

Construção de uma estação de recepção de dados de satélites meteorológicos com finalidade educacional

RESUMO

Matheus Machado Carneiro
matheus.carneiro@inpe.br
[0009-0006-0004-8145](https://orcid.org/0009-0006-0004-8145)

Instituto Nacional de Pesquisas
Espaciais, São José dos Campos,
São Paulo, Brasil.

Newton Figueiredo

newton@unifei.edu.br

[0000-0001-6833-3125](https://orcid.org/0000-0001-6833-3125)

Universidade Federal de Itajubá,
Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

Este trabalho apresenta a construção de uma estação de recepção de imagens de satélites meteorológicos com finalidade educacional. A estação foi desenvolvida no contexto de uma disciplina extensionista semestral que versa sobre a propagação de ondas eletromagnéticas e é vinculada a um curso de graduação em Física. O desenvolvimento da estação compreende a construção do *hardware* (receptor, cabos e antenas) e do *pipeline* do *software* necessário à produção das imagens. São apresentadas as cascatas de sinais com os dados brutos recebidos dos satélites NOAA 15, NOAA 18 e NOAA 19 em diferentes sessões de observação. A partir desses dados foram produzidas imagens brutas no visível e no infravermelho, imagens processadas de nuvens, temperatura e precipitação. Uma vez finalizada, a estação passou a ser usada em atividades de educação não-formal em um centro de ciências e foi incorporada ao acervo de atividades experimentais da disciplina que lhe deu origem.

PALAVRAS-CHAVE: Educação em ciências. Tecnologia espacial. Processamento de imagens.

1 INTRODUÇÃO

O Plano Nacional de Educação (PNE), aprovado pela lei 13.005, sancionada em 2014, prevê vinte metas que devem ser atingidas no período de dez anos a partir da publicação da lei e define um conjunto de estratégias a serem seguidas. A estratégia 12.7 visa “assegurar, no mínimo, 10% (dez por cento) do total de créditos curriculares exigidos para a graduação em programas e projetos de extensão universitária, orientando sua ação, prioritariamente, para áreas de grande pertinência social” (Brasil, 2014, p. 6). Posteriormente, em 2018, o Conselho Nacional de Educação estabeleceu as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira e regulamentou o disposto na estratégia 12.7 (Brasil, 2018).

A fim de adequar a matriz curricular de seus cursos de graduação a esses dispositivos legais, a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) procedeu à reformulação dos respectivos projetos pedagógicos. Entre as diversas atividades previstas nesta reformulação - programas, projetos, cursos, oficinas e eventos - incluem-se as disciplinas de caráter extensionista cuja carga horária, integral ou parcial, é dedicada a atividades de extensão que se caracterizam por “intervenções que envolvam diretamente as comunidades externas à UNIFEI e que estejam vinculadas à formação do discente” (Universidade Federal de Itajubá [UNIFEI], 2020, p. 417).

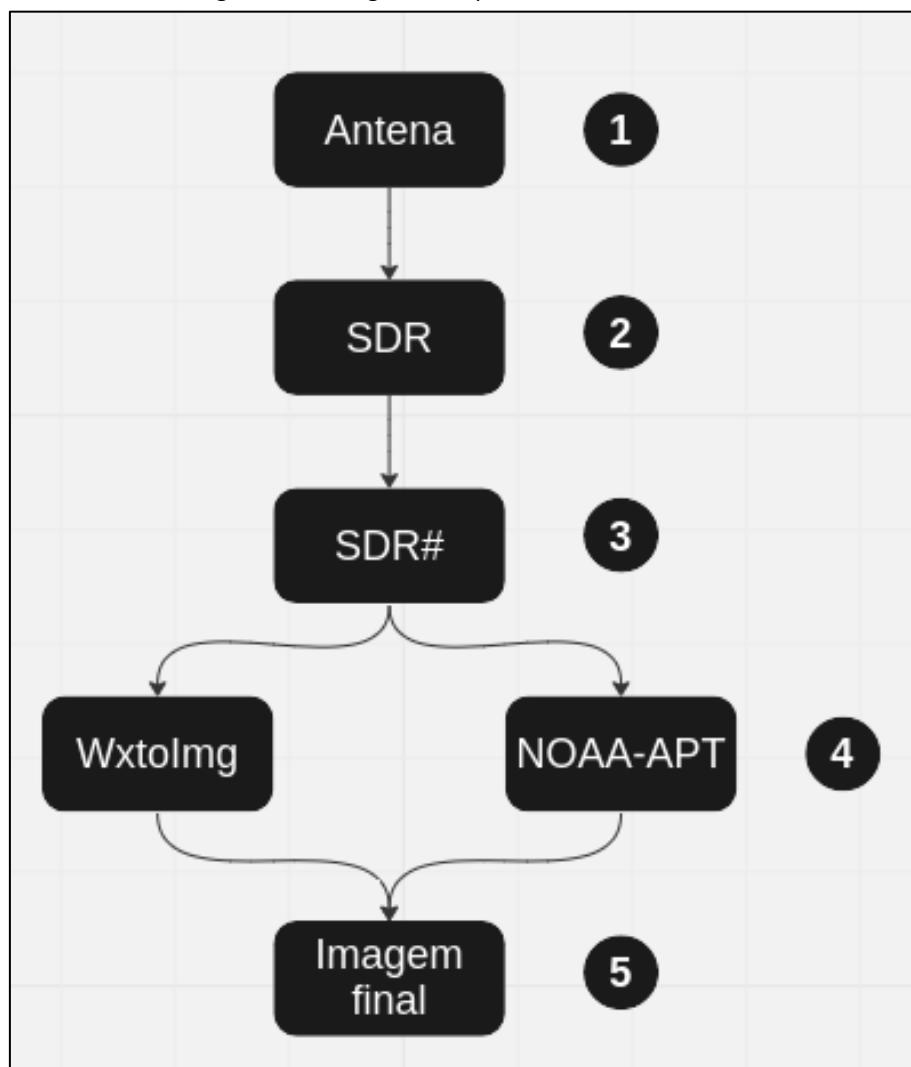
Nesse sentido, a nova matriz curricular do curso de bacharelado em Física incluiu, entre outros componentes curriculares, uma disciplina extensionista denominada “Propagação de Ondas Eletromagnéticas”¹. Nesta disciplina os alunos devem desenvolver ao longo do semestre, de forma individual ou em equipe, uma atividade prática relacionada ao conteúdo da disciplina.

