

## **Sociedade, Meio Ambiente e Cidadania**

### **Impactos Ambientais do Lixo Espacial Sob a Metodologia P.E.I.R.**

#### **1. INTRODUÇÃO**

##### **1.1. A METODOLOGIA P.E.I.R.**

A metodologia Pressão-Estado-Resposta (P.E.R.), amplamente utilizada na área ambiental, visa o estudo dos problemas socioambientais com base em suas causas e consequências, sendo seus três componentes os pilares desta análise temporal:

- I. Pressão:** Quais atividades sociais são possíveis causadoras dos problemas estudados.
- II. Estado:** Como está o ambiente de acordo com tais problemas.
- III. Resposta:** O que a sociedade - ambos poder público e instituições privadas - está fazendo para combater os problemas (CARVALHO & BARCELLOS, 2010).

Variante do modelo P.E.R., o modelo P.E.I.R. - a ser utilizado no decorrer deste trabalho - acrescenta o "Impacto" como quarto pilar da análise, representando indicadores das consequências do problema ambiental estudado sobre ambiente e a sociedade (PNUMA, 2007).

##### **1.2. TEMA**

Lixo espacial consiste em objetos artificiais deixados no espaço e sem uso corrente. Para os propósitos deste trabalho, consideramos somente o lixo ao redor da órbita da terra, que é o que representa tanto a maior parte quanto o maior impacto para o ser humano neste momento.

##### **1.3. TEMPO - ESPAÇO**

Foram estudadas atividades e seus respectivos impactos causados à órbita terrestre desde o início da Corrida Espacial (1955) até o presente dia da realização deste trabalho (2019).

## 2. PRESSÃO

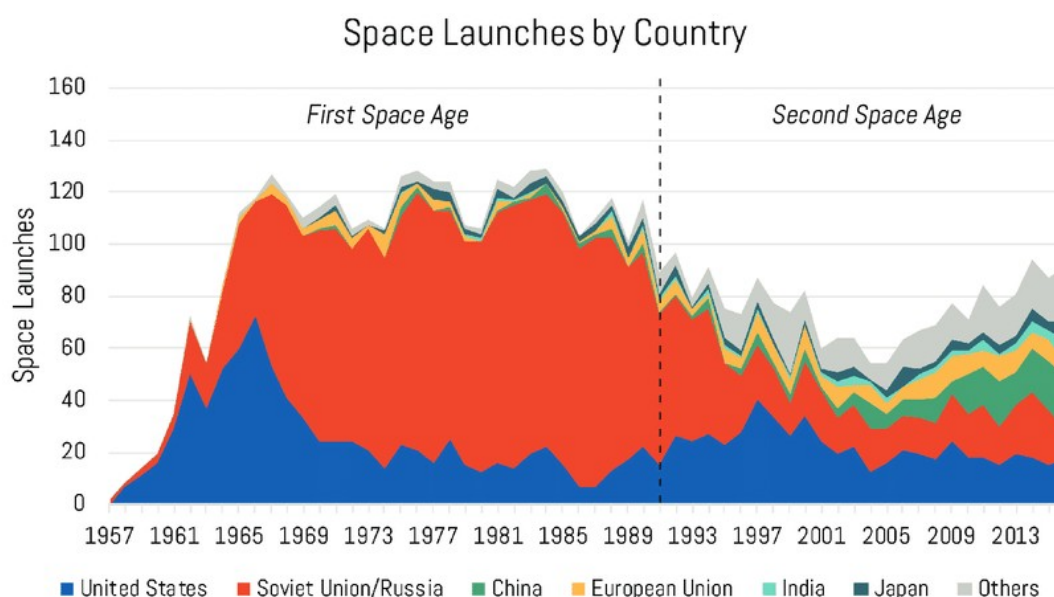
### 2.1. ATIVIDADES DE IMPACTO

As atividades que mais contribuem para a poluição contínua das órbitas terrestres são as seguintes:

- I. Satélites e telescópios que deixaram de serem utilizados depois de um tempo e não foram removidos de órbita (porém, modernamente, alguns são movidos para "órbitas cemitério" para evitar atrapalhar o uso das órbitas mais convencionais) **(1)**.
- II. Componentes modulares de foguetes, que são projetados para serem abandonados uma vez que o conteúdo do lançamento atinja órbita estável, apesar de os estágios inferiores caírem e se desintegrarem na atmosfera, os superiores continuam em órbita, e podem explodir devido a combustível restante, criando mais detritos **(2)**.
- III. Testes de armas antissatélite realizados por países como EUA, Rússia, Índia e China, que consistem em utilizar mísseis para destruir satélites em órbita, o que incrementa bastante o número de detritos espaciais **(3)**.
- IV. **Satélites:** Segundo um relatório produzido pela Agência Espacial Européia (ESA) referente à janeiro de 2019 **(1)**, o número de lançamentos de foguetes bem-sucedidos desde o início da exploração espacial em 1957 é por volta de 5450, o que se reflete em aproximadamente 5000 satélites em órbita terrestre, dos quais em torno de 1950 permanecem funcionais.

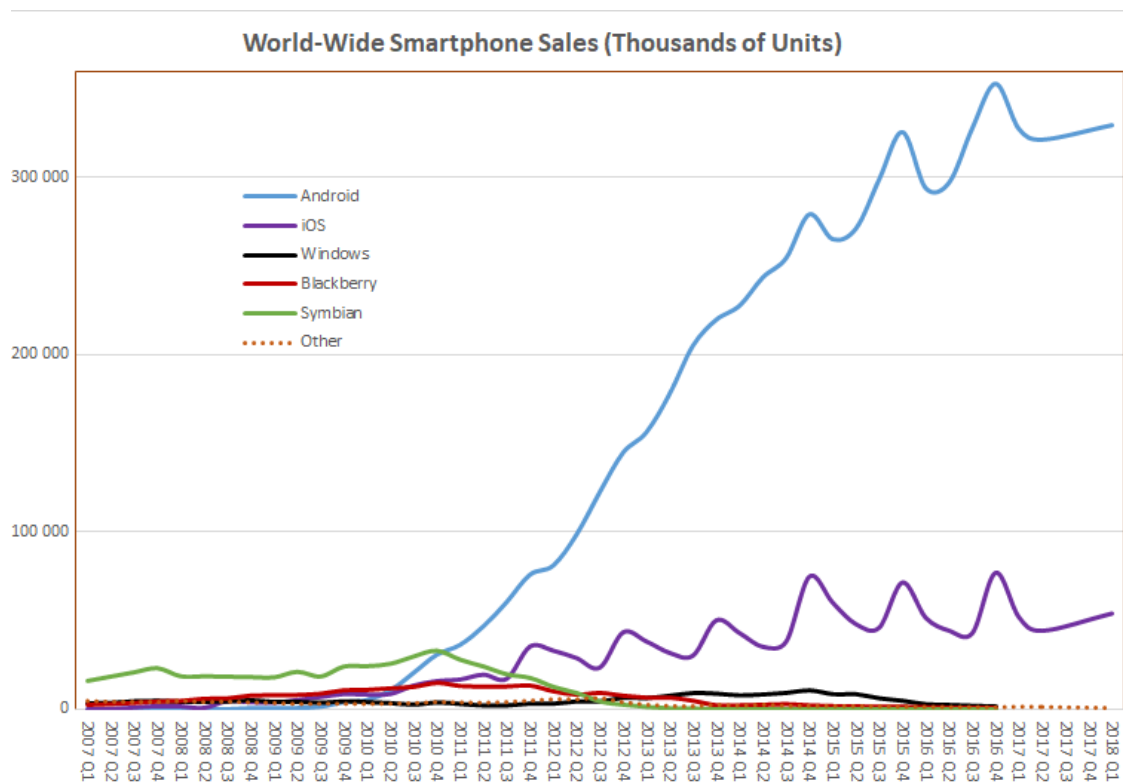
### 2.2. INDICADORES DE PRESSÃO

- I. Desenvolvimento tecnológico, altamente estimulado pela competição intergovernamental. **(4 – Figura 01)**



