

SATÉLITES ARTIFICIAIS: FUNDAMENTOS FÍSICOS E UTILIDADES

V. H. O. Santos¹ e S. R. Gomes²

E-mail: tsumoto4@hotmail.com¹; Sidney.rocha@ifrn.edu.br²

RESUMO

O presente artigo trata da tecnologia de satélites e sua relação com as tecnologias de informação e comunicação, largamente utilizadas pela humanidade atualmente. Realizamos pesquisas bibliográficas em materiais ligados ao tema, e buscamos construir o artigo de modo que pessoas que não possuem conhecimento nas áreas de Física e Engenharia possam entender o tema tratado. Sentimos a necessidade de construção desse artigo devido ao fato de que muitas pessoas utilizam as tecnologias relacionadas aos satélites, no entanto não tem entendimento dos processos de lançamento, como eles se comportam no ambiente fora

da Terra, e os problemas que o uso dessa tecnologia pode acarretar como, por exemplo, o lixo espacial. No artigo fazemos um rápido resumo sobre a história dos satélites, as operações para a colocação de um satélite em órbita e os princípios físicos relacionados, além de discutir um pouco sobre os tipos de órbitas dos satélites e o lixo espacial. Ao final do artigo esperamos que o leitor tenha adquirido conhecimento básico sobre os princípios físicos por trás do lançamento e estabilidade orbital dos satélites, bem como a questão do lixo espacial gerado pelo uso dessa tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Física, órbitas, satélites, tecnologia.

ARTIFICIAL SATELLITES: PHYSICAL FOUNDATIONS AND UTILITIES

ABSTRACT

This article deals with the satellite technology and its relation to information and communication technologies, widely used by mankind today. We carry out bibliographic research on materials related to the theme, and we seek to build the article so that people who do not have knowledge in the areas of physics and engineering to understand the topic. We feel the need for construction of this article due to the fact that many people use the technologies related to satellites, however does not have release processes, understanding how they behave in the environment off the ground, and

the problems that the use of this technology can result in, for example, the space junk. In the article we do a quick rundown on the history of satellites, operations for placing a satellite in orbit and the related physical principles, and discuss a little about the types of orbits of satellites and space junk. At the end of the article we hope that the reader has acquired basic knowledge about the physical principles behind the launch and orbital stability of satellites, as well as the issue of space junk generated by use of this technology.

KEYWORDS: Physics, orbits, satellites, technology.

1 INTRODUÇÃO

O interesse do ser humano pelo espaço sideral, os planetas e os astros, existe desde a época das cavernas onde os homens pré-históricos já admiravam o céu. Milhares de anos depois, com os trabalhos de físicos como Galileu Galilei, Tycho Brahe, Johannes Kepler e Isaac Newton, ao longo dos séculos XVI e XVII, os conhecimentos físicos necessários para o lançamento de foguetes e satélites foram desenvolvidos no continente europeu. No entanto, mostrou-se ao longo desses estudos que a tecnologia da época não estava capacitada para enviar foguetes e satélites ao espaço. Os primeiros trabalhos com o intuito de buscar soluções para os problemas de engenharia que impossibilitavam o lançamento de projéteis ao espaço, só começaram a ser realizados anos antes da Segunda Guerra Mundial pelos engenheiros Konstantin E. Tsiolkovsky, Robert H. Goddard e Hermann Oberth, que trabalharam independentemente e quase sempre com poucos recursos. Os estudos desses dois engenheiros não foram, inicialmente, bem aceitos e compreendidos. Só a partir da possibilidade de uso dos satélites e foguetes com fins militares, que a Alemanha, Os Estados Unidos e a União Soviética passaram a se interessar por essa tecnologia. Findada a Segunda Guerra Mundial, iniciou-se a corrida espacial entre dois dos vitoriosos: Estados Unidos e União Soviética, durante a chamada Guerra Fria. Como primeiro produto dessa corrida espacial, dona também de um caráter militar, em 4 de outubro de 1957 foi lançado pela União Soviética o primeiro satélite, o Sputnik 1. A partir daí diversos outros foram lançados, e a tecnologia de foguetes foi sendo cada vez mais desenvolvida e aperfeiçoada (CARLEIAL, 1999).

