

CONSTRUÇÃO DE CANSAT COMO PROJETO MULTIDISCIPLINAR NA FORMAÇÃO SUPERIOR EM ENGENHARIAS

DEVELOPMENT OF CANSAT AS A MULTIDISCIPLINARY PROJECT IN HIGHER EDUCATION IN ENGINEERING

Romildo da Cruz Marques¹, Isabella Grinberg Francelino², Patrícia Oliveira Montanger³,
Matheus Chaves Amaro⁴, Ana Beatriz Gonzaga⁵, Taynara Simon⁶,
Abraão Jessé Capistrano de Souza⁷, Oswaldo Barbosa Loureda⁸

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v41p29-37.2022

RESUMO

Neste trabalho, o minissatélite de lata, o *CanSat*, é aplicado como ferramenta pedagógica para estudo dos fundamentos da Física e tecnologias. A estrutura completa, conexões elétricas e telemetria foi desenvolvida por grupos de estudantes de engenharias orientados dentro de um projeto de pesquisa institucional, sem utilização de pacotes fechados ou estruturas pré-moldadas, no sentido de trabalhar desafios na problematização e conceitos de autonomia de grupo.

Palavras-chave: *CanSat*; Sistemas embarcados; metodologia ativa.

ABSTRACT

In this work, the can-soda mini satellite, for short, *CanSat*, is worked as a pedagogical tool to the study of fundamentals of physics and technology. The whole physical structure of the device, the electrical connections and telemetry were developed by an engineering group of under graduation students as a part of institutional research project. No pre-cast structures were used for construction of the *CanSat* to deal with problematizations and related concepts of autonomy of the group.

Keywords: *CanSat*; transmission systems; active methodology.

INTRODUÇÃO

Recentemente, com a utilização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e de sistemas de telemetria e *drones* para atender as mais variadas funções, desde a inteligência militar ao usuário comum, a ciência aeroespacial tem

tomado cada vez mais parte da vida comum, e a necessidade da formação de profissionais nessa área tem aumentado substancialmente. Instituições estatais e privadas de vários setores cada vez mais utilizam essas tecnologias, em telecomunicações, processamento de imagens de sensoriamento remoto, monitoramento de

¹ Graduando em Engenharia Física na Universidade Federal da Integração Latino Americana; romildodcm@gmail.com

² Doutoranda em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica; isabella.grinberg@gmail.com

³ Graduanda em Engenharia Física na Universidade Federal da Integração Latino Americana; patricia.montanger@hotmail.com

⁴ Graduando em Engenharia química na Universidade Federal da Integração Latino Americana; mc.amaro.2016@aluno.unila.edu.br

⁵ Graduanda em Engenharia de materiais na Universidade Federal da Integração Latino Americana; ana.gonzaga@aluno.unila.edu.br

⁶ Graduação em andamento em Engenharia Mecânica na Faculdade Dinâmica das Cataratas; taynarasimonn@gmail.com

⁷ Professor Associado da Universidade Federal da Integração Latino Americana; capistrano@ufpr.br

⁸ Acrux Aerospace Technologies, <https://www.acruxtech.com.br/>; oswaldobl@acruxtech.com.br

propriedades, otimização da produção com automação e controle baseados em dados de localização entre outras aplicações, o que, notadamente, abre novas perspectivas de inserção profissional. Atualmente, instituições públicas e privadas do Brasil usam mais de 40 satélites geoestacionários, para telecomunicações, todos estrangeiros (PNAE, 2013). Para tanto, esses tipos de serviço dependem da atuação de profissionais de alta qualificação, por isso, faz-se mister a formação de grupos de pesquisa, sejam em universidades públicas e/ou instituições privadas, para o desenvolvimento de conhecimento técnico-científico e recursos humanos especializados.

A ampliação de atividades e suporte à ciência aeroespacial brasileira faz-se necessária, por ser uma área integradora multidisciplinar. O presente artigo visa a contribuir com o ensino na formação superior, por intermédio de uma metodologia ativa de projetos, tomando o *CanSat* como ferramenta pedagógica. O *CanSat* é um simulador de satélites com o tamanho de uma lata de refrigerante, sendo seu nome um acrônimo das palavras *Lata* e *Satélite* em inglês (*Can* e *Satellite*, respectivamente). Esse experimento tem, em tamanho miniaturizado, os mesmos sistemas básicos de satélites.

