



OS DESAFIOS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA COM A SIMULAÇÃO DE ETAPAS DE UMA MISSÃO ESPACIAL

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6086

Autores: SUELI SAMPAIO DAMIN CUSTODIO, ADRIANA IOP BELLINTANNI, MARCIO COSTA

Resumo: *Esse artigo apresenta a experiência de aprendizado multidisciplinar e transversal utilizando a simulação de etapas de uma missão criada pelos estudantes como espaço de experimentação e prototipagem envolvendo as áreas de Direito, Relações Internacionais, Engenharia e Sistemas Aeroespaciais. Para isso, o estudo destaca a necessidade de integrar tecnologias sustentáveis, parcerias estratégicas e colaborações para formar engenheiros preparados para enfrentar os desafios ambientais do século XXI no curso de Engenharia Aeroespacial. A aprendizagem ativa é enfatizada como essencial para a formação de profissionais em engenharia.*

Palavras-chave: *missão espacial, engenharia aeroespacial, setor aeroespacial*

OS DESAFIOS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA COM A SIMULAÇÃO DE ETAPAS DE UMA MISSÃO ESPACIAL

1 INTRODUÇÃO

A exploração espacial tem se expandido consideravelmente nas últimas décadas, impulsionada por avanços tecnológicos e o crescente interesse em entender fenômenos biológicos em ambientes extraterrestres. A biologia espacial oferece uma oportunidade única de estudar organismos em condições de microgravidade e radiação cósmica, que não podem ser replicadas na Terra. Essa pesquisa é vital não apenas para a ciência básica, mas também para aplicações práticas, como a melhoria de biotecnologias e o desenvolvimento de novas estratégias de combate a doenças.

A realização de experimentos biológicos no espaço exige uma infraestrutura robusta e um entendimento profundo dos desafios técnicos e logísticos envolvidos. Os veículos lançadores, as plataformas orbitais e os laboratórios espaciais precisam estar equipados com tecnologias de ponta para garantir a segurança e a eficácia dos experimentos. Além disso, a coordenação entre agências espaciais, instituições de pesquisa e parceiros comerciais é importante para o sucesso dessas missões.

Pesquisas com bactérias e leveduras em microgravidade podem revelar novos comportamentos biológicos, como a resistência a antibióticos e a adaptação a ambientes extremos. Esses estudos têm implicações significativas para a saúde humana, a biotecnologia e a futura colonização espacial. Portanto, investir em missões científicas no espaço não é apenas um desafio tecnológico, mas uma necessidade para o avanço do conhecimento humano.

O artigo apresenta os resultados dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos da graduação e pós graduação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. O propósito é apresentar o ciclo de ensino-aprendizagem de missão espacial dando destaque às áreas de Direito, Relações Internacionais, Engenharia e Sistemas Aeroespaciais, e expondo os principais desafios dessa implementação. O estudo simula uma missão espacial conforme NASA (2016) e ESA (2003), cuja abordagem permite o gerenciamento do projeto, estruturando um modelo de ciclo de aprendizado, de forma a contribuir e ajudar os estudantes a compreenderem a área e seus desafios técnicos e regulatórios. Nesse contexto, foi implantada uma sistemática de trabalho, denominada Projeto Integrador, envolvendo a integração parcial entre diferentes áreas de conhecimento.

O Projeto integrador desenvolvido pelos alunos teve por base o uso de metodologias aplicadas nos sistemas aeroespaciais. O projeto buscou proporcionar uma experiência de aprendizado multidisciplinar e transversal utilizando a simulação de etapas de uma missão criada pelos estudantes como espaço de experimentação e prototipagem. A ideia foi estimular a imersão na área do setor aeroespacial, por meio da solução de problemas reais, com a finalidade de multiplicá-la no contexto do New Space segundo Robinson e Mazzucato (2019).

