

Cubesat da equipe TwoKósmos

Desenvolvimento de Cubesat para criação de GPS brasileiro

Kislan de Lima Souza
Gabriel Gonçalves Moreira
Letícia Cerbaro Barbosa
Arthur Alves Tavares
Credson Isaac Lopes dos Santos
2025

Resumo

Este projeto propõe o desenvolvimento de um sistema nacional de georreferenciamento por meio de uma constelação de CubeSats, com o objetivo de reduzir a dependência do Brasil de tecnologias estrangeiras, especialmente em serviços estratégicos como o GPS. A iniciativa visa criar um "GPS brasileiro" acessível, eficiente e soberano, utilizando satélites em órbita heliossíncrona a 600 km de altitude, equipados com sensores embarcados, módulos de posicionamento ESP32, relógios OCXO (com viabilidade futura para relógios atômicos CSAC), comunicação via LoRaWAN baseado em protocolo 6LoWPAN. O sistema operará com uma lógica de rede hierárquica baseada em Cluster Tree, com reconfiguração dinâmica e estratégias de hibernação e descarte seguro por drag sail, promovendo sustentabilidade orbital. A constelação deverá conter de 24 a 48 CubeSats para garantir cobertura total do território nacional. A equipe do IFRN – Campus Parnamirim – é composta por quatro estudantes e orientada por um professor-tutor, combinando conhecimentos em informática, eletrônica, escrita científica e simulação 3D. O projeto enfatiza a viabilidade técnica, eficiência energética, resiliência do sistema e independência tecnológica, representando um passo estratégico para a soberania e inovação espacial do Brasil.

1. Declaração de problema da missão

Uma das principais problemáticas enfrentadas pelo Brasil na atualidade é a dependência de tecnologias estrangeiras, algo que, no passado, parecia inofensivo, mas que hoje representa uma vulnerabilidade crítica. Com a crescente integração da tecnologia às atividades internacionais e sociais, essa dependência leva o Brasil a ficar em posição de refém, estando frágeis frente a tensões geopolíticas e guerras comerciais iminentes. Um exemplo claro é o uso de serviços de internet via satélite, como o Starlink — controlado por uma empresa norte-americana — que é capaz de expor desde informações sensíveis, como a localização de tropas e bases militares, a possíveis observações externas.¹

Um caso ainda mais emblemático é a dependência brasileira do sistema de posicionamento global (GPS), operado pelos Estados Unidos. Esse sistema é fundamental para setores como a agricultura de precisão, transporte e logística, aviação e operações militares. No entanto, em um contexto de conflito internacional ou por decisões políticas unilaterais, o acesso ao GPS pode ser restringido, colocando em risco tanto a segurança quanto o funcionamento da economia nacional.

A única iniciativa nacional que se aproxima da existência de um “GPS Brasileiro” é o projeto “GeoLocal”, que opera como um “GPS invertido”, possuindo quatro bases fixas ao solo, uma repetidora no espaço e um alvo móvel no chão. Apesar de inovador, seus testes demonstraram limitações significativas do sistema, como: baixa precisão na localização, alta dependência de infraestrutura terrestre, necessidade de comunicação ativa constante e ausência de localização em tempo real diretamente ao usuário. Essas características elevam os custos de energia operacionais e energéticos, tornando-o pouco escalável e menos eficaz em comparação ao GPS tradicional que, apesar de tecnicamente mais caro, oferece mais precisão, autonomia, escalabilidade e suporte direto à navegação em tempo real.²³

Diante disso, torna-se evidente a necessidade de uma solução nacional acessível, eficiente e soberana, capaz de suprir as demandas de posicionamento do Brasil sem depender de sistemas externos. O desenvolvimento de um sistema brasileiro de navegação por satélite representa, portanto, um passo decisivo rumo à

autonomia tecnológica, à segurança estratégica e ao fortalecimento da soberania nacional.

2. Objetivos da missão e identificação do mérito científico

Visto essa crescente necessidade por independência tecnológica e segurança estratégica, o grupo TwoKósmos propõe o desenvolvimento de um sistema nacional de posicionamento baseado em CubeSats — pequenos satélites usado principalmente para comunicação, monitoramento ambiental e coleta de dados. A proposta visa criar um “GPS brasileiro” eficiente e acessível, capaz de atender às demandas do território nacional sem depender de tecnologias estrangeiras.