Este artigo apresenta a atividade prática desenvolvida por um dos estudantes matriculados na primeira oferta dessa disciplina, cujo objetivo consistiu na construção de uma estação de recepção de imagens de satélites meteorológicos de órbita polar (*Polar Operational Environmental Satellites* - POES) operados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* - NOAA. Esta estação vem sendo usada desde maio de 2022, em atividades de educação não formal vinculadas ao Espaço InterCiências - um centro de ciências localizado no campus da UNIFEI (Silva; Cardoso; Monteiro, 2018).

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em quatro momentos distintos: a construção do *hardware*, o *pipeline* do *software*, a coleta dos dados e a produção das imagens. A figura 1 apresenta a sequência do processamento do sinal proveniente dos satélites desde a recepção até a produção das imagens em cinco principais etapas: 1 - Aquisição, 2 - Transformação do sinal, 3 - Recepção de dados, 4 - Decodificação e 5 - Arquivo final. Cada uma dessas etapas é apresentada no fluxograma de processamento do sinal, mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de processamento do sinal



Fonte: Os autores (2025).

2.1 Hardware

A constelação de satélites NOAA-POES possui, atualmente, quatro satélites operacionais, transmitindo em frequência modulada (FM), sendo eles NOAA 15 (137,62 MHz), NOAA 18 (137,9125 MHz) e NOAA 19 (137,1 MHz). Todos os satélites transmitem o sinal com uma largura de banda de 30 a 40 kHz.

O hardware desenvolvido para a estação receptora é constituído por três elementos: uma antena, um cabo coaxial e um receptor, como mostrado na Figura 2. Um computador portátil é responsável pelo processamento do sinal que vem do receptor.

Figura 2 – Estação de recepção de dados montada



Fonte: Os autores (2025).

Para a antena foram construídos dois modelos: um dipolo com ângulo de 120° entre as hastes, e uma antena de dupla-hélice. Dessa forma, foi possível fazer uma comparação entre as intensidades dos sinais recebidos e definir qual a melhor antena para esse tipo de experimento. Os resultados obtidos mostram que a antena dipolo exibe uma maior sensibilidade ao coletar os dados, quando comparada com a antena de dupla-hélice.

O cabo ideal para esse tipo de experimento é um coaxial de elevada transmissão de dados. Porém, esses cabos são, além de muito caros, difíceis de serem encontrados no mercado. Dessa forma, utilizou-se um cabo RG-57 (o mesmo utilizado em instalações residenciais para aquisição de dados de antenas parabólicas), já que o objetivo é obter dados de imagens e esse cabo tem elevada eficiência, baixo custo de aquisição e reposição, também sendo fácil de encontrar.

Para converter o sinal coletado na antena para um sinal digital compatível com o computador, foi utilizado um SDR (*Software Defined Radio*) produzido pela SDR-RTL.COM. Esse aparelho é baseado nas tecnologias de modulação de rádios analógica e conversor de dados para digital. Sua cobertura espectral vai de 500 kHz até 1,75 GHz (Simple..., 2017).

2.2 Software

WXtoimg é o *software* mais completo para se fazer a decodificação dos dados da constelação NOAA-POES. Das principais ferramentas que ele apresenta estão: decodificação em tempo real, mapa de nuvens, mapa de temperatura, criação de imagens 3D, animações, coleta de dados automática, entre outros. Por sua elevada capacidade de extração de dados, é o mais utilizado entre as pessoas que se dedicam à recepção de imagens de satélites como *hobby* (WXtoimg, 2023).

