



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

RODRIGO DE MELO **SILVEIRA**, Cap Eng

**Padronização da avaliação das regras de teledestruição de veículos espaciais
para a otimização das autorizações de lançamento do CEA**

Rio de Janeiro

2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

RODRIGO DE MELO **SILVEIRA**, Cap Eng

**Padronização da avaliação das regras de teledestruição de veículos espaciais
para a otimização das autorizações de lançamento do CEA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Segurança de Voo

Orientador: Allison Nunes Fernandes, Maj Eng

Rio de Janeiro

2023

RODRIGO DE MELO **SILVEIRA**, Cap Eng

**Padronização da avaliação das regras de teledestruição de veículos espaciais
para a otimização das autorizações de lançamento do CEA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Herhíc **Rabelo** Alves Pereira, Ten Cel Av
EAOAR

Allison Nunes Fernandes, Maj Eng
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

No contexto das operações de lançamento espacial do Centro Espacial de Alcântara (CEA), o processo de Autorização de Lançamento é crucial para que empresas estrangeiras possam realizar seus lançamentos no Brasil. Parte fundamental da Autorização de Lançamento é a avaliação das regras de terminação de voo, que é realizada pelo Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), com base na sua experiência empírica, não havendo um procedimento padronizado com base nos regulamentos da Agência Espacial Brasileira (AEB). Ademais, o curto prazo de 30 dias para análise dos documentos aumenta a probabilidade de se autorizar lançamentos de veículos com voo não seguro. Assim, este ensaio acadêmico propõe a padronização da avaliação das regras de terminação de voo de veículos estrangeiros de forma a otimizar o processo de Autorização de Lançamento desses veículos. Essa padronização reduz o tempo necessário para análise de segurança por parte do CLA, evitando atrasos no processo de Autorização de Lançamento. Além disso, essa padronização eleva o nível de segurança das operações de lançamento espacial, pois permite que as empresas estrangeiras possam se adequar a um nível mínimo de segurança. Considerando esses argumentos, a necessidade de padronização da avaliação das regras de terminação de voo é evidente, e sua extensão ao Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) pode oferecer benefícios similares. Adicionalmente, essa padronização também fortalece a reputação internacional da Força Aérea Brasileira (FAB) e do Brasil, como nação de referência na manutenção da segurança de operações de lançamento espacial.

Palavras-chave: Centro Espacial de Alcântara. Operação de Lançamento Espacial. Sistema de Terminação de Voo. Segurança de Voo.

1 INTRODUÇÃO

O Projeto CEA (Centro Espacial de Alcântara) visa disponibilizar para organizações nacionais e internacionais, toda a infraestrutura de preparação, lançamento e rastreamento de objetos espaciais na região de Alcântara (Brasil, 2018). No contexto de operações de lançamento com organizações internacionais, Acordos de Salvaguardas Tecnológicas (AST) são comumente realizados para estabelecer um compromisso mútuo entre as partes signatárias.

Considerando o firmamento de um AST, que viabiliza o lançamento de veículos espaciais de um país a partir do território de outro, é importante considerar que a responsabilidade absoluta pela indenização por danos causados pelo veículo é atribuída ao Estado lançador (Brasil, 1973). Para o contexto de lançamentos estrangeiros a partir do Brasil, o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) é responsável por avaliar as regras de terminação de voo propostas pela empresa estrangeira. Essas regras são implementadas durante o voo do veículo espacial e, caso haja necessidade, por motivos de segurança, o mesmo é teledestruído. Essa avaliação do CLA é parte integrante do processo de Autorização de Lançamento.

A condução dessa avaliação das regras de terminação de voo deve cumprir prazos estabelecidos em regulamentos vigentes da Agência Espacial Brasileira (AEB) e deve também estar embasada nos níveis de segurança estipulados nos regulamentos dessa agência. A manutenção de níveis mínimos aceitáveis de segurança é primordial para a reputação internacional da Força Aérea Brasileira (FAB) e do Brasil, como país atuante no setor espacial.

