

A detailed illustration of space debris orbiting Earth. The Earth's blue and white horizon is visible on the left side of the frame. The right side is filled with a dense field of various pieces of space junk, including satellite components, solar panels, and cylindrical containers, all set against a dark blue background of space.

# Poluição Espacial

Grupo 1

# Introdução

- Lixo espacial é todo objeto feito por seres humanos e que, por algum motivo, encontra-se em órbita ao redor da Terra, mas não desempenham nenhuma função útil.
- Podem ser desde peças pequenas (luvas, parafusos, ferramentas) até objetos maiores, como pedaços de foguetes e satélites danificados.
- Tais objetos causam grave risco de acidentes, tanto em órbita (danificando satélites ou colidindo com astronautas e objetos maiores, como a estação espacial internacional) quanto reentrando na atmosfera.

# 9000

## Detritos fragmentados

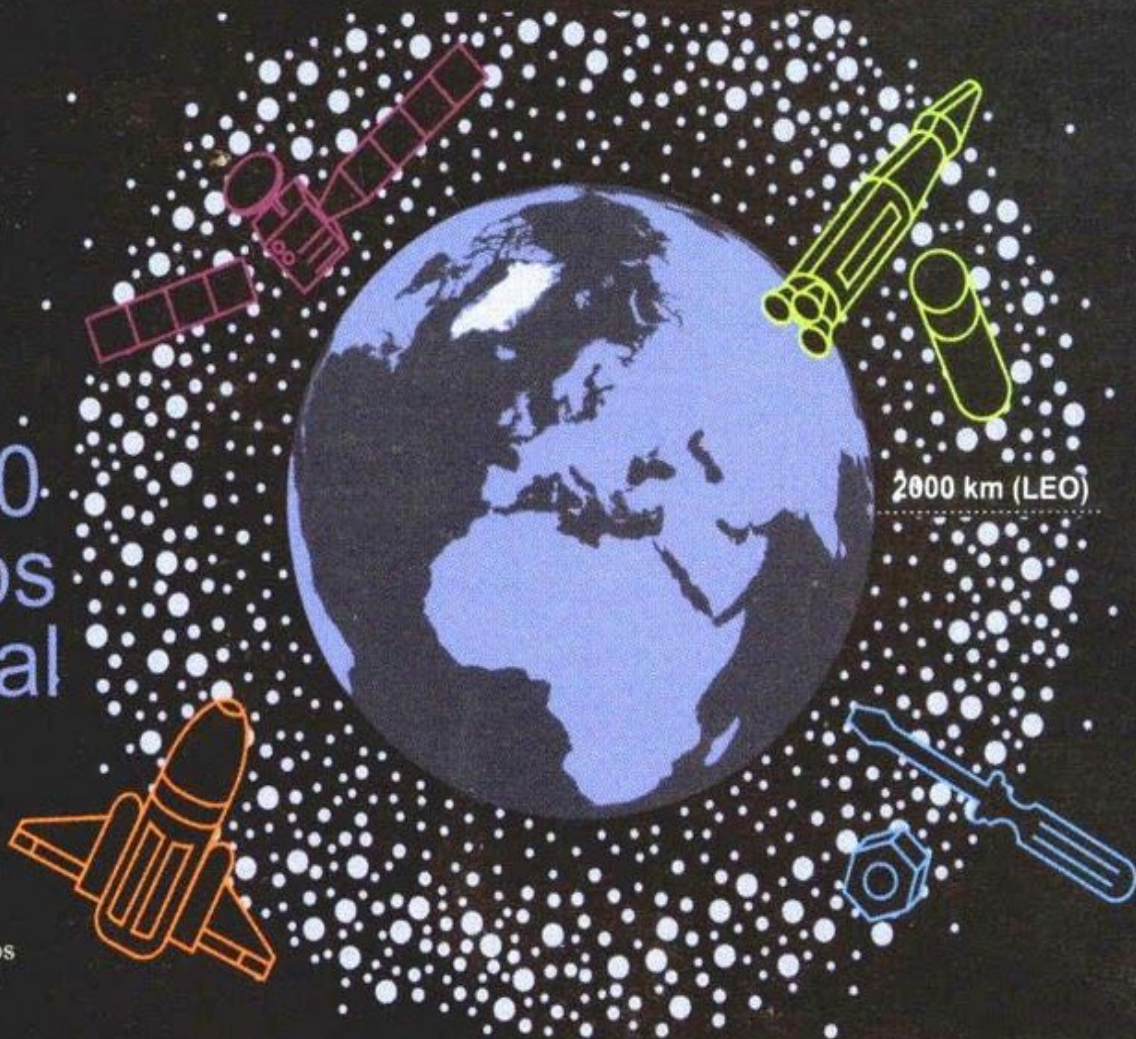
Detritos que incluem todo o lixo, fragmentos deteriorados e pedaços soltos de naves e satélites resultantes de colisões (acidentais ou deliberadas) com outros objetos em órbita

