



Vai subir? Este elevador só pára na Lua, ou mais além

O desafio já não é teórico. Neste momento temos tecnologia e materiais que permitem construir um elevador na Lua. Para o fazermos na Terra, falta-nos um supermaterial para construir um cabo que chegue ao espaço. De hoje a domingo, em Seattle, algumas das mentes mais brilhantes do planeta juntam-se na conferência anual para discutir o habitual: como é que chegamos lá?

ANA KOTOWICZ
ana.kotowicz@ionline.pt

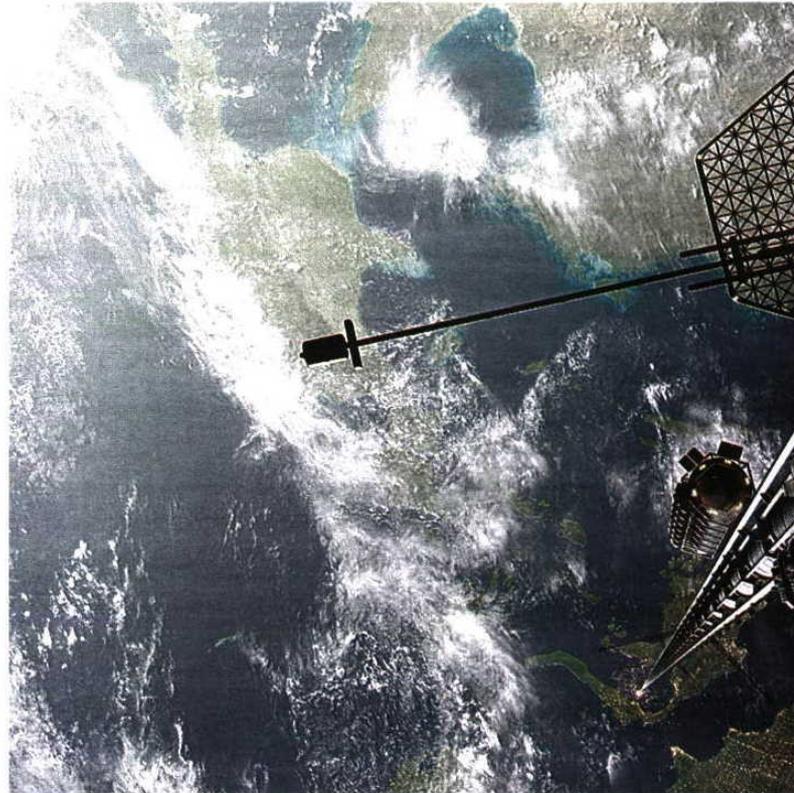
“Cinquenta anos depois de pararmos de rir, o elevador espacial será construído.” Arthur C. Clarke, o homem que nos anos 80 nos servia o seu misterioso mundo em formato televisivo, é o responsável pela frase. E foi um dos seus romances de ficção científica que popularizou o conceito, fazendo o comum dos mortais acreditar que um dia carregarmos num botão bastará para chegarmos ao espaço.

Mas será suficiente? David Horn, presidente da conferência anual que todos os anos junta os principais estudiosos da área, acredita que os elevadores espaciais são “inevitáveis”. “Precisamos de uma forma mais barata de chegar ao espaço a partir da superfície da Terra”, diz ao *i*. Essa solução passa pela construção destas estruturas. Quanto à mecânica do funcionamento, o problema não é o que acontece quando carregamos no botão. É como descobrirmos um material que aguarde todo o processo. Mas fiquemos, por agora, na questão da engenharia.

O engenheiro Vannevar, o homem que construiu uma ponte sobre o estreito de Gibraltar, tem a solução. A partir de um satélite em órbita geoestacionária (órbita circular, sobre o equador, que acompanha a rotação da Terra), desce-se um cabo que ficará preso no solo terrestre. Em seguida, um ascensor eleva-se através dele. Simples, não? Só é pena é que Vannevar seja o protagonista do romance “Fountains of Paradise”, de Sir Clarke, e tudo não passe de ficção, escrita no final dos anos 70.