Atualmente os satélites desempenham importante papel em diversos setores, como os de Estudos do espaço (planetas, estrelas ou fenômenos como buracos negros, nascimento e morte de estrelas etc.); Telecomunicações (TV, celular, internet); Monitoramento remoto e geoprocessamento (estudo da vegetação, das correntes de ar, do clima dentre outros a partir da observação feita por satélites), etc. Infelizmente muitas pessoas, embora se sirvam diariamente dessas tecnologias e seus benefícios, não tem conhecimento das utilidades de um satélite e da forma como ele se relaciona com as tecnologias de informação e comunicação. Por isso pretendemos neste artigo discutir de forma clara e objetiva questões relacionadas aos satélites e suas utilidades para a tecnologia, visando contribuir para que o conhecimento sobre esse tema seja mais e melhor divulgado.

2 METODOLOGIA

Para construção do presente trabalho fizemos uma pesquisa bibliográfica sobre temas como lançamento, órbitas, tipos (funções) dos satélites artificiais e lixo espacial, utilizando como principais fontes de pesquisa o material sobre satélites artificiais produzidos por Iran Carlos Stalliviere Corrêa do Instituto de Geografia da UFRS; os princípios físicos relacionados ao lançamento e estabilização do satélite em órbita, presentes na apostila-aula sobre gravitação de Caio e Marcelo Macêdo, professores da UFS e no texto “O Canhão orbital de Isaac Newton. Como assim?” de Carlos Henrique Veiga. Os demais assuntos tratados no presente trabalho (inclusive

lixo espacial) tiveram como fonte de consulta os demais referenciais teóricos listados nas referências bibliográficas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Colocando o satélite em órbita

O primeiro estudioso a refletir sobre como se poderia colocar um satélite em órbita ao redor da Terra foi Isaac Newton. Ele se questionava como poderia o satélite se manter em órbita ao redor da Terra sem cair nela, já que a força gravitacional que o planeta exerceria sobre o satélite se manteria atuante durante o movimento ao longo da órbita. Para resolver tal problema, Newton imaginou um canhão capaz de lançar projéteis a grandes distâncias, posicionado num local de altitude elevada, onde a influência do ar pudesse ser desprezada, devido a este ser muito rarefeito. Essa altitude seria cerca de 150 km acima do nível do mar. Segundo o raciocínio de Newton, devia existir uma velocidade para qual, o corpo sendo lançado, não caísse sobre o solo da Terra, como ocorre quando lançamos um objeto na horizontal com pequena velocidade. Certamente essa velocidade deveria ser bastante elevada para que o objetivo fosse conseguido. Para as velocidades baixas, os projéteis que estavam sendo lançados seriam atraídos pela força gravitacional e caíam sobre a Terra (Veiga, 2012). Já se essa velocidade fosse atingida, o projétil continuaria caindo em direção a Terra, mas de forma a fazer ao seu redor um movimento circular uniforme, como está representada na figura abaixo.

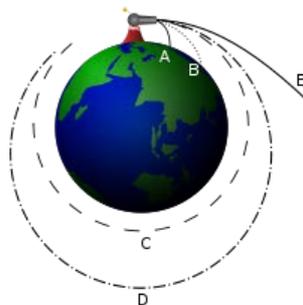


Figura 1: Esquema de lançamento de projétil pensado por Newton

Segundo MACÊDO e MACÊDO, 2012, a Lei da Gravitação Universal de Newton, diz que todo corpo que possui massa é capaz de atrair outros corpos através da chamada força de atração gravitacional. Essa força é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias, tudo isso multiplicado pela constante gravitacional G. Traduzindo isso numa equação matemática temos:

$$F_g = \frac{GmM}{r^2} \quad (1)$$

Para o caso da Terra, as massas m e M serão respectivamente as massas do corpo e a massa da Terra. Sabendo que essa força atua de modo constante, e que se quer fazer o corpo orbitar ao redor da Terra, Newton considerou que essa força teria que exercer o papel de força centrípeta, ou seja, uma força que faz com que os corpos que tem velocidade V, normalmente em

movimento retilíneo, realizem um movimento circular uniforme, onde o módulo da velocidade V com que o corpo percorre o comprimento da circunferência não muda. A força centrípeta tem equação dada por:

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad (2)$$

Onde r é o raio da circunferência executada, também equivalente à distância do corpo ao centro da Terra. Como a força gravitacional faz o papel de força centrípeta, podemos igualar suas equações e encontrar a velocidade orbital V prevista por Newton:

$$F_g = F_c \quad \rightarrow \quad \frac{GmM}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad \rightarrow \quad V_o = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (3)$$

Diante do resultado acima chegamos à conclusão de que a velocidade orbital proposta por Newton não depende da massa do corpo que vai realizar o movimento circular uniforme, e sim apenas da massa do corpo que gera o campo gravitacional de maior intensidade e do raio da trajetória. Levando em consideração que a massa da Terra é aproximadamente $6,0 \times 10^{24}$ kg, o raio $6,37 \times 10^6$ m e a constante gravitacional G é $6,67 \times 10^{-11}$ N.m²/kg², teremos que a velocidade de escape será de aproximadamente 8 km/s. A equação proposta, nos mostra como encontrar o valor da velocidade orbital, ou seja, a velocidade necessária para que o corpo orbitando ao redor da Terra não caia nela. Levando em consideração que Newton se valeu da ideia de um canhão hipotético, que pudesse ficar a uma altura superior a 150 km da superfície terrestre, é fácil perceber que essa equação não poderia se aplicar para o lançamento de um corpo, no caso um satélite, aqui da Terra.

Para encontrarmos o valor da chamada velocidade de escape, ou seja, a velocidade mínima que um corpo tem que ter para que, saindo da Terra, passe a orbitar ao seu redor, devemos analisar o comportamento das energias cinética e potencial gravitacional do corpo, de forma que quando o corpo acumule a energia potencial da órbita que queremos que ele fique, sua energia cinética seja nula. A energia cinética se constitui como a energia de movimento do corpo, ou seja, se um corpo possui movimento em relação a um referencial, possui energia cinética em relação a esse mesmo referencial. A energia potencial gravitacional é a energia acumulada num corpo devido a sua interação com o campo gravitacional da Terra. Vejamos a dedução de como encontrar a velocidade de escape abaixo.

As energias cinética e potencial gravitacional para um corpo na Terra são dadas respectivamente por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{e} \quad E_{pg} = -G \frac{mM}{r} \quad (4)$$

Assim a energia mecânica do sistema, ou seja, a soma das energias cinética e potencial gravitacional, considerando que a dissipação de energia durante a subida do foguete seja mínima é dada por:

$$E_c + E_{pg} = E_m \quad (5)$$

Onde a energia potencial gravitacional tem sinal contrário ao da energia cinética, pois quanto mais o satélite se aproxima da órbita, mais energia cinética é convertida em potencial. Como o sistema praticamente não perde energia, a equação acima pode ser escrita como:

$$E_c - E_{pg} = 0 \rightarrow E_c = E_{pg} \quad (6)$$

Substituindo as equações temos: $\frac{1}{2}mv^2 = -G \frac{mM}{r}$. O que nos leva a: $V_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$ (7)

Assim percebemos que a velocidade de escape, é dada pela equação acima, o que representa uma velocidade de aproximadamente 11,3 km/s. Para se colocar um satélite em órbita, o mesmo é posto dentro de um foguete e lança-se esse foguete em direção ao espaço. O foguete imprime ao satélite uma velocidade horizontal, e logo em seguida começa a se desmontar, até que o satélite fique completamente livre do foguete e comece a realizar um movimento circular uniforme ao redor do planeta, devido à força de atração gravitacional e a velocidade tangencial à órbita (BROWN, 2012). Veja a figura abaixo:



Figura 2: Sequência de lançamento de satélite em órbita

Atualmente foguetes de alta potência são utilizados para compensar a resistência do ar que é imposta ao movimento do projétil que contem o satélite, já que, como comentamos, normalmente estes são lançados do solo e não da altitude pensada por Newton.

