

15^o Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

UMA PROPOSTA DE ESTAÇÕES DE SOLO PARA SATÉLITES ARTIFICIAIS DE BAIXA ÓRBITA

ANDRÉ L. MARTINS¹, ELAQUIM DE AQUINO², MURILO C. JANDOSO³, SÉRGIO SHIMURA⁴

¹ Professor Doutor, IFSP, Campus Sorocaba, andre.martins@ifsp.edu.br.

² Aluno do Curso Técnico em Eletroeletrônica, IFSP, Campus Sorocaba, eliaquim.aquino@aluno.ifsp.edu.br.

³ Aluno do Curso Técnico em Eletroeletrônica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Sorocaba, murilo.caliman@aluno.ifsp.edu.br.

⁴ Professor Doutor, IFSP, Campus Sorocaba, sergio.shimura@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.12.06.05-0 Satélites e Outros Dispositivos Aeroespaciais

RESUMO: Estações de solo permanentes para comunicação com satélites de baixa órbita são praticamente inexistentes no território nacional, o que indica uma subutilização de uma quantidade enorme de informações importantes sobre clima, desmatamento, queimadas, ocupação urbana, entre outras, disponibilizadas sem custo por estes satélites. Este trabalho apresenta uma proposta de estações de solo para comunicação com satélites de baixa órbita com duas opções, sendo uma delas utilizando um receptor de ondas de rádio e outra utilizando sistemas *Long Range Radio* (LoRa) de baixo custo, e também apresenta alguns dos resultados relacionados aos dados obtidos de leitura de satélites diversos. O objetivo deste projeto é explorar as informações e recursos oferecidos pelos satélites cujos sinais podem ser coletados na cidade de Sorocaba-SP e utilizados para análises diversas e que contribuam para mapear eventos climáticos, intervenções humanas na superfície terrestre e características de crescimento urbano e ocupação territorial. Pelos resultados obtidos até o momento, os dados da estação *Software Defined Radio* (SDR) podem ser usados para atividades de ensino como: cálculo de áreas de estados, países, detalhes de relevo como área de lagos, reservatórios, florestas, áreas urbanas, áreas agrícolas, queimadas, etc. e seu respectivo desenvolvimento ao longo dos anos.

PALAVRAS-CHAVE: estação de solo; comunicação com satélite; imageamento terrestre; mapeamento urbano por imagens; mapeamento de desmatamento; mapeamento de queimadas.

A PROPOSAL FOR GROUND STATIONS FOR LOW-ORBIT SATELLITES

ABSTRACT: Permanent ground stations for communicating with low-orbit satellites are practically non-existent in the national territory, which indicates an underutilization of a huge amount of important information on climate, deforestation, fires, urban occupation, among others, made available at no cost by these satellites. This work presents a proposal for ground stations to communicate with low-orbit satellites with two options, one using a radio wave receiver and the other using low-cost Long Range Radio (LoRa) systems, and also presents some of the results related to the data obtained from reading various satellites. The aim of this project is to exploit the information and resources offered by satellites whose signals can be collected in the city of Sorocaba-SP and used for various analyses that contribute to mapping climatic events, human interventions on the earth's surface and

characteristics of urban growth and land occupation. From the results obtained so far, the data from the Software Defined Radio (SDR) station can be used for teaching activities such as: calculating the areas of states, countries, relief details such as the area of lakes, reservoirs, forests, urban areas, agricultural areas, forest fires, etc. and their respective development over the years.

KEYWORDS: Ground station; satellite communication; terrestrial imaging; urban image mapping; deforestation mapping; forest fire mapping.

INTRODUÇÃO

Segundo CAMARGO (2020), o sensoriamento remoto proporcionado por satélites tem trazido grandes avanços em diversas áreas, como telecomunicações, previsão do tempo, controle e manejo de áreas usadas para agropecuária, medição de qualidade de ar e água, monitoramento veículos (terrestres, marítimos e aéreos), ocupação do solo, monitoramento de desastres naturais, localização de objetos, mapeamento, topografia e localização de sítios arqueológicos e reservas minerais entre outras aplicações. Estas informações são disponibilizadas diretamente pelos satélites de baixa órbita, permitindo o acesso a imagens e dados que de outra forma seriam muito difíceis ou quase impossíveis de serem obtidas.