Mas a vida, já sabemos, tem tendência para imitar a arte. Quando o ano passado uma empresa japonesa garantiu que até 2050 teria o elevador do espaço pronto para subir e descer, o esquema apresentado não era assim tão diferente. Por muito que se pense e repense, todas as teorias acabam por ter uma estação-base, um cabo, ascensores e um contrapeso.

Carlos Fiolhais, professor de Física da Universidade de Coimbra, desconfia do projecto: “Acho que ninguém consegue razoavelmente prever nada para 2050. Sei que há várias empresas na Terra a ofer-



recer a Lua, ou quase, mas isso faz parte da sua estratégia de promoção.”

Marketing ou não, no caso da Obayashi Corporation a ideia vendida era colocar uma estação em órbita, a 36 mil quilómetros de altitude (a distância à tal órbita geoestacionária), ligada à Terra por cabos de nanotubos de carbono. O ascensor, que subiria pelo cabo, teria capacidade para



“O principal problema com as viagens espaciais é o custo. Pôr-te em órbita custa 10 mil dólares/0,5kg. Se os primeiros 160 mil quilómetros é que são o problema porque não ter um elevador espacial em que carregas no botão e ascendes através de um cabo para o espaço sideral?”

Michio Kaku
FÍSICO TEÓRICO

30 pessoas e viajaria a 200 km/h. Desde o momento em que carregássemos no botão até chegar ao espaço passariam apenas sete dias.

NA TERRA OU NO MAR? E regressamos a 1979, quando o romance de capa lilás desaparece das livrarias e entra em casa dos fãs de Sir Clarke, que, em conversas de café, discutiam se a base do elevador devia ser construída em terra firme ou no mar.

Michio Kaku, o físico teórico que se tornou numa espécie de rockstar da Física depois de tanto aparecer em documentários, defende a segunda hipótese numa das suas aparições televisivas. “Porque não fazer descer o cabo da Estação Espacial Internacional e ancorá-lo numa barca no oceano? Isso daria flexibilidade ao cabo, para não ser tão rígido.”

A solução parece ser por aí. De facto, a proposta mais comum é um cabo que vai da superfície da Terra à sua órbita geossíncrona (ou seja, a sua rotação acompanha exactamente a da Terra). Graças à força centrífuga que resulta da rotação do planeta, o cabo mantém-se em posi-

KONSTANTIN TSIOLKOVSKY

O pai do elevador

No princípio era a teoria. Estava-se em 1895 e Konstantin Tsiolkovsky, cientista russo pioneiro no estudo dos foguetes e da cosmonáutica, fez os primeiros rabiscos de um elevador espacial. A inspiração, contaria mais tarde, foi a Torre Eiffel. E como era um elevador que ascende aos céus em pleno século XIX? Na verdade, não muito diferente do conceito de hoje. Primeiro, construir-se-ia uma torre que chegasse ao espaço ou,



pelo menos, a uma altitude de 35 790 km, distância necessária para manter-se em órbita geoestacionária (quando a órbita é circular e se processa exactamente sobre o equador – latitude zero – e a sua rotação acompanha a da Terra). Depois, seria necessário colocar um castelo celestial no fim de um cabo fino e esse castelo teria de orbitar a Terra numa órbita geossíncrona (ou seja, a sua rotação acompanharia exactamente a rotação da Terra).

