

# Desenvolvimento de um picossatélite educacional - CapSat

Daniel Veloso Batschauer  
Edson Luiz Zuchi  
Maria Julia Fischer  
Ana Carolina Luciani Corrêa  
Mateus Muller Ribeiro  
gfig.ifsc@gmail.com  
GFIG - Grupo de Foguetes do IFSC Gaspar

Leonardo Ronald Perin Rauta  
Maurício Justino  
leonardo.rauta@ifsc.edu.br  
mauricio.justino@ifsc.edu.br  
GFIG - Grupo de Foguetes do IFSC Gaspar  
Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Gaspar  
Gaspar, Santa Catarina

## RESUMO

Após o início da exploração espacial, durante a guerra fria, muitos satélites foram desenvolvidos e atualmente encontram-se em órbita. No entanto, esses equipamentos são caros de serem produzidos e o acesso a essa tecnologia é restrito basicamente a pesquisadores de agências espaciais. Para tornar isso mais acessível, surgiu uma alternativa para o desenvolvimento de um satélite de baixo custo e dimensões reduzidas, são picossatélites. Baseado nesse conceito, esse projeto desenvolveu um picossatélite com dimensões de uma lata de refrigerante de 330ml, modalidade conhecida como cansat. O objetivo principal é o uso desse cansat para demonstrar conceitos e técnicas vistas apenas em teoria em unidades curriculares como redes de computadores, física, geografia, sistemas embarcados, processamento de imagens, entre outras. Além de possibilitar aos discentes um contato com equipamentos e tecnologias que dificilmente terão acesso durante o curso. Assim, esse trabalho apresenta o desenvolvimento do cansat educacional, chamado CapSat.

## KEYWORDS

Nanossatélite, Picossatélite, Sistemas embarcados, Comunicação, Aeroespacial, Educação

## 1 INTRODUÇÃO

O uso e lançamento de foguetes e satélites vem aumentando nos últimos anos. No último ano a China enviou uma missão para estudar o lado escuro da Lua [1], a NASA enviou uma sonda à Marte [2] e inúmeros outros lançamentos e testes de foguetes e satélites foram realizados em 2019.

Em 2020 também já foram efetuados diversos lançamentos de foguetes e satélites, inclusive virou notícia de grande repercussão o lançamento da SpaceX para levar astronautas para a Estação Espacial Internacional – ISS e o anúncio de parceria para enviar turistas ao espaço até 2022 [3]

Essa exploração espacial só se tornou possível com o avanço da tecnologia em diversas áreas, física, aerodinâmica, mecânica dos fluidos, sistemas de telecomunicações, sistemas de controle, entre outras. Através dessa tecnologia desenvolvida foram criados os satélites artificiais, os quais têm como característica, circundar o globo terrestre com algum objetivo predeterminado, seja de monitoramento por imagem, recepção e transmissão de sinais, telemetria espacial, exploração intergaláctica, entre outros.

A importância desses satélites artificiais vem aumentando dia a dia, principalmente impulsionado pela exploração espacial e os benefícios que isso vem apresentando e trazem para a comunidade

em terra. Grande parte das tecnologias e dos meios de comunicação atuais, somente se tornaram possíveis graças ao uso de satélites, como ligações telefônicas, internet, imagens de previsão do tempo, imagens para monitoramento dos ambientes terrestres, entre outras [4]. Inclusive, recentemente, a China colocou em órbita um satélite com tecnologia 6G [5], tecnologia ainda inovadora no cenário mundial.

No entanto, um satélite é um equipamento muito grande e caro, o que o torna um equipamento incapaz de ser replicado ou utilizado para estudo em qualquer lugar do mundo. Geralmente apenas as instituições com grande recurso financeiro e tecnológico, ou com parcerias com grandes instituições e agências espaciais, são capazes de criar uma equipe e desenvolver as tecnologias que podem ser utilizadas em um satélite. No entanto, existe uma categoria de satélites, os picossatélites, que, por definição, são extremamente pequenos e leves, podem trazer esse benefício de serem criados em qualquer lugar do mundo e por qualquer pessoa interessada no assunto.

