos polímeros da vida. Lembro, a propósito, a célebre experiência de Stanley Miller em 1953, que, sujeitando a uma descarga eléctrica uma atmosfera de composição pretensamente semelhante à primitiva da Terra, obteve uma série de pequenas moléculas, entre as quais aminoácidos, que são os constituintes fundamentais das proteínas – as macromoléculas mais abundantes que nos constituem e desempenham muitas outras funções essenciais ao funcionamento de qualquer organismo vivo. A Lua, hoje, está muito longe disso. A sua atmosfera (designação manifestamente abusiva – melhor se dirá “exosfera”) é extraordinariamente rarefeita, não está em equilíbrio hidrostático. As poucas moléculas que se encontram na fase gasosa escapam-se rapidamente para o espaço, devido à baixa força gravitacional na Lua.

Mas não demos o caso por encerrado!

Ainda as ditas amostras trazidas pelas naves Apollo têm mostrado na última década, quando já se dispõe de técnicas analíticas mais sensíveis e específicas do que há cinquenta anos, que há água ligada em grânulos de vidro vulcânicos e em alguns dos minerais encontrados nas amostras, o que sugere que o manto da Lua, resultante da solidificação do oceano magmático inicialmente formado, pode ter água em algumas regiões localizadas, tal como o da Terra (Hauri *et al.* 2017, 89-111). Na realidade, missões espaciais mais recentes têm evidenciado (falta a análise *in situ*) a existência de água superficial, sob a forma de gelo (referido como gelo de água), nas encostas de crateras lunares, particularmente nas regiões polares permanentemente à sombra, e também a presença de água abaixo da superfície. Ou seja, a presença de água na Lua parece hoje indiscutível, embora haja muita controvérsia sobre a sua quantidade e a sua distribuição. Ainda mais, crê-se que essa é água primordial, ou seja, com 3 ou 4 mil milhões de anos de idade, que se mantém inalterada até aos nossos dias (Machado 2019, 105-108). Traz história consigo!

E as outras condições para a Vida?

Há hoje quem especule que poderão ter coexistido em duas épocas diferentes da história do nosso satélite, há 4,5 e 4 mil milhões de anos, quando terão ocorrido desgaseificações significativas de materiais voláteis (incluindo a água) do magma fundido, no primeiro caso, e de erupções basálticas do *mare lunaris*, no segundo caso. Se essas condições tiverem permanecido tempo

suficiente, poderão ter suportado formas de vida simples. Advogando alguns autores que essa atmosfera poderia ter durado cerca de 70 milhões ou mais de anos, outros que o tempo que mediou entre a formação das primeiras moléculas para a construção da vida e o aparecimento das primeiras cianobactérias na Terra não foi superior a 10 milhões de anos (ou menos, dizem ainda outros), pode ter havido oportunidade para o surgimento de vida bacteriana na Lua! Há muita controvérsia e especulação em tudo isto, colocando-se inclusivamente um cenário alternativo para a introdução de vida na Lua, baseado no que se sabe hoje acerca da história primitiva do Sistema Solar, dominada que foi por impactos gigantescos e transferência de meteoritos entre planetas. Assim, a vida entretanto desenvolvida na Terra, há cerca de 3,5 mil milhões de anos, poderia ter sido inoculada em ambientes lunares favoráveis, através da colisão de meteoritos provenientes da Terra que sobreviveram ao impacto!

Outras informações preservadas no gelo de água em crateras de impacto dizem da existência de compostos orgânicos (aminoácidos, por exemplo) e de compostos voláteis que se terão mantido inalterados ao longo do tempo, provenientes de reacções que ocorreram a temperaturas elevadíssimas geradas pelo impacto de outros corpos celestes (como cometas) com a Lua.

Também e, ao que parece, numa fase inicial, a Lua terá tido um campo magnético apreciável, o que pode ter garantido, pelo menos parcialmente, a protecção da sua superfície. Por outro lado, há indícios, decerto limitados, de actividade oxidativa ou hidrotermal em rochas da Lua (Schulze-Makuch e Crawford 2018, 985-988)...

Pergunta-se: será que ainda hoje é possível encontrar marcas de tudo isto na Lua, depois de cerca de 4 mil milhões de anos de fustigação devastadora pelo vento solar, pela radiação cósmica e por micrometeoritos? Em síntese, e é só o que se pode dizer hoje, se tiverem existido água líquida e uma atmosfera protectora na Lua que tenha permanecido milhões de anos, pode ter havido uma janela de oportunidade para a vida. O resto é especulativo e exige prova dura!

É preciso que se diga que a exploração científica da Lua, como objectivo central do Programa Apollo, teve o seu apogeu com a Apollo 17, a única missão que levou à Lua um cientista treinado profissionalmente para o efeito – o geólogo Harrison Schmitt. O Programa (não a exploração do Espaço) terminou logo a seguir – estávamos em 1972.

Perdido o interesse político de uma competição entre superpotências, de que a América saíra vitoriosa, a braços com a guerra do Vietname, o Congresso dos Estados Unidos cortou as verbas necessárias, a própria opinião pública

americana foi perdendo paulatinamente o interesse pelo tema, depois de ter vibrado, como o resto do mundo, aliás, com o sucesso da Apollo 11.

Só a partir dos finais dos anos noventa do século passado ressurgiu o interesse pela Lua, concretizado em missões (não apenas dos Estados Unidos, mas também da Agência Espacial Europeia, do Japão, da Índia, da China) que permitiram, com base em análises instrumentais, obter mais informação química e geológica da superfície lunar.