**Figura 01 – Lançamentos espaciais por país nos anos de 1957-2013**

- II. Avanço tecnológico global, que gera uma demanda maior por conectividade conforme tais tecnologias se tornam mais acessíveis ao público, conectividade, essa, provida por satélites. **(5 – Figura 02)**



**Figura 02 – Vendas de smartphones nos últimos 11 anos por mil unidades**

- III. Aumento da população global em países desenvolvidos, ocasionando uma demanda ainda maior por tais serviços. No ano de 2019, Gabinete do Censo dos EUA estimou que sua população triplicou durante o século XX, alcançando atualmente um número acima de 328 milhões. (6)(7 – Figura 03)



**Figura 03 – Aumento da população mundial ao longo dos séculos**

### 3. ESTADO

Segundo dados referentes a janeiro de 2019 disponibilizados pela Agência Espacial Européia (ESA), o número de satélites lançados ao espaço desde o início da era espacial em 1957 é de aproximadamente 8950, dos quais 5000 permanecem em órbita e, entre eles, somente 1.950 ainda estão funcionando.

Ademais, temos que o número de objetos regularmente acompanhados por redes de monitoramento espacial é de 22.300; o número estimado de colisões, explosões, quebras e outras anomalias que resultaram em fragmentação supera 500; a massa total dos objetos em órbita da Terra é de 8400 toneladas e, em termos de número estimado de objetos por raio, temos:

- I. 34.000 objetos maiores que 10 cm.
- II. 900.000 objetos entre 1cm e 10 cm.
- III. 128 milhões de objetos entre 1mm e 1cm **(1)**.

