



Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Engenharia Informática



Relatório Trabalho Prático A

Luís Santos

José Rosado

Abril de 2021

Índice

Índice	2
Índice de figuras	3
Introdução	4
Como realmente funciona a tecnologia	5
Tipos de satélites	5
Constituição da constelação e componentes do satélite Starlink	6
Forma de comunicação com a Terra	7
Lançamentos	8
Tecnologia na prática	9
Problemas e consequências	10
Poluição espacial	10
Starlink vs astronomia	11
Conclusão	12
Bibliografia	13

Índice de figuras

Figura 1- 4.3 mil milhões de pessoas sem acesso à internet	4
Figura 2- Orbitas de satélites	5
Figura 3- Conexão satélite-satélite Starlink	Figura 4- Componentes Starlink 6
Figura 5- Conectividade Starlink	7
Figura 6- Lançamento SpaceX	8
Figura 7- Foguetes SpaceX	8
Figura 8- Antena Starlink	9
Figura 9- Poluição espacial	10
Figura 10- Efeito Kessler	10
Figura 11- Satélites SpaceX a olho nu	11

Introdução

Starlink, projeto em desenvolvimento pela empresa SpaceX, fundada pelo americano Elon Musk.

O criador das novas “constelações” de satélites, o próximo passo da humanidade sobre a cobertura global de internet.

Internet por satélite não é nenhuma novidade, mas esta possui latências elevadas a preços elevados.

Com este projeto tem se como objetivo o oposto à tecnologia já existente, latências mínimas, alta velocidade e economicamente acessível, chegando inclusive a zonas mais rurais e remotas.

Visto que cerca de 40% a 50% das pessoas no mundo não têm acesso à internet esta tecnologia submete-se a chegar a essas pessoas.