O conceito tem respaldo técnico-científico sólido, com base em casos como o da constelação Xona PULSAR™, que demonstra que satélites em órbita baixa (LEO) não apenas complementam os sistemas GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) tradicionais, como também os superam em diversos aspectos, oferecendo maior intensidade dos sinais, melhor imunidade a interferências, posicionamento mais preciso e rápida convergência de algoritmos como o PPP (Precise Point Positioning), o que reforça a viabilidade do uso de CubeSats em um sistema nacional de navegação por satélite.⁴

Entretanto, o grupo reconhece que, para garantir o funcionamento contínuo, precisão e cobertura eficaz, é necessária uma constelação de satélites. Satélites em órbita baixa têm cobertura limitada e movimentam-se rapidamente sobre a Terra. Dessa forma, para que um receptor de GPS consiga determinar sua posição com precisão, ele precisa receber sinais de pelo menos quatro satélites ao mesmo tempo: três para calcular sua localização no espaço (latitude, longitude e altitude) e um quarto para corrigir o relógio interno do dispositivo. Como satélites em LEO têm um campo de visão restrito e se movem rapidamente, apenas uma rede com vários satélites — uma constelação — consegue garantir que sempre haja satélites suficientes visíveis em qualquer região. Assim, uma rede coordenada de CubeSats se faz indispensável para assegurar cobertura permanente, garantir redundância operacional em caso de falhas, melhorar a atualização dos dados de navegação e manter a robustez do sistema, como evidenciado pela constelação Xona PULSAR™, que atingiu precisão de até 11 cm e sinais 170 vezes mais intensos que os dos sistemas tradicionais, evidenciando o potencial da aplicação ⁴.

Com a execução desta missão, será possível estabelecer os fundamentos de um GPS nacional eficiente, escalável e de baixo custo, promovendo um salto qualitativo na autonomia tecnológica brasileira. Ademais, a fim de fortalecer a infraestrutura estratégica do país, o projeto abre caminho para novas iniciativas científicas e comerciais no setor aeroespacial, consolidando o Brasil como um ator mais independente e competitivo no cenário internacional.

3. Funções e responsabilidades da equipe

A equipe TwoKósmos é formada por 4 estudantes do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Parnamirim, todos estão realizando o técnico integrado em Informática e se encontram no terceiro ano do ensino médio.

- Aluno 01:

O integrante Kislân de Lima Souza é estudante do curso técnico integrado em Informática no IFRN – Campus Parnamirim e atua como bolsista no Centro Vocacional Tecnológico Espacial (CVT-E). Possui conhecimentos nas áreas de informática, astronomia e modelagem 3d. Será responsável pela modelagem tridimensional do CubeSat e pela realização de simulações gráficas. Sua atuação será essencial para a visualização realista e técnica do satélite, contribuindo diretamente para o planejamento estrutural e espacial do projeto.

- Aluno 02:

O integrante Gabriel Gonçalves Moreira é estudante do curso técnico integrado em Informática no IFRN – Campus Parnamirim e atua como bolsista no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont (ISD). Possui conhecimentos nas áreas de informática e escrita científica. Sua principal contribuição para a equipe será a elaboração dos relatórios correspondentes a cada fase da olimpíada, assegurando a clareza, organização e qualidade técnica dos documentos produzidos.

- Aluno 03:

A integrante Letícia Cerbaro Barbosa é estudante do curso técnico integrado em Informática no IFRN – Campus Parnamirim e atua como voluntária no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont (ISD). Possui conhecimentos nas áreas de informática e eletrônica. Atuará no desenvolvimento e na construção do circuito

eletrônico do CubeSat, sendo responsável por toda a parte de eletrônica do projeto. Sua contribuição é fundamental para garantir o funcionamento adequado dos sistemas embarcados.