De facto, em termos científicos, a Lua continua a ser o corpo do sistema solar “mais à mão” para se estudar e encontrar respostas a questões, muitas que ainda as não têm, ou, pelo menos, que não satisfazem por completo – e a ciência é feita disto! Desde logo, por exemplo, o interesse em estudar os processos de formação de crateras de impacto na Lua, que são resultado (é o pensamento actual) de uma longa era de colisões, bombardeamentos e transformações provocadas pelas altas pressões e temperaturas daí advenientes – muitas das rochas da colecção Apollo, é sabido, foram formadas nestes processos. Novas colheitas de material em novas localizações, sobretudo na face oculta da Lua, nomeadamente das crateras nos polos, poderão trazer muito mais informação, em linguagem química, para consubstanciar o modelo sobre a origem da Lua e para confirmar a considerada provável existência de gelo. Descobrir a origem dos materiais voláteis da Lua pode levar à compreensão da origem da água na Terra e das condições primitivas favoráveis ao surgimento da Vida, etc., etc.

Na verdade, há todo um programa estabelecido por um consórcio internacional liderado pelos Estados Unidos que define os objectivos de novas análises da colecção Apollo, incluindo algumas amostras trazidas pela Apollo 17 ainda seladas e armazenadas no frio desde 1972 (Pernet-Fischer *et al.*, 4.26-4.27). Melhorar os procedimentos relativos à recolha e conservação de amostras é também crucial – há prova da existência de aminoácidos no rególito lunar, mas que resultam das “marcas” deixadas pelos astronautas que lá estiveram, não sendo, pois, originais da Lua (Martins 2019, 102-104).

A isso se junta o objectivo, partilhado internacionalmente, de promover a presença humana sustentada na superfície lunar, que passa pelo aproveitamento da água congelada, da sua extracção ou da sua produção por redução de minerais encontrados na Lua (já se estudam métodos em laboratório na Terra, para testar posteriormente nas Estações espaciais) para produzir vegetais e obter, por hidrólise, *in loco*, a separação do oxigénio e do hidrogénio – imprescindível à respiração, o primeiro, e para utilização como combustível, o segundo. A construção de abrigos e de estradas com material da Lua também está na imaginação... E mais as viagens turísticas espaciais por iniciativa de

agências privadas, que já têm clientes, e mais o transporte para a Lua da competição, das guerras comerciais e do que mais houver do bom e do mau inevitavelmente arrastado pelo homem!

Tudo coisas da Terra, à volta da Lua, numa visão incontornavelmente geocêntrica, para não dizer altamente antropocêntrica.

O que diria Galileu? Teria afinal razão quem o obrigou a retratar-se em público?

### **Bibliografia**

- ALDRIN, Buzz, e Ken Abraham. 2010. *Magnificent Desolation: The Long Journey Home from the Moon*. New York: Three Rivers Press.
- CALADO, Jorge. 2015. *Haja Luz! – Uma história da química através de tudo*, 3.<sup>a</sup> ed. Lisboa: Instituto Superior Técnico Press.
- CAMERON, A. G. W, e W. R. Ward. 1976. “The Origin of the Moon”. In *Lunar and Planetary Institute Science Conference Abstracts*, Vol. 7, 120-122. Houston, Texas: Lunar and Planetary Institute.
- HASKIN, Larry, e Paul Warren. 1991. “Lunar Chemistry”. In *Lunar Sourcebook: a user’s guide to the moon*, editado por Grant H. Heiken, David T. Vaniman e Bevan M. French, 357-474. Cambridge: Cambridge University Press.
- HAURI, Erik H., Alberto E. Saal, Miki Nakajima, Mahesh Anand, Malcolm J. Rutherford, James A. Van Orman e Marion Le Voyer. 2017. “Origin and evolution of water in the moon’s interior”. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 45: 89-111. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-063016-020239>.
- HOLMES, Richard. 2015. *A Era do Deslumbramento – Como a geração romântica descobriu a beleza e o temor da ciência*, 1.<sup>a</sup> ed. Lisboa: Gradiva Publicações, S. A.
- HOSONO, Natuki, Shun Karato, Junichiro Makino e Takayuki R. Saitoh. 2019. “Terrestrial magma ocean origin of the moon”. *Nature Geoscience* 12: 418-423. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0354-2>.
- LOCK, Simon J., Sarah T. Stewart, Michail I. Petaev, Zoë M. Leinhardt, Mia T. Mace, Stein B. Jacobsen e Matija Cuk. 2018. “The origin of the moon within a terrestrial synestia”. *Journal of Geophysical Research: Planets* 123 (4): 910-951. <https://doi.org/10.1002/2017JE005333>.
- MACHADO, Pedro M. 2019. “Água na Lua: o que sabemos hoje”. *Química* 43 (153): 105-108. <https://dx.doi.org/10.52590/M3.P688.A30002196>.
- MARTINS, Zita. 2019. “Análises químicas da matéria orgânica presente em amostras lunares”. *Química* 43 (153): 102-104. <https://dx.doi.org/10.52590/M3.P688.A30002195>.
- NASA. 1976-2019. “Spinoff”, Government Printing, USA. <https://spinoff.nasa.gov>.

- PERNET-FISCHER, John F., Francesca E. McDonald, Ryan A. Zeigler e Catherine H. Joy. 2019. "50 years on: legacies of the Apollo programme". *Astronomy & Geophysics* 60 (4): 4.22-4.28. <https://doi.org/10.1093/astrogeo/atz163>.
- SCHULZE-MAKUCH, Dirk, e Ian A. Crawford. 2018. "Was there an early habitability window for Earth's Moon?". *Astrobiology* 18 (8): 985-988. <https://doi.org/10.1089/ast.2018.1844>.
- TAYLOR, Stuart R. 2014. "The Moon re-examined". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 141: 670-676.