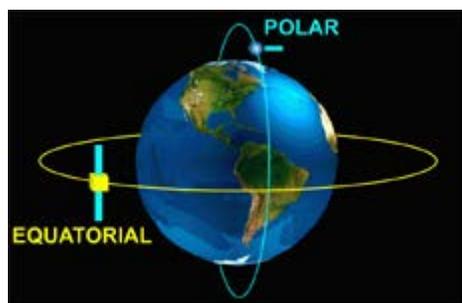
3.2 As órbitas de um satélite

Segundo CORRÊA, 2010, os satélites podem ocupar diversos tipos de órbitas, que variam em relação a tamanho, formato e tipo de satélite que pode ocupá-la. Cada órbita depende de fatores como altitude, velocidade inicial que é impressa ao satélite no momento da colocação do mesmo em órbita e da velocidade angular apropriada para a finalidade do satélite que será usado. Algumas das órbitas descritas pelos satélites artificiais são: Órbita terrestre baixa, Órbita polar, Órbita geoestacionária, Órbita heliosíncrona e Órbita elíptica.

Uma *órbita terrestre baixa* é aquela em que os satélites, se encontram abaixo da órbita circular intermédia (ICO) que representa a órbita que separa a órbita geoestacionária, e a órbita terrestre baixa. Essa órbita está a cerca de 350 a os 1400 km acima da superfície do planeta sendo que as órbitas inferiores a esta são instáveis, ou seja, não asseguram a permanência do satélite em

órbita. Isso ocorre devido ao chamado arrastamento atmosférico, que consiste na atuação de uma força de resistência ao movimento, imposta pelo ar. Os satélites nessa órbita viajam com velocidade aproximada de 27.400 km/h ou 8 km/s. Em consequência um satélite nessa órbita leva de 90 minutos para dar uma volta ao redor da Terra. Vale salientar que, dependendo do comprimento da órbita, os satélites estão sujeitos as ações dos gases atmosféricos na termosfera (nas alturas entre 80 a 500 km) ou na exosfera (nas alturas de 500 km acima) (CORRÊA, 2010).

Um satélite em *órbita polar* se movimenta sobre os polos norte e sul da Terra em cada um de seus movimentos. Sendo assim, sua órbita é aproximadamente perpendicular á linha do equador. Como a órbita do satélite é fixa, é provável que ele varra áreas diferentes do planeta, em sentido vertical, ou seja, varra áreas de diferentes latitudes, devido ao movimento de rotação da Terra. Essa órbita normalmente é usada para satélites de mapeamento geográfico e geológico, observação da superfície terrestre, satélites meteorológicos e até satélites espiões. Logo abaixo temos o exemplo de uma órbita polar, que normalmente tem formato elíptico e grande excentricidade, ou seja, é bastante achatada. Essa órbita também é conhecida como órbita de Molniya (CORRÊA, 2010). Também está representada na figura a órbita equatorial, a partir da qual podemos perceber a sua perpendicularidade com a órbita polar. Do lado direito temos outra representação da órbita polar, com as áreas varridas pelo satélite postas em amarelo, e a órbita em vermelho.



Figuras 3 e 4: Órbita polar e equatorial (à esquerda) e Órbita de Molniya (à direita)

Os satélites com *órbita geoestacionária* são aqueles que se encontram parados em relação a um ponto fixo na Terra, quase sempre próximos à linha do equador, devido à assimetria do formato da Terra, e a conseqüente diferença de aceleração gravitacional que ela imprime, fazendo com que seja necessário o ajuste da órbita periodicamente. Por estarem sempre num mesmo ponto em relação ao planeta, esses satélites são largamente utilizados para as comunicações. Para que o satélite seja geoestacionário, ele deve ter a mesma velocidade angular de um ponto sobre a Terra, ou seja, ele deve executar uma volta ao redor do planeta em um dia, já que todos os pontos do planeta percorrem um ângulo de 360° (valor do ângulo de uma circunferência) em um dia (CORRÊA, 2010).