Na sequência deste estudo, iremos citar fundamentos da metodologia ativa, bem como detalhar a instrumentação básica usada, a montagem e o desenvolvimento do *software* de bordo. Após, apresentaremos os resultados obtidos. Finalmente, as conclusões e perspectivas serão apresentadas na seção de considerações finais.

METODOLOGIA ATIVA NA FORMAÇÃO E O CANSAT

A concepção de metodologia ativa advém do princípio geral de que a formação dos estudantes decorre de uma maneira mais eficiente quando eles assumem o protagonismo na relação ensino-aprendizagem, na busca de desafios e na proposição e resolução de problemas, enquanto o professor, com a sua experiência, apresenta-se como um provocador/mediador/facilitador nesse mesmo processo (ARAÚJO, 2016; FERRIÈRE, 1928).

Barnes (1989) sugere, por exemplo, os seguintes princípios norteadores: objetivos (relevância da proposta a ser discutida com os estudantes); reflexão (os estudantes devem ser estimulados a refletir sobre o processo); negociação (iteratividade dos estudantes em grupos e o(s) professor(es) na busca de soluções); criticismo (diferentes modos de pensar sobre as ações); complexidade (comparação das atividades de ensino aos desafios e demandas da realidade); situações-dirigidas (proposições formadas pelos professores); e comprometimento (engajamento dos estudantes e professores no processo). Esses temas norteadores permitem a proposição de inúmeras técnicas de ensino-aprendizagem, como a *Team-based learning* (MARQUES et al., 2018) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) (BORGES; ALENCAR, 2014). Assim, focamos inicialmente a construção de uma plataforma para trabalho de foguetes. As estratégias tomadas foram baseadas no *Team-based Learning*, no exercício de compartilhamento de experiências, *brainstorming* e na consolidação do conhecimento do grupo, dentro de uma concepção STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática). Usando o esquema de árvore-problema, buscamos definir um tema central do projeto (tronco), subtemas (raízes) e como atingir os objetivos (galhos e folhas). Isso propiciou a organização e a autonomia do grupo, o atendimento de demandas (prazos) e o alcance de objetivos, em acordo com a PBL.

Materiais e métodos

A produção do *CanSat* é uma das linhas trabalhadas em projeto de pesquisa institucional da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Em parceria com o Polo Astronômico Casimiro Montenegro Filho, da Fundação Parque Tecnológico Itaipu, em Foz do Iguaçu, no Estado do Paraná (PR), implementamos a primeira fase dessa linha. Diferentemente do que é feito comumente, visamos prioritariamente a realizar um trabalho sem estruturas ou mecanismos pré-moldados. Nas subseções a seguir, apresentaremos as

etapas trabalhadas para a construção do minissatélite de lata.

Cada etapa foi pensada em tópicos básicos no desenvolvimento, alocando estudantes em subgrupos de trabalho de conhecimento específico de cada área ou afinidade. A parte estrutural foi desenvolvida por estudantes da Engenharia de Materiais, e as seções subsequentes (conexões elétricas e desenvolvimento de sistema embarcado) foram realizadas por estudantes de Engenharias Física e Química, mediante orientações iniciais. Essa subdivisão foi motivada pela própria estrutura geral desse dispositivo e pela afinidade dos estudantes com determinadas áreas. O *CanSat* é composto basicamente de uma capa protetora (lata de refrigerante de 350ml), placa de circuitos, bateria e antena, para uma massa total na ordem aproximada de 350g.