O *software* NOAA-APT funciona como um decodificador de sinal, utilizando dados do arquivo .WAV. Para isso, é feita uma conversão da taxa de atualização para 20800 Hz. Após o processamento e a geração da imagem, determina-se a

posição geográfica em que foi feita a coleta dos dados, possibilitando o *overlay* de um mapa sobre a imagem final. Apesar de possuir menos funcionalidades que o WXtoimg, este se apresenta como uma solução mais amigável ao usuário (Bernardi, 2023).

O SDR# é um software desenvolvido pela empresa Airspy, extremamente versátil para a recepção de armazenamento de sinais de rádio. O software é capaz de mostrar, de maneira gráfica, a presença de sinais de rádio ao longo do espectro de diversas faixas, também tendo a capacidade de marcar regiões de interesse, intensidade de sinal, gravação em modo mono e estéreo, dentre outras funcionalidades (AIRSPY, 2023).

2.3 Descrição das observações

As coletas de dados foram feitas no campus sede da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI. O local que apresentou o melhor desempenho foi o campo de futebol do campus. Isso se deve a sua localização, já que se encontra afastado de prédios e grandes construções, responsáveis por boa parte do ruído presente nas imagens.

A previsão do horário da passagem dos satélites e sua trajetória no céu, para que pudesse ser feito um acompanhamento direcional da captação do sinal, foi feita utilizando o aplicativo Heavens Above (Peat, 2023). Esse programa, disponível de forma gratuita, calcula as coordenadas horizontais (azimute e altura) do satélite a partir de seus elementos keplerianos e das coordenadas geográficas do local de observação.

Em cada órbita, a altitude do satélite NOAA 19 varia de 839 km a 860 km em relação ao nível do mar. Seu período orbital é de 1 h 42 min e a inclinação da órbita em relação ao plano do equador é de 99°. A altura máxima de cada passagem, em relação ao horizonte do observador, não é constante. Dessa forma, o tempo em que o satélite permanece acima do horizonte em cada passagem também não é fixo. Para se obter boas imagens é recomendado priorizar as órbitas mais altas, nas quais o tempo acima do horizonte pode chegar a dez minutos e o ruído proveniente do solo e das edificações próximas é pequeno. No entanto, imagens aceitáveis podem ser obtidas em passagens com cinco ou seis minutos de duração.

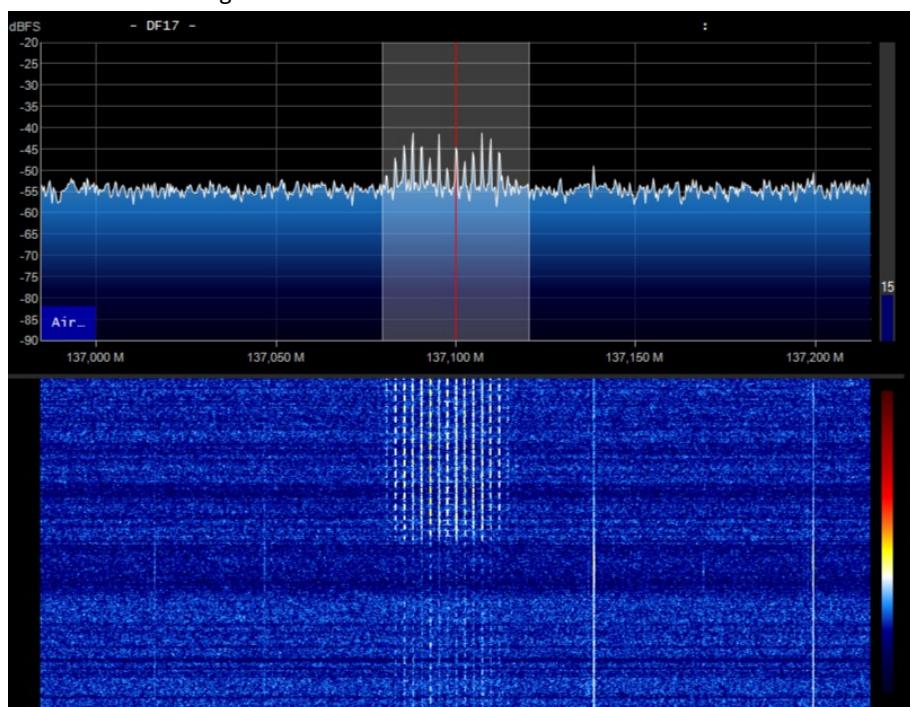
Para testar a influência das condições climáticas na recepção dos dados transmitidos pelos satélites, foram feitas rodadas de coleta de dados em diversas condições: céu aberto, nublado ou chuvoso. Os resultados apontaram que não existe diferença significativa na qualidade dos dados, dadas essas circunstâncias. Isso se deve ao fato de que o comprimento de onda é grande o bastante para atravessar as nuvens sem ser espalhado ou absorvido de forma significativa.

Após a determinação do local de coleta de dados, foram feitas calibrações para determinar a sensibilidade do receptor. Esse passo é importante para que exista a garantia de que o sinal, mesmo que tênue, seja passível de detecção. Para isso, foram utilizadas fontes de radiodifusão locais, como estações que operam na faixa de FM comercial (88 MHz a 108 MHz).