A ideia de picossatélites foi concebida pelo CubeSat, um satélite em forma de cubo com arestas de 10 cm, mas não restrito apenas a esse tipo e dimensões. Hoje existem CubeSat de diversos formatos, mas todos devem atender algumas restrições de dimensões e peso [6]. Ainda nessa categoria, de picossatélites, destacam-se os cansat, mini satélites que devem ter um volume inferior à uma lata de refrigerante, 330ml [7].

Esses picossatélites podem ser utilizados para diversas atividades, dependendo da missão para qual forem projetados. Essas missões podem ser desde missões voltadas à ciência, como por exemplo, funcionar como um telescópio, medição dos campos magnéticos e elétricos da terra; podem existir aplicações voltadas à engenharia, como o comportamento do hardware utilizado, novos meios e protocolos de comunicação, entre outros; e também de forma artística, como por exemplo, transformando sinais em sons e os enviando à terra [6].

Devido às diferentes atividades que podem ser realizadas com um cansat, é esperado que ele possa ser utilizado pelos alunos como um meio de incentivo e apoio ao ensino/aprendizagem. Esse incentivo pode ser obtido, por exemplo, desenvolvendo trabalhos e estudos sobre protocolos de comunicação que podem ser utilizados, sistemas para ejeção e recuperação do satélite, telemetria e sensoriamento terrestre, entre inúmeros projetos de desenvolvimento científico e tecnológico que podem ser desenvolvidos com ele.

Assim, esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um cansat, de baixo custo, que poderá ser utilizado para o estudo e desenvolvimento de novas tecnologias e, por meio desses estudos, incentivar e

apoiar o processo de ensino/aprendizagem dos alunos. A ideia é que esse cansat possa ser utilizado em unidades curriculares como redes de computadores, na utilização dos protocolos de comunicação; física, cálculos para recuperação e queda do satélite, astronomia e astronáutica e, forças e campos gravitacionais, magnéticos e elétricos; geografia, estudo do planeta; processamento de imagens, visão computacional e inteligência artificial, trabalhar com imagens de satélite para gerar conhecimento; artes e línguas, pensar meios de utilizar um picossatélite como uma intervenção artística; sistemas operacionais e sistemas embarcados, para ver a melhor organização e arquitetura de hardware e software a ser utilizado.

Devido a pandemia ocorrida em 2020 e às restrições impostas, o cansat apresentado não foi testado e validado em nenhuma turma e em nenhuma unidade curricular, pois foram suspensas as atividades presenciais e, para um melhor processo de ensino/aprendizagem dessa tecnologia, é necessária a presença física do aluno e o contato com o equipamento desenvolvido. Também vale destacar que esse cansat não entrará em órbita, os experimentos serão feitos em terra e em lançamento em foguetes com apogeu máximo de 3 km e com autorização para lançamento, o que impede que outras aeronaves sobrevoem o local.

## 2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do cansat, foi adotada uma metodologia de caráter exploratório, pois teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema/equipamento para verificar a viabilidade de seu uso. Para isso, foram adotadas as seguintes etapas no desenvolvimento: (i) estudo sobre o que são satélites e cansats; (ii) modelagem de uma estrutura tridimensional para o cansat; (iii) desenvolvimento do sistema embarcado do cansat; (iv) desenvolvimento da comunicação entre o cansat e a estação em terra; (v) testes em bancada da comunicação; (vi) teste de lançamento em foguete de baixa altitude; (vii) teste e validação em sala de aula.

Infelizmente, conforme já apresentado, devido à pandemia as etapas (vi) teste de lançamento, e (vii) teste e validação em sala de aula não puderam ser realizadas.

## 3 DESCRIÇÃO DO CANSAT DESENVOLVIDO

Para o desenvolvimento do projeto aqui apresentado foram inseridas algumas premissas, (a) colocar um limite orçamentário; (b) possibilitar troca das placas do sistema embarcado; (c) comunicar com um sistema em terra; e (d) permitir reprogramação do equipamento. Além das premissas, foi definida a missão do cansat, contar relâmpagos que venham acontecer durante a trajetória de voo.

Já o nome do satélite, optou-se por um nome para homenagear um animal comum na região, a capivara. Assim, o picossatélite desenvolvido possui o nome de CapSat, uma mistura de capivara com o estilo de picossatélite, cansat.