YURI ARTSUTANOV

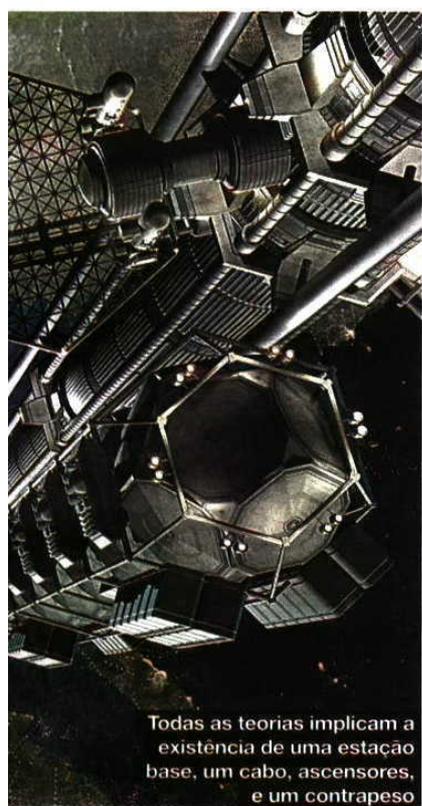
A estrutura de tensão

Quando em 1957 um outro cientista russo sugeriu a construção de um elevador espacial, a ideia era tão radical que Yuri Artsutanov não conseguiu que publicassem o seu artigo. Acabaria por sair na secção juvenil de domingo do jornal “Pravda”. O conceito





21 DIAS DO RÉS-DO-CHÃO AO 1.º ANDAR



Todas as teorias implicam a existência de uma estação base, um cabo, ascensores, e um contrapeso

190 km/h
VELOCIDADE MÁXIMA DO ELEVADOR

21 dias
É O TEMPO DE VIAGEM. O QUE FAZ DESTA UMA VIAGEM NÃO ACONSELHADA A CLAUSTROFÓBICOS

35 786 km
ÓRBITA GEOESTACIONÁRIA

UMA ÓRBITA É CONSIDERADA GEOESTACIONÁRIA QUANDO É CIRCULAR E SE PROCESSA SOBRE O EQUADOR, E A SUA ROTAÇÃO ACOMPANHA A ROTAÇÃO DA TERRA

650 000 m
TERMOESFERA

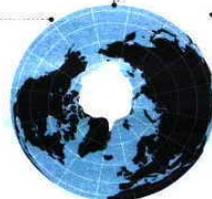
100 000 km
CONTRAPESO ESTICA A LINHA DO ELEVADOR DEVIDO À FORÇA CENTRÍFUGA

1kg
TRANSPORTE DE 1 KG CUSTARÁ ATÉ 500 DÓLARES. ACTUALMENTE PODE CUSTAR ATÉ 100 000

ELEVADOR

DIRECÇÃO DA ROTAÇÃO DA TERRA

SISTEMA ANCORADO NA LINHA DO EQUADOR



ção. Haveria então ascensores a subir e descer por ele, sem recorrer a motores. A base seria móvel (no oceano) ou estacionária (no topo de locais a elevadas altitudes). O cabo teria de aguentar um grande peso sem se partir e ser capaz de suportar o seu peso e o dos ascensores. Para estes, o desafio seria como alimentá-los. O contrapeso seria uma espécie de estação espacial de onde sairia o cabo.

É por tudo isto que Michio Kaku diz que construir um elevador espacial “é um problema prático, já que na teoria os principais desafios foram resolvidos”. David Horn concorda: “Quando tivermos os materiais certos, numa década temos um elevador a funcionar.” Trata-se quase de um consenso na comunidade científica. Na teoria funciona, o que falta são os materiais, como explica o astrónomo Ricardo Reis. “Já existe tecnologia para o fazer. Já é possível produzir nanotubos ou fitas de grafeno, essenciais para o elevador espacial. No entanto, não quer dizer que seja fácil, ou mesmo viável fazê-lo.”

continua na página seguinte >>

passava por usar um satélite, que acompanharia a rotação da Terra, como base para construção da torre. Com a ajuda de um contrapeso, um cabo desceria até à superfície da Terra enquanto o contrapeso seria estendido para longe da Terra, a partir do satélite, mantendo o centro de gravidade do cabo imóvel em relação à Terra. Complicado? Sim, mas um grande avanço em relação à teoria anterior. Enquanto a torre de Tsiolkovsky iria afundar-se na Terra sob o seu próprio peso, a estrutura de tensão é a mais estável já concebida.

David Horn
“Podíamos construí-los agora na Lua”

É um dos directores do Consórcio Internacional do Elevador Espacial (ISCE) e presidente da conferência que se realiza anualmente. De hoje a domingo, em Seattle, vai falar-se e muito de elevadores espaciais. David Horn vai estar por lá e partilhou com o i um pouco da sua visão do transporte do futuro.

Precisamos realmente de elevadores espaciais?