- Aluno 04:

O integrante Arthur Alves Tavares é estudante do curso técnico integrado em Informática no IFRN – Campus Parnamirim e atua como bolsista no Instituto de Ensino e Pesquisa Alberto Santos Dumont (ISD). Será o responsável pelo desenvolvimento do software de controle do módulo de georreferenciamento global, bem como pela execução dos cálculos necessários para o posicionamento e funcionamento do sistema. Sua atuação alia precisão matemática e programação, componentes essenciais para a eficácia da missão.

- Tutor:

O tutor da equipe é o professor Credson Isaac Lopes dos Santos, graduado em Tecnologia em Redes de Computadores e com mestrado em Ciência da Computação. Atualmente, atua como docente no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) e exerce a função de coordenador do projeto CVT-E.

4. Materiais e métodos

O projeto propõe a criação de um sistema nacional de georreferenciamento baseado em uma constelação de CubeSats operando em órbita heliossíncrona — uma órbita sincronizada com o sol, usada principalmente em satélites com objetivo de monitorar a terra devido à sua consistência temporal, versatilidade e acesso global [5](#) [6](#) —, como no satélite de sensoriamento remoto CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) que tem o papel de gerar dados para monitorar o meio ambiente. O satélite contará com uma altitude média de 600 km e inclinação de 97° a 98°. A escolha dessa órbita garante estabilidade, previsibilidade e boa cobertura geográfica sobre o território brasileiro com iluminação solar constante [6](#).

Cada CubeSat estará equipado com sensores como o BM280 (pressão, temperatura e altitude), MPU9250 (acelerômetro, giroscópio e magnetômetro), painéis solares para carregar as baterias, além de um módulo ESP32 responsável pela lógica de posicionamento. Esses parâmetros são importantes para que seja possível determinar a posição do satélite, o estado de seus componentes,

velocidade e órbita — fatores essenciais para determinar o estado do satélite e realizar a triangulação para o sistema de localização.

Além disso, outro componente essencial é o relógio, pois a posição é calculada a partir dos dados de tempo em que o sinal é enviado e recebido pelo satélite. Entretanto, um relógio comum não é o suficiente, devido ele não ser preciso para os cálculos seu uso poderia ocasionar em um resultado equivocado. Por isso, o ideal seria utilizar relógios atômicos, reconhecidos por sua grande precisão na medição de tempo e sincronização em sistemas de navegação modernos. Um relógio atômico é, a princípio, composto por um mecanismo que oscila e outro que conta tais oscilações. Como os átomos absorvem e emitem luz em determinadas frequências, eles produzem um padrão de oscilação mais estável que qualquer mecanismo feito por seres humanos — isto reduz o risco de dessincronização que um relógio comum possui, que pode causar erros na medição temporal ⁷⁸. O relógio atômico ideal seria o Chip-Scale Atomic Clock (CSAC), por oferecer uma ampla faixa de temperaturas de operação, aquecimento/travamento atômico rápidos e estabilidade de frequência superior em ambientes extremos — adequado para sistemas militares e industriais que exigem altíssima precisão e baixo consumo de energia ⁹.

Entretanto, esse modelo possui um preço elevado de aproximadamente US\$ 3.000 a US\$ 10.000, visto isso, um modelo mais acessível seria o Oven-Controlled Crystal Oscillator que custa em torno de US\$ 70 e tem uma estabilidade de 10^{-8} a 10^{-9} por variação de temperatura, no entanto, deve-se destacar que esse modelo não é atômico, mas sim, baseado na oscilação do quartzo, que mesmo que não seja tão preciso quanto o atômico, é extremamente mais preciso que um relógio comum. Logo, é a opção com mais custo benefício para o projeto.

A metodologia adotada será baseada no protocolo Cluster Tree, observável no **Apêndice A**, em que há um nó coordenador e nós de roteamento intermediário (sub-coordenadores), podendo cada nó Full Function Device (FFD) comunicar-se com aglomerados de nós de função reduzida, Reduced Function Devices (RFD), e formar conjuntos conhecidos como cluster, em que, de maneira hierárquica, um nó coordenador assume a posição de raiz desta árvore ¹⁰.