A fim de atender a premissa (a), foi definido um orçamento limite de R\$2.000,00, sendo este, R\$860,00 para aquisição do hardware embarcado no picossatélite, R\$660,00 para produção da estrutura física, e R\$480,00 para desenvolvimento da estação em terra.

Após o início dos estudos a respeito desse tipo de equipamento e para atender as outras premissas, foram feitas trocas dos materiais previamente definidos e adquirido material para duas soluções. Assim, o orçamento final total ficou em R\$1.979,00, sendo R\$1.131,00

**Tabela 1: Equipamento para o hardware embarcado**

Qnt	Descrição	Unitário	Total
1	Arduino Uno	R\$60,00	R\$60,00
1	Xbee Pro S2C	R\$360,00	R\$360,00
1	Módulo GPS U-blox Neo-6M	R\$125,00	R\$125,00
1	Bateria 9V	R\$32,00	R\$32,00
1	Servo motor 9g	R\$15,00	R\$15,00
1	Sensor BMP280	R\$20,00	R\$20,00
2	Sensor de luz BH1750FVI	R\$21,00	R\$42,00
1	ESP32 com LoRa e GPS	R\$400,00	R\$400,00
1	Bateria 18650	R\$77,00	R\$77,00
		TOTAL	R\$1.131,00

**Tabela 2: Equipamento para o estrutura**

Qnt	Descrição	Unitário	Total
1	1kg Filamento PLA	R\$125,00	R\$125,00
10	Barras roscadas	R\$36,00	R\$36,00
X	Parafusos, porcas, etc.	R\$20,00	R\$20,00
		TOTAL	R\$181,00

**Tabela 3: Equipamento para estação em terra**

Qnt	Descrição	Unitário	Total
1	Xbee Pro S2C	R\$360,00	R\$360,00
1	Adaptador XBee USB Explorer	R\$57,00	R\$57,00
1	Módulo ESP32 + LoRa + Oled	R\$250,00	R\$250,00
		TOTAL	R\$667,00

para o hardware embarcado (Tabela 1), R\$181,00 para a montagem da estrutura (Tabela 2) e R\$667 para a estação em terra (Tabela 3). Os valores apresentados estão arredondados para o inteiro mais próximo e foram extraídos dos sites em que foram adquiridos os itens e não contam com o valor do frete, nesse tempo o valor pode ter sofrido alguma alteração.

O hardware embarcado ultrapassou o limite de R\$775,00 devido a aquisição dos dispositivos eletrônicos necessários para duas soluções diferentes para o cansat, uma contemplando Arduino e comunicação via XBee, e outra utilizando uma plataforma de desenvolvimento baseada em ESP32 com comunicação LoRa, sendo possível assim, utilização de dois protocolos de comunicação. A solução baseada em Arduino com comunicação XBee totaliza R\$654,00, já a solução baseada em ESP32 com comunicação LoRa totaliza R\$554,00. Os equipamentos para estação em terra também precisam ser alterados, dependendo da solução adotada, sendo R\$417,00 para a solução baseada em Arduino e XBee, e R\$250,00 para a solução baseada em ESP32 e LoRa.

Na definição da estrutura, inicialmente, era previsto o uso de fibra G10, mas devido à dificuldade em encontrar e manusear esse tipo de material, optou-se pelo uso de material plástico impresso tridimensionalmente. Como o picossatélite não entrará em órbita, não sofrerá variações bruscas de temperatura como comumente acontece com satélites em órbita. O orçamento da estrutura também

está elevado pois foi adquirido material para produção de várias estruturas.

Assim, por serem adotadas duas soluções, o custo total (R\$1.979,00) é reduzido, dependendo da solução adotada. A solução baseada em Arduino e XBee custa ao total R\$1.252,00, já a solução baseada em ESP32 e LoRa custa R\$985,00. Assim, ambas atendem à premissa “a” estabelecida, custar menos de R\$2.000,00.