# 16 000 objetos no total

# 3000

## Veículos espaciais

Todas as naves espaciais, satélites ou outros dispositivos construídos para voos espaciais



# 800

## Corpos de foguetes

O corpo de um foguete, de forma cilíndrica, serve para armazenar o combustível utilizado pelos veículos espaciais. Depois de gasto o combustível, os corpos dos foguetes são libertados, mas permanecem em órbita, sem qualquer utilidade

# 800

## Detritos de missões

Este tipo de detritos pode ser libertado pelas naves durante o período em que estão operacionais. Ao entrarem em órbita, coberturas de proteção e cabos de fixação dos painéis solares são exemplos de detritos que se podem separar das naves, que também libertam objetos de menor dimensão como para-fusos ou mecanismos de molas

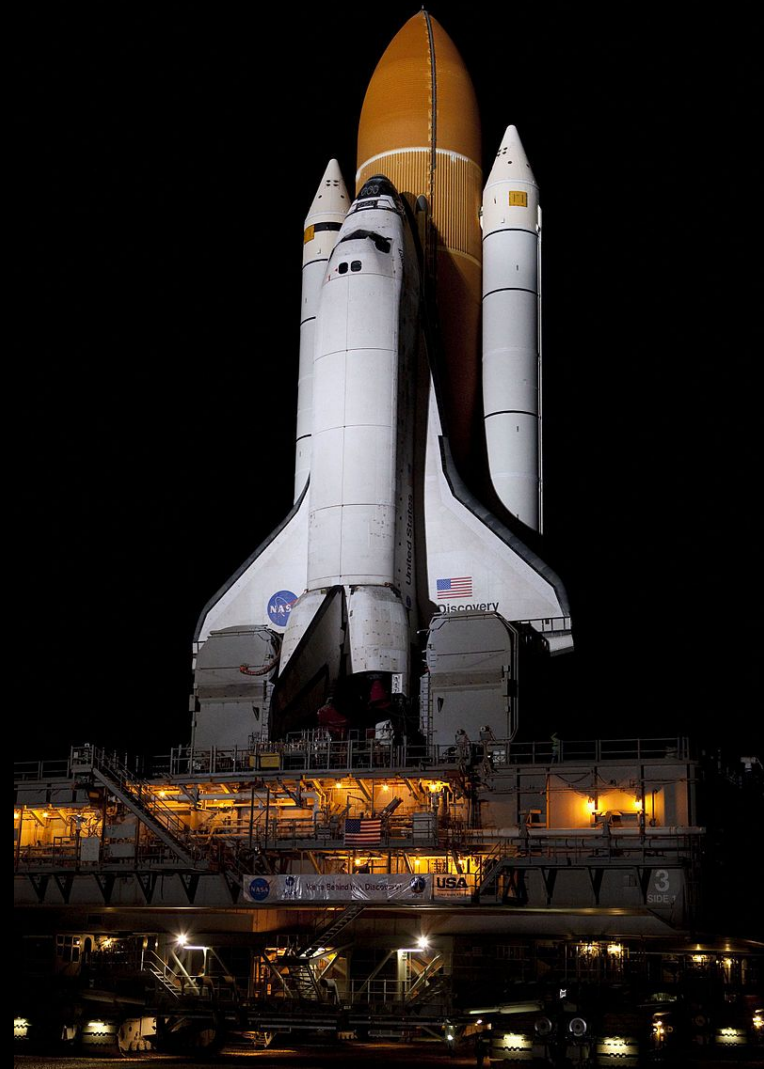
# História

- 1958: Os Estados Unidos lançaram seu segundo satélite, o Vanguard I, que após seis anos de operação, tornou-se uma das primeiras peças de lixo espacial. Em 2007, uma sondagem confirmou que ele ainda permanece em órbita.