Uma vez que é possível detectar essas emissoras, o receptor já pode ser utilizado para fazer a coleta de dados de satélites meteorológicos, tendo em vista

que, na rodada de testes, o sinal percebido pelo receptor chegou a 15 dB de amplitude em relação ao ruído ambiente.

Figura 3 – Cascata de sinais do satélite NOAA-19



Fonte: Os autores (2025).

A figura 3 apresenta um exemplo de um sinal de satélite NOAA-POES, coletado através do software SDR#. Os picos mais intensos são referentes ao sinal que é captado pela antena, sendo que quanto maior for o pico, mais limpo será o sinal em relação ao ruído (contínuo de sinal que abrange toda a imagem) e sua respectiva escala de intensidade, em dB. Na parte inferior da imagem é possível ver a cascata de sinal. Ela é responsável por evidenciar o sinal em escalas de cores ao longo do tempo, sendo a parte mais inferior referente a sinais mais antigos e a parte superior sinais mais novos.

Vale lembrar que a intensidade do sinal varia conforme a sensibilidade do detector. Antenas com maior ganho (como as direcionais), podem apresentar melhores relações de sinal/ruído.

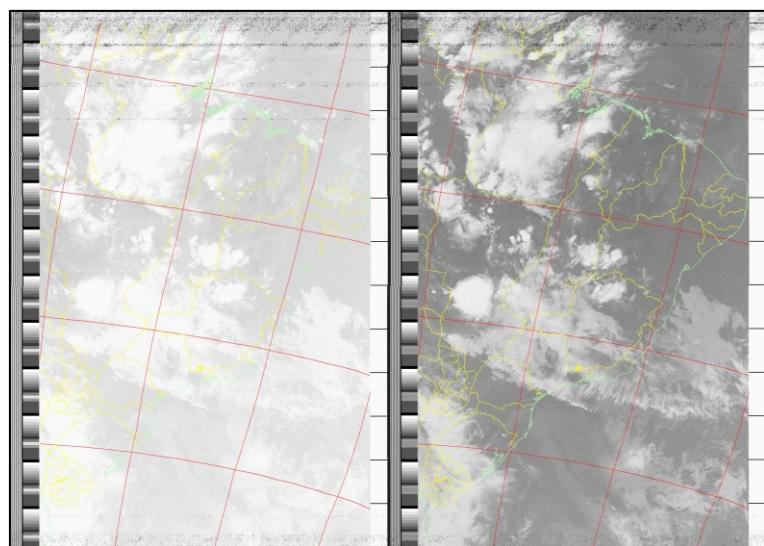
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante as observações, foi necessário escolher uma modulação do tipo *Wide Frequency Modulated* (WFM), já que a largura da banda (de aproximadamente 40 kHz) de transmissão de dados é similar à de uma estação de rádio FM comercial. Para armazenar os dados foi necessário gravar a saída de áudio estéreo, já que cada lado do áudio equivale a um canal de dados da imagem. Já para a gravação do arquivo, foi escolhida a ferramenta nativa de gravação do software SDR# e o arquivo exportado no formato .WAV.

Após a decodificação do áudio pelos softwares (tanto o NOAA-APT quanto o WXtoimg), é possível ter acesso aos dados brutos transmitidos pelo satélite. Para

exemplificação, apresentamos os dados processados através do software WXtoimg, já que ele possui mais ferramentas para análise.

Figura 4 – Imagem bruta do satélite NOAA-19 em duas faixas: (a) infravermelho (imagem da esquerda) e (b) visível (imagem da direita)



Fonte: Os autores (2025).

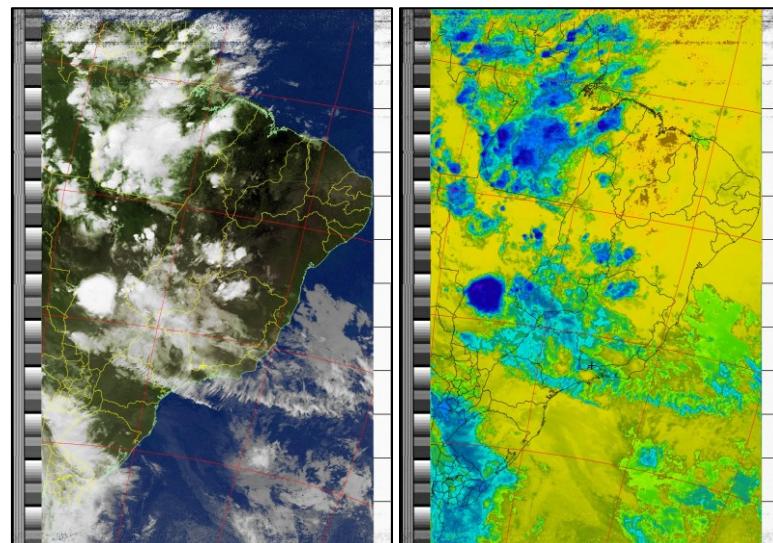
Na Figura 4 pode ser visto que o satélite NOAA-19 transmite a informação em dois canais. Esses são gerados por sensores que trabalham na faixa do visível e do infravermelho, e a transmissão dessas faixas de informação é definida pelo horário de passagem do satélite sobre a dada região. Por exemplo, na primeira passagem do dia (matutina), são transmitidas imagens captadas no visível e no infravermelho. Já na segunda passagem (noturna), são transmitidas apenas imagens dos sensores de infravermelho.