A comunicação entre os CubeSats e os nós terrestres será baseada em LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), um protocolo de comunicação sem fio e de longo alcance e baixo consumo energético — ideal para redes de sensores

distribuídos. O controle da rede será gerenciado por meio de sinais ADV (Advertisement), que são pacotes enviados pelos coordenadores para anunciar sua presença e organização da rede, e ACK (Acknowledgment), que são mensagens de confirmação de recebimento enviadas pelos nós após a recepção bem-sucedida de dados.

O desenvolvimento do sistema de georreferenciamento por CubeSats envolve uma série de requisitos técnicos e restrições operacionais que orientam suas escolhas de projeto. Em primeiro lugar, há limitações orçamentárias que restringem o uso de componentes de alto custo, como os relógios atômicos CSAC, cuja elevada precisão seria ideal para a sincronização temporal, mas cujo preço inviabiliza sua adoção em larga escala. Diante disso, opta-se por osciladores de cristal controlados por forno (OCXO), que, apesar de menos precisos, oferecem uma relação mais equilibrada entre desempenho e viabilidade econômica.

Do ponto de vista da comunicação, o sistema será derivado do protocolo LoRaWAN, cuja compatibilidade com a topologia Cluster Tree permite estabelecer uma rede hierárquica eficiente, com baixo consumo energético e maior resistência a interferências. Será empregado o transceptor LoRa SX127x, capaz de operar com alta sensibilidade e atingir picos de até 140 mA durante a transmissão, o que exige atenção ao dimensionamento energético do satélite. Para otimizar o tráfego de dados em um ambiente com severas restrições de largura de banda, o protocolo 6LoWPAN será adotado, permitindo a compressão e fragmentação de pacotes IPv6, o que viabiliza a comunicação eficiente em redes de baixa taxa de transmissão. Finalmente, para garantir a qualidade da geolocalização oferecida, o sistema deverá apresentar alta disponibilidade e precisão de posicionamento, sendo os resultados avaliados por meio do coeficiente PDOP (Position Dilution of Precision), que estima a acurácia com base na geometria relativa dos satélites em relação ao receptor.

Por fim, para alimentar todo o sistema do satélite, será utilizado um arranjo de baterias de íon-lítio composto por duas células Panasonic NCR18650B conectadas em paralelo (configuração 1S2P). Cada célula possui 3,7 V e 3400 mAh, resultando em um pack de 3,7 V e 6800mAh, com energia total de 25,16 Wh. Esse modelo é amplamente utilizado em aplicações aeroespaciais devido à sua alta densidade energética (≈ 243 Wh/kg), boa estabilidade térmica e confiabilidade comprovada. Essa configuração foi escolhida por fornecer tensão constante de 3,7 V, maior

capacidade de carga (6800 mAh) e exigir menor complexidade no gerenciamento, ideal para CubeSats de baixa potência que priorizam autonomia e segurança.

Com essa configuração, estima-se que o sistema consuma em média 400 a 600 mA sob carga plena, permitindo uma autonomia de 11 a 17 horas com a bateria de 6800 mAh. Esse desempenho é adequado para missões com duty cycles inteligentes, que gerenciam estrategicamente o tempo de funcionamento dos subsistemas do satélite para economizar energia e otimizar seu desempenho. Os CubeSats operarão em órbita heliossíncrona a 600 km, com ciclos regulares de iluminação de 58 minutos de sol e 35 minutos de sombra, favorecendo uma geração energética previsível. Os painéis solares, compostos por células GaAs com 29,5% de eficiência, geram até 8,4 W brutos e cerca de 6,7 W líquidos, garantindo recarga completa em aproximadamente 3,75 horas de exposição solar, ou quatro órbitas iluminadas. A estratégia de hibernação parcial acelera a recarga, mantendo apenas os subsistemas essenciais ativos, assegurando a autossustentação energética do CubeSat. No entanto, é necessária validação em órbita para ajustes finos que garantam confiabilidade e longevidade do sistema.