# História

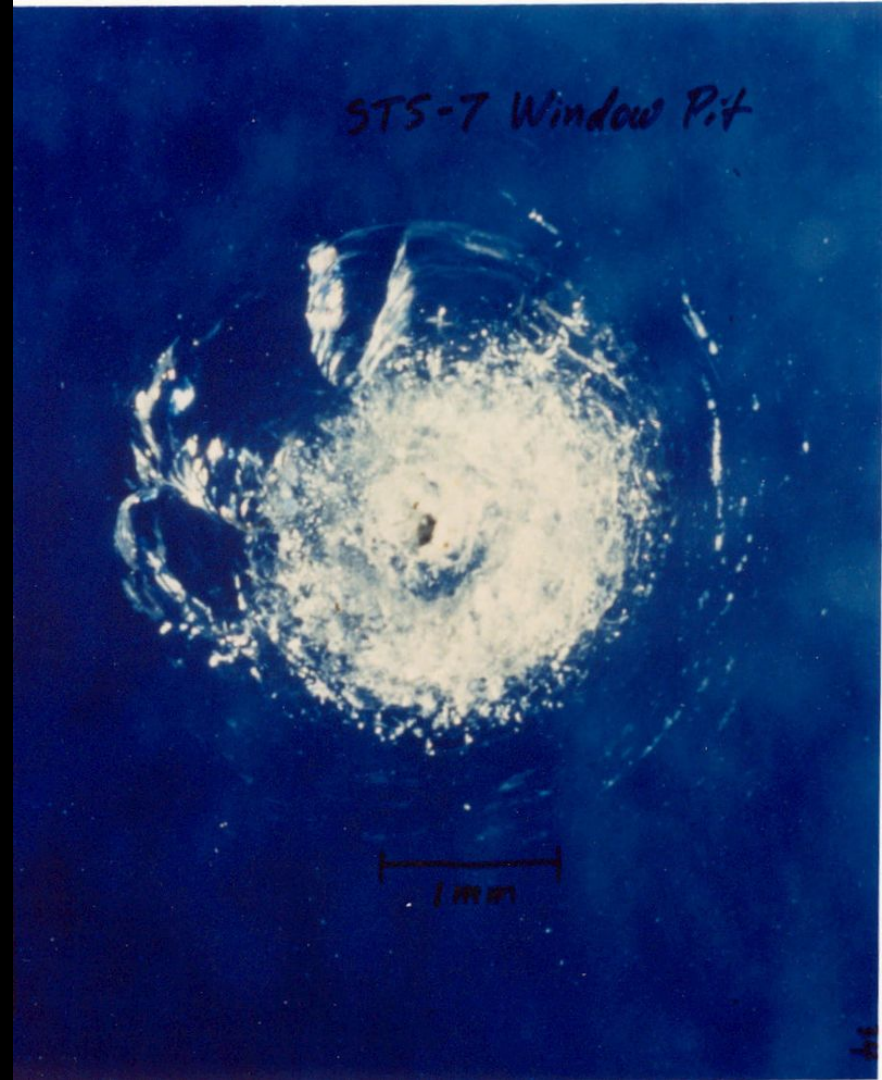
- 1987: Kosmos, um satélite russo, explode, gerando cerca de 850 resíduos.
- 1991: Discovery, um ônibus espacial, realiza pela primeira vez uma manobra evasiva a fim de evitar uma colisão com detritos do Kosmos.



# História

- Até 1998, mais de 60 janelas de ônibus espaciais haviam voltado à Terra com danos provenientes do espaço.
- As velocidades orbitais são tão altas (chegam até 15.000km/h) que mesmo uma lasca de tinta do tamanho de um grão de sal pode causar grandes danos.