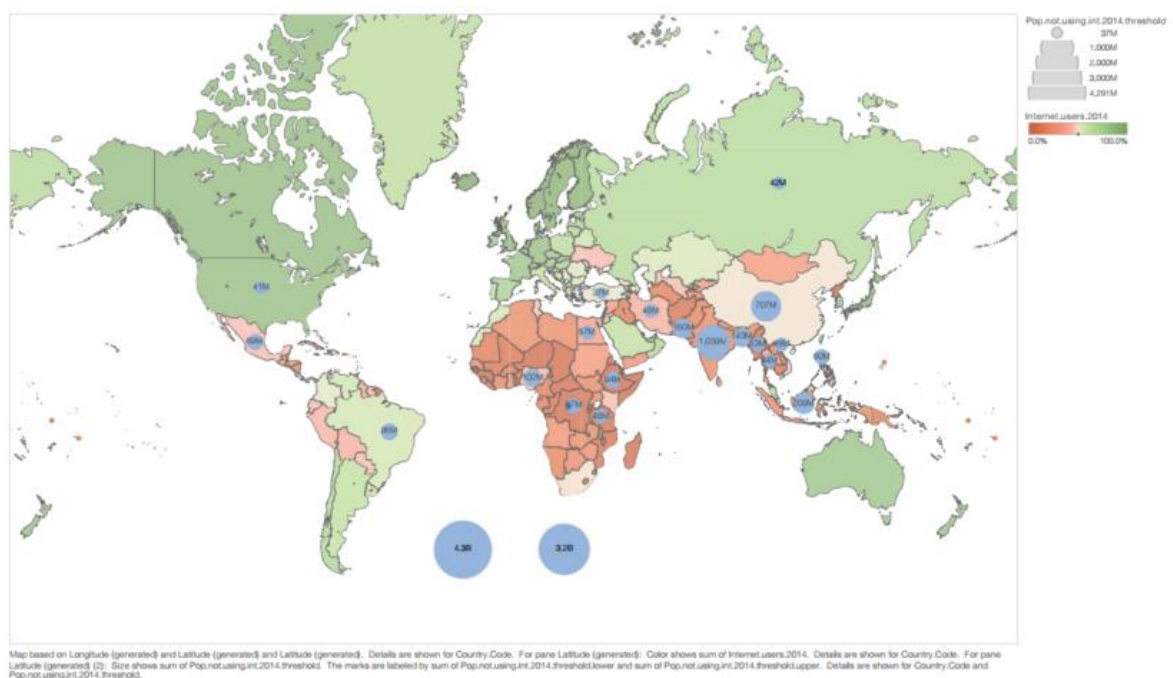


Figura 1- 4.3 mil milhões de pessoas sem acesso à internet

Como realmente funciona a tecnologia

Tipos de satélites

Falamos destes satélites de maneira diferente dos satélites artificiais tradicionais que já conhecemos.

Primeiramente vamos entender e diferenciar os vários tipos de satélites.

Estes são objetos lançados pelo homem que ficam orbitando ao redor da terra:

- **Satélite militar:** Usado para um propósito militar, maioritariamente destinado à coleta de informações, comunicações por satélite usadas para fins militares ou usado como uma arma militar.
- **Satélite meteorológico:** Usado para monitorar o tempo e o clima da Terra, estes também são importantes para o monitoramento da atividade humana, como poluição luminosa, níveis de poluição (observações sobre a camada do ozono), incêndios, tempestades de poeiras, furacões, correntes oceânicas, etc.
- **Satélite de comunicação:** O satélite cria um canal de comunicação entre uma fonte transmissora e outra recetora de rádio em diferentes locais do planeta, estas comunicações são utilizadas para telefone rádio, internet, televisão e telefone.

Estes satélites tradicionais de comunicação sem fios usam ondas eletromagnéticas, uma grande gama de frequências de rádio e micro-ondas reguladas por organizações, para transportar os respetivos sinais. Evitando assim interferências de sinal.

Estes satélites artificiais tradicionais de internet situam-se entre a MEO e GEO

Já os satélites Starlink encontram-se significativamente mais próximos da terra, situados na Low Earth Orbit (LEO) a cerca de 500km a cima da superfície Terrestre.

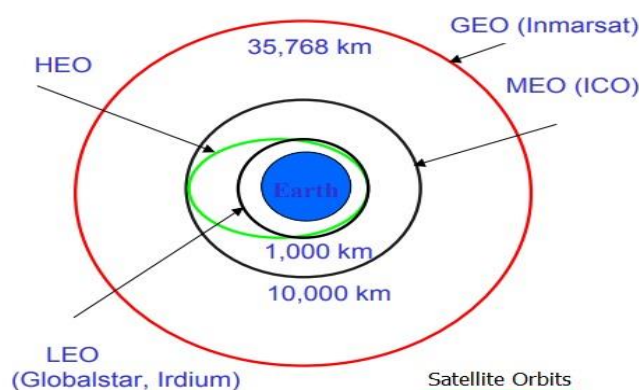


Figura 2- Orbitas de satélites

- Low Earth Orbit: Órbita terrestre baixa, onde os objetos que nela orbitam estão entre os 350km e os 1400km acima da superfície da Terra. Numa LEO os satélites viajam a cerca de 27000km/h, neste caso a Starlink.
- Medium Earth Orbit: Órbita terrestre média, a uma altura de 20000km, com período orbital de 12 horas, usada nomeadamente pelos satélites do sistema de posicionamento global (GPS) e da comunicação.
- Geosynchronous Equatorial Orbit: A maior orbita terrestre a cerca de 35000km da superfície terrestre, órbita circular que se processa sobre o equador da Terra esta acompanha exatamente a sua rotação, permanecendo sempre na mesma posição. É o caso da maioria dos satélites artificiais de comunicações, como se encontram em uma posição fixa, transmitem dados para a mesma região o tempo todo. Assim uma antena terrestre pode permanecer a sua direção a todo o tempo, excluindo a necessidade de ser redirecionada.