A *órbita heliossíncrona* também é um caso de órbita polar, ou aproximadamente polar. O satélite tem o percurso de movimento entre os polos norte e sul da Terra e vice-versa, com o diferencial de que o plano da órbita é sempre fixo em relação a um suposto observador localizado no Sol. Como consequência, o satélite está na mesma posição em relação à superfície da Terra todo dia e a aproximadamente a mesma hora. A aplicabilidade desse tipo órbita é que ela pode

fornecer informações coletadas a antenas fixas ao longo da latitude diariamente percorrida. Normalmente os satélites do tipo *heliossíncronos* são de média e baixa órbita, ou seja, se localizam em altitudes entre 550 e 850 km e são inclinados cerca de 97° a 98° em relação ao equador. Devido ao movimento de translação da Terra ao redor do Sol, para manter o plano de órbita constante, os satélites dessa órbita se inclinam 1° para leste cada dia para compensar os efeitos da translação. Abaixo temos uma ilustração de órbita heliossíncrona, vista sobre um dos polos da Terra (CORRÊA, 2010).

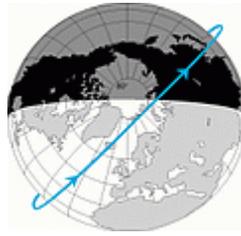


Figura 5: Órbita Heliossíncrona

Um satélite com *órbita elíptica* é mais um caso de satélite com órbita polar. Nessa órbita o caminho é oval, sendo que uma parte está mais próxima da Terra, (o *Perigeo*) e a outra está mais distante (o *Apogeu*). O período desse satélite, ou seja, o tempo que ele leva para dar uma volta completa em sua órbita é de 12 horas. Veja a figura abaixo, que ilustra a órbita elíptica (CORRÊA, 2010).



Figura 6: Órbita Elíptica

3.3 Os tipos de satélites e suas utilidades

Os satélites possuem diversas utilidades para a humanidade e estão diretamente relacionados a muitas das tecnologias de informação e comunicação utilizadas pelo homem atualmente, como TV, internet e telefonia celular. Além disso, os satélites dão uma imensa contribuição para o estudo dos fenômenos da natureza no planeta Terra, bem como a observação dos planetas do sistema solar, e até outros astros mais distantes. Existem ainda alguns satélites com finalidades pouco convencionais, como é o caso do satélite Celestis, que carrega cinzas de pessoas cremadas (CORRÊA, 2010). Abaixo temos os principais tipos e uma pequena explanação sobre cada um dos tipos.

Satélites de pesquisa em recursos naturais: permitem obter diversos tipos de informações, como pesquisas sobre o magnetismo terrestre, a atmosfera e ionosfera, mapeamento de recursos naturais (oceanos, mares, rios, lagos, terras, florestas) e coleta de dados de morfologia do solo.

Esses satélites tem uma importância em especial para a Geografia, pois os dados coletados por esse tipo de satélite, expressados acima são temas de grande interesse dessa área de estudo (CORRÊA, 2010).

Satélites astronômicos: São basicamente sondas, que fazem a coleta de dados astronômicos de planetas, galáxias, estrelas, meteoros e meteoritos dentre outros. Inicialmente essas sondas orbitam a Terra para só depois se encaminharem ao planeta de destino, por isso consideramos que as mesmas se comportam, durante certo tempo, como satélites (CORRÊA, 2010). Um dos satélites astronômicos mais conhecidos é o *Hubble* que é um telescópio óptico lançado pelos Estados Unidos no ano de 1990.

Satélites meteorológicos: são utilizados para estudo e análise do clima do planeta e das suas intempéries. Uma análise bem detalhada e livre de grandes alterações só pode ser feita a partir do espaço, onde o satélite pode coletar dados precisos sobre distribuição das nuvens, correntes marítimas nos oceanos, os principais processos atmosféricos, verificar o nível da irradiação térmica da Terra para o espaço, detectar a formação de furacões, dentre outros (CORRÊA, 2010).