Janela da STS-7

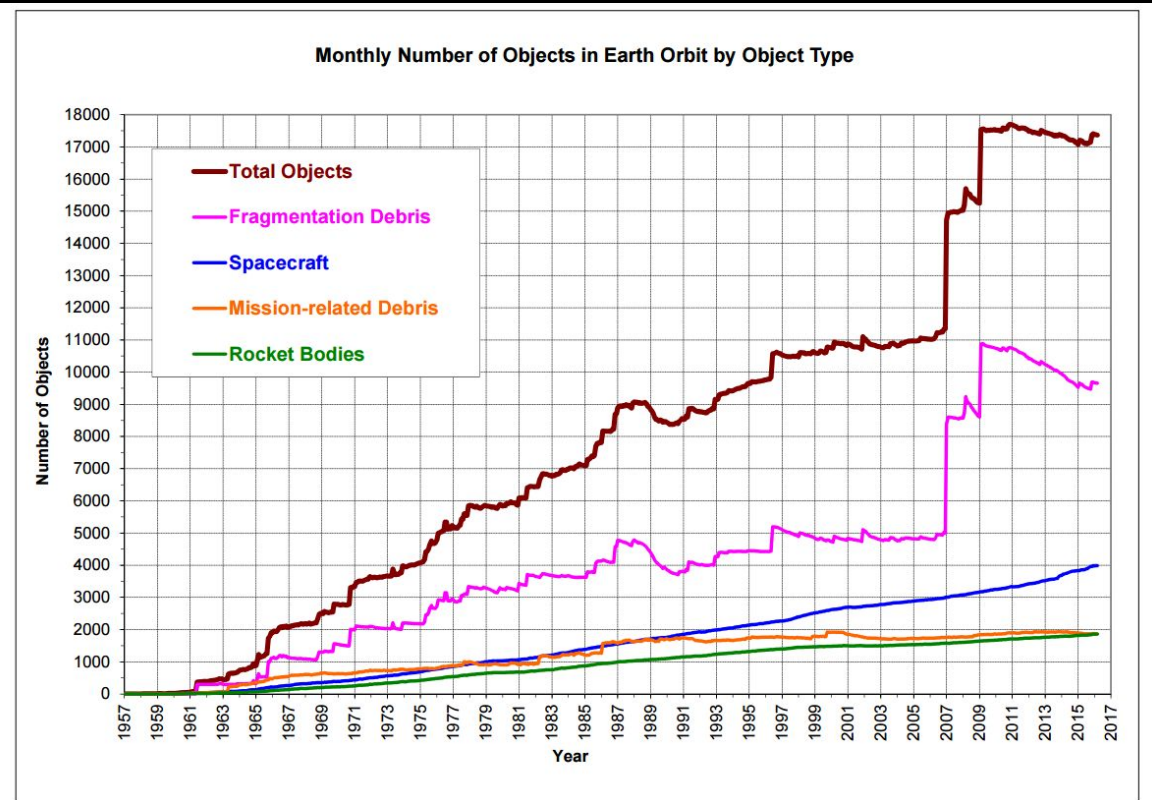


# História



- 1999: A Estação Espacial Internacional realiza sua primeira manobra evasiva a fim de desviar-se de detritos, que consistiam de restos do foguete Pegasus.
- Os detritos passaram a aproximadamente 25km da Estação.

# População total de lixo espacial existente

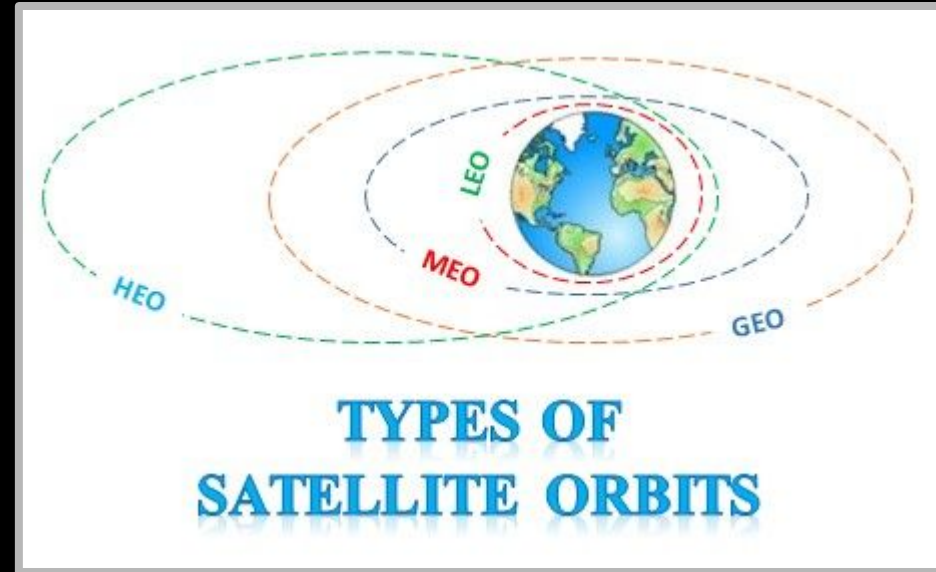


Monthly Number of Cataloged Objects in Earth Orbit by Object Type: This chart displays a summary of all objects in Earth orbit officially cataloged by the U.S. Space Surveillance Network. "Fragmentation debris" includes satellite breakup debris and anomalous event debris, while "mission-related debris" includes all objects dispensed, separated, or released as part of the planned mission.