Constituição da constelação e componentes do satélite Starlink

São constituídos por 1 painel solar, equipados com propulsores de íons, um tipo de propulsão espacial, utiliza feixes de luz à base de energia elétrica de base nuclear devido à elevada força de impulsão necessária para se desviar de destroços espaciais e de outros satélites de forma autónoma ou simplesmente para reajustar a órbita/trajetória.

Mas por que motivo tem de haver tantos satélites deste tipo a orbitar a Terra?

Como estes satélites encontram-se muito mais próximos da Terra significa que não mantem sempre no mesmo sítio, este tem que se mover rapidamente para se manter em órbita, consequentemente a área de cobertura será reduzida, mas uma vez mais próximos da Terra a latência (ms) será significativamente reduzida.

Para uma grande quantidade destes “guardiões da Terra” existe comunicação entre si, cada satélite destes está diretamente ligado a outros 4 satélites através de infravermelhos, o sinal é possível devido às 4 antenas que constituem cada um destes satélites.

Estas conexões entre si ajudam a que o tráfego seja redirecionado para o satélite com menos solicitação no momento, gerando uma comunicação mais rápida e eficaz.

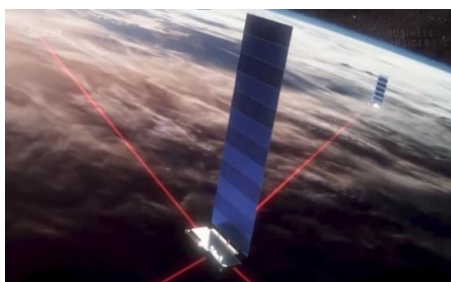


Figura 3- Conexão satélite-satélite Starlink

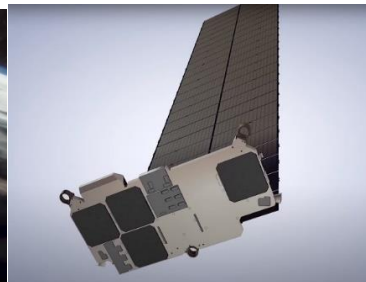


Figura 4- Componentes Starlink

Forma de comunicação com a Terra

Estes relativamente à sua comunicação com a Terra são idênticos aos satélites de internet tradicionais.

O User terminal envia um sinal, este irá ser “apanhado” por um dos satélites em órbita mais próximo desse local, irá usar a Ku Band, a Ka Band e a V Band para processar este sinal.

Sinal de ondas eletromagnéticas, micro-ondas:

- Ku Band: Faixa de frequência no intervalo de 12 a 18 gigahertz.
- Ka Band: Faixa de frequência no intervalo de 27 a 40 gigahertz.
- V Band: Faixa de frequência no intervalo de 40 a 75 gigahertz.

De seguida o satélite transmite a informação (pedido do user terminal), uplink, até uma estação terrestre que funciona como o cérebro de todo o sistema.

A estação terrestre está conectada via fibra e ligada a um centro de processamento de dados conectada diretamente à internet ou a uma cloud, o que dá uma grande importância às infraestruturas digitais. O que leva aos satélites estarem diretamente conectados à internet.

De seguida a estação envia a informação necessária para o satélite e este através do downlink chega ao destino final (user).

Só nos EUA existem cerca de mais de 50 estações terrestres, quantas mais existirem, maior a capacidade, menor é a latência (ms) do user terminal.