Para a premissa “b”, permitir troca de placas do sistema embarcado, por poder adotar duas diferentes soluções e ambas baseadas em produtos e dispositivos eletrônicos disponíveis no mercado nacional, pode-se entender que a premissa também é atendida. A premissa “c” (comunicar com um sistema em terra) é atendida por ambas soluções, pois as duas possuem um sistema em terra para comunicação, apenas utilizam protocolos diferentes. Já a premissa “d” (permitir reprogramação) é atendida pelas soluções escolhidas, tanto o Arduino quanto o módulo ESP32 são reprogramáveis.

#### 4 DESENVOLVIMENTO

Após a aquisição do material, seguindo a etapa “ii” da metodologia, modelagem tridimensional do cansat, foram feitos diversos modelos e organização para a acomodação e ligação dos dispositivos. Dentre esses modelos, foi selecionado um para ser desenvolvido, conforme apresentado na Figura 1. Devido às restrições de acesso para impressão 3D, antes da impressão tridimensional do modelo, foi feito um protótipo utilizando material EPS para validar o conceito.

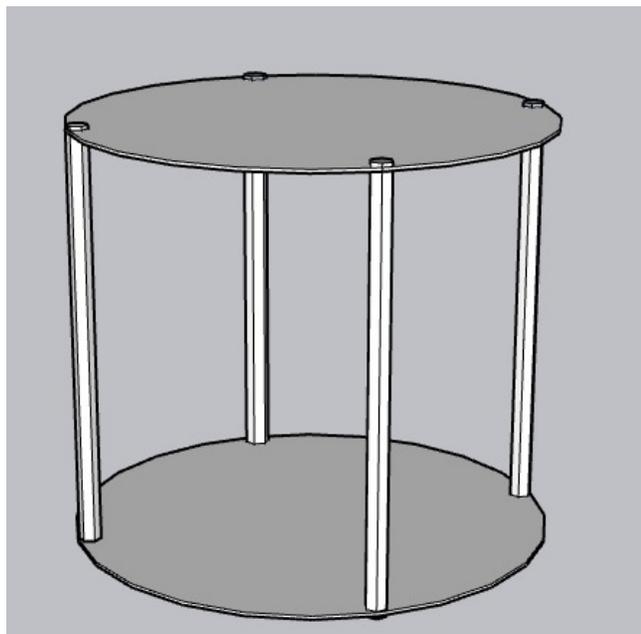


Figura 1: Protótipo da estrutura do cansat desenvolvido.

O centro da estrutura apresentada no protótipo pode ser adaptada para uso com qualquer uma das soluções apresentadas, (1) baseada em Arduino com comunicação XBee, e (2) solução baseada em ESP32 com comunicação LoRa.

Com a estrutura física definida, iniciou-se o desenvolvimento dos sistemas do cansat. Primeiro foi efetuado o projeto de comunicação,

XBee e LoRa. Após isso, foram inseridos os sensores BH1750FVI (luz), BMP280 (pressão e temperatura), e GPS (posicionamento global) para envio dos dados para o sistema em terra.

O sensor de luz BH1750FVI foi escolhido por ser o único que havia disponível na época de aquisição dos equipamentos. É um sensor que é capaz de aferir a quantidade de luz que está incidindo no sensor. Esse tipo de sensor é útil para contagem dos relâmpagos, uma vez que relâmpagos alteram a quantidade de luz no ambiente. Assim, ao perceber a variação positiva na luminância do ambiente, é realizada a contagem de um relâmpago.

O sensor BMP280 foi selecionado por ser barato, fácil de ser encontrado em lojas que trabalham com equipamentos para robótica e Arduino, e também atender a demanda para aquisição de dados atmosféricos como pressão e temperatura. Com base nos dados de pressão atmosférica é possível determinar qual a altitude em que se encontra o cansat, informação importante para determinar também quando ocorrerá a abertura do paraquedas do cansat. Já a temperatura é uma variável importante para avaliar se, durante um relâmpago, a temperatura ambiente se eleva. Essa é uma hipótese válida pois quando um avião viaja entre nuvens carregadas eletricamente, ou passa próximo de um raio ou relâmpago, é comum a queima de equipamentos e também o derretimento de itens como chocolate, por exemplo.