O objetivo geral foi simular um ciclo de aprendizado envolvendo diversos métodos, com levantamentos preliminares de dados secundários de relatórios da BryceTech e fontes

documentais do PNAE e Pese, enfatizando as atividades espaciais no Brasil, com os seguintes objetivos específicos: i. caracterizar uma missão espacial identificando suas etapas conforme NASA (2016) e ESA (2003); ii. integrar diferentes áreas de conhecimento por meio de aplicação prática de engenharia conforme CDIO (Conceive - Design - Implement - Operate, 2024); iii. criar ambientes ativos e dinâmicos de aprendizagem voltados para o trabalho em equipe; e iv. desenvolver atividades práticas para resolução de problemas complexos com equipes multidisciplinares.

Desse modo, as seções de trabalho estão organizadas para atender o objetivo citado no parágrafo acima, da seguinte forma: a seção 2 apresentará o contexto da missão simulada; a seção 3 dedicar-se-á a apresentar o ciclo de ensino-aprendizagem, mediante a caracterização da missão com o descritivo do Projeto Integrador μ -RAD, seus objetivos, metodologias, os desafios da implantação de soluções, dando destaque às etapas de desenvolvimento do trabalho realizadas pelos alunos. O projeto incorporou conceitos de sistemas espaciais, cujo objetivo foi integrar conhecimentos de diferentes áreas na resolução de uma situação-problema relacionada à missão μ -RAD por meio do desafio de analisar os efeitos da radiação ionizante e da microgravidade em células bacterianas, a fim de observar as alterações causadas pelo ambiente espacial na viabilidade, crescimento, possíveis danos às estruturas celulares bacterianas e respostas microbianas a estes estresses. A descrição geral das etapas para a elaboração de uma missão espacial seguiu os documentos das maiores agências espaciais da atualidade. Na última seção, serão apresentadas as considerações finais do trabalho e os resultados alcançados.

2 O CONTEXTO DA MISSÃO

Nas disciplinas de HUM20, PRJ32 e TE-270 foram apresentados os métodos empregados pela NASA e ESA para estabelecer as etapas de uma missão espacial. Na missão proposta foram realizadas três macro-atividades do ciclo de vida: (i) Entendimento do Problema; (ii) Concepção de Alternativas Conceituais; (iii) Proposta de Arquitetura Concretizada conforme estruturação proposta por Custódio e Cerqueira (2024).

A missão proposta teve como objetivo analisar os efeitos da radiação ionizante e da microgravidade em células bacterianas do tipo *Escherichia coli*, a fim de observar as alterações causadas pelo ambiente espacial na viabilidade, crescimento, possíveis danos às estruturas celulares bacterianas e respostas microbianas a estes estresses. Na missão serão utilizadas cepas de *E. coli* ATCC® (*American Type Culture Collection*) 25922™ de genoma totalmente sequenciado e que não produzem verotoxina, toxina responsável por causar doenças graves de origem alimentar conforme Ans (2022).

O crescimento de microrganismos, especialmente os patogênicos, em uma espaçonave podem ser uma ameaça à saúde dos astronautas e prejudicial ao seu sistema imune ao produzir metabólitos secundários tóxicos que podem ameaçar a saúde dos astronautas. Além disso, microrganismos podem produzir muitos metabólitos secundários que podem ser utilizados como remédios tanto para humanos quanto para animais, sendo uma fonte majoritária de antibióticos e outros compostos bioativos conforme Chevette *et al.* (2022).

O estudo da legislação espacial desempenhou também um papel fundamental para a viabilidade dessas atividades, garantindo que fossem conduzidas de maneira segura e ética. O Brasil, como signatário de vários tratados internacionais, deve seguir diretrizes rigorosas

para assegurar a responsabilidade e a sustentabilidade de suas atividades espaciais. A criação de um marco legal específico para a exploração espacial científica é essencial para proporcionar clareza e segurança jurídica aos pesquisadores e investidores.