Procuramos com tal prática contribuir para um trabalho de formação dos estudantes a partir da proposição de desafios-problematização, em uma perspectiva de desenvolvimento colaborativo sempre relacionando com os fundamentos físicos vistos nas disciplinas tradicionais dos cursos, tais como Mecânica e Eletromagnetismo; ou seja, a partir de um “fazer-consciente”, na tentativa de colaborar com a promoção da autonomia do estudante como futuro profissional de ciências e tecnologias. Essa prática coaduna com a ideia de emancipação do conhecimento e com o objetivo de promover ao estudante o exercício da problematização e do desenvolvimento de competências, habilidades e relações de grupo.

Estrutura do *CanSat*

Com a divisão em subgrupos, a equipe pôde potencializar tempo e esforços no desenvolvimento de cada item do projeto. A primeira escolha de material, proposta pelos docentes-orientadores, foi o alumínio como material estrutural de suporte aos elementos interiores do minissatélite, porque é leve (a densidade varia entre 2600 e 2800 kg/m³), barato e de fácil acessibilidade. Ademais, o alumínio possui uma força de rendimento relativamente alta (35-500 Mpa) em relação, por exemplo, ao aço comum, que tem uma força

de rendimento ligeiramente maior (280-600 Mpa) e maior densidade (7850 kg/m³), tornando-o indesejável do ponto de vista da massa total.

Escolhidos o alumínio, como material-base, e a lata de refrigerante, como a proteção externa, toda a estrutura (placa de circuitos, bateria e antena) deve ser possível de caber dentro da lata, o que limita as dimensões a um diâmetro máximo de 6.604 cm e uma altura de 10,3 cm. A massa, incluindo a dos componentes, é limitada por definição a 0,350 kg. Essas definições coadunam com aquelas requeridas em competições de *CanSat*.

As características do alumínio permitem que ele tenha uma diversa gama de aplicações. Por isso, foram feitas algumas análises a considerá-lo, como a baixa densidade, alta resistência à corrosão, facilidade de ser moldado, não-inflamabilidade e o fato de ser um elemento reciclável. No entanto, na parte interna seria necessária uma placa para acoplar os circuitos, a qual não poderia ser metálica para nossa configuração. Na Figura 1, mostramos a configuração do projeto em Desenho Assistido por Computador (CAD).

Figura 1 – Projeto em CAD para estrutura do *CanSat* feito no laboratório computação da Unila



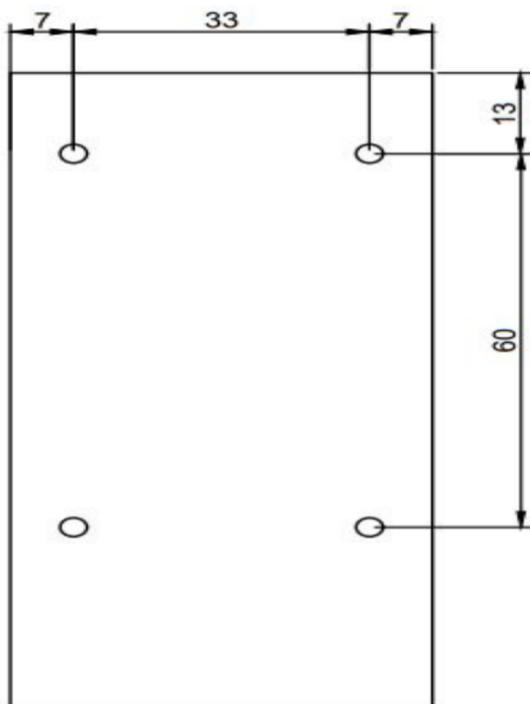
Fonte: elaborada pelos autores.

Heuristicamente, os estudantes suplantaram a indicação inicial sobre uma estrutura metálica e encontraram no acrílico um bom substituto ao alumínio, no sentido de evitar um possível curto-circuito. Feitas algumas comparações como a densidade do acrílico – por volta de 1.19 g/cm³, bem menor do que ao alumínio –, o seu uso se revelou ser importante.

Por exemplo, ajudou a diminuir o peso em geral do minissatélite, além de o acrílico possuir algumas características interessantes, tais como: durabilidade (mesmo exposto ao tempo e a intempéries), resistência (aproximadamente dez vezes mais resistente ao impacto do que o vidro) e leveza (47% mais leve do que o alumínio por unidade de área). Ainda, o acrílico possui maior maleabilidade; porém, menor rigidez em relação ao vidro e/ou ao alumínio, mas não apresenta tendência à fragmentação e, por ser um termoplástico, também é possível ser reciclado.