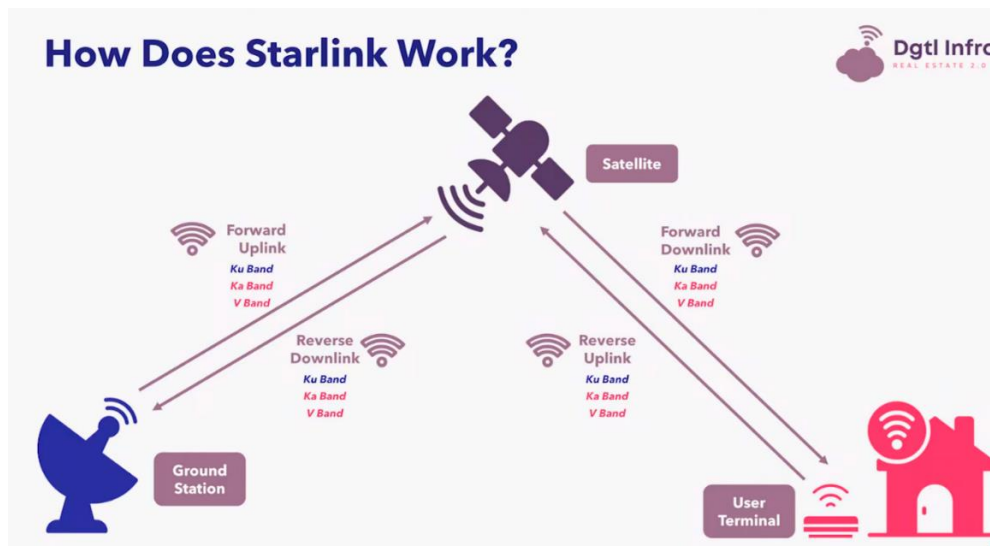


Figura 5- Conectividade Starlink

Lançamentos

Existem 3 tipos de aeronaves que tem a capacidade de colocar estes satélites em órbita, aeronaves preparadas para serem reutilizadas com a tecnologia de voltarem à Terra sem serem perdidos no mar ou em algum em local terrestre, existem diversas plataformas nos oceanos e em terra onde estes foguetes conseguem aterrizar após colocarem os satélites em órbita.

Sendo um grande avanço para a tecnologia espacial.

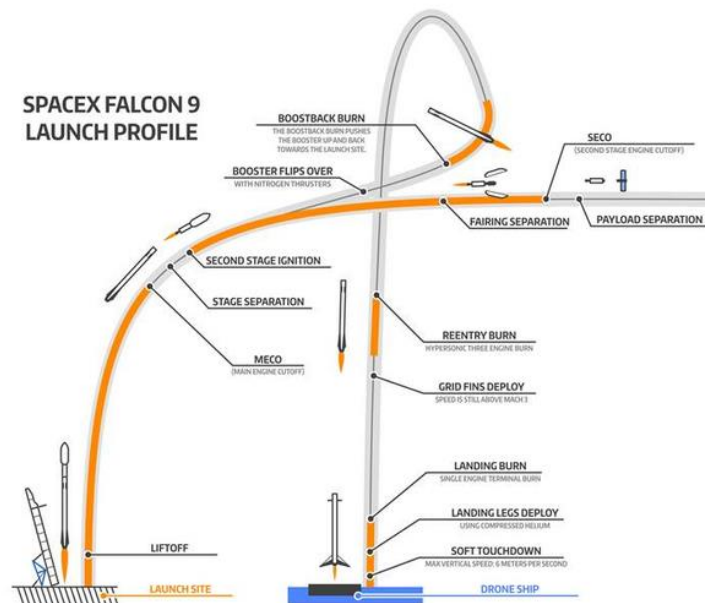


Figura 6- Lançamento SpaceX

Estes são os foguetes da SpaceX.

- Falcon 9: Capacidade de transportar 60 satélites Starlink.
- Falcon Heavy: Capacidade para elevar 250 satélites Starlink
- Starship: O maior deles todos com capacidade de transportar cerca de 400 destes satélites.