No Entendimento do Problema enfatizou-se o tipo de missão espacial segundo Wertz, Everett, Puschell (2011). Na apresentação de uma arquitetura de referência conhecida, buscou-se o levantamento do que era pedido pelos interessados e impactados (stakeholders), bem como foram preliminarmente identificados os requisitos legais para o cumprimento da missão.

Na Concepção de alternativas conceituais foram levantadas as principais tecnologias disponíveis e funções do sistema, e a dinâmica do comportamento dos possíveis arranjos conceituais para atender aos cenários do conceito da operação do sistema, bem como a identificação de marcos legais e regulatórios internacionais e nacionais para a viabilidade da missão. Para isso, os alunos exploraram estratégias para realização do experimento e formas de mensurar os indicadores da evolução do experimento. Os alunos exploraram quatro segmentos da missão espacial: (i) lançador, mapeando os centros de lançamentos responsáveis para levar o artefato até seu local de operação; (ii) espacial, responsável por realizar a operação no espaço; (iii) solo, responsável por se comunicar com os elementos do segmento espacial e (iv) usuário, abordando o mapa de responsabilidade e interação com os clientes da missão. Nessa etapa mapeou-se as tecnologias de lançamentos possíveis, dentro dos requisitos apresentados na declaração inicial da missão. Buscou-se com isso, uma contextualização técnica, por meio de uma breve introdução sobre radiação e microgravidade, além de fatores relacionados às condições impostas para a realização do experimento proposto.

Na Proposta de Arquitetura Concretizada foram apresentados os desdobramentos tecnológicos, para que fossem escolhidas opções por meio das análises da engenharia e do entendimento da Arquitetura Jurídico-Institucional, buscando mapear os riscos envolvidos e identificando as restrições legais da missão e da cadeia de responsabilidade. Com a análise das informações coletadas, juntamente com o panorama do que era possível dentro do Programa Espacial Brasileiro, foi elaborado um quadro comparativo de tecnologias que atendessem os requisitos iniciais da missão, dando destaque aos requisitos mais adequados às condições observadas. Na sequência, as tecnologias selecionadas foram detalhadas, e buscou-se a definição da missão e da tecnologia para lançamento a partir do mapeamento de riscos envolvidos, viabilidade técnica e econômica das soluções propostas.

A metodologia empregada de ciclo de aprendizado permitiu a integração de diferentes áreas de conhecimento, por meio da compreensão que os artefatos de engenharia são na sua natureza transdisciplinares conforme Godfrey, Krob, Jackson (2018). Esse ciclo de aprendizado partiu do conceito de CDIO (Conceive - Design - Implement - Operate), incluindo os processos do ciclo de vida de engenharia conforme INCOSE (2015) de modo que eles servissem de contexto para o entendimento e cumprimento da missão conforme Crawley *et al.* (2007).

A rede CDIO é uma proposta educacional inovadora que enfatiza os fundamentos da engenharia definidos no contexto de Conceber - Projetar - Implementar - Operar (acrônimo em inglês CDIO) sistemas e produtos do mundo real. A colaboração ocorre entre diversas universidades ao redor do mundo (CDIO, 2024) e visa formar alunos capazes de: i) dominar conhecimentos técnicos e científicos; ii) liderar a criação e a operação de novos produtos, processos e sistemas; e iii) compreender a importância e o impacto estratégico da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico na sociedade segundo Crawley *et al.* (2007). Os colaboradores do CDIO reconhecem que a formação em engenharia é adquirida colaborativamente entre as instituições, e que os educadores de todas as partes deste

espectro podem aprender com as boas práticas. Nessa medida, quatro principais atividades de engenharia foram contempladas:

Quadro 1 – Descrição das etapas do ciclo de vida proposto da missão a partir do CDIO