Após a escolha do material, fez-se o circuito impresso para furos de fixação da placa de fenolite (Figura 2) na estrutura para passagem de fios para o outro lado (bateria).

Figura 2 – Vista frontal da placa de fenolite com furos



* os valores estão da escala de milímetro.

Fonte: elaborada pelos autores.

É importante lembrar que a Figura 2 mostra uma pequena diferença nas posições de furos para parafuso entre a placa de fenolite e o projeto da estrutura. A placa fica com seu topo deslocado a 2mm do limite para posicionamento dentro da estrutura. Depois que se decidiu a posição dos furos na placa e a sua dimensão, foi possível posicioná-los na placa de acrílico para que não houvesse complicações

no encaixe. Uma vez sabendo as dimensões da placa de fenolite e que o bocal da lata de alumínio tem 5mm de diâmetro, pôde-se fazer o desenho em CAD para a estrutura de acrílico. O corte do acrílico foi feito com uma serra simples de arco ajustável. O uso de um outro tipo de serra, como a tico-tico, resultou em um corte muito brusco e na geração de superaquecimento no material, provocando seu derretimento. Devido à maleabilidade do acrílico, mesmo a uma velocidade de corte baixa, o procedimento foi rápido para ser executado. Para a base circular, por exemplo, foi usada uma serra-copo de 50mm de diâmetro. Os orifícios foram feitos com parafusadeira padrão, por ter uma velocidade de perfuração regulável, o que evitou trincas no material, com uma broca de 3mm, compatível com o diâmetro dos parafusos. Após o corte dos três componentes da estrutura, foi usada uma lixa de granulação 180, para um melhor acabamento e correção de qualquer irregularidade causada na realização do corte. A colagem dos componentes foi feita com clorofórmio. Uma pequena quantidade (uma ou duas gotas) foi colocada na superfície da parte que seria colada a outra, depois de alguns segundos o clorofórmio começava a reagir e a colagem pôde ser feita aplicando uma pequena força que pressionava as duas partes juntas. Depois de aproximadamente 20 segundos de pressão, o procedimento foi repetido com a terceira parte em uma capela, com uso de luvas e jaleco. O tempo de secagem foi de 24 horas para uma completa a solidificação.

Reiteramos que esse tipo de procedimento, assim como os demais a serem apresentados neste artigo, foi feito com a supervisão de professores e técnicos de laboratório da Universidade, para garantir a segurança de todos os envolvidos. Em nenhum momento os estudantes ficaram sem supervisão de profissionais especializados.

Conexões elétricas

Uma outra importante parte do projeto é a das conexões elétricas, que foi e deve ser cuidadosamente efetuada para a alimentação do dispositivo. Tendo sido preferida a utilização de um circuito impresso para a montagem, o

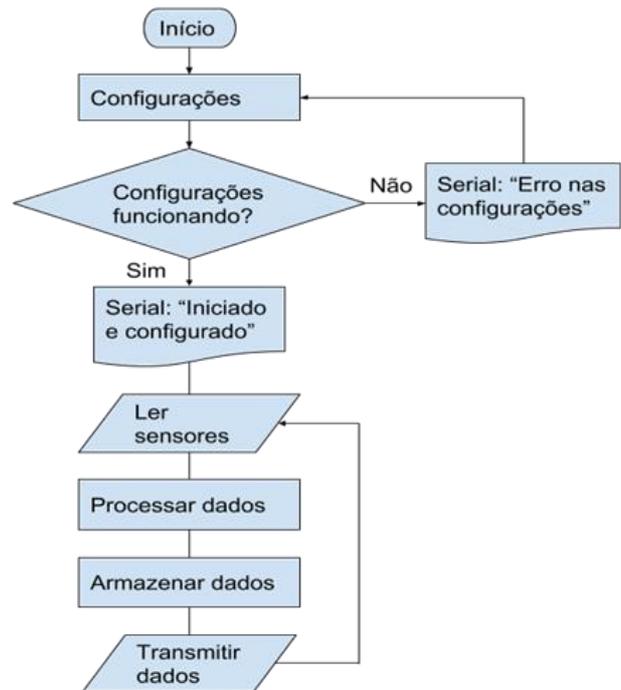
primeiro passo foi desenhar as trilhas, usando o programa aberto *Fritzing*⁹. Em seguida, foi realizada a montagem física em uma *protoboard* do *layout* do circuito impresso. Para tanto, considerou-se que as dimensões da placa fossem compatíveis com aquelas do acrílico e que a direção das conexões para os componentes (antena para baixo, controlador para cima, cartão de armazenamento para cima) estivessem perfeitamente corretas. Após a conclusão do desenho, as trilhas foram transferidas para a placa de fenolite, que foi corroida com percloroeto de ferro em laboratório.