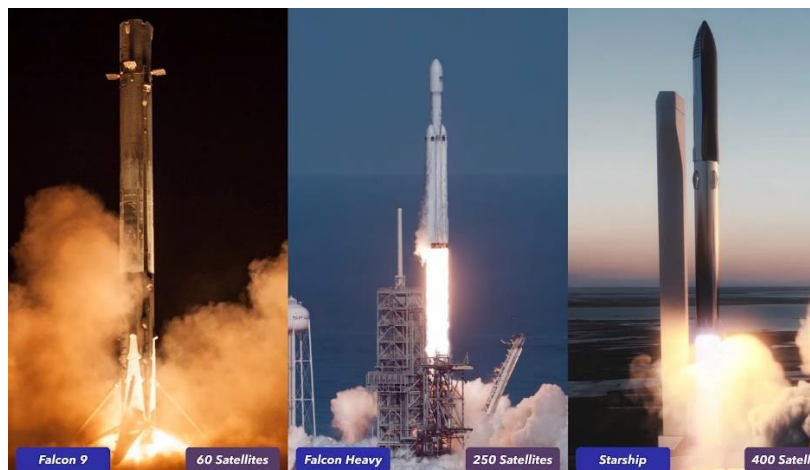


Figura 7- Foguetes SpaceX

Tecnologia na prática

Esta tecnologia tem um custo de 100 euros por mês e o equipamento necessário tem um custo de 500 euros.

Pode compensar para quem tem uma percentagem nula de acesso à internet o que é um grande avanço, quem já tem acesso à internet por certos meios poderá usufruir, mas provavelmente como forma de estatuto.

Para quem se considera um nómada também será uma tecnologia fundamental e inovadora.

Este equipamento é constituído por uma antena de tamanho comparado a uma pizza, também completo por um transformador, que fornece energia à antena, chegando aos 180 Watts, servindo também para derreter neve caso seja necessário e por fim constituído por um router que servirá para qualquer pessoa se conectar à internet via cabo ou wireless.

Montagem do equipamento

Este equipamento deverá ser instalado em espaço aberto simplesmente apontado para o céu, esta antena é a ponte que faz a ligação e a transmissão ao satélite. Não é necessário qualquer tipo de programação, simples e direto, com uso opcional de uma app fornecida pela empresa.

São previstos níveis de latência de 20ms, um download até 300 Mbps e um upload superior a 50 Mbps.

Baixas latências são perfeitas para stream e para “gamers” de hoje em dia que procuram o menor número possível de ping para ter uma experiência de alto nível.



Figura 8- Antena Starlink

Problemas e consequências

Poluição espacial

Uma das preocupações por parte cientistas em termos de lançamentos e satélites em grande massa é a saturação da órbita terrestre. Isto gera um aumento da quantidade de lixo espacial.

Causando nuvens de destroços que irão orbitar a Terra durante anos ou décadas, congestionando a órbita, isto pode se tornar algo muito problemático.

Desde o primeiro satélite lançado em 1957 foram realizados cerca de 5050 lançamentos, com estes lançamentos foram colocados à volta da Terra mais de 9000 satélites, mas apenas 2000 deste total encontram-se funcionais.

É mais comum do que pensamos à cerca de colisões, nomeadamente do lixo espacial colide com os satélites ou a própria colisão com outros satélites o que poderá aumentar significativamente devido aos lançamentos em massa pela parte da Starlink.

O que resulta no efeito Kessler.