Já o sensor GPS será utilizado para identificar a hora de ocorrência do relâmpago, a altitude e a posição em que o cansat está. Informações importantes para tentar determinar também qual o índice de ocorrências de relâmpagos em determinada região. Foi utilizado o módulo GPS U-blox Neo-6M-V2 por ser barato, fácil de ser encontrado em lojas de equipamentos para robótica e Arduino, ter bastante suporte na internet para eventuais problemas e, principalmente, por ser o mesmo módulo GPS integrado que a solução com o ESP32 possui.

Assim, baseado nesses sensores, foi iniciada a programação individual de cada sensor em cada uma das soluções, para avaliar seu funcionamento e posteriormente foi feita a integração de todos os módulos com o Arduino, conforme apresentado na Figura 2.

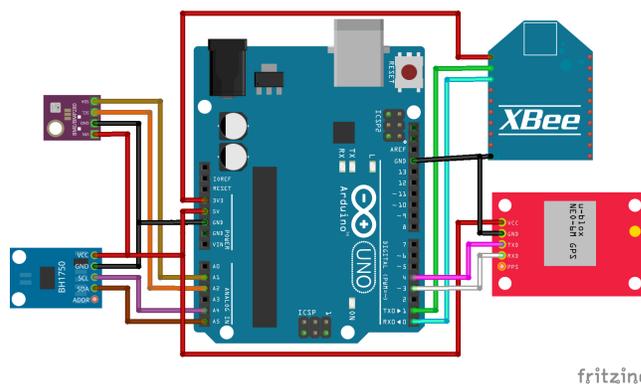


Figura 2: Integração dos sensores e módulos na solução baseada em Arduino e XBee

O sistema em terra para aquisição dos dados provenientes da solução Arduino e XBee faz uso apenas do adaptador XBee USB Explorer conectado diretamente na porta USB do computador. Já a

alimentação é dada por uma bateria 9V diretamente nos pinos de alimentação do Arduino.

Já a solução baseada em ESP32 e LoRa faz uso de uma plataforma que já possui o microprocessador ESP32 integrado com o módulo de comunicação LoRa e o módulo GPS Neo-6M-V2. Assim, a integração necessária foi apenas dos sensores BMP280 e BH1750FVI. A Figura 3 apresenta a ligação física dos componentes da solução. Na Figura 3, o nome do sensor BH1750FVI está como GY-302 pois esta é a nomenclatura utilizada pelo fabricante deste módulo apresentado na imagem, além disso, não está sendo apresentado o circuito desenhado por não encontrar a placa com ESP32 + LoRa + GPS (TTGO T-Beam) modelada, utilizando assim, imagens dos sensores.

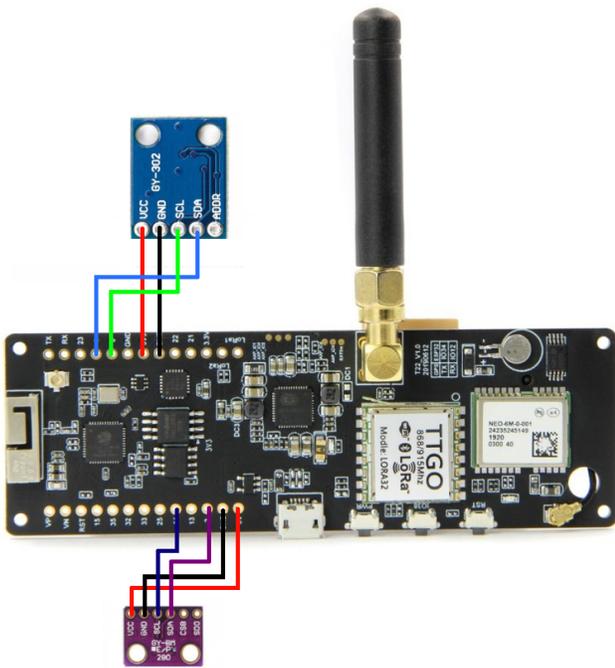


Figura 3: Integração dos sensores e módulos na solução baseada em ESP32 e LoRa

Já o sistema em terra para a solução ESP32 e LoRa fez uso apenas de um dispositivo com microprocessador ESP32, LoRa e um *display* OLED conectada via USB em um notebook. No *display* são apresentadas as informações recebidas e, estas, também são enviadas para que o notebook possa armazenar as informações.