Precisamos de uma forma mais barata de chegar ao espaço a partir da superfície da Terra. Os elevadores espaciais podem baixar 100 vezes os custos de lançamento. O preço de uma viagem orbital seria equivalente ao preço de uma viagem de avião em primeira classe.

A construção custará entre 10 e 50 mil milhões de dólares. Este é um dos principais entraves ou conseguimos financiá-lo?

O custo não é o problema, porque o retorno do investimento acontecerá em poucos anos. O grande obstáculo são os materiais para construir o cabo para o elevador especial. A tecnologia é possível na teoria, mas ainda não chegámos lá.

Os nanotubos de carbono foram um grande avanço. Mas um avanço muito ou pouco

NANOTUBOS

Os nanotubos foram construídos com proporção diâmetro/comprimento de 1:132 000 000, significativamente maior do que para qualquer outro material. Um nanómetro, milimicron ou milimicro é a subunidade do metro, correspondente a 1×10^{-9} metros, ou seja, um milionésimo de milímetro

importante quando falamos de elevadores espaciais?

Os nanotubos de carbono são o material mais promissor. O rácio força/peso é óptimo para um elevador especial.

Quais são actualmente os grandes desafios tecnológicos e de engenharia?

O grande desafio é fazer o cabo macroscópico a partir de materiais nanoscópicos que mantenham um elevado rácio de força/peso.

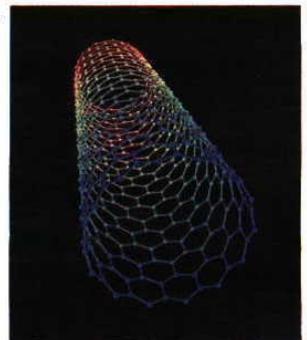
David Appell, jornalista de ciência norte-americano, publicou um artigo em que falava daquilo a que chamou “o problema do não-obtível (obtainium)”, ou seja, a necessidade de um material que não existe. Conseguimos ultrapassar isto?

Os nanotubos de carbono e os nanotubos de nitreto de boro são materiais promissores. No entanto, o David tem razão: ainda temos de obter o conhecimento para transformar esses materiais num longo cabo para um elevador especial.

Vamos supor que encontramos o material certo. Quanto tempo demoraria até termos um elevador a subir e a descer?

A estimativa é de que quando tiver-

continua na página seguinte >>



NANOTUBOS DE CARBONO

Mais forte que o aço Não sabemos se gritou eureka, mas podia tê-lo feito. Quando em 1991, o Dr. Sumio Iijima descobriu os nanotubos de carbono fez um avanço tecnológico gigantesco. Já há algum tempo que se previa a existência deste tipo de estrutura finita de carbono, mas da teoria à prática vai um longo caminho. Iijima foi o primeiro a conseguir produzir em laboratório este material que é centenas de vezes mais forte que o aço, mas seis vezes mais leve. Tem também a maior resistência a ruptura sob tensão conhecida até hoje. Um nanotubo de carbono é um cilindro de átomos de carbono de tamanho nanométrico. Imagine uma folha de papel, enrolada em forma de tubo – é mais ou menos isso, e as propriedades do nanotubo criado dependem da forma como se enrola a folha.



Zoom // Tecnologia

Opinião

MIGUEL GONÇALVES



Balde de água fria

O "PORTAL FUTURISTA" IO9, insuspeito no optimismo tecnológico futuro, apresentou, em Fevereiro, um artigo com um título bombástico: "Porque razão nunca iremos construir um elevador espacial". Para optimismo, eis um balde de água fria fundamentado em dúvidas sobre que tipo de material utilizar e se tal existe, apesar da entrada em cena do grafeno, um material que ameaça revolucionar tudo o que vamos construir num futuro próximo em todas as escalas; mas o artigo refere também o perigo das vibrações provocadas pela gravidade da Lua e do Sol, o lixo espacial provocado pelo Homem que pode colocar em risco a integridade física do elevador e até mesmo a sua eventual utilização para actos terroristas. Portanto, interessará perguntar: elevador espacial para quê? Há um número que pode ajudar a perceber uma eventual utilidade: 25 mil dólares. No início do ano 2000, este era o preço para enviar um quilo de material para uma órbita geostacionária utilizando um foguetão convencional. De acordo com os mais arrojados cálculos, um elevador espacial colocaria esta fasquia próximo de 20 dólares/kg. Imagine-se a eufórica reviravolta orçamental que apresentaria para lançamentos espaciais sem brutais pesos de combustíveis ou até mesmo para um novo *modus operandi* ao nível da construção de estruturas espaciais, algo mais parecido com um enorme Lego a ser montado de uma maneira mais rápida, metódica, eficiente e... mais barata!