O intuito deste trabalho é apresentar os resultados de um projeto de pesquisa relacionado ao estudo de satélites artificiais: como funcionam, seus objetivos, órbitas, sensores e construção, a partir de monitoramento dos mesmos. Espera-se, como resultado desta pesquisa, delinear um mapeamento das informações disponíveis por satélites artificiais ao alcance de telemetria de baixo custo como receptor de ondas de rádio e dispositivos LoRa (2024), que tem hospedagem em dispositivos com arquitetura ESP32 da empresa ESPRESSIF (2024), e os tipos de satélites (comercial, institucional, militar, sem fins comerciais, agências espaciais ou universidades) que oferecem informações abertas.

Desdobramentos deste projeto incluem o uso do procedimento em aulas práticas, criação de uma estação de solo permanente (praticamente inexistente no território nacional), criação de cursos para capacitação de alunos e professores e até a elaboração de requisitos e projeto de um satélite próprio do IFSP.

Este projeto tem cooperação técnica com a empresa aeroespacial russa OKB FIFTH GENERATION (2024).

MATERIAL E MÉTODOS

Além da *International Space Station* (ISS, 2024), diversos satélites em órbita para fins meteorológicos e de estudos científicos disponibilizam acesso às informações coletadas como a NOAA-19 (2024), NOAA-15 (2024), NOAA-18 (2024), e o *cubesat* FOX-1A (2024) da AMATEUR RADIO SPACE (AMSAT, 2024), além de diversos outros satélites em banda de rádio amador. Uma característica comum a estes satélites é que são de baixa órbita (*Low Earth Orbit – LEO*), pois, segundo a AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA (2022), mantém altitude entre 350 Km e 1500 Km. Estes satélites completam uma volta em torno da terra a cada 128 minutos ou menos.

Utilizando alguns sistemas específicos é possível estabelecer o cronograma exato do momento em que o satélite entra no raio de alcance da estação. Neste projeto foram utilizadas ferramentas de predição online disponibilizadas pelos websites AMSAT e N2YO (2024), que informam quais satélites passam sobre uma determinada localização, quando ocorrerá a passagem e qual a frequência de transmissão. Com estas informações, é possível conhecer a janela de tempo na qual será possível estabelecer comunicação com um determinado satélite.

Estação de recepção de rádio FM de Banda Larga: Uma vez conhecida a janela de tempo de passagem do satélite específico, utilizando um rádio de banda larga RTL-SDR (2024) com frequência informada pelos websites AMSAT ou N2YO, foi possível fazer a captura do sinal emitido pelo satélite específico e coletados os dados por meio de um antena convencional ligada ao RTL-SDR. O receptor RTL-SDR foi integrado aos softwares SDR++ (2024) e SDR# (SDRSharp), utilizados para download de dados de satélites. Protocolos de comunicação com satélites são detalhados por CAMERON

(2023). O uso de sistemas SDR permite que a frequência de recepção seja ajustada de acordo com cada satélite, (neste projeto foram utilizadas frequências de 137.1 MHz a 437.55 MHz). Mais detalhes sobre sistemas SDR são descritos por DE JONG (2023). Também foi utilizado um filtro para diminuir os ruídos e uma antena simples; desta forma, foi possível realizar a captura e gravação de sinais emitidos pelos satélites. A etapa seguinte à coleta de dados é a conversão para formato de imagem, e para isso foi utilizado o software SatDump (2024). Com isso pode-se realizar uma coleta de dados sistemática no período de um dia, e numa escala ainda maior utilizando um cronograma semestral para meios acadêmicos.

Estações baseadas em ESP32 (denominadas “IFSP_Sorocaba_1” e “IFSP_Sorocaba_2”): Para a estação IFSP_Sorocaba_1 foi utilizada uma placa ESP32 LoRa de 915MHz da empresa HELTEC (2024). Para a estação IFSP_Sorocaba_2 foi utilizada uma placa ESP32 LoRa versão TTGO de 433MHz da empresa LILYGO (2024). Foi possível configurar as estações por meio do sistema TINYGS (2024), que é uma rede global *Open Source* de satélites, e que fornece um driver para ESP32 que transforma-lo em um sistema de recepção de sinais emitidos por satélites. Detalhes da comunicação de satélites por sistemas LoRa são descritos por FERNANDES (2020). Vale ressaltar que estações baseadas em ESP32 são utilizadas em sistemas *Internet of Things* (IoT), nos quais os satélites funcionam como um *gateway* entre os dispositivos IoT e o servidor MQTT (2024), que no caso deste projeto é a nuvem do TinyGS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a estação de recepção de rádio FM de Banda Larga é possível obter informações de imagens de satélite. Após configuração de todos os hardwares e softwares utilizados para realizar as coletas de sinais, foi possível obter informações de imagens. Exemplos das imagens obtidas são mostrados na FIGURA 1.