Satélites de telecomunicação: possuem uma importância que merece destaque. Eles são responsáveis pela recepção e envio dos sinais de telefonia celular, algumas modalidades de internet e de TV. O Brasil tem um satélite desse tipo, que foi posto em órbita pela empresa Embratel, chamado Brasilsat (CORRÊA, 2010).

Satélites de navegação: têm como principal utilidade possibilitar a localização de um determinado objeto na superfície terrestre, e se divide em dois tipos: os de localização e os de posicionamento. Os satélites de localização são mais antigos, e necessitam que o objeto que se quer encontrar na superfície da Terra emita um sinal, para que seja captado pelo satélite, e assim este indique a localização. Já o de posicionamento não necessita dessa emissão de sinal. O segundo tipo é amplamente utilizado nos atuais aparelhos de GPS (CORRÊA, 2010).

Satélites militares: Se destinam, ou pelo menos se destinavam, a realizar o mesmo trabalho que os de navegação e localização, além de outros com caráter especificamente militar. Esse tipo de satélite foi utilizado em especial na época da Guerra Fria, onde Estados Unidos e União Soviética buscavam constantemente desenvolver aparatos militares e tecnológicos mais avançados que os da sua nação rival. Ambas as nações lançaram satélites que tinham objetivo de monitorar a nação inimiga, e descobrir o que ela estava fazendo, com o intuito de se prepara para eventuais ataques da nação inimiga (CORRÊA, 2010).

3.4 O lixo espacial

Segundo RODRIGUES, s/d, o conceito de lixo espacial, também chamado de *debrido espacial*, pode ser descrito como objetos que foram criados pelo homem e postos em órbita, mas que não possuem mais utilidade, como satélites, naves espaciais, pedaços de foguetes que foram utilizados para pôr os satélites em órbita etc. Vale salientar que mesmo depois que sua vida útil acaba estes satélites e outros detritos ainda se mantêm em órbita ao redor da Terra com uma velocidade de aproximadamente 30.000 km/h. Cientistas apontam que a quantidade de lixo espacial, orbitando ao redor da Terra está chegando a valores preocupantes, e que o problema

continua se agravando, pois muitos dos satélites e equipamentos desativados que continuam em órbita colidem uns com os outros, gerando grande quantidade de destroços, que por sua vez podem colidir com satélites ainda em uso ou com naves espaciais, provocando grandes danos a esses equipamentos.

Infelizmente, muitas vezes se esquece de falar sobre o lixo espacial, quando se fala em preservação do planeta e no desenvolvimento de estratégias para corrigir os problemas gerados pela tecnologia utilizada pela humanidade. Muitos países firmam tratados que visam o uso consciente dos equipamentos espaciais e do controle do lixo espacial. Infelizmente muitas vezes esses tratados são desrespeitados pelos próprios países que os firmaram, como foi o caso da China que no ano de 2007 enviou um míssil à atmosfera para destruir um satélite de sua propriedade. Milhares de destroços do satélite destruído se espalharam pelas órbitas, aumentando as chances de colisões e danos a outros satélites e equipamentos também em órbita.

Outro sério problema é o risco desses objetos atingirem a Terra. Normalmente, após a colisão, esses objetos diminuem de velocidade, e dependendo dessa diminuição, podem chegar a não ter velocidade suficiente para manter-se em órbita, conseqüentemente caindo no planeta. Os objetos de menor extensão normalmente se desintegram na atmosfera. O problema está nos objetos maiores, que podem manter-se com tamanho perigoso e provocar estragos e mortes nos locais onde cair. Alguns objetos já caíram em países como Estados Unidos, Canadá, França, Brasil e Nova Zelândia. Como se já não bastasse o problema da queda dos destroços em si, ainda existe o risco de contaminação por material radioativo, pois muitos satélites utilizam reatores nucleares para fornecer energia para o funcionamento do seu sistema. Uma eventual queda desse tipo de satélite certamente traria grandes conseqüências, não só pela colisão com o planeta, mas também pela contaminação radiológica que provocaria. Se o problema não for resolvido, existe a possibilidade de não se poder mais continuar utilizando as comunicações via satélite. Esse fato ocorrerá porque futuramente não será mais viável colocar satélites em órbita, pois as colisões com o lixo espacial certamente acarretará na destruição dos mesmos.