Coordenador da Sociedade Planetária em Portugal

>> continuação da pag anterior

mos os materiais certos conseguirmos ter um elevador a funcionar numa década. O primeiro a ser construído teria de ser apenas para carga e depois seria construído (reforçado) com um factor de segurança suficientemente alto para seres humanos (da mesma maneira que um elevador tem de ser capaz de levantar muito mais peso que a sua suposta capacidade para ser considerado seguro). **Comprava um lugar na viagem inaugural?** Assim que o elevador estivesse pronto para transportar passageiros humanos, claro que sim! **Quanto imagina que custará um bilhete para um turista?** Qualquer coisa à volta dos 100 dólares (74€) por quilo, mais ou menos o preço de um bilhete em primeira classe para um voo intercontinental. **Uma vez disse que com os materiais que já temos podíamos construir um elevador na Lua. Porque é que ainda não estamos a construí-lo?** Para um elevador lunar há menos requisitos de força, por causa da baixa gravidade e da menor taxa

de rotação da Lua. O problema é que ainda temos de sair da superfície da Terra a um preço mais baixo que o actual para podermos otimizar o uso de um elevador lunar. Também precisamos de uma maior procura de materiais lunares. Talvez venha a ser esse o caso quando precisarmos de hélio-3 para centrais de fusão na Terra ou geradores de energia solar a orbitar o planeta. **Acredita que a Obayashi Corp. vai conseguir ter um elevador pronto em 2050?** Se conseguirmos os materiais nos próximos 20 a 30 anos, diria que essa data é exequível. **Os elevadores espaciais são uma fantasia ou uma inevitabilidade?** Eu diria que são inevitáveis. Podíamos construí-los agora na Lua, ou até em grandes asteróides, mesmo que nunca cheguemos a construir um na Terra. Quando sairmos do nosso planeta e começarmos a colonizar outros mundos no nosso sistema planetário, vamos precisar de uma maneira mais barata e com uma maior capacidade de elevação, algo que os elevadores espaciais podem proporcionar. **Ao longo dos dez anos de conferências quantos degraus subiram?** Muitos aspectos operacionais, de engenharia, ciência e legislação foram explorados e aperfeiçoados. Por exemplo: como lidar com detritos espaciais, como operar uma grande base no oceano, que leis internacionais do espaço precisariam ser alteradas, como é que o cabo inicial será implantado, qual é o comportamento de cabos muito longos, como ligar os ascensores, e muitos outros aspectos do elevador espacial e do seu ambiente. Todos os anos temos novas e melhores ideias para que quando os materiais estiverem prontos uma série de outros desafios já tenham sido superados. **Quando o céu já não for o limite, qual será? Marte?** Rapidamente teremos elevadores em Marte, permitindo o comércio de duas vias entre os planetas.



"Quando tivermos os materiais certos conseguimos ter um elevador a funcionar numa década"

David Horn
DIRECTOR DO ISEC
E PRESIDENTE DA CONFERÊNCIA

CITAÇÃO



"Já devemos ter tecnologia para subir no espaço sem foguetes, mas ela é extremamente cara. Pelo menos dez mil milhões de dólares. Estaremos dispostos a pagá-la? É como a ida a Marte: é possível tecnologicamente, mas estaremos dispostos a pagá-la? E entre o elevador espacial e a ida à Marte o que escolheríamos?"

Carlos Fiolhais
PROF. DE FÍSICA DA UNIV. DE COIMBRA

>> continuação da pag anterior

E voltamos ao início deste texto, como acontece nas discussões circulares. O problema – já o dissemos – não é o que acontece quando carregamos no botão. O problema é descobirmos um material que agente todo o processo.