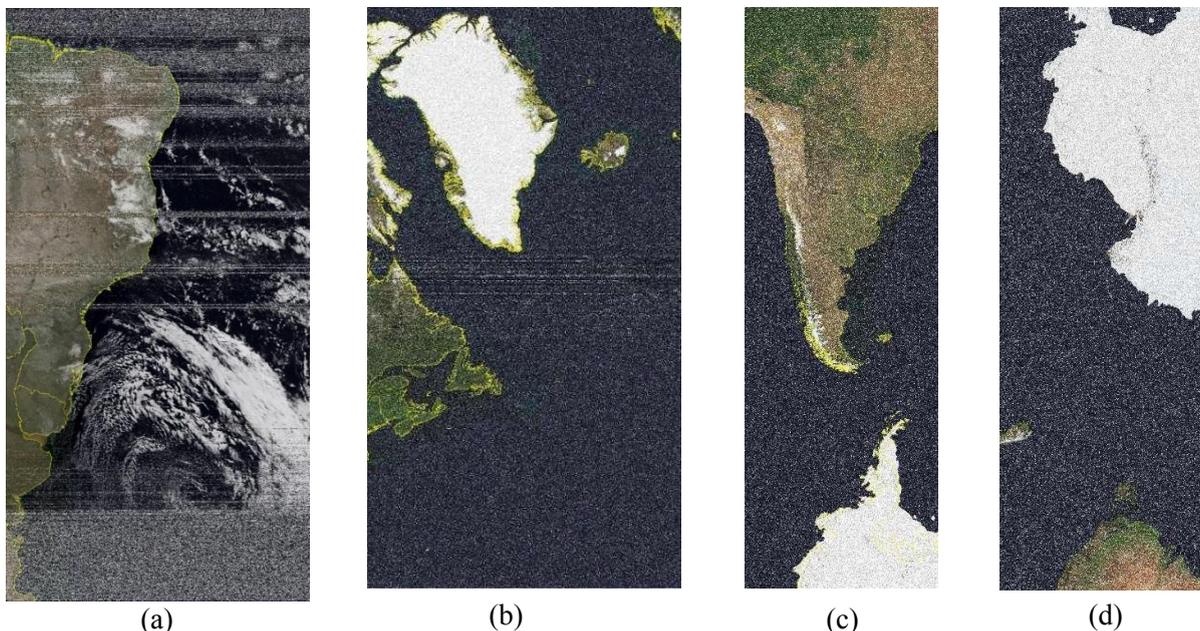


FIGURA 1. Coleta de dados de imagem de satélite; (a) Satélite NOAA19; (b) Satélite NOAA18; (c) Satélite NOAA18 (d) Satélite NOAA15

Um dado que foi possível comprovar é que no território brasileiro existem apenas 17 estações de solo que utilizam ESP32 como receptor de sinal, dentre elas quatro inativas; e por meio de uma medição foi possível calcular um raio aproximado de 65km, que cobre uma área de 13.273,2 km² em que não se encontra nenhuma outra estação de solo além da apresentada neste trabalho.

Com as estações baseadas em ESP32 LoRa e pelo sistema TinyGS foi possível receber diversos pacotes de dados, contendo informações como: temperatura do satélite, velocidade, altitude, distância, posição e algumas outras informações, sendo que na FIGURA 2 é mostrado um exemplo de coleta.