Ciclo de vida proposto	Entendimento do Problema	Objetivos
Concepção (<i>Conceive</i>)	Tipos de Problemas que demandam um Sistema Espacial; Arquitetura Geral de uma missão espacial.	Entender as necessidades, considerando tecnologias, estratégias e planejamentos que possam servir de base para a construção de um modelo conceitual que possa descrever o domínio do problema e os planos para as transformações para o domínio da solução.
Desenvolvimento (<i>Design</i>)	Identificação de Stakeholders; Descrição das Necessidades, Desejos e Objetivos; Requisitos da Missão.	Consolidar informações que permitam a concretização de um projeto, incluindo, planos, diagramas, modelos, algoritmos e outras informações que especifiquem a missão a ser cumprida; Mapear os requisitos legais da Missão e normas técnicas de segurança e qualidade.
Implementação (<i>Implement</i>)	Concretização do projeto, seus processos, manufaturas, testes.	Aplicar os requisitos da Missão e normas técnicas de segurança e qualidade. Atender a arquitetura jurídico-institucional mais adequada aos objetivos da missão;
Operação (<i>Operation</i>)	Artefato entregue e utilizado até o descarte.	Lançar, comissionar; Utilizar e manter os elementos orbitais do segmento espacial, utilizar e manter o segmento de terra associado.

Fonte: Os Autores

O crescimento de iniciativas como o New Space tem fomentado o desenvolvimento de pequenos lançadores e a ampliação das atividades comerciais e científicas no espaço. Este movimento é caracterizado pela participação crescente de empresas privadas no setor espacial, promovendo inovações tecnológicas e novos modelos de negócios.

A motivação para estudar a reação de bactérias e leveduras em microgravidade busca compreender melhor os processos biológicos em ambientes extremos. Esses organismos podem oferecer insights sobre como a vida pode adaptar-se e sobreviver em condições adversas, o que é relevante para futuras missões de longa duração no espaço profundo. Além disso, essas pesquisas podem levar ao desenvolvimento de novos tratamentos médicos e tecnologias biotecnológicas na Terra.

O setor espacial global está passando por uma transformação significativa, com uma ênfase crescente na exploração comercial. Empresas privadas estão desenvolvendo tecnologias avançadas para lançar satélites, realizar missões científicas e até mesmo explorar recursos em asteroides. Esse dinamismo no setor tem levado a uma maior competitividade e à redução de custos, tornando o espaço mais acessível para diferentes tipos de missões, incluindo as científicas. Nesse contexto, foi criada a missão μ -RAD como um ciclo de aprendizado com a integração de áreas do Direito, Sistemas Aeroespaciais e Biologia.

3 METODOLOGIA

Esta seção expõe o ciclo de aprendizado estabelecido na interação com as disciplinas, bem como expõe a importância de atividades colaborativas e aprendizagem por projetos conforme prevê os Artigos 4º e 5º da Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019 - que institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.

O projeto envolveu visita técnica ao Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) no Departamento de Ciência e Tecnologia Espacial (DCTA), quatro workshops, e se estruturou da seguinte forma: (1) 1ª Etapa - Conhecer o problema a partir da declaração da missão; (2) 2ª Etapa - Definir o problema a partir da abordagem da Fase A - Desenvolvimento de Conceito e Tecnologia; (3) 3ª Etapa - Pesquisar soluções - introduzindo a Fase B - Projeto Preliminar (ESA) e Fase A - Viabilidade da Tecnologia. Nesse momento, foram avaliadas a viabilidade e a conveniência do sistema sugerido de modo a permitir a integração dos subsistemas e, por fim, (4) 4ª Etapa - Apresentar a solução que apresentou solução técnica e econômica mais adequada à missão proposta e à gestão de riscos associados ao lançamento e infraestrutura disponibilizada para efetuar o lançamento. O quadro abaixo descreve as etapas de uma missão com base nos estudos conceituais conforme NASA (2016), análise da missão com identificação de necessidades conforme ESA (2003).