# Tipos de Órbita

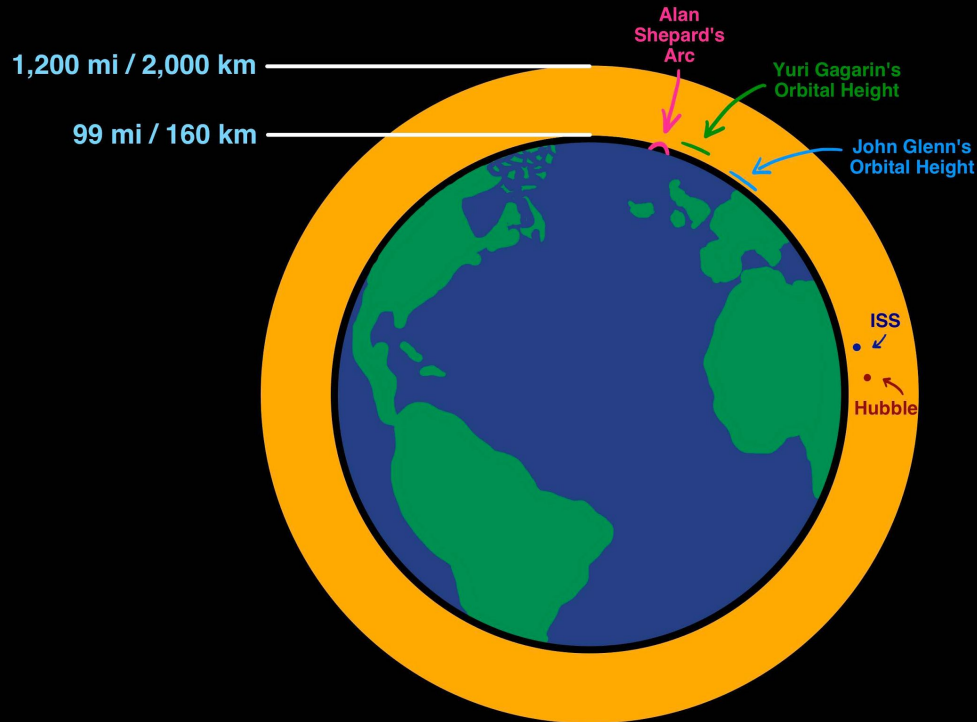
- **LEO (Low Earth Orbit):** abaixo dos 2000 Km;  
⇒ Período ~ 127 minutos  
⇒ Objetos abaixo de 160 Km estão sujeitos a um rápido decaimento orbital e perda de altitude  
⇒ Lugar com melhor custo-benefício para colocação de satélites
- **MEO (Medium Earth Orbit):** entre 5000 Km e 15000 Km;  
⇒ Período ~ 12 horas  
⇒ Mais comum para localização de satélites para o uso em navegação, comunicação, etc
- **HEO (High Medium Earth Orbit):** a partir de 20000 Km.  
⇒ Satélites geoestacionário (GEO)  
⇒ Em órbitas geoestacionárias, os detritos ficam mais dispersos.  
⇒ Há cerca de 1450 objetos em órbitas excêntricas, podendo transladar entre as outras órbitas e provocar acidentes.



- A maior parte dos detritos encontra-se em órbita baixa.

## Low Earth Orbit (LEO)

All sizes to scale



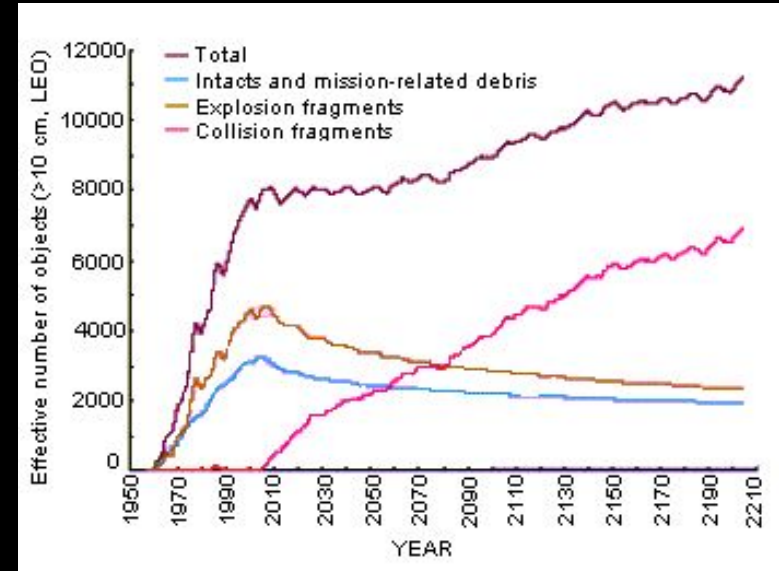
A visualization of Earth's orbit around the Sun. The Sun is represented as a bright, glowing sphere in the center. Earth is shown as a smaller, blue and green sphere orbiting the Sun. The orbit is depicted as a series of small white dots forming a circular path. The background is a dark field of stars.

2015

# Perigos do lixo espacial

## Síndrome de Kessler

- Identificado em 1978, é um problema a longo prazo.
- É devido ao efeito de cascata de colisões.
- Colisão progressiva entre detritos espaciais aumenta exponencialmente a quantidade de detritos.
- Irá se agravar pelos próximos 100 anos.
- Torna o lixo autossustentável.

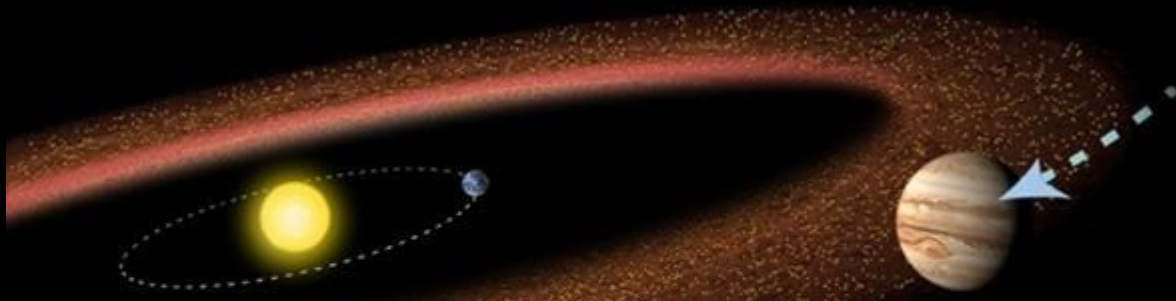




# Perigos do lixo espacial

## Como afeta a vida humana?

- **Inviabilização do uso do espaço.**
  - **Cenário extremo:** criação de um cinturão devido à órbita de todo o lixo espacial acumulado, inviabilizando o uso do espaço.