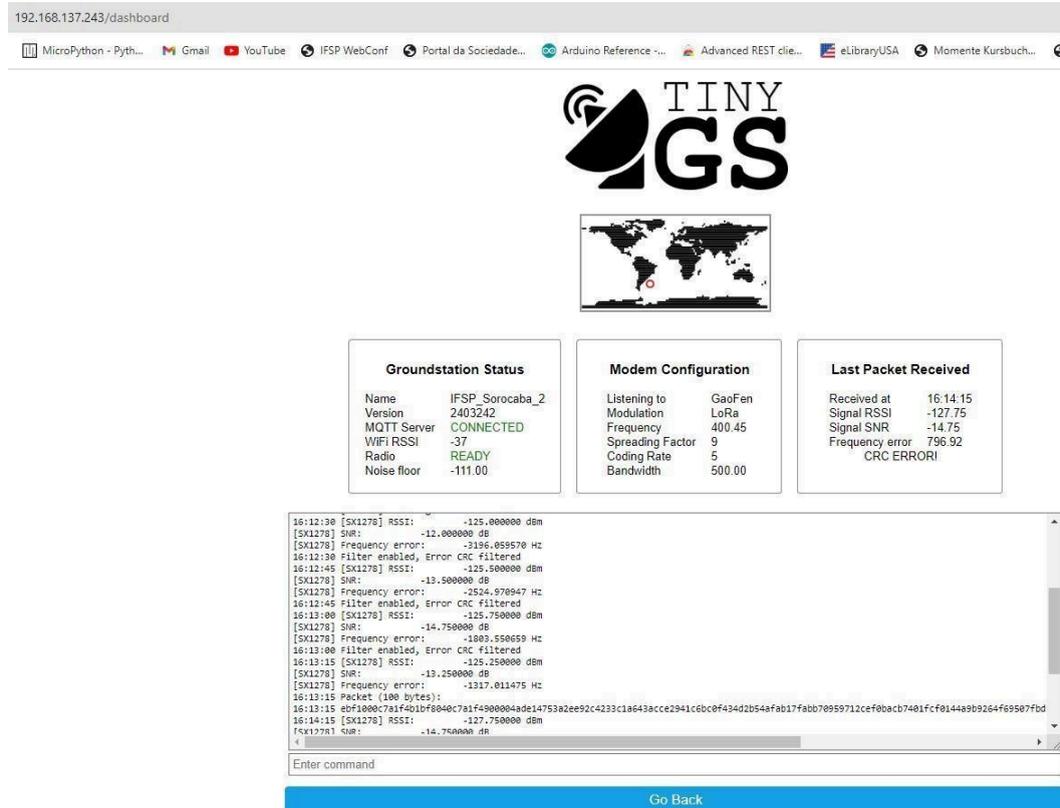


FIGURA 2. Tela de dados apresentada pelo sistema TinyGS em seu website.

Fato curioso é que, diferente do modo de coleta do RTL-SD1, o ESP32 LoRa rastreia de forma autônoma o satélite mais próximo, podendo acompanhar a movimentação do mesmo de maneira síncrona pelo próprio site do TinyGS, conforme mostrado na FIGURA 3.

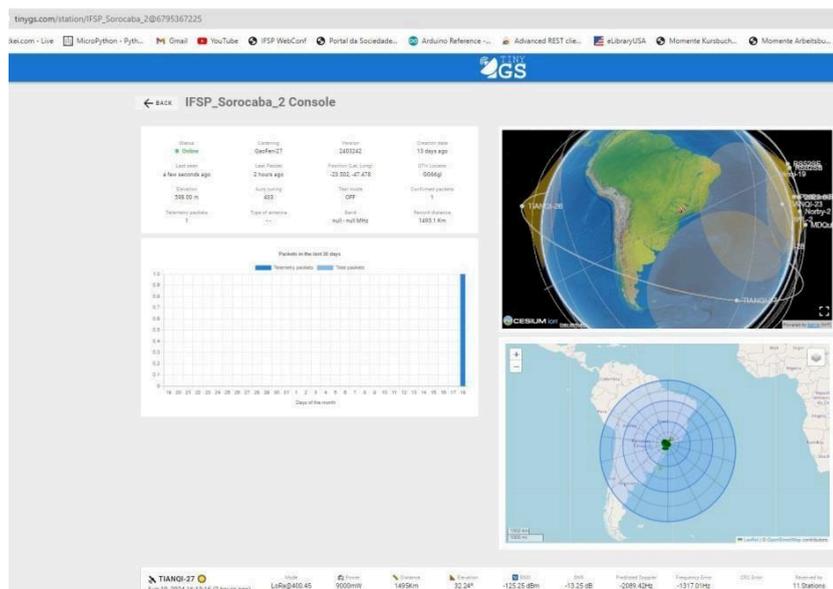


FIGURA 3. Tela do sistema TinyGS mostrando informações de localização e pacotes de telemetria da estação ESP32 "IFSP_Sorocaba_2".

CONCLUSÕES

O estudo das metodologias de sensoriamento remoto de satélites, preparação de equipamentos e softwares para captura e processamento de dados dos satélites e testes de captura de sinal foi possível a coleta de sinais e aprimoramento da coleta, e estudos para solução de problemas encontrados, relacionados à preparação de equipamentos e softwares para captura, e escolha dos satélites a serem utilizados. Os resultados obtidos permitem estimular e aquecer os meios criativos voltados para a área espacial, que em nosso território nacional é pouco desenvolvida. Também existe um grande potencial de uso das imagens capturadas por SDR no ensino de geografia e em estudos relacionados ao crescimento de áreas urbanas, reservas de água, vegetação, entre outros.

Por fim, por meio de sistemas já disponíveis e de baixo custo foi possível coletar dados importante dos satélites de baixa órbita e realizar o tratamento destes dados de modo que as imagens obtidas permitem os estudos de ocupação territorial, queimadas e desmatamento.