5. Detalhes operacionais

O sistema será baseado em uma constelação de CubeSats em órbita heliossíncrona, de 500 a 800 km de altitude, permitindo que cada satélite cubra aproximadamente 3,5 milhões de km² por passagem, com um raio de visada de cerca de 1.050 km no solo. Para assegurar geolocalização com precisão em todo o território nacional — que possui uma extensão de mais de 8,5 milhões de km² — é necessário que cada ponto do território tenha visibilidade simultânea de ao menos quatro satélites sobre qualquer ponto do Brasil. Essa exigência operacional fundamenta a necessidade de uma constelação composta por 24 a 48 CubeSats, distribuídos entre 3 a 4 planos orbitais, com 8 a 12 satélites por plano, o que assegura cobertura contínua e confiável. No entanto, a ausência inicial de todos os satélites planejados não inviabiliza o projeto. A missão pode ser iniciada em escala reduzida ou com o uso de balões estratosféricos, que permitem simular o ambiente de operação e testar subsistemas como telemetria, comunicação LoRa, posicionamento e sincronização temporal. Essa abordagem também possibilita

validar a estrutura em rede e o desempenho dos sensores em condições reais de operação.

Dentro dessa estrutura, os CubeSats assumem funções específicas e dinâmicas, reconfigurando-se conforme o estado funcional de cada unidade. O gerenciamento da constelação segue uma lógica hierárquica: cada cluster de satélites possui um nó coordenador, responsável pela organização da malha local, controle de tráfego de dados e sincronização temporal. O coordenador emite sinais periódicos (ADV) que estruturam a rede e validam a presença dos demais satélites operacionais por meio de pacotes de confirmação (ACK).

Em caráter preventivo, cada cluster mantém um vice-coordenador, previamente determinado por critérios de desempenho e disponibilidade energética. Quando o coordenador principal identifica degradação em seus sistemas — por monitoramento interno de sensores ou esgotamento da bateria — é iniciado o procedimento de transição de comando. Nesse processo, o vice-coordenador assume instantaneamente a liderança do cluster, assegurando continuidade operacional sem perda de desempenho. O satélite anterior, agora em condição degradada, passa a exercer função secundária, com menor demanda computacional e energética.

Além da troca de liderança, o sistema contempla o protocolo de descarte seguro, ativado quando um CubeSat atinge condição de falência funcional iminente — seja por degradação de energia, falha irreversível de comunicação ou erro crítico persistente — resulta em um protocolo de auto descarte. Nesta ocasião, será utilizado um drag sail (vela de arrasto), um dispositivo com uma membrana leve que se desdobra para aumentar significativamente a área exposta, intensificando o atrito com as partículas da atmosfera em órbita terrestre baixa, reduzindo gradualmente a velocidade e altitude orbital até que o CubeSat reentre na atmosfera abaixo de aproximadamente 200 km, eliminando-se completamente e evitando a formação de detritos espaciais. Missões anteriores, como o CanX-7 (3U, Universidade de Toronto), implantaram quatro velas de $\sim 1 \text{ m}^2$ em 2017 e alcançaram reentrada natural em cerca de cinco anos — 178 anos antes do previsto — demonstrando eficácia e conformidade com as normas internacionais [11](#) [12](#). Outro exemplo é o InflateSail (3U, Universidade de Surrey), que com uma vela de $\sim 10 \text{ m}^2$ acelerou a reentrada em apenas ~ 72 dias [13](#). Comparativamente, nosso sistema segue a mesma premissa: estrutura compacta que se expande ao final da missão, operação

completamente passiva, baixo custo e mecanismo simples, proporcionando uma desorbitação eficiente e sustentável para o CubeSat.

Outra funcionalidade automatizada diz respeito ao modo de repouso energético. Quando um cluster ultrapassa os limites do território nacional, os CubeSats ativam o estado de hibernação parcial, desativando temporariamente os sensores e os transmissores, mantendo apenas os módulos de controle de atitude e geração de energia em funcionamento. Isso permite o carregamento das baterias por meio dos painéis solares até que os satélites retornem à área de interesse geográfico.

Esses mecanismos operacionais — troca de liderança, descarte controlado e hibernação energética — são fundamentais para garantir o funcionamento robusto da constelação, aumentando sua autonomia e prolongando a vida útil dos CubeSats mesmo diante das limitações intrínsecas ao seu porte e ambiente orbital.