O SUPERMATERIAL Artur C. Clarke morreu em 2008 e não conseguiu ver o seu elevador tornar-se realidade. Assistiu, isso sim, em 1991, à descoberta dos tais nanotubos de carbono, o material que pode transformar o elevador em realidade.

"Os nanotubos de carbono, que consistem em folhas de grafite enroladas, são extremamente resistentes à tracção, bastante mais que o aço. E o cabo do elevador espacial tem de ser extremamente resistente para suportar o seu próprio peso. Mas, mesmo dispendo de nanotubos, não é fácil, nem barato, fazer o tal elevador", argumenta Carlos Fiolhais.

Hoje, defender a construção de um ele-

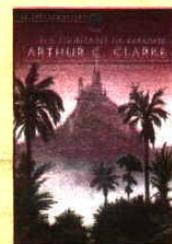
ARTHUR C. CLARKE

Elevador espacial torna-se viral

Se em 1979 já houvesse Facebook, a página de Arthur C. Clarke teria milhões de likes. Foi com o seu romance "Fountains of Paradise" que o conceito de elevador espacial chegou às massas, deixando de ser assunto exclusivo da comunidade científica. Em meados do século XXII, quando os terráqueos já têm colónias na Lua e em Marte, o Dr. Vannevar Morgan tem a solução para os efeitos nocivos que o excesso de viagens de foguetões está a ter sobre o



planeta: construir um elevador espacial em Taprobana. A partir de um satélite geostacionário – parado sobre um ponto da Terra – desce-se um cabo até à superfície do planeta e prende-se no solo. Em seguida, cria-se um sistema para elevar coisas através do cabo. Em traços largos, é isto que o Dr. Vannevar quer fazer apesar do descrédito geral. Pior. O elevador só pode ser construído na montanha sagrada de Taprobana, devido a particularidades do campo gravitacional, ocupado há séculos por monges budistas.



"Fountains of Paradise"
Arthur C. Clarke
Orion Publishing CO; 10,08€
Disponível na Wook



Graças à força centrífuga, que resulta da rotação da Terra, o cabo do elevador mantém-se em posição

vador espacial já não é motivo de vergonha, como explica Kaku num dos seus documentários: "Durante um século achámos que esta ideia era ridícula. Agora as regras mudaram. Carbono. Nanotubos de carbono. E grafeno. O grafeno é uma camada de carbono. Conduz a electricidade, é a substância mais forte conhecida pela ciência e vai aguentar o peso de um elevador sem se partir. Para sermos honestos, o recorde humano de produção de nanotubos é de poucos centímetros, por isso ainda temos um longo caminho a percorrer."

O caminho é sinuoso? É. Mas vamos percorrê-lo? Ricardo Reis acredita que sim. "Tenho esperança que seja algo que ainda vou ver no meu tempo de vida. Basta que um multimilionário excêntrico decida fazer com o elevador espacial o que Richard Branson fez com as viagens espaciais de turismo ao criar a Virgin Galactic. Se dinheiro não for obstáculo, não há razão para não se fazer."

O dinheiro, acredita David Horn, não é

o impedimento, apesar de a construção estar orçada em 10 a 50 mil milhões de dólares (7 a 37 mil milhões de euros). "O retorno do investimento aconteceria em poucos anos." Por outro lado, diz ao *i*, baixaria cerca de 100 vezes os custos de uma ida ao espaço, até para um bilhete de turista. "Sairia à volta dos 100 dólares por quilo, mais ou menos o preço de um bilhete em primeira classe para um voo intercontinental."

Kaku concorda. "O principal problema com as viagens espaciais é o custo. Pôr-te em órbita custa 10 mil dólares/500 g. Se os primeiros 160 mil quilómetros é que são o problema, porque não fazer um elevador espacial em que carregamos no botão e ascendemos através de um cabo ao espaço sideral?"