Quadro 2 – Descrição das etapas do ciclo de aprendizado esperado

Etapas	Atividade	Exigência	Objetivos
1ª Etapa Conhecer o problema	Fase Pré-Fase A (Conceitual) Declaração da missão com base na tecnologia dos Sistemas Aeroespaciais	Mapear o contexto e efetuar pesquisa preliminar sobre estudos conceituais (NASA) e identificação de necessidades da missão (ESA)	Identificar possíveis conceitos de missão; Realizar avaliação preliminar dos aspectos programáticos apoiados por estudos de mercado e econômicos; Realizar uma avaliação preliminar de riscos.
2ª Etapa Definir o problema	Fase A- Desenvolvimento de Conceito e Tecnologia	Caracterizar a missão mapeando detalhes técnicos e identificando tecnologias disponíveis	Identificar os stakeholders ativos e passivos; Definição de requisitos e funções.
3ª Etapa Pesquisar soluções	Fase B - Projeto Preliminar (ESA) Fase A - Viabilidade da Tecnologia	Avaliar a viabilidade e a conveniência do sistema sugerido, de modo a permitir a integração dos subsistemas.	Mapear oportunidades e tendências de mercado e players.
4ª etapa Apresentar a solução	Fase C - Projeto Final	Trazer solução técnica e econômica mais	Atualizar documentos desenvolvidos e definidos em fases anteriores;

	Arquitetura Jurídico-Institucional	adequada à missão proposta	Monitorar o progresso do projeto em relação aos planos iniciais; Identificar e atualizar riscos; Integrar/montar componentes de acordo com os planos de integração; Definir sistema, entendimentos sobre a cadeia de fornecimento de itens que serão necessários para o cumprimento da missão; Descartar com segurança todos os produtos lançados no espaço, bem como no segmento terrestre.
--	---------------------------------------	-------------------------------	---

Fonte: Os Autores

Nessa fase, os alunos receberam apoio de pesquisadores do Centro Espacial ITA (CEI) e do professor da disciplina de Projeto e Construção de Sistemas Aeroespaciais, que pertence à trilha de conhecimento de apresentação dos sistemas que compõem uma missão espacial. Essa disciplina fornece subsídios para as disciplinas: (i) Projeto Conceitual de Sistemas Espaciais, (ii) Sistemas Espaciais e (iii) Projeto Avançado de Sistemas Espaciais na graduação de Engenharia Aeroespacial do ITA. A integração da área de Direito exigiu que ao final do projeto os alunos fossem capazes de:

1. Compreender o conceito de Direito Espacial e sua composição (Tratados e Convenções Internacionais e principais regulações);
2. Aplicar o Tratado do Espaço e a Convenção sobre Responsabilidade;
3. Aplicar as diretrizes do IADC ou COPUOS, os protocolos de qualidade e segurança e atender às normas reguladoras de operações para o fim do ciclo de vida do objeto espacial.

As pesquisas priorizaram temas que contemplaram os desafios técnicos da missão, atividades colaborativas e interdisciplinares com centros de P&D na área como IAE e o CEI, estratégias inovadoras de ensino-aprendizagem, como o aprendizado baseado em projeto (PBL) e o aprendizado baseado em equipes (Team-Based Learning-TBL).

Figuras 1 e 2 - Visitas Técnicas ao IAE



Fonte: Arquivo Projeto Educação Empreendedora & Sustentável

As apresentações e workshops introduziram métodos ensino-aprendizagem aplicados no setor aeroespacial, por meio de revisão de literatura com trabalhos científicos e contribuições pedagógicas produzidas por diferentes universidades e instituições de forma colaborativa e articulada em rede. As discussões foram inseridas no contexto do New Space (Cheney *et al.*, 2020).