6. Requisitos e restrições do projeto

As condições ambientais de operação impõem desafios significativos. Os CubeSats estarão sujeitos a variações extremas de temperatura em órbita, exigindo o uso de componentes com alta tolerância térmica e estabilidade de frequência. Soma-se a isso a necessidade de otimizar o consumo energético, já que a alimentação depende exclusivamente da energia captada pelos painéis solares. Dessa forma, é imprescindível a implementação de mecanismos de economia de energia, como o modo de repouso automático quando o satélite estiver fora da zona de interesse geográfico.

A vida útil limitada dos CubeSats impõe requisitos adicionais quanto à continuidade do sistema. Para assegurar sua funcionalidade ao longo do tempo, devem ser adotadas estratégias de substituição autônoma de satélites coordenadores por vice-coordenadores previamente definidos, bem como mecanismos seguros de descarte orbital que evitem a geração de detritos espaciais.

A maior parte dos dispositivos micro SD de armazenamento não resiste ao ambiente espacial. Por isso, é essencial utilizar modelos industriais com maior tolerância a radiação, temperatura e ciclos de escrita, como o Swissbit Industrial microSD, que oferece capacidades de 4 a 32 GB, operação entre -40°C e $+85^{\circ}\text{C}$, suporte a correção de erros (ECC) e alta resistência a vibração e ciclos de

leitura/escrita. Esse modelo é ideal para aplicações aeroespaciais e compatível com microcontroladores como o ESP32 [14](#).

O sistema deve garantir auto sustentação energética para operação de longo prazo, considerando ciclos regulares de iluminação em órbita heliossíncrona, com 58 minutos de sol e 35 minutos de sombra. A recarga das baterias deve ser completa em aproximadamente 3,75 horas de exposição solar, equivalentes a quatro órbitas iluminadas. Devem ser implementadas estratégias de duty cycle e hibernação parcial, mantendo ativos apenas os subsistemas essenciais, a fim de assegurar eficiência no consumo de energia e continuidade operacional do CubeSat.

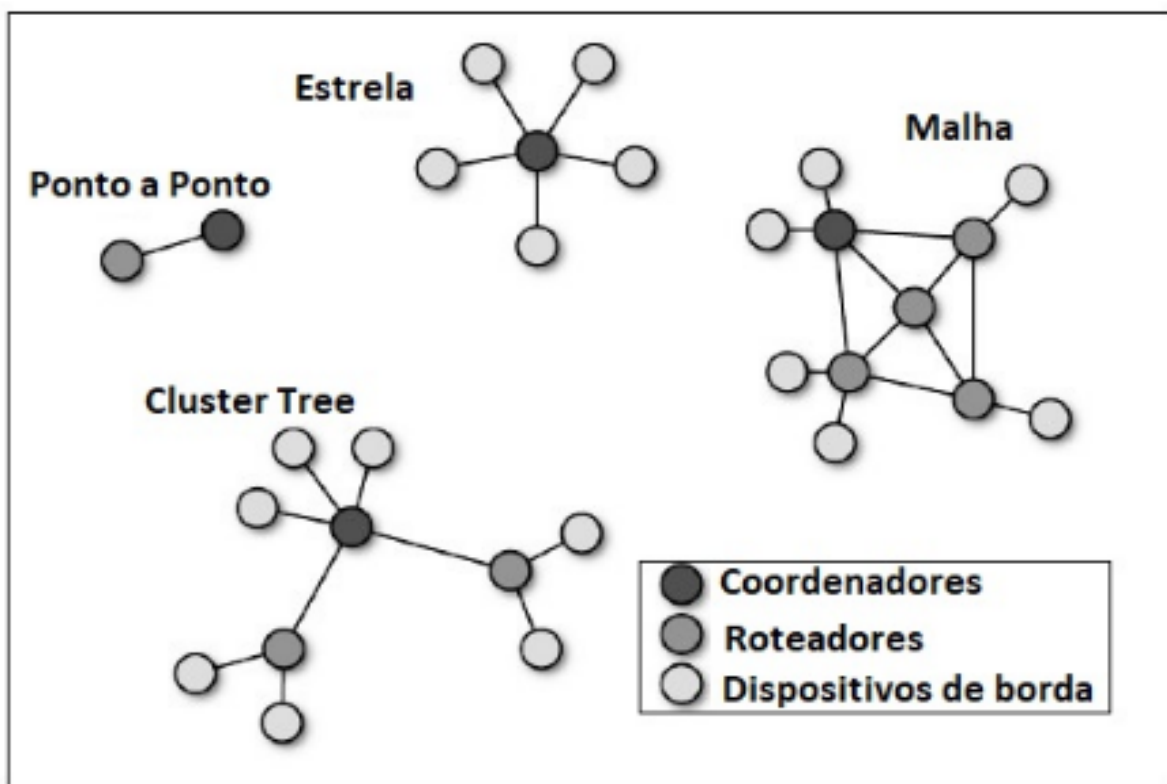
7. Cronograma preliminar de desenvolvimento e plano de trabalho