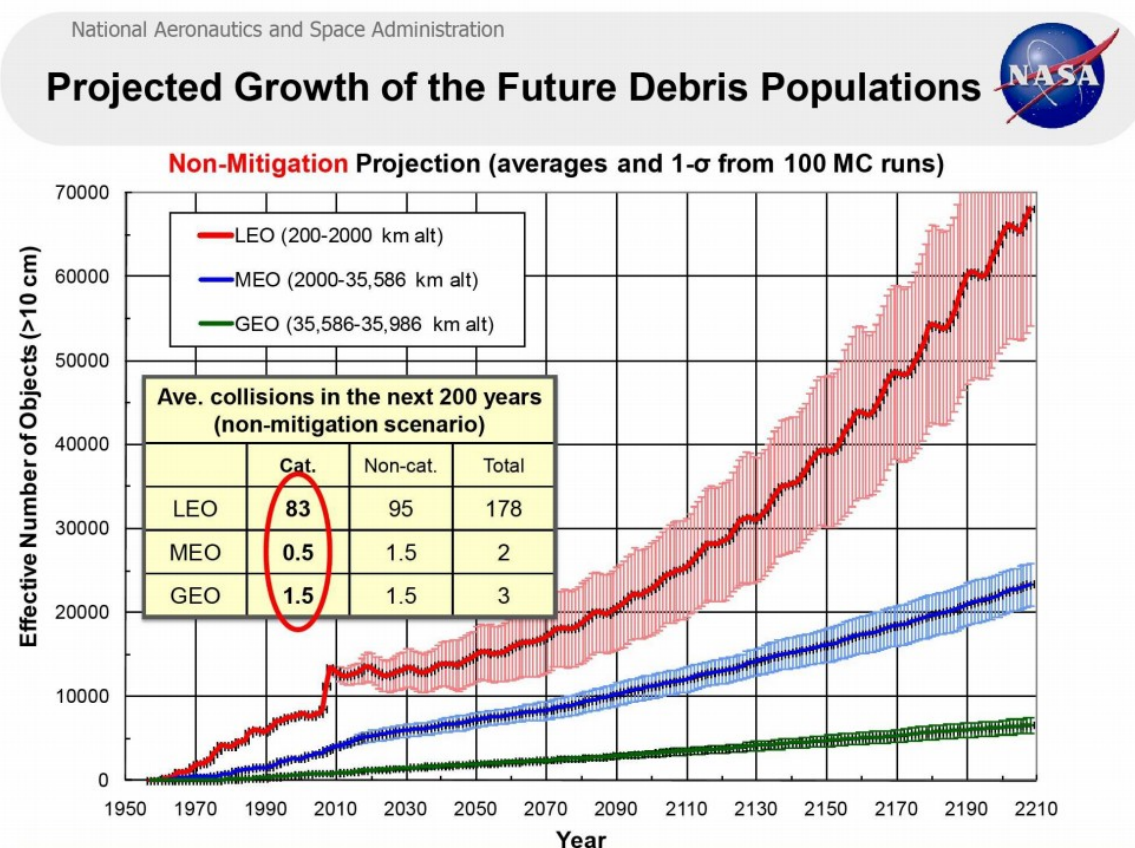
## 4. IMPACTOS

### 4.1. IMPACTOS ENVOLVENDO SATÉLITES

- I. Satélite russo Express AM11, que se tornou inoperável ao ser atingido em 26 de março de 2006 por um objeto desconhecido (8).
- II. Em 10 de fevereiro de 2009, o satélite não-funcional Kosmos 2251, de 900kg, e o satélite operacional Iridium 33, de 560kg, colidiram a uma velocidade relativa de aproximadamente 11.7 km/s (42.120 km/h), causando a destruição de ambos os corpos e gerando pelo menos 1800 novos detritos (9).
- III. Em 22 de janeiro de 2013, o satélite russo *BLITS* foi atingido por um micro detrito resultante de um teste antissatélite realizado pela China em 2007, perdendo com isso o foco que mantinha em certas estrelas, fator esse necessário para controlar sua altitude (10).

### 4.2. SÍNDROME DE KESSLER

Um possível impacto proposto por Donald J. Kessler em 1978 é o aumento exponencial do número de detritos em órbita da terra devido ao seguinte fenômeno: iniciando-se com um número suficiente de detritos em órbita, há uma certa probabilidade de ocorrerem colisões e, já que cada colisão aumenta o número de detritos, a probabilidade de que colisões voltem a acontecer se torna ainda maior (11). (12 - Figura 04)



**Figura 04 - Crescimento esperado do número de detritos espaciais**

Dessa maneira, um ciclo retroalimentado de colisões toma lugar, podendo resultar em um cenário onde a densidade de detritos espaciais em determinadas órbitas terrestres seja tão alta a ponto de torná-las inviáveis para o posicionamento de satélites até que os detritos retornem à Terra, o que leva alguns anos, algumas décadas ou alguns séculos dependendo da altitude da órbita (13).

## 5. RESPOSTA

Devido a natureza do problema, os únicos agentes capazes de mitigar os detritos espaciais são justamente aqueles que os geram, ou seja, as grandes agências nacionais de exploração espacial.

Durante a última década, a Agência Espacial Europeia, através de sua iniciativa “Espaço Limpo”, vem implementando as seguintes estratégias para minimizar a quantidade total de detritos espaciais:

- I. Prevenção contra colisões através de manobras evasivas durante o período ativo dos satélites.
- II. Esvaziamento do combustível remanescente nos propulsores de nível alto, evitando explosão dos mesmos.
- III. Auto-remoção de satélites, que utilizam sua reserva de combustível para saída de órbitas por queda controlada. De maneira menos direta, também é possível realizar o deslocamento do satélite para uma órbita de nível mais baixo, reduzindo o tempo necessário para reentrada por resistência do ar.