A investigação exploratória buscou mapear tecnologias de lançamentos possíveis, dentro dos requisitos apresentados na declaração inicial da missão. Para a contextualização técnica, foi exposta uma breve introdução sobre radiação e microgravidade, fatores relacionados às condições impostas para realização do experimento. Com a análise dessas informações, juntamente com o panorama do que é possível dentro do Programa Espacial Brasileiro, foi elaborado um quadro comparativo de tecnologias que atendessem os requisitos iniciais da missão e feita a seleção daqueles que foram considerados possíveis dentro do contexto. Na sequência, as tecnologias selecionadas foram melhor detalhadas, o que levou a questionamentos, os quais possibilitaram a melhor definição da missão e escolha da tecnologia para lançamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A missão espacial desenvolvida teve como objetivo analisar os efeitos da radiação ionizante e da microgravidade em células bacterianas, do tipo *E. coli*, com o propósito de observar as alterações causadas pelo ambiente espacial na viabilidade, crescimento, possíveis danos às estruturas celulares bacterianas e respostas microbianas a estes estresses.

Na 1ª Fase da Missão, foi abordado um estudo geral dos aspectos técnicos, jurídicos e de gestão de riscos, associados à definição inicial da missão. Também se realizou uma análise do contexto do Programa Espacial Brasileiro, juntamente com os requisitos de exposição das amostras à radiação e microgravidade, para delimitar as tecnologias acessíveis no momento, que seriam os foguetes de sondagem e os balões estratosféricos.

Na 2ª Fase da Missão, considerando todo o conhecimento adquirido anteriormente, foi desenvolvido um escopo mais detalhado da missão e feita a escolha da tecnologia de lançamento a ser utilizada. Dentro do contexto da missão, o balão estratosférico se

apresentou como a opção de maior custo-benefício, e o conhecimento coletado permitiu um conjunto de informações aplicáveis em outros cenários.

O ciclo de aprendizagem contou com etapas de avaliação obrigatórias, por meio de 4 apresentações orais e 3 relatórios. Em relação à apresentação oral, notou-se uma evolução dos alunos quanto à definição do problema, escopo de análise e detalhamento dos requisitos técnicos para as soluções apresentadas. Essa evolução foi alcançada pelos alunos devido ao método do PBL (Escrivão Filho e Ribeiro, 2009), ao tratar de problemas reais e fazendo visitas técnicas *in loco* com a interação com a comunidade científica envolvida. Outro ponto destacado pelos alunos foram as interações com os professores e mentores nas reuniões específicas quinzenais. No que diz respeito aos relatórios apresentados, a evolução observada foi de forma similar ao ocorrido nas apresentações orais, destacando, principalmente, a integração de componentes curriculares de outros semestres para a solução proposta. O método e a condução dos trabalhos permitiram que os alunos observassem questões pouco exploradas em outros métodos de sala de aula, como a importância socioeconômica e sustentável, além da técnica, para elaboração de soluções.

Os resultados apresentados visam assessorar instituições de ensino no desenvolvimento e implantação de ações, programas e projetos de sistemas espaciais voltados aos cursos de graduação. O projeto expôs uma articulação em rede de projetos de ensino e extensão associados a grupos de pesquisa (ITA e NASA), envolvendo bolsistas de iniciação científica, alunos de pós-graduação, além de integrantes de organizações não governamentais e governamentais.

O material didático produzido pelos alunos e professores foi publicado no formato de e-book com o título “Missão espacial μ -RAD: um ciclo de ensino-aprendizagem por meio da simulação de etapas de uma missão espacial”.

Agradecimentos

Agradecemos aos integrantes do projeto Educação em STEAM & Sustentabilidade (PROEXT-PG/ITA 2023): servidores, alunos de graduação e pós-graduação pela contribuição nas atividades desenvolvidas. Agradecemos ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica pela infraestrutura e por possibilitar a implementação do projeto. Agradecemos, de forma especial, à ITAEx pelo suporte financeiro para a realização do projeto.