Os satélites NOAA possuem cinco canais de dados, com cada um deles com uma função específica (desde mapear as nuvens até o monitoramento de florestas). O primeiro (canal 1), é responsável pela coleta de dados na faixa visível, o que faz com que ele seja dependente da reflexão da luz do Sol na superfície da Terra para o seu funcionamento. Os demais canais operam na faixa do infravermelho, sendo livres da dependência do Sol para a coleta de dados (NOAA, 2009).

É possível notar também três barras verticais que se estendem ao longo de toda a imagem. Essas barras são códigos de informação que podem ser lidos pelos softwares de decodificação e gerar outros mapas que são mostrados nesta seção. A barra branca, à direita de cada canal de informação, é chamada de *timestamp*, em que cada bloco branco significa um minuto de transferência de dados. À esquerda do canal, os blocos com diversos tons de cinza são os canais de informação, que são responsáveis por informar diversos pontos importantes, como a temperatura na imagem. Por último, a faixa no meio da imagem é responsável por determinar a separação entre os canais de transmissão.

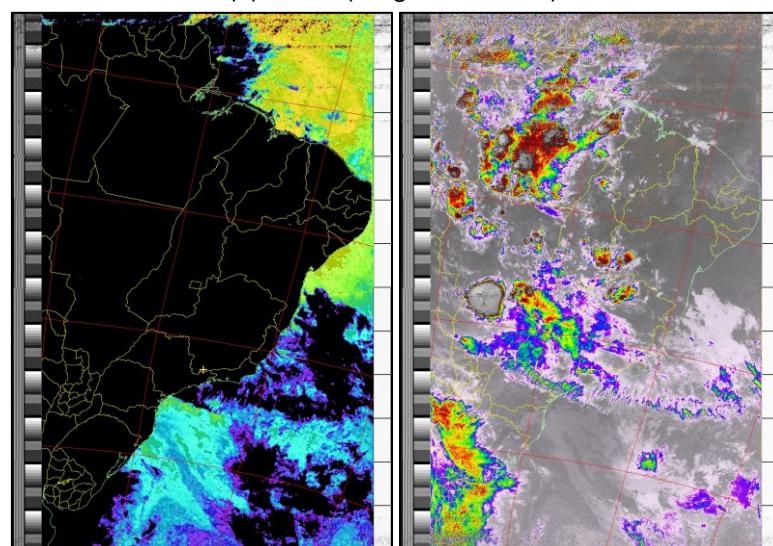
Utilizando as ferramentas do software WXtoimg, foi possível construir outros mapas, como os que são mostrados nas figuras 5 e 6.

Figura 5 – Mapas do satélite NOAA-19: (a) nuvens (imagem da esquerda) e (b) temperatura (imagem da direita).



Fonte: Os autores (2025).

Figura 6 – Mapas do satélite NOAA-19: (a) temperatura oceânica (imagem da esquerda) e (b) chuvas (imagem da direita).



Fonte: Os autores (2025).

Na figura 5a pode ser vista a projeção das nuvens sobre o mapa da América do Sul, com cores já predefinidas no sistema. O que se pode retirar de informações dessa imagem é a cobertura de nuvens presentes no instante em que a passagem do satélite ocorreu.

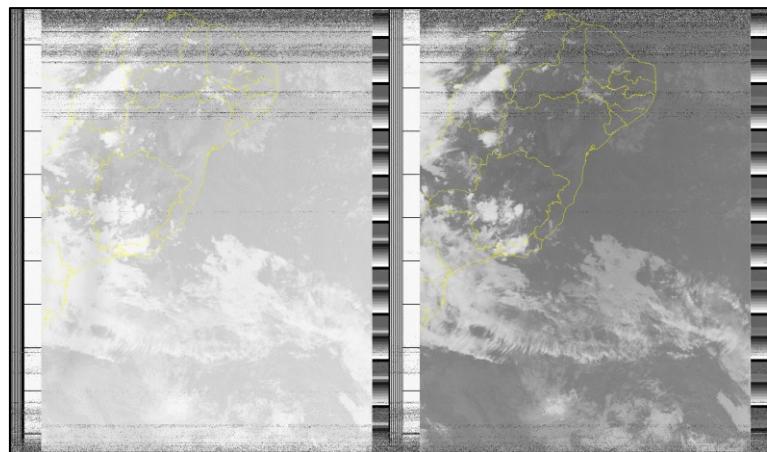
A figura 5b mostra um mapa de temperatura de superfície. Nesse mapa as regiões demarcadas nas cores laranja e vermelho representam regiões de maior temperatura. Já as regiões com cores azul e violeta, representam regiões com temperaturas menores.