Como trabalho futuro, o próximo passo é desenvolver um sensor IoT que transmite dados para o satélite. Com essa tecnologia é possível monitorar um sensor instalado em um barco, por exemplo, em qualquer lugar do planeta. Também dentro do projeto estão sendo feitos estudos sobre a possibilidade de envio de dados pelas estações ESP32 LoRa para sensores IoT em solo. Exemplos de possíveis aplicações são: o monitoramento de nível de reservatórios, dados meteorológicos de estações em terra, fluxo de veículos, rastreamento de objetos, etc.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

A.L.M. ficou responsável pela reunião dos dados, elaboração e redação do trabalho. S.S. orientou os alunos de iniciação científica, foi responsável pela organização e interpretação dos dados coletados. E.A. e M.C.J. procederam com a metodologia e experimentos.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa aeroespacial OKB Fifth Generation pela parceria, apoio, suporte e pelas orientações, sem as quais este projeto não teria alcançado os resultados obtidos até o momento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. Pequenos Satélites: Grandes Possibilidades. Vol.1. 1.ed. Olimpíada Brasileira de Satélites MCTI. ISBN nº 978-65-00-52998-2. Nov. 2022.

AIRSPY. Sobre o software SDR#. Disponível em: <https://airspy.com/download/>. Acesso em: 17 ago. 2024.

AMATEUR RADIO SPACE. Sobre a AMSAT. Disponível em: <https://www.amsat.org/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

CAMARGO, Lázaro Aparecido Pires de. Curso Introdução aos Nanossatélites e Cubesats. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos – SP, 2020.

CAMERON, NEIL, ESP32 Formats and Communication Protocols, Apress, 2023.

DE JONG, Gerard. BSIDES CPT 2019 – Hacking satellites with Software Defined Radio (SDR). Youtube, 11 dez. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/gMwciWchH3Q?si=i7BLTbQ0XiIayq1h>. Acesso em: 06 dez. 2023.

ESPRESSIF. Sobre a arquitetura de microcontroladores ESP32. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. Acesso em: 16 ago. 2024.

FERNANDES, L., RUIZ-DE-AZUA, J. A., CALVERAS, A., CAMPS, A., Assessing LoRa for Satellite-to-Earth Communications Considering the Impact of Ionospheric Scintillation. IEEE Access. set. 2020, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3022433

FOX-1A. Sobre o satélite da Amateur Radio Space FOX-1A. Disponível em: <https://www.amsat.org/two-way-satellites/ao-85-fox-1a/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

INTERNATIONAL SPACE STATION. Sobre a Estação Espacial Internacional. Disponível em: <https://www.nasa.gov/international-space-station/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

NOAA-15. Sobre o satélite da NASA NOAA-15. Disponível em: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1998-030A>. Acesso em: 16 ago. 2024.

NOAA-18. Sobre o satélite da NASA NOAA-18. Disponível em: <https://data.nasa.gov/browse?q=NOAA-18>. Acesso em: 16 ago. 2024.

NOAA-19. Sobre o satélite da NASA NOAA-19. Disponível em: <https://eosps.nasa.gov/missions/noaa-19>. Acesso em: 16 ago. 2024.

OKB FIFTH GENERATION. Sobre a empresa aeroespacial OKB Fifth Generation. Disponível em: <https://okb5.com/about/>. Acesso em: 17 ago. 2024.

LILYGO. Sobre a placa ESP32 LoRa TTGO. Disponível em: https://www.lilygo.cc/products/lora3?_pos=1&_sid=3d86a4351&_ss=r. Acesso em: 20 ago. 2024.

LONG RANGE RADIO. Sobre a entidade LoRa Alliance. Disponível em: <https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

MQTT. Sobre o padrão MQTT para conectar dispositivos IOT. Disponível em: <https://mqtt.org/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

N2YO. Sobre a ferramenta para busca por satélites N2YO. Disponível em: <https://www.n2yo.com/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

RTL-SDR. Sobre o sistema de rádio RTL-SDR (RTL2832U). Disponível em: <https://www.rtl-sdr.com/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SATDUMP. Sobre o software de processamento de dados de satélites SatDump. Disponível em: <https://www.satdump.org/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SDR++. Sobre o software SDR++. Disponível em: <https://www.sdrpp.org/>. Acesso em: 16 ago. 2024.

TINYGS. Sobre a rede global de satélites TinyGS. Disponível em: <https://tinygs.com/>. Acesso em: 16 ago. 2024.