REFERÊNCIAS

Agência Espacial Brasileira (AEB). (2018). Do Centro de Lançamento de Alcântara ao Centro Espacial de Alcântara: perspectivas para a exploração comercial das atividades de lançamento no Brasil. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/relatorios>. Acesso em: 2 mai. 2024.

BRYCETECH. “Projected Exploration Missions (2020-2030)”. BryceTech Page. Retrieved June 13, 2024, from <https://brycetek.com/reports>. 2020

CDIO. **The CDIO Initiative**. Disponível em <http://www.cdio.org/>. Acesso em: 20 junho 2024.

ESCRIVÃO FILHO, Edmundo; RIBEIRO, Luis Roberto. **Aprendendo com PBL** – Aprendizagem baseada em problema: relato de uma experiência em cursos de Engenharia da EESC-USP. **Revista Minerva**, v. 6, p. 23-30, 2009.

CHENEY, T.; NEWMAN, C.; OLSSON-FRANCIS, K.; STEELE, S. *et al.* Planetary Protection in the New Space Era: Science and Governance. **Frontiers in Astronomy and Space Sciences**, 7, 2020. Review.

CHEVRETTE, M. G. *et al.* Microbiome composition modulates secondary metabolism in a multispecies bacterial community. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 119, n. 42, 2022b.

CRAWLEY, E.; MALMQVIST, J.; OSTLUND, S.; BRODEUR, D. Eds. **Rethinking Engineering Education**, The CDIO Approach. New York: Springer, 2007, 279p.

CUSTÓDIO, S. S. D.; CERQUEIRA, C. S. Aprendizagem por projetos no ensino de engenharia aeroespacial e aeronáutica. **OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, p. 794, 2024.

ESA. European Space Agency, ECSS-M-ST-10C Rev. 1 - Space project management -Project planning and implementation, 1st ed., no. April. Noordwijk: ESA Requirements and Standards Division, 2003.

FORTESCUE, P. & STARK, J. & SWINERD, G.G. Spacecraft Systems Engineering. Spacecraft systems engineering, 4th Edition, Wiley, (2005), 2011.

GODFREY, P., KROB, D. e JACKSON, S. Envisioning Systems Engineering as a Transdisciplinary Venture. **INCOSE International Symposium**, 2018.

INCOSE. **INCOSE Systems Engineering Handbook**: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, 2015.

NASA, NASA System Engineering Handbook Revision 2. Washington: NASA, 2016.

ROBINSON, D. K. R.; MAZZUCATO, M. The evolution of mission-oriented policies: Exploring changing market creating policies in the US and European space sector. **Research Policy**, 48, n. 4, p. 936-948, 2019.

THOMAS, Michaelyn. "What is new space and how does it differ from traditional space?". Retrieved June, 16, 2024. Disponível em <https://spacedoutdoc.com/f/what-is-new-space-and-how-does-it-differ-from-traditional-space>. Acesso em 22 de jun. 2024.

WERTZ, J. R., EVERETT, D. F., & PUSCHELL, J. J. Space mission engineering: The new SMAD. Hawthorne, CA: Microcosm Press, 2011.

WILSON, Leslie Owen. Anderson and Krathwohl–Bloom's taxonomy revised. Understanding the New Version of Bloom's Taxonomy, 2016.

LEARNING CHALLENGES IN THE ENGINEERING COURSE WITH THE SIMULATION OF PHASES OF A SPACE MISSION

Abstract: *This paper presents a multidisciplinary and transversal learning experience using the simulation of stages of a space mission created by students for experimentation and prototyping. It involves the areas of Law, International Relations, Engineering and Aerospace Systems. The study underscores the critical need to integrate sustainable technologies, strategic partnerships and collaborations to train engineers to confront the urgent environmental challenges of the 21st century in the Aerospace Engineering course. Active learning is emphasized as essential for the training of engineering professionals.*

Keywords: *Space mission, Aerospace engineering, Aerospace industry*