Com o circuito já impresso na placa, a passagem de corrente pelas trilhas foi conferida e os conectores dos componentes e os *jumpers* necessários foram soldados. Além disso, a placa referente ao *CanSat* foi conectada na bateria que alimenta o sistema. O desenvolvimento da parte lógica é fundamental para a funcionalidade e confiabilidade de medidas a serem realizadas com um minissatélite funcional. Tendo em vista os objetivos da eletrônica e do *software*, i.e., ler dados dos sensores a bordo e os transmitir para a estação-terra, foi necessário especificar, arquitetar e implementar as partes (subsistemas), que após integrados formam o sistema embarcado do simulador deste minissatélite.

Como computador de voo, usamos um microcontrolador Arduino (CAVALCANTE, TAVOLARO, MOLISANI, 2011; THOMSEN, 2014; BLUM, 2019) modelo Nano V3, por ser uma plataforma de baixo custo e de fácil programação, além de ser compatível com uma ampla gama de sensores e módulos e com a unidade de medida inercial GY-91¹⁰, para a qual usamos o barômetro BMP280¹¹. Ele foi escolhido para determinar a altitude do experimento, e para armazenamento dos dados

a bordo, em cartão de memória, optou-se pelo uso do módulo registrador de dados OpenLog¹². Para transmitir os dados do *CanSat* para uma estação terrena foi adotado o uso do transceptor NRF24L01¹³.

Figura 3 – Fluxograma do Sistema Embarcado



Fonte: elaborada pelos autores.

A partir das informações obtidas durante a arquitetura do sistema embarcado, foram desenvolvidos códigos e as primeiras bancadas de testes fundamentais para se certificar do correto funcionamento, permitindo determinar as conexões que integram o sistema embarcado. O desenvolvimento da versão final do sistema se deu por partes. Usando um código padrão de transmissão, testou-se a transmissão de caracteres randômicos, sendo feita a implementação de um tipo de transmissão sem a confirmação de recepção chamada *acknowledgment* (ACK), pois esta implica em atraso nas comunicações em função de

⁹ Disponível em: <<http://fritzing.org>>. O projeto do circuito elétrico do *CanSat* elaborado no programa *Fritzing* pode ser disponibilizado via solicitação por *e-mail* ao autor correspondente, bem como mais detalhes sobre o circuito impresso.

¹⁰ Disponível em: ART OF CIRCUITS. 10DOF – GY-91 4-in-1 MPU-9250 and BMP280 Multi-Sensor Module. [S.l. : s.n.]. 2017. <http://artofcircuits.com/product/10dof-gy-91-4-in-1-mpu-9250-and-bmp280-multi-sensor-module>>. Acesso em: 28 novembro de 2020.

¹¹ Disponível em: BOSCH SENSORTec. BMP280. [S.l. : s.n.]. 2015. <[\[sensortec.com/bst/products/all_products/bmp280#\]\(https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmp280#\)>. Acesso em: 30 novembro de 2020.](https://www.bosch-</p>
</div>
<div data-bbox=)

¹² SPARKFUN. OpenLog. [S.l. : s.n.]. 2016. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/13712>>. Acesso em: 30 novembro de 2020.