Atualmente, o CLA não possui um procedimento padronizado e embasado nos regulamentos da AEB para avaliar as regras de terminação de voo de veículos estrangeiros. Tal avaliação é realizada com base na experiência empírica de seus operadores. Porém, realizar essa análise com um prazo reduzido aumenta a probabilidade de se autorizar lançamentos de veículos com voo não seguro. Essa ocorrência pode causar incidentes ou acidentes espaciais que impactam negativamente na imagem da FAB e do Brasil.

Com isso, este ensaio acadêmico propõe a padronização da avaliação das regras de terminação de voo de veículos estrangeiros de forma a otimizar o processo de Autorização de Lançamento desses veículos a partir do CEA.

A tese se fundamenta no argumento de que utilizar procedimentos padronizados para avaliar as regras de terminação de voo reduz o tempo necessário para análise de segurança por parte do CLA, evitando atrasos no processo de Autorização de Lançamento. Além disso, a utilização desses procedimentos eleva o nível de segurança das operações de lançamento espacial.

2 DESENVOLVIMENTO

Os AST são comumente realizados no contexto de operações de lançamento espacial que envolvem organizações internacionais. O AST firmado entre Brasil e EUA, em 2019, autoriza o Brasil a realizar lançamentos de veículos espaciais estrangeiros que contêm partes tecnológicas americanas, sendo fundamental esse AST para a implantação do CEA.

Em 2021, em apresentação do então Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, essa importância foi justificada a partir da explicação de que aproximadamente 80% dos equipamentos espaciais do mundo possuem algum componente norte-americano, ampliando a quantidade de países elegíveis para lançar seus veículos a partir do território brasileiro (Pontes, 2021).

Em decorrência dessa autorização por parte dos EUA, a FAB assinou contratos com as empresas *C6 Launch Systems Incorporated* (Rocha, 2022a) e *Innospace* (Rocha, 2022b), de nacionalidades canadense e sul-coreana, respectivamente. Ambos os contratos têm o objetivo de disponibilizar bens e serviços do CEA para lançamentos de veículos espaciais dessas empresas estrangeiras a partir do CLA.

Para os lançamentos dos veículos de ambas as empresas, o artigo 2º da Convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais estipula que um Estado lançador é responsável absoluto pelo pagamento da indenização por danos causados por seus objetos espaciais na superfície da Terra ou em aeronaves em voo (Brasil, 1973).

Nesse contexto, fica claro que os lançamentos realizados a partir do CEA são de responsabilidade brasileira, independente da nacionalidade do veículo espacial lançado. Em consequência disso, o Programa Espacial Brasileiro (PEB) da AEB delega ao CLA a tarefa de avaliar as regras para terminação do voo (ou teledestruição) do veículo, caso haja necessidade, por motivos de segurança (AEB, 2020).

2.1 Redução do tempo para avaliação do CLA

A avaliação das regras de terminação de voo realizada pelo CLA, em coordenação com a AEB, é parte integrante do processo de Autorização de Lançamento da AEB. O Regulamento Espacial Brasileiro (REB) Parte 02 estabelece:

A autorizatória **deverá apresentar documentação** detalhada da operação do lançamento espacial proposto, **conforme os anexos A, B, C, D e E** deste regulamento, em estrita observância com as normas de segurança estabelecidas pela AEB e pelo respectivo Centro de Lançamento. (Brasil, 2021, p. 9, grifo nosso).

Cabe destacar que, dentre os anexos integrantes do REB, o Anexo B estabelece a obrigação da empresa estrangeira autorizatória de identificar o perfil de voo do veículo proposto, incluindo quaisquer locais de terminação de voo de contingência. Adicionalmente, a empresa autorizatória deve indicar trajetórias e percursos terrestres, pontos de impacto instantâneo durante todo o momento do voo do veículo espacial, incluindo quaisquer perfis de terminação de voo de contingência. A preocupação específica com esse voo de contingência é abordada por Gude (2021), que considera fundamental a utilização de procedimentos previamente desenvolvidos e testados para garantir a segurança em operações espaciais.