Na figura 6a pode ser vista a varredura de temperatura para os oceanos. A interpretação desses dados é similar à da figura 5b. Porém, dessa vez, com otimização somente para a região oceânica.

A figura 6b mostra um mapa com incidência de chuvas, sendo a região com cores avermelhadas, nuvens mais intensas e, consequentemente, maior probabilidade de precipitação. O contrário também é verdadeiro. As regiões em cinza são regiões em que, ou não há nuvens, ou a quantidade de nuvens naquela região é pouco significativa.

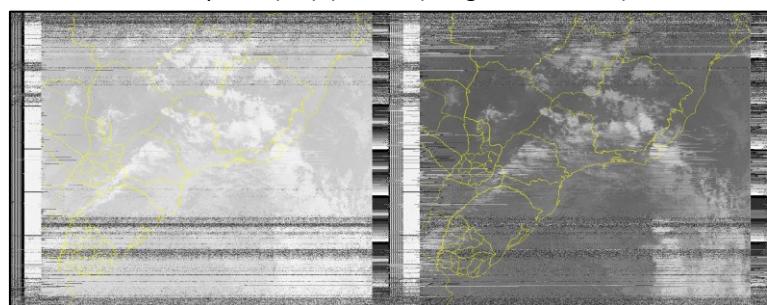
O satélite NOAA-19 foi escolhido como satélite principal para essa rodada de coleta de dados por ser o último satélite da geração a ser lançado, o que garante uma maior estabilidade e qualidade na transmissão do sinal. Porém, outros satélites similares ainda continuam em operação, como é o caso dos satélites NOAA-15 (figura 7) e NOAA-18 (figura 8), que transmitem em 137,6200 MHz e 137,9125 MHz, respectivamente. Essas figuras foram geradas utilizando o software NOAA-APT.

Figura 7 – Imagem bruta do satélite NOAA-15 em duas faixas: (a) infravermelho (imagem da esquerda) e (b) visível (imagem da direita).



Fonte: Os autores (2025).

Figura 8 – Imagem bruta do satélite NOAA-18 em duas faixas: (a) infravermelho (imagem da esquerda) e (b) visível (imagem da direita).



Fonte: Os autores (2025).

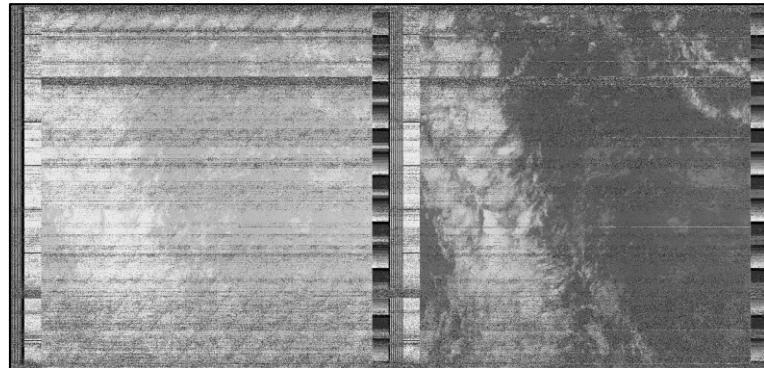
O quadro 1 e as figuras 9, 10 e 11 ilustram o efeito que a altitude máxima provoca na qualidade das imagens produzidas. Essas imagens foram produzidas a partir de observações feitas no campus da UNIFEI com a antena dipolo. A figura 9 corresponde a uma observação do satélite NOAA-19 em que a altitude máxima foi de 26°, enquanto que na figura 10 a altitude foi de 44°. Já na figura 11, a altitude máxima foi de 85°, o que significa que o satélite passou próximo ao zênite.

Quadro 1 – Qualidade da imagem em função da altitude máxima.

Altitude da passagem	Classificação
De 0° até 30°	Baixa
De 31° até 60°	Média
De 61° até 90°	Alta

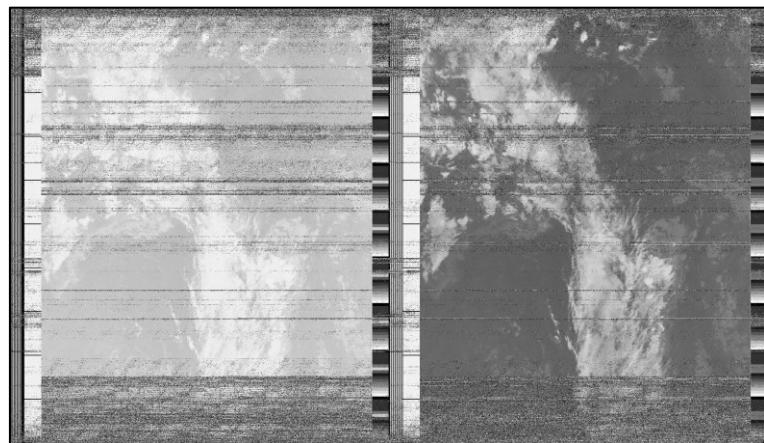
Fonte: Os autores (2025).