- Nova política de exploração espacial dos EUA, que incentiva investimentos privados, pode agravar o problema.

# Perigos do lixo espacial

## Como afeta a vida humana?

- **Inviabilização do uso de satélites e risco à sociedade.**
  - O choque entre satélites e lixo espacial traria um grave prejuízo monetário para os países investidores.
  - Fim de transmissão de dados, sinais de televisão, rádio, telefone, GPS.
  - Estrago de equipamentos que monitoram a vida terrestre, prevêm fenômenos naturais e mudanças climáticas.
  - Choques entre satélites militares podem ser vistos como ataques.

# Perigos do lixo espacial

## Como afeta a vida humana?

- Inviabilização do uso de satélites
- **Choque de satélites:**
  - **Fevereiro de 2009:** Primeira colisão entre satélites de comunicação, o americano Iridium 33 e o russo Kosmos 2251. Ambos destruídos na colisão.
  - Colisão gerou mais de 2 mil pequenos fragmentos.



# Perigos do lixo espacial

## Como afeta a vida humana?

- Inviabilização do uso de satélites
- Queda de detritos
  - A probabilidade é reduzida, de 1 em 2000.
  - Possuem vida útil de 4 anos.
  - Os destroços queimam na atmosfera durante a queda, e tem maior chance de cair no mar (75%).
- Objetos viajam a mais de 25 mil km/h.



# Perigos do lixo espacial

## Como afeta a vida humana?

- Inviabilização do uso de satélites
- Queda de detritos
  - 24 de setembro de 2011: queda de destroços do satélite americano UARS sobre o Oceano Pacífico.
  - 23 de outubro de 2011: satélite alemão Rosat cai no Oceano Índico.
  - 15 de janeiro de 2012: queda da sonda russa Phobos Grunt no Pacífico.



# Perigos do lixo espacial

## Como afeta os astronautas?

- Não deveria afetar muito...
  - A maior parte do lixo de situa entre 880 km e 1000 km.
  - Satélites de observação se situam em órbitas polares.
  - Estação Espacial Internacional está a 400 km de altura.
- Ainda assim...
  - Pelo menos uma manobra requerida por ano para evitar colisões.
  - Segundo a Agência Espacial Europeia (ESA), é comum detritos se aproximarem até 2 km de satélites.
  - Alerta de “**conjunção vermelha**”.

# Perigos do lixo espacial

## Como afeta os astronautas?

- **16 de julho de 2015:** pela segunda vez desde o início da missão, o astronauta americano Scott Kelly, e dois russos, Mikhail Kornienko e Gennady Padalka, se refugiaram dentro da cápsula Soyuz que deveria ser usada para emergências.
- Aconteceu também em junho de 2011.





1975

# Mas como se livrar dele?

- Enquanto a preocupação com o lixo espacial cresce, aumentam-se as ideias do que fazer para se livrar dele.
- Por enquanto temos 3 possíveis alternativas:
  - Reciclagem
  - Remoção
  - Atenuação
- O problema maior são os custos e alta tecnologia envolvida, assim como seu grau de efetividade.

# Reciclagem

Tom Markusic, CEO da companhia Firefly Space Systems propôs a ideia de reciclar os satélites “mortos” para a utilização em missões para Marte, isso, além de reutilizar os materiais, ainda economizaria com o custo de um lançamento a partir da superfície terrestre.

A ideia consiste em:

- Utilizar foguetes à base de energia solar para enviar satélites e peças à Fobo, uma lua de Marte
- As peças seriam resgatadas e levadas à superfície do planeta para a utilização da matéria prima em futuras colônias marcianas