Figura 9- Poluição espacial

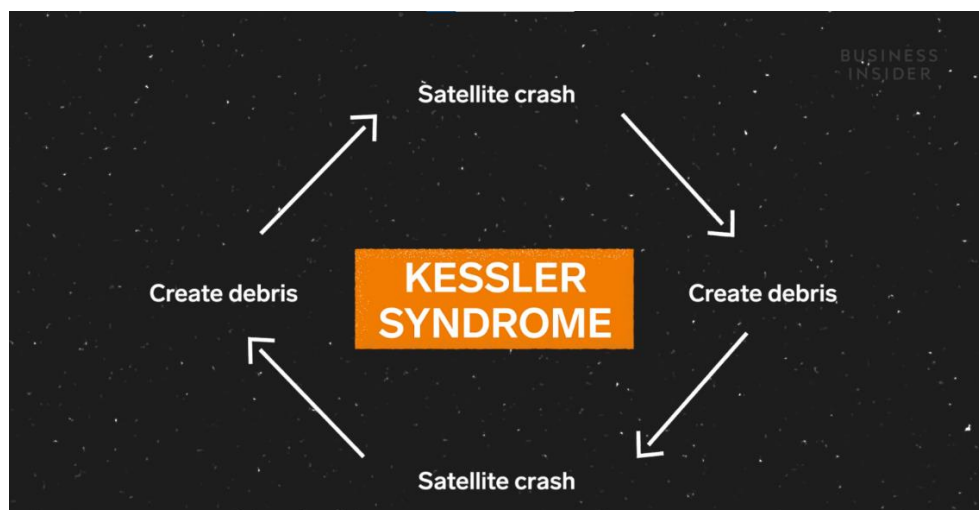


Figura 10- Efeito Kessler

Este ano, uma agência espacial europeia (ESA) teve de realizar uma manobra para evitar que um dos seus satélites colidisse com um dos satélites da constelação Starlink. Este satélite 44 Starlink entrou em rota de colisão deste outro satélite.

Foi mencionado segundo esta organização a preferência de realizar a manobra manualmente, não confiando totalmente no sistema de propulsão autónomo do satélite Starlink.

Starlink vs astronomia

Porquê deste projeto ser tão prejudicial à astronomia e mau na visão dos astrónomos

Estes confirmam que os satélites Starlink são prejudiciais à observação e ao estudo do espaço.

Os rádios telescópios capturam transmissões fraquíssimas de rádio vindas de galáxias a bilhões de anos luz de distância. Estes equipamentos requerem um isolamento e com ajuda de filtros para bloquear e evitar sinais terrestres para que não sejam confundidos com sinais vindo do espaço.

Milhares de satélites a transmitir sinais a todo o momento só dificultaria ainda mais o trabalho dos astrónomos em filtrar estes sinais.

Isto leva a ter de haver um equilíbrio entre o avanço da ciência e da tecnologia sem que nenhuma destas áreas seja prejudicada com este processo.

Soluções propostas pela empresa:

- “Um quebra sol”: Revestir o satélite com material escuro chamada, tecnologia Dark Sat, diminuindo a luminosidade para que estes passem por despercebidos no céu, sendo dificilmente visíveis a olho nu;
- Reduzir o grau de incidência fazendo com que a luz solar não seja direcionada totalmente para a Terra.



Figura 11- Satélites SpaceX a olho nu

Conclusão

Está previsto que a curto/médio prazo que existam cerca de 40 000 destes satélites associados à Starlink. Existem várias empresas que já começaram a elaborar os seus próprios projetos idênticos à Starlink, o que fará evoluir esta rede em uma dimensão planetária.

Com a internet capaz de chegar a qualquer ponto do planeta, consequentemente mais pessoas irão aderir a esta tecnologia, associado a este recurso irá haver ainda mais utilizadores das novas tecnologias, informação, redes sociais etc.

É possível que os rendimentos desta tecnologia possam servir de fonte financeira para o projeto de colocar o primeiro ser humano em Marte.

A execução deste trabalho permitiu um conhecimento mais aprofundado acerca deste tema e os temas envolventes a este assunto.

Bibliografia

Www¹: https://pt.wikipedia.org/wiki/Elon_Musk , [Consultado a 07-04-2021]

Www²: <https://www.starlink.com/> , [Consultado a 09-04-2021]

Www³: <https://en.wikipedia.org/wiki/Starlink> , [Consultado a 12-04-2021]

Www⁴: <https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite> , [Consultado a 12-04-2021]

Www⁵: <https://www.dn.pt/vida-e-futuro/constelacoes-de-satelites-astronomos-alertam-que-observacao-do-espaco-pode-estar-ameacada--11660364.html> , [Consultado a 15-04-2021]