Figura 9 – Passagem do Satélite NOAA-19 (26° - Baixa)



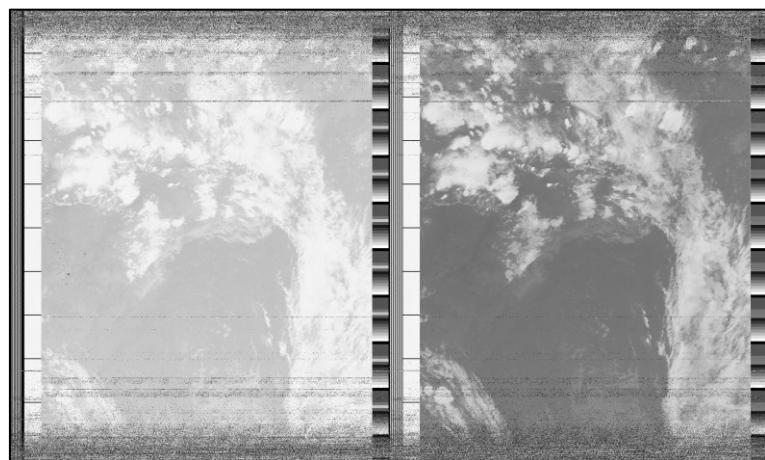
Fonte: Os autores (2025).

Figura 10 – Passagem do Satélite NOAA-19 (44° - Média)



Fonte: Os autores (2025).

Figura 11 – Passagem do Satélite NOAA-15 (85° - Alta)

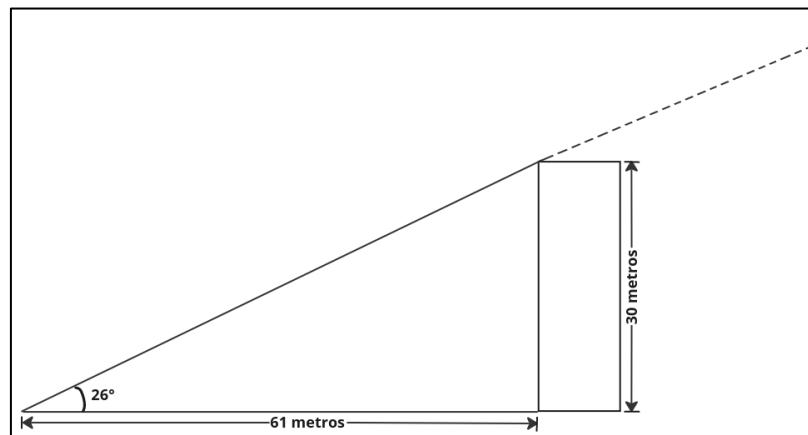


Fonte: Os autores (2025).

Pode-se notar uma diferença significativa entre a qualidade das imagens e a altura máxima das passagens. Isso se deve ao fato de que, ao passar com alturas menores, muitos fatores podem influenciar na qualidade dos dados captados. Talvez a mais relevante seja a presença de prédios e o perfil do relevo próximo da estação receptora.

Tomando como exemplo uma passagem em que a elevação máxima seja de 26°, a figura 12 mostra que um prédio de 30 metros de altura (aproximadamente dez andares) é capaz de prejudicar a recepção de dados, mesmo estando a uma distância de 61 metros da estação receptora. Neste exemplo, a reta que liga o satélite ao receptor (também conhecida como linha de visada) está bloqueada pela presença do prédio. Portanto, o sinal que chega ao receptor é afetado pela interferência e pela difração, o que degrada a qualidade da imagem.

Figura 12 – Ilustração de obstrução de sinal



Fonte: Os autores (2025).

Uma das maneiras possíveis de se contornar esse problema se dá na instalação da antena receptora em locais para os quais a linha de visada não seja obstruída, de forma que o campo de recepção da antena fique livre de quaisquer interferências e a coleta dos dados apresente a melhor relação sinal/ruído possível.

4 CONCLUSÃO

A estação descrita neste trabalho começou a ser desenvolvida no contexto de uma atividade vinculada a uma disciplina extensionista do curso de bacharelado em Física da UNIFEI. Após o término da disciplina, seu desenvolvimento prosseguiu como uma pesquisa de Iniciação Científica. O processo completo consistiu na construção de todo o *hardware* (receptor, cabos e antenas) e no *pipeline* do *software*, que vai desde a coleta dos dados brutos até o produto final, que são as imagens meteorológicas.

Uma vez concluída, a estação passou então a ser utilizada em atividades de educação não-formal voltadas à comunidade externa à universidade e foi incorporada ao acervo de atividades experimentais da disciplina de graduação que lhe deu origem.

Das dificuldades encontradas durante a realização do experimento, talvez a maior delas seja a obtenção do SDR. Entretanto, com a popularização e o barateamento da produção de componentes eletrônicos, este dispositivo pode ser encontrado em diversos estabelecimentos comerciais, bem como em *e-commerces*. Todos os demais materiais podem ser encontrados com mais facilidade, como os cabos coaxiais, que são utilizados em televisores, antenas e computadores.