¹³ Disponível em: NORDIC SEMICONDUCTOR. nRF24L01. [S.l. : s.n.]. 2007. <<http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01>>. Acesso em: 20 novembro de 2020.

aguardar confirmação de recepção, e com os testes estáticos foi possível confirmar que a alteração foi bem-sucedida.

Assim, implementou-se uma função de processamento de dados, que coloca dados variados em uma estrutura única que é transmitida. Ao colocar os dados exemplares de sensores, a estrutura ficava com uma *string* muito grande, que em testes de transmissão de sinal chegava incompleta, possuindo ruído e algumas divergências do resultado esperado. Logo, optamos por usar uma estrutura com os dados em mesmo tipo em que eles são gerados, sem converter os dados para apenas uma sequência de caracteres. Com a implementação da nova função de manipulação de dados e com implementação da função para leitura dos sensores a bordo foram testadas essas funções e a transcepção de dados, que ocorreu conforme esperado (Figura 3).

RESULTADOS

Durante o desenvolvimento do minissatélite, os integrantes do grupo de Astronáutica da UNILA enfrentaram vários desafios, aprenderam sobre engenharia de sistemas e materiais, fundamentos de telemetria entre outros temas, o que agregou muito conhecimento e experiência relacionada ao desenvolvimento de projetos aeroespaciais, tendo a Física como *background*. Baseando-se no que podemos vincular à metodologia ativa por projetos, dividimos as equipes em subgrupos, sendo que cada um deles havia um planejamento estratégico e problemas bem definidos. Assim, a junção desses trabalhos culminou na construção do satélite de lata que conseguimos implementar.

A primeira parte do projeto consistia na construção do minissatélite, sem utilização de pacotes fechados ou estruturas pré-moldadas. Após a montagem dos experimentos, iniciou-se a programação e depuração dos dois sistemas. Durante os testes não foi possível estabilizar a conexão em 2.4GHz. A partir desse problema, o experimento montado foi revisado, porém mesmo assim persistia a falta de conexão entre o sistema embarcado e o solo. Assim, tivemos de verificar a disponibilidade de outras bibliotecas de *software*, dado que o erro poderia

ser na programação desenvolvida. Utilizou-se mais de quatro bibliotecas, mas como o problema persistiu, usamos um módulo transmissor diferente e a necessidade de aquisição de bibliotecas alternativas. Realizou-se o estudo de dois sensores, sendo um deles o bmp180 e o outro bmp280, ambos realizando leituras de temperatura, pressão e altitude.

A altitude foi obtida indiretamente pelo sensor em função da pressão e precisa ser ajustada de acordo com o local. Primeiramente foram realizados testes em bancadas de teste que atendiam às voltagens e às correntes de acordo com cada sensor para seu devido funcionamento. Para os testes, os quais tinham o objetivo de avaliar a funcionalidade do *hardware*, utilizou-se a biblioteca disponível pelo fabricante de cada sensor.

É mister notar que o protocolo escolhido para a comunicação do sensor com o Arduino foi o I2C. Isto permitiu uma redução significativa de conexões frente ao protocolo SPI, importante para este projeto, pois teremos diversos outros *hardwares* ligados ao Arduino. Ao final dos testes e pesquisas foi constatada uma maior precisão no sensor bmp280. Sendo assim, este foi escolhido para pertencer ao modelo final do minissatélite. Este sensor foi capaz de ler temperatura, pressão e altitude com seu código de funcionamento integrado ao código do transmissor.