O cronograma da missão foi elaborado com base em critérios técnicos e logísticos, contemplando a disponibilidade de materiais, acesso ao equipamento e o tempo para a execução de cada etapa do projeto. Conforme detalhado no **Apêndice B**, a tabela cronológica organiza o desenvolvimento das fases compatíveis com o calendário da OBSAT, especificando datas, atividades, entregas parciais e responsabilidades referentes a cada membro da equipe, com o objetivo de garantir um fluxo de trabalho eficiente e coordenado.

A equipe, vinculada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), dispõe de facilidades institucionais que favorecem a execução do projeto em âmbitos como a obtenção de materiais para a produção do CubeSat, diminuindo o tempo necessário para a realização de algumas etapas e acesso a infraestrutura técnica. Entre os recursos disponíveis, destaca-se a impressora 3D, prototipadora de placas PCB e Controle Numérico Computadorizado (CNC), possibilitando maior agilidade nas etapas de fabricação e montagem do CubeSat.

O planejamento também leva em consideração o tempo de prototipação e programação, dimensionando com base nas competências técnicas atuais dos integrantes. Dessa forma, o cronograma foi estruturado de modo realista e adaptável, visando o cumprimento integral das metas propostas até o final do ano.

Apêndice A



Fonte: Adaptada (FALUDI, 2010).

Imagem de **SANTOS, C. I. L.** *Dependabilidade aplicada a protocolo hierárquico baseado no LEACH*. UFERSA, 2013. Dissertação de Mestrado.

Apêndice B

Cronograma Anual da Missão e Projeto de Trabalho			
Fases da OBSAT	Etapas	Responsabilidades	Datas
Fase 0	Estudos de conceitos e tecnologias e Formulação do Objetivo.	Toda a Equipe	24 de Fevereiro a 03 de Setembro de 2025
Fase 1	Produção e envio do relatório.	Toda a Equipe	

Fase 2	Verificação dos componentes inclusos e escolha dos componentes a serem implementados e/ou desenvolvido/Criação e desenvolvimento de pacote de dados georreferenciamento.	- Verificação dos componentes inclusos e escolha dos componentes a serem implementados e/ou desenvolvidos: Leticia Cerbaro e Kislân Souza. - Criação e desenvolvimento de pacote de dados de georreferenciamento: Arthur Tavares e Gabriel Gonçalves.	23 de Setembro a 04 de Outubro
	Desenvolvimento de placa de carga útil com relógio atômico e rádio transmissor Lora/Criação e desenvolvimento de pacote de dados de georreferenciamento.	- Desenvolvimento de placa de carga útil com relógio atômico e rádio transmissor Lora: Leticia Cerbaro. - Criação e desenvolvimento de pacote de dados de georreferenciamento: Arthur Tavares e Gabriel Gonçalves.	04 de Outubro a 18 de Outubro
	Montagem do CubeSat/ Modelagem e simulação tridimensional do CubeSat/Criação e desenvolvimento de pacote de dados GPS	- Montagem do CubeSat: Leticia Cerbaro e Kislân Souza. - Modelagem e simulação tridimensional do CubeSat: Kislân Souza. - Processo de aprendizagem da Inteligência Artificial: Arthur Tavares	18 de Outubro a 29 de Outubro
	Simulação de transmissão de pacotes de dados de georreferenciamento entre estação orbital e estação terrestre/Envio do projeto.	Toda a Equipe	29 de Outubro a 12 de Novembro
Fase 3	Lançamento - evento regional.	Toda a Equipe	Janeiro a Abril
	Produção de relatório atualizado com dados do lançamento regional	Toda a Equipe	
Fase 4	Adaptação do CubeSat	- Montagem do CubeSat: Leticia Cerbaro e Kislân Souza. - Telemetria: Arthur Tavares e Gabriel Gonçalves. - Testes de funcionamento:	30 de Abril a 26 de Agosto