Os casos de sucesso da iniciativa incluem a redução do tempo ativo em órbita do satélite *ERS-2* em mais de 185 anos (2011), a transferência dos satélites de astronomia *Planck* e *Herschel* para a órbita solar após o fim de suas missões (2013) e a implementação de manobras que redirecionaram os satélites *Integral* e *Cluster-2* para retornarem à atmosfera terrestre de maneira segura na próxima década.

Dentre as orientações internacionais acerca da emissão e mitigação de detritos espaciais, a mais recentemente adotada Cooperação Europeia de Padronização Espacial é a ISO 24113 (2011), sendo que tais guias fornecem às agências objetivos que devem buscar atingir na questão da mitigação, enquanto os meios para alcançar tais objetivos são definidos mais formalmente através de padrões internacionais ou acordos nacionais sobre como sistemas espaciais deverão ser desenvolvidos e colocados em operação. Enquanto tais práticas visam, também, manter um nível justo de competitividade na indústria, ainda não foram implementadas regulamentações a nível global **(14)**.

## **6. CONCLUSÃO**

Sendo a problemática dos detritos espaciais relativamente nova para a humanidade e seus impactos sendo, de modo geral, contra o desenvolvimento da própria área causadora das emissões ou em áreas secundárias à vida humana e o convívio em sociedade - como complicações nos serviços de telecomunicações -, as soluções apresentadas pelo setor privado demonstram ser eficazes no combate à emissão excessiva de tais detritos e na promoção de técnicas e orientações para diminuir os danos consequentes daqueles que são enviados ao espaço.

No que diz respeito ao setor público, parte das iniciativas de mitigação atuais são oriundas de acordos internacionais e, apesar de não se possuir uma visão clara sobre quando ou como serão, regulamentações formais indicam estar começando a ser difundidas para, eventualmente, serem aplicadas no escopo global; por essa perspectiva, é também no longo prazo em que as tecnologias afetadas pela poluição espacial abordada neste trabalho serão cada vez mais popularizadas, tornando mais justificável a existência de regulamentações que, no momento, são substituídas por respostas de menor urgência mas resultados suficientes.

## 7. REFERÊNCIAS

- (1) [https://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Safety/Space\\_Debris/Space\\_debris\\_by\\_the\\_numbers](https://www.esa.int/Our_Activities/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers)
- (2) “Orbital Debris from Upper-Stage Breakup” por Joseph P. Loftus
- (3) <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=19227400>
- (4) [https://www.researchgate.net/figure/Space-Launches-by-Country-This-figure-describes-the-total-number-of-space-launches\\_fig3\\_320911538](https://www.researchgate.net/figure/Space-Launches-by-Country-This-figure-describes-the-total-number-of-space-launches_fig3_320911538)
- (5) [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World\\_Wide\\_Smartphone\\_Sales.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Wide_Smartphone_Sales.png)
- (6) [https://pt.wikipedia.org/wiki/Demografia\\_dos\\_Estados\\_Unidos](https://pt.wikipedia.org/wiki/Demografia_dos_Estados_Unidos)
- (7) [https://pt.wikipedia.org/wiki/Crescimento\\_populacional](https://pt.wikipedia.org/wiki/Crescimento_populacional)
- (8) <http://www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=20320>
- (9) <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100002023.pdf>
- (10) <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/b/blits>
- (11) <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1978JGR....83.2637K/abstract>
- (12) <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100017146.pdf>
- (13) [https://www.nasa.gov/news/debris\\_faq.html5](https://www.nasa.gov/news/debris_faq.html5)
- (14) [https://www.esa.int/Safety\\_Security/Space\\_Debris/Mitigating\\_space\\_debris\\_generation](https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Mitigating_space_debris_generation)