A construção da estação se mostrou um projeto desafiador, porém de grande potencial (tanto técnico, quanto educacional), tendo em vista a aplicação de vários conceitos da Física, tais como interferência de ondas eletromagnéticas (e o resultado disso na transferência de dados), efeito *Doppler*, ressonância, espectro eletromagnético, mecânica orbital e estudos climáticos.

Cabe também destacar que diante do novo cenário introduzido pela exigência legal de que pelo menos 10% dos créditos curriculares dos cursos de graduação devam ser cumpridos em programas e projetos de extensão universitária, houve um aumento substancial da importância dada às atividades extensionistas nos projetos pedagógicos desses cursos. Nesse sentido, a implementação de atividades experimentais, como a que é apresentada neste trabalho, exemplifica como a articulação entre extensão e graduação pode potencializar o ensino de Física numa perspectiva integradora.

Porém é importante ressaltar que esse tipo de abordagem apresenta desafios consideráveis. Para superá-los, é necessário que as atividades experimentais não fiquem restritas a uma concepção de laboratório didático caracterizada por aulas práticas que seguem um roteiro fechado, ministradas num local específico, com uma duração preestabelecida.

CONSTRUCTION OF A METEOROLOGICAL SATELLITE DATA RECEPTION STATION FOR EDUCATIONAL PURPOSES

ABSTRACT

This work presents the construction of a radio station designed to receive images from meteorological satellites for educational purposes. The station was developed as a public outreach activity related to a one-semester undergraduate course about the propagation of electromagnetic waves, which is taken by Physics majors. It comprises the construction of both the hardware (receiver, cables and antennas) and the software pipeline necessary for the production of images. The signal cascades with the raw data received from the satellites NOAA 15, NOAA 18 and NOAA 19 in different observation sessions are also presented. From these data, raw visible and infrared images were produced, as well as processed images of clouds, temperature and precipitation. Once finished, the station started to be used in non-formal education activities in a science outreach center and was incorporated into the collection of experimental activities of the course that gave rise to it.

KEYWORDS: Science education. Space technology. Image processing.

NOTAS

1 Uma versão preliminar desta pesquisa foi apresentada no V Simpósio de Iniciação Científica da Universidade Federal de Itajubá em 2022.

REFERÊNCIAS

AIRSPY. Software Defined Radio. 2023. Disponível em: <https://airspy.com/>. Acesso em: 31 maio 2023.

BERNARDI, M. NOAA-APT image decoder. How it Works. 2023. Disponível em: <https://noaa-apt.mbernardi.com.ar/how-it-works.html>. Acesso em: 31 maio 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018. **Diário Oficial da União.** Brasília, 19 dez. 2018. Seção 1, p. 49-50. Disponível em:
<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=19/12/2018&jornal=515&pagina=49&totalArquivos=197>. Acesso em: 28 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. **Diário Oficial da União.** Brasília, 26 jun. 2014. Seção 1. p. 1-7. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm. Acesso em: 28 abr. 2023.

NOAA. User's Guide for Building and Operating Environmental Satellite Receiving Stations. Washington: National Oceanic And Atmospheric Administration, 2009. Disponível em:
https://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/pubs/Users_Guide-Building_Receive_Stations_March_2009.pdf. Acesso em: 31 maio 2023.

PEAT, C. Heavens Above. 2023. Disponível em: <https://www.heavens-above.com/>. Acesso em: 23 maio 2023.

SILVA, J. J.; CARDOSO, C. C.; MONTEIRO, I. C. C. As formas de comunicação científica nos Museus e Centros de Ciências: o caso do Espaço InterCiências. In: Editora Poisson. (Org.). **Educação no Século XXI.** Belo Horizonte: Poisson, 2018, v. 9, p. 46-53.

SIMPLE NOAA/METEOR WEATHER SATELLITE ANTENNA: A 137 MHZ V-DIPOLE. 2017. Disponível em: <https://www rtl-sdr.com/simple-noaameteor-weather-satellite-antenna-137-mhz-v-dipole/>. Acesso em: 23 maio 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ [UNIFEI]. Resolução CEPEAD nº 66, de 16 de junho de 2020. **Boletim Interno Semanal**, n. 25. Itajubá, 22 jun. 2020. p. 417. Disponível em: <https://atosnormativos.unifei.edu.br/todas/resolucao-cepead-no-66-2020-de-16-de-junho-de-2020/>. Acesso em: 28 abr. 2023.

WXTOIMG. **The world's best weather satellite signal to image decoder**, 2023. Disponível em: <https://wxtoimgrestored.xyz/>. Acesso em: 31 maio 2023.

Recebido: 5 set. 2023.
Aprovado: 30 mar. 2025.
DOI: 10.3895/rbect.v19n1.17544
Como citar: CARNEIRO, M. M.; FIGUEIREDO, N. Construção de uma estação de recepção de dados de satélites meteorológicos com finalidade educacional. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 19, p. 1-15, 2026. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/17544>>. Acesso em: XX.
Correspondência: Matheus Machado Carneiro - matheus.carneiro@inpe.br
Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