Existem algumas formas pensadas para tentar se resolver o problema do lixo espacial. Dentre elas estão: A utilização de lasers instalados na Terra, que poderiam atingir o lixo em órbita e desviá-lo, fazendo com que caíssem na atmosfera da Terra e assim se desintegrasse durante a queda; o uso de redes feitas de material resistente e flexível, que poderiam pegar grandes quantidades de lixo, e logo após trazê-los para o planeta; fios de cobre e materiais magnéticos, que atraindo o lixo espacial e interagindo com o campo magnético da Terra atrairiam esse lixo de volta ao planeta; uso do chamado *aerogel*, que seria uma liga supergrudenta que colaria destroços e depois seria recolhida e trazida para a Terra; *braço coletor* que poderia agarrar os equipamentos e colocá-los em recipientes para trazê-los de volta a Terra e “espumas”, que seriam corpos extremamente porosos para que os detritos em movimento passassem por dentro deles e reduzissem sua velocidade. Com essa redução de velocidade os detritos cairiam na Terra, e se desintegrariam devido ao atrito com a atmosfera. De uma forma geral, nenhuma dessas técnicas está ainda sendo colocada em prática, tanto devido à necessidade de mais estudos quando aos valores exorbitantes de seus custos (BIANCHIN, 2008).

Além de todos esses problemas, analistas preveem que se o problema não for resolvido logo, ocorrerá a chamada síndrome de Kessler, que consiste no encapsulamento da Terra por uma camada de lixo espacial. Diante desse quadro, faz-se cada vez mais urgente a busca de soluções imediatas e eficazes para solucionar o problema. Abaixo temos uma figura que representa o quadro atual do lixo espacial ao redor da Terra, onde cada ponto branco representa um satélite em uso, estação espacial ou destroço (RODRIGUES, s/d).



Figura 7: Representação de satélites e lixo espacial ao redor da Terra

4 CONCLUSÃO

Verificamos que a tecnologia de satélites tem grandes implicações para o avanço dos estudos do espaço e dos planetas (inclusive a Terra), bem como das tecnologias de informação e comunicação utilizadas cotidianamente por nós. No entanto essa tecnologia demanda conhecimentos específicos dos quais a grande maioria da população não possui. É importante que se passe a debater sobre questões ligadas aos programas espaciais dos diversos países ao redor do mundo, visto que essa tecnologia é largamente empregada pela grande maioria dos países, além de que a síndrome de Kessler se mostra um quadro preocupante e bastante provável de ocorrer no futuro. Defendemos que as instituições de ensino e os meios de comunicação passem a divulgar mais e melhor o tema, buscando informar a população sobre essa tecnologia e seus riscos, possibilitando que as pessoas possam, não só entender o tema, mas que tenham capacidade de opinar minimamente sobre ele.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHIN, Victor. Os garis do Universo. Revista Superinteressante Edição Verde, 2008.

BROWN, Gary. Como funcionam os satélites. Disponível em <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/satelites.htm/printable>>. Acesso em 10 dezembro de 2012.

CARLEIAL, Aydano Barreto. Uma Breve História da Conquista Espacial. In Panorama e história da pesquisa espacial, número 7, outubro de 1999.

CORRÊA, Iran Carlos Stalliviere. Satélites Artificiais. Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. Departamento de Geodésia – IG/UFRGS, outubro de 2010.

MACÊDO, Marcelo; MACÊDO, Cácio. Aula 3: Gravitação. Universidade Federal de Sergipe (UFS). Disponível em < http://www.fisica.ufs.br/apostilas/Fisica_B_Aula_3.PDF>. Acesso em 12 dezembro de 2012.

RODRIGUES, José Sinésio. Lixo espacial e seus riscos para o meio ambiente e para a exploração espacial. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Geociências – Universidade Estadual de Londrina (UEL), s/d.

VEIGA, Carlos Henrique. O Canhão orbital de Isaac Newton. Como assim? Disponível em <<http://www.on.br/conteudo/informe/newton.html>> Acesso em 12 dezembro de 2012.