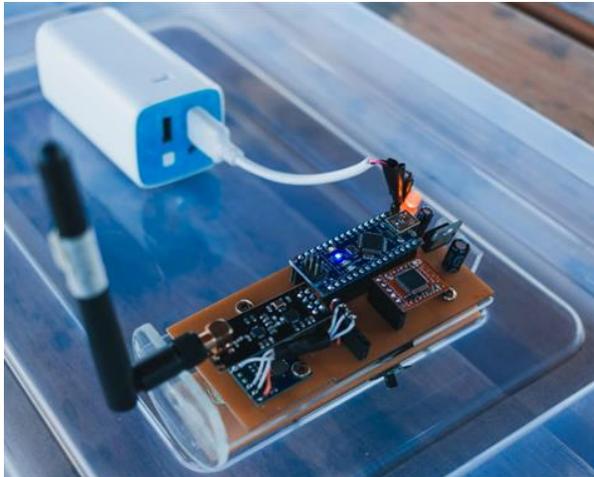
Uma vez com o protótipo construído e operacional (Figura 4), os primeiros testes completos foram realizados. Nos primeiros testes com o *CanSat* em ambiente aberto, sem obstáculos, em raio de aproximadamente 100 metros, foi possível receber o funcionamento da telemetria, sem perdas de dados. Conseguimos operacionalizar e identificar mais de 700 vezes os sinais de dados, em aproximadamente 10 minutos de testes. Todos os dados transmitidos pelo experimento foram recebidos com sucesso.

CONCLUSÕES

Com o trabalho desenvolvido, pôde-se concluir que o *CanSat* é uma excelente plataforma para o ensino-aprendizagem. Neste trabalho, focamos particularmente na prática com estudantes de Física e Engenharias, mas os

fundamentos da metodologia ativa obviamente são aplicáveis a qualquer área do conhecimento.

Figura 4 – Cansat construído e operacional



Fonte: elaborada pelos autores.

Mostramos que o projeto foi desenvolvido com *hardware* de baixo custo e *software open source*, facilitando sua construção mesmo com orçamento reduzido (não mais que R\$400,00 para todo o minissatélite). Dentro de uma perspectiva de metodologia ativa, buscamos desafiar os estudantes da equipe, não apenas no ponto de vista do exercício da capacidade técnico-científica, mas também da gestão de conflitos nas relações de grupo.

Notadamente, os estudantes participantes deste projeto, de diferentes áreas da engenharia, tiveram melhorias no desempenho nas disciplinas curriculares. Assim, o elemento prático trazido pelo projeto atingiu seu objetivo de coadunar fundamentos teóricos com uma prática consciente. Nas próximas etapas do projeto, pretende-se testar o simulador de satélites em distâncias maiores, fazendo o uso de drones, balões e foguetes. Espera-se que usando as antenas omnidirecionais a operação seja restringida a um raio entre 1000 e 1500 metros; todavia, utilizando outros tipos de antenas, podemos expandir o raio de recepção de telemetria.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Parque Tecnológico Itaipu – Brasil (PTI-BR), que, através do Polo

Astronômico, apoiou o projeto, pelo excelente ambiente de trabalho e materiais necessários, em especial ao Prof. Janer Vilaça. Agradecemos aos técnicos de laboratórios de Física e Engenharia da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) pelo apoio dado durante as atividades. A. Capistrano agradece a Universidade da Integração Latino-Americana pelo suporte via Edital PRPPG 110 (17/09/2018) e à Fundação Araucária/PR pela bolsa de produtividade de pesquisa CP15/2017-P&D. R. C. Marques, I. G. Francelino, Ana B. Gonzaga agradecem a bolsa de Iniciação Científica da Fundação PTI. P. O. Montanger, M. C. Amaro e T. Simon agradecem bolsas recebidas dos programas de Iniciação Científica e de Extensão da UNILA.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. C. S. Fundamentos da Metodologia de Ensino Ativa (1890-1931). In: **37ª Reunião Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (ANPED)**, Florianópolis, 2015. Resumo dos trabalhos. Rio de Janeiro: ANPED, 2016. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/sites/default/files/trabalho-gt02-4216.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- BARNES, D. **Active Learning**. United Kingdom: Leeds University Tvei Support Project, 1989.
- BORGES, T. S.; ALENCAR, G. Metodologias Ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**. Salvador, v. 03, n. 04, p. 119-143, 2014.
- BLUM, J. **Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry**. 2nd ed. Wiley: New Jersey, 2019.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 33, n. 04, 2011.

DE OLIVEIRA, et al. Team-based learning como forma de aprendizagem colaborativa e sala de aula invertida com centralidade nos estudos no processo ensino-aprendizagem, **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 42, n. 04, 2018.