Carlos Fiolhais tem uma proposta para o cartaz publicitário do voo inaugural: "Clarke colocou o elevador na ilha da Taprobana, nome que os portugueses deram ao Sri Lanka. Se Camões disse que os navegadores chegaram 'ainda

além da Taprobana', Clarke queria que os novos exploradores fossem 'acima da Taprobana'! Talvez fosse melhor colocar o elevador em S. Tomé e Príncipe, que tem um ilhéu por onde passa o equador. Proponho já um slogan: 'Venha ao elevador espacial de S. Tomé: ver para crer!'"

De hoje a domingo, algumas das mentes mais brilhantes do planeta vão estar em Seattle a debater o futuro do elevador espacial, a trocar notas e a discutir os últimos avanços tecnológicos, enquanto alguns cépticos continuarão a achar que eles não passam de um bando de lunáticos. Um exemplo recente de que os crenes estão a aumentar é a história da Liftport, que conseguiu angariar mais de 100 mil dólares (74 mil euros) no Kickstarter para iniciar a sua pesquisa com ascensores.

Se começarmos a contar desde a data em que Sir Arthur C. Clarke escreveu sobre o elevador espacial, os 50 anos completam-se em 2029. Aqui à minha volta já não há ninguém a rir. E aí? *Com João Paulo Rego*

P&R

Ricardo Cardoso Reis

Astrónomo

Centro de Astrofísica da Universidade do Porto

"Seria possível ter grandes telescópios no espaço"



Enquanto astrónomo, seria interessante viajar num elevador espacial? A nível pessoal, adoraria fazer essa viagem, assim como adoraria uma viagem turística na Virgin Galactic, ou ir à boleia de uma Soyuz, para uma visita à Estação Espacial Internacional. Ver a Terra do espaço sempre foi um dos meus sonhos.

Até que ponto é que a sua área de estudo mudaria com uma inovação deste género?

A grande utilidade de um elevador espacial para a Astronomia seria a nível de equipamento. Um elevador espacial poderia tornar os telescópios espaciais muito mais baratos. Seria possível ter grandes telescópios no espaço, algo que actualmente é proibitivo, devido aos custos de lançar as peças num foguetão. Como exemplo, o sucessor do telescópio espacial Hubble, o telescópio espacial James Webb, terá 6,5 metros e um custo total de quase 7 mil milhões de euros. Já o telescópio terrestre da próxima geração, o European Extreme Large Telescope (E-ELT), com quase 40 metros de diâmetro, tem um custo previsto de "apenas" pouco mais de mil milhões.

OBAYASHI CORPORATION

Elevador espacial pronto até 2050

São japoneses, especialistas em construção civil, e têm sede em Tóquio. Em 2012, a Obayashi Corporation lançou a bomba: iria dar início a um projecto que culminaria na construção de um elevador espacial, pronto a funcionar em 2050. Segundo explicou na altura, seria preciso colocar uma estação em órbita, a 36 mil quilómetros de altitude, ligada à Terra por cabos de nanotubos de carbono. O ascensor, que subiria pelo cabo, teria capacidade para 30 pessoas e viajaria a 200 km/h. Ou seja, para chegar ao espaço bastaria uma viagem de sete dias. Depois desta notícia pouco mais se soube deste projecto da Obayashi, até que há dias lançou um vídeo (conceptual, é certo) sobre o elevador.



Pode vê-lo aqui: http://www.obayashi.co.jp/news/news_20130730_1

LIFTPORT GROUP

Michael Laine teve um sonho

Pesquisador da NASA, teve as mãos enterradas na investigação dos nanotubos de carbono. Em 2003 abriu a sua própria empresa e dedicou-se à investigação dos vários componentes de um elevador espacial, especializando-se nos robots ascensores. Em 2007, a companhia não resistiu à crise e fechou portas. Voltou de uma forma inusitada: tentou angariar dinheiro, em 2012, através do Kickstarter (site

de financiamento colectivo) para recomeçar a pesquisa. Pediu 8 mil dólares, conseguiu mais de 100 mil (74 mil euros). O dinheiro servirá para construir um robot capaz de subir 2 quilómetros de altura a direito e uma plataforma de teste para balões de alta altitude, amarrada ao solo. Se tudo correr bem, o passo seguinte é um elevador com 5 quilómetros, com o qual seria possível testar os efeitos das baixas temperaturas e da força G sobre a estrutura.