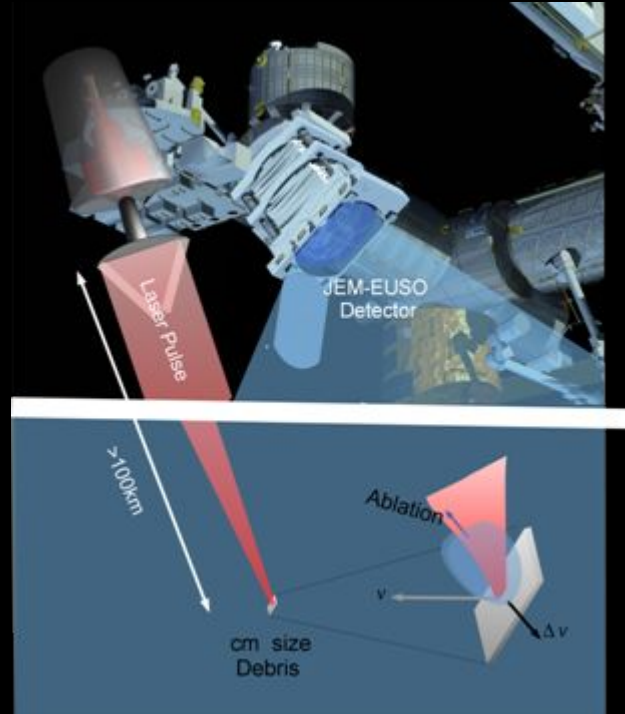
# Remoção

Existem poucas alternativas para a remoção do lixo espacial, entre elas a utilização de um laser para quebrar e retirar o lixo de órbita, conhecido como “vassoura a laser”.

A ideia consiste em utilizar pulsos fortes de lasers a partir de uma base na Terra para destruir e/ou realinhar as órbitas dos detritos.

Já foi proposto, também, um projeto de equipar a ISS com um laser, para que ela possa fazer correções imediatas na órbita de lixo espacial em sua vizinhança.

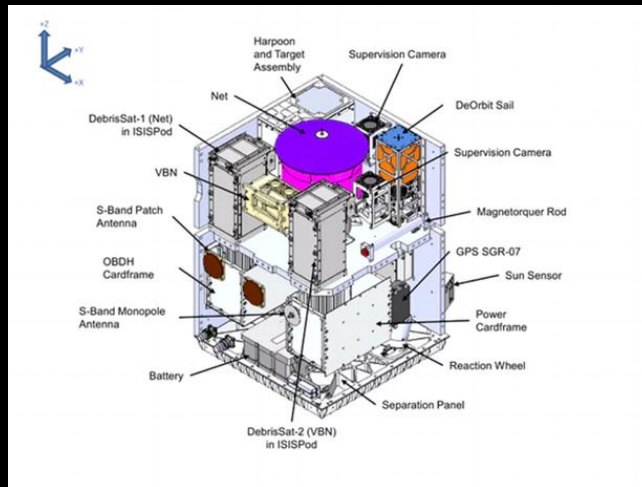
Tais propostas ainda estão em ampla discussão pois, além de não serem rentáveis, são perigosas





# Remoção

Como a ideia da utilização de lasers, além de ser cara, pode também acabar sendo usada para fins bélicos, a União Europeia começou em 2013 o projeto **RemoveDEBRIS**, liderado pelo Centro Espacial de Surrey, com o intuito de criar um meio de “varrer e capturar” o lixo espacial utilizando a tecnologia ADR (Active Debris Removal), designada para retirar 7 mil toneladas de lixo.

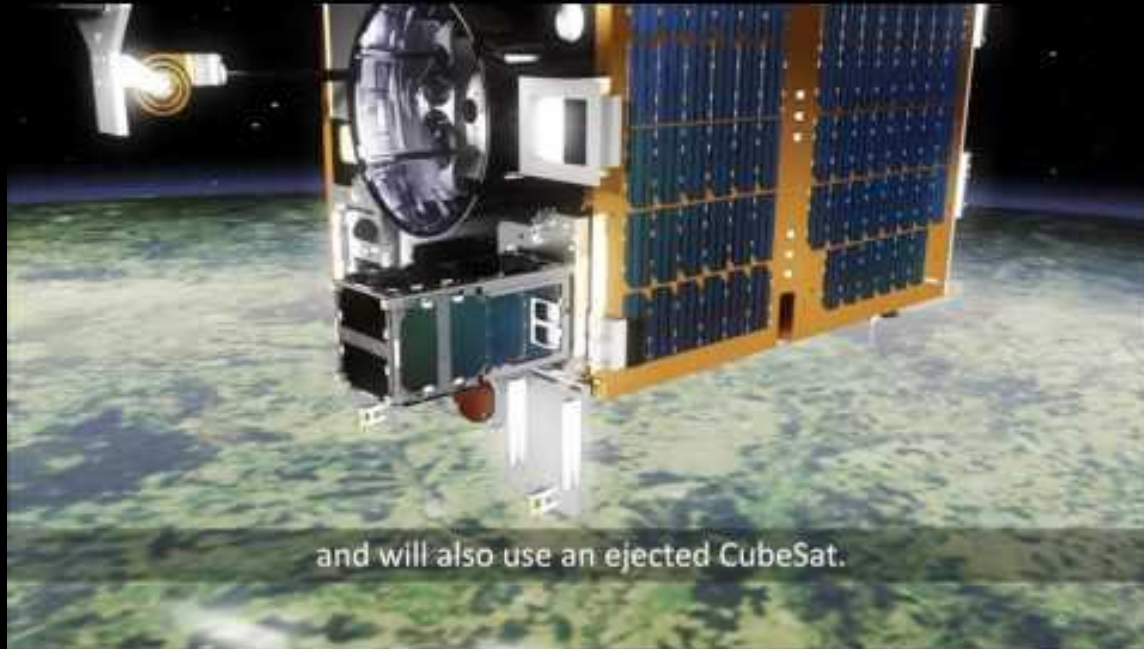


# Remoção

Em 2017 será feito o primeiro teste a partir da ISS, constituindo em 3 fases:

- Uma rede, similar à uma rede de pesca, será lançada para capturar os detritos, sendo posteriormente ligada a uma nave para serem levados à atmosfera terrestre onde os pedaços menores são queimados na re-entrada e os pedaços maiores direcionados para oceanos e outros pontos fora de perigo.
- Um arpão será lançado a fim de capturar o lixo e trazer de volta à nave.
- Uma espécie de vela, com um funcionamento parecido com a de um barco será içada, sem carregada por fótons solares, carregando o lixo para fora de sua órbita

# Remoção



and will also use an ejected CubeSat.

\*

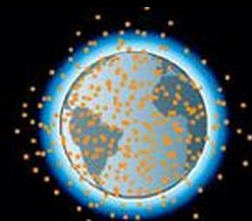
# CleanSpace One

- desenvolvido pela Polytechnique de Lausanne
- espécie de “satélite suicida”
- capturar o lixo e se autodestruir conjuntamente com ele na re-entrada

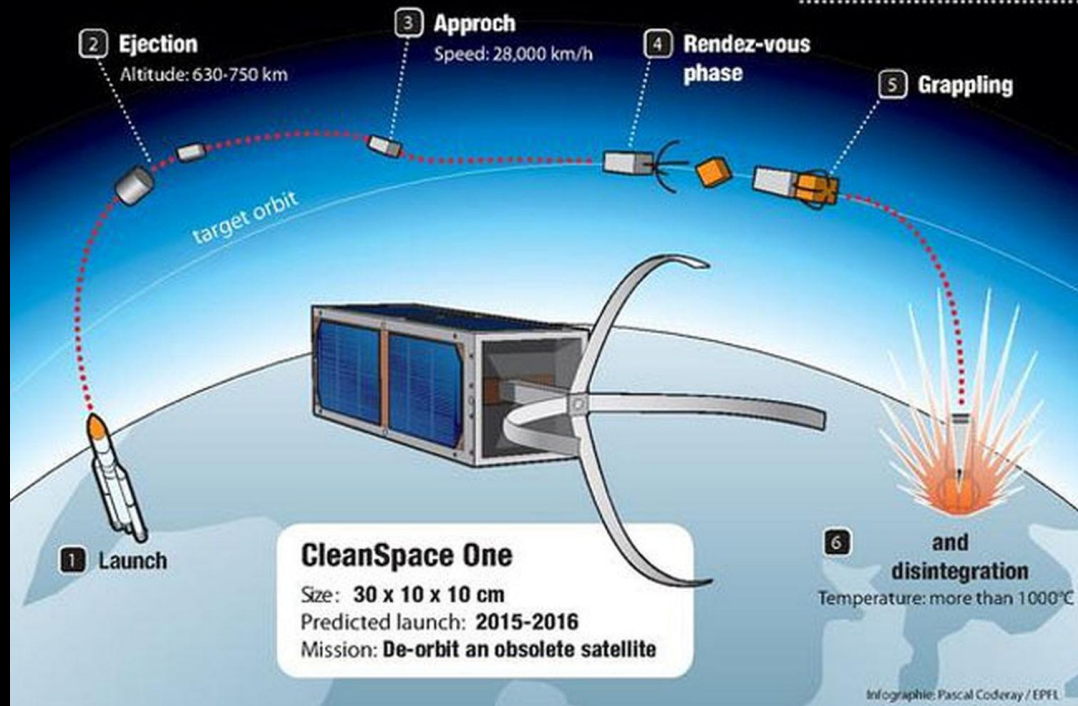
## CleanSpace One

Space debris removal satellite will be sent by EPFL

Space debris represents an increasing risk for operational satellites. Developed at Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), CleanSpace One will be the first space debris removal satellite to demonstrate technological concepts.



16,000 debris bigger than 10cm are known to surround Earth.



# Atenuação

Como as técnicas de remoção e reciclagem podem ser além de caras, complicadas, uma das técnicas que já está sendo empregada pela SIS (Infraestrutura de Serviço Espacial, que funciona como uma espécie de “posto espacial”) é a técnica de atenuação de órbitas.

A atenuação funciona como um modo de diminuir os riscos do lixo espacial, passando-os para órbitas com menores velocidades a fim de diminuir as colisões, tanto com outros objetos, como entre o próprio lixo espacial impedindo que mais partículas sejam formadas.