FERRIÈRE, A. **Transformemos a Escola. Apelo aos pais e às autoridades**. Paris: Livraria Francesa e Estrangeira, 1928.

MARQUES, A. P. A. Z. et al. Team Based Learning: Uma metodologia ativa para auxílio

no processo de aprendizagem. **Colloquium Humanarum**, v. 14, n. Especial, 2017.

PNAE. PNAE 2012-2021. 2013. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/wpcontent/uploads/2013/03/PNAEPortugues.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

THOMSEN, A. O que é Arduino? **Filipeflop**. Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 10 nov. de 2020.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



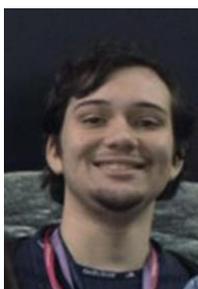
Romildo da Cruz Marques – Graduação em andamento em Engenharia Física na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), bolsista de Iniciação Tecnológica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Projeto de pesquisa intitulado Projeto e Desenvolvimento de Novos Métodos para Microgeração de Energia Através da Captação de Energias Residuais (Energy Harvesting). Como bolsista de Iniciação Científica no Parque Tecnológico Itaipu - Brasil (PTI-BR) atuou na área de astronáutica/sistemas aeroespaciais, desenvolveu atividades em sistemas de telemetria e engenharia de sistemas.



Isabella Grinberg Francelino – Possui graduação em Engenharia Física pela Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Foi bolsista de Iniciação Científica do Parque Tecnológico Itaipu (PTI) no projeto Fundamentos da Física com Aplicações à Astronáutica (2017-2019). Foi estagiária no Projeto Baterias do Parque Tecnológico Itaipu (PTI). Doutorado em andamento em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



Patrícia Oliveira Montanger – Graduação em andamento em Engenharia Física e bolsista de Iniciação Tecnológica com ênfase em programas computacionais baseados em técnicas de *Machine Learning* para a Identificação de Exoplanetas na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Foi membro no projeto Fundamentos da Física com Aplicações à Astronáutica (2017-2019).



Matheus Chaves Amaro – Graduação em andamento em Engenharia Química na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Foi Bolsista de Iniciação Científica do Programa de Iniciação Científica da UNILA (PIBIC), no Projeto de pesquisa. Foi membro no projeto Fundamentos da Física com Aplicações à Astronáutica (2017-2019).



Ana Beatriz Gonzaga – Graduação em andamento em Engenharia de Materiais na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Como bolsista de iniciação científica no Parque Tecnológico Itaipu - Brasil (PTI-BR) atuou no projeto Fundamentos da Física com Aplicações à Astronáutica (2017-2019).



Taynara Simon – Graduação em andamento em Engenharia Mecânica na Faculdade Dinâmica das Cataratas. Foi discente do curso de Engenharia de Materiais na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Foi bolsista no Programa de Extensão da UNILA (PIBEX), atuando no projeto Fundamentos da Física com Aplicações à Astronáutica (2017-2019) e no projeto de Extensão Fundamentos teóricos e metodológicos para o ensino-aprendizagem de Astronomia.



Abraão Jessé Capistrano de Souza – Possui graduação em Física. Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física e ensino de Física e Astronomia. É atualmente o líder do grupo de pesquisa CNPq Física-matemática e Relatividade, criado em 04/07/2014. Bolsista de produtividade em pesquisa da Fundação Araucária\PR (2019-2021).



Oswaldo Barbosa Loureda – Possui formação Técnica em Mecatrônica pela Escola Técnica Estadual Basílides de Godoy em São Paulo e Graduação Tecnológica pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC em Mecânica. É doutor em Engenharia Mecânica-Aeronáutica pelo ITA. Fundador e CTO da *startup* Acrux Aerospace Technologies. É sócio-fundador da *startup* FutureFarms, atuando em pesquisas no campo do *NewSpace*, educação STEAM e desenvolvimento humano. Foi professor visitante na Universidade Federal da Integração Latino-Americana (2018-2020).