		Toda a equipe.	
	Lançamento sub-orbital - evento nacional	Toda a Equipe	Entre Outubro e Novembro de 2026

Referências

1. NAKAGAWA, F. **Starlink é 16ª em internet no Brasil, mas líder em satélite e 1/3 dos clientes estão no norte**. Disponível em:
<<https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/fernando-nakagawa/economia/negocios/starlink-e-16a-em-internet-no-brasil-mas-lider-em-satelite-e-1-3-dos-clientes-estao-no-norte/>>.
2. MACHO, Eduardo Perez. **Implantação de um sistema brasileiro de georreferenciamento independente de outros sistemas de navegação por satélite**: o Geolocal. 2018. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Aplicações Geoespaciais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Aplicações Geoespaciais, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.
3. FRIOLANI, Leticia Gatti; PAMBOUKIAN, Sergio Vicente Denser. **Estudo da topologia do sistema Geolocal**: um sistema de navegação brasileiro independente de GNSS. [S.l.]: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2020. Disponível em:
https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/Public/1-mackenzie/universidade/lab-oratorios/labgeo/2020/Trabalhos/IC_-_ESTUDO_DA_TOPOLOGIA_DO_SISTEMA_GEOLOCAL_V10.pdf.
4. PISONI, Fabio et al. Combined Navigation and Tracking with Applications to Low Earth Orbit Satellites. **Eng. Proc.**, Basel, v. 88, n. 22, 28 mar. 2025. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/engproc2025088022>.
5. **AEROENGENHARIA**. *O que é órbita heliossíncrona?*. Disponível em:
<https://aeroengenharia.com/glossario/o-que-e-heliosynchronous-orbit/>.
6. SANCHEZ, Diogo Merguizo. **Dinâmica ressonante de alguns satélites artificiais terrestres no sistema Terra-Lua-Sol**. 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Física, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.
7. **NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – NIST**. *Como funcionam os relógios atômicos*. Disponível em:
https://www-nist-gov.translate.goog/atomic-clocks/how-do-atomic-clocks-work?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc.
8. LUTWAK, Robert. The Chip-Scale Atomic Clock – Recent Developments. In: JOINT MEETING OF THE IEEE INTERNATIONAL FREQUENCY CONTROL SYMPOSIUM AND THE EUROPEAN FREQUENCY AND TIME FORUM, 23., 2009, Besançon. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2009. p. 573-577.
9. **MICROCHIP**. CSAC SA65 – *Chip Scale Atomic Clock*. Disponível em:
<https://www.microchip.com/en-us/product/csac-sa65>.
10. SANTOS, Credson Isaac Lopes dos. **Dependabilidade Aplicada a Protocolo Hierárquico Baseado no LEACH**. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural do Semiárido, Natal, 2017.
11. **ORBITAL TRANSPORTS**. *The Science Behind Drag Sails: A Solution for Satellite Deorbiting*. Disponível em:
<https://www.orbitaltransports.com/the-science-behind-drag-sails-a-solution-for-satellite-deorbiting/>.
12. **EO PORTAL**. *CanX-7 Mission*. Disponível em:
<https://www.eoportal.org/satellite-missions/canx-7#CanX7.html.3>.

13. **EO PORTAL.** *InflateSail Mission*. Disponível em:
<https://www.eoportal.org/satellite-missions/inflatesail#boom-folding-method>.
14. **SWISSBIT.** *SFCA032GH2AD4TO-I-GS-246-STD – Compact Flash Card Industrial*.
Mouser Electronics. Disponível em:
<https://br.mouser.com/ProductDetail/Swissbit/SFCA032GH2AD4TO-I-GS-246-STD?qs=IKkN%2F947nfDjaGtDGuRhow%3D%3D>.