## 5 TESTES

Os testes foram executados apenas em bancada, sendo testados os módulos independentes em cada uma das soluções. A ordem dos testes em ambas soluções seguiu as mesmas etapas: (i) teste de comunicação em bancada; (ii) teste de comunicação com distância entre dispositivos de cerca de 50 metros; (iii) teste de comunicação com distância entre dispositivos de cerca de 100 metros; (iv) teste do sensor BMP280 variando temperatura da sala; (v) teste do sensor BMP280 sendo levantado (alterando a pressão atmosférica); (vi)

teste do sensor de luminância BH1750FVI variando a iluminação da sala.

As etapas de testes foram previstas para avaliar se a programação e a ligação dos dispositivos estava funcionando para, posteriormente, embarcar na estrutura do cansat. Ambas soluções passaram nos testes acima listados. Os próximos testes seriam o lançamento do CapSat em um foguete de baixa altitude - inferior a 500 m - e o uso do CapSat em sala de aula. Porém, devido às restrições de isolamento impostas para combater a pandemia de Covid-19, não foi possível a realização desses testes, ficando como proposta de trabalho futuro.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresentou o desenvolvimento de um picossatélite do tipo cansat, com dimensões de 66 mm de diâmetro e 120 mm de altura, nomeado CapSat. Para isso, foram feitas duas propostas utilizando duas arquiteturas diferentes, uma baseada em microcontrolador Arduino com comunicação XBee e outra baseada no microprocessador ESP32 e comunicação LoRa.

A proposta desse cansat desenvolvido é a contagem de relâmpagos que acontecem enquanto o dispositivo está em voo. Em voo entende-se desde o momento em que o CapSat se desacopla do foguete lançador, até o momento em que ele pousa em terra. Para isso, além do sistema já descrito, ele contou com sensor de pressão e temperatura, e também sensor de luminância.

Como trabalho futuro para esse trabalho se tem a integração das duas soluções com a estrutura física projetada, avaliação dos dois diferentes protocolos de comunicação definidos e também o lançamento em foguete de baixa altitude, além de integração com placas fotovoltaicas. A previsão é que estes lançamentos ocorram em foguetes de baixa altitude, o que não será necessário solicitar autorização para lançamento, ou NOTAN.

No entanto, o projeto foi desenvolvido conforme havia sido planejado e atendeu às restrições orçamentárias propostas e também às premissas de permitir a comunicação com um sistema em terra, possibilitar troca e reprogramação dos sistemas.

## ACKNOWLEDGMENTS

Projeto financiado pelo EDITAL 23/2019/PROPI/DAE/IFSC.

## REFERÊNCIAS

- [1] Redação Galileu. Missão espacial chinesa divulga fotos incríveis do lado oculto da lua, 2020. URL <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2020/01/missao-espacial-chinesa-divulga-fotos-incriveis-do-lado-oculto-da-lua.html>.
- [2] Redação Galileu. Sonda insight chega a marte e envia primeira imagem à nasa, 2018. URL <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2018/11/sonda-insight-chega-marte-e-envia-primeira-imagem-nasa.html>.
- [3] Redação Galileu. SpaceX anuncia parceria para enviar turistas ao espaço até 2022, 2020. URL <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espaco/noticia/2020/02/spacex-anuncia-parceria-para-enviar-turistas-ao-espaco-ate-2022.html>.
- [4] Teresa Gallot Florenzano. *Os Satélites e suas aplicações*. SindCT., 1 edition, 2008. ISBN 978-85-62042-00-3.
- [5] G1. China coloca em órbita o primeiro satélite com tecnologia 6g do mundo, 2020. URL <https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2020/11/10/china-coloca-em-orbita-o-primeiro-satelite-com-tecnologia-6g-do-mundo.ghtml>.
- [6] S. Antunes. *DIY Satellite Platforms*. O'Reilly and Associate Series. O'Reilly, 2012. ISBN 9781449310608.
- [7] Rob O'Sullivan. *CanSat Kit – User's Manual - Irish & European CanSat Competitions*. Ireland ESERO, Dezembro 2018. <https://esero.ie/wp-content/uploads/2018/12/CanSat-UserManual-2019.pdf>.