O conjunto dessas informações fundamentais, estabelecidas pelo Anexo B do REB, deve ser apresentado ao CLA em um prazo de 30 dias antes do lançamento do veículo, conforme estipulado nos anexos do REB. No entanto, caso o CLA não possua um procedimento padronizado para avaliação e aprovação das regras de terminação de voo em tempo hábil para o dia do lançamento, esse curto prazo pode impactar diretamente no cronograma das operações. Atualmente, o CLA avalia essas regras com base na experiência empírica de seus operadores de segurança de voo e nas lições aprendidas de operações de lançamento anteriores.

Esse curto prazo para análise da documentação relacionada à terminação de voo também é realidade das operações de lançamento para um dos atores de maior representatividade no contexto das atividades espaciais, os EUA. O manual conjunto dos centros de lançamento americanos de Cabo Canaveral e de Vandenberg define seus requisitos de segurança operacional e institui um processo de interface entre os centros de lançamento e seus usuários (EWR, 1999). Esse manual estipula que impactos nos prazos podem ser reduzidos através do planejamento conjunto entre os operadores de segurança do centro de lançamento e seus clientes, uma vez que cria

um procedimento padronizado para análise dos documentos. Destaca-se ainda, nesse manual, que o referido processo de interface tem o objetivo de viabilizar as análises para Autorização de Lançamento no menor tempo possível.

A partir dessas observações, fica claro que a criação de alternativas para mitigar os curtos prazos para análise da documentação relacionada à terminação de voo é também o foco de atenção dos centros de lançamentos nos EUA. Esse fator destaca a importância da redução no tempo necessário para avaliação e aprovação dos documentos recebidos em um processo de Autorização de Lançamento.

De forma análoga, a padronização da avaliação das regras de terminação de voo permite aos operadores do CLA dispender uma menor carga de trabalho nas atividades de análise. Em consequência, passa a ser mais exequível a avaliação do elevado volume de documentos indicados pelo REB dentro do período de 30 dias antes do lançamento. Essa consequente melhora no cumprimento dos prazos do REB representa uma otimização do processo de Autorização de Lançamento da AEB.

2.2 Aumento do nível de segurança das operações espaciais

A redução no tempo necessário para avaliar as regras de terminação de voo não pode, no entanto, representar uma redução da segurança do voo dos veículos estrangeiros lançados a partir do CEA. Essa avaliação do CLA deve ser balizada nos requisitos mínimos de segurança do Anexo C do REB. Para o cumprimento desse anexo, as empresas estrangeiras devem determinar e justificar: os limites de segurança de voo, os riscos coletivos e os riscos individuais ao público, parâmetros esses que impactam diretamente nas regras de terminação de voo de veículos espaciais (Brasil, 2021).

O cumprimento dos requisitos mínimos de segurança do REB é fundamental para assegurar que, caso haja necessidade, o veículo espacial com voo não seguro seja teledestruído pelos operadores de terminação de voo do CLA. Neste trabalho, considera-se como um veículo espacial com voo não seguro: “casos em que sua trajetória evolui de forma perigosa para as áreas consideradas de proteção” (Nascimento *et al.*, 2004, p. 11). Destaca-se que o acionamento dessa terminação de voo já foi necessário em lançamentos anteriores realizados no Brasil.

Em virtude dessa possibilidade de ocorrência de falhas estar associada a fatores que não são normalmente identificados em mecanismos tradicionais de

análise de falha, é comum observar das empresas proprietárias de veículos lançadores uma estrita obediência às práticas de segurança que compõe os manuais dos centros de lançamento.

Para exemplificar, pode-se considerar o estudo sobre as práticas adotadas pela *United Launch Alliance* (ULA) em operações espaciais nos EUA. A ULA possui histórico de mais de 150 lançamentos espaciais consecutivos, sem falhas. Corl, Do e Iyengar (2014) afirmam que a empresa considera fundamental a utilização de sistemas de alta confiabilidade nos seus veículos espaciais. Os autores ainda destacam que essa prática é realizada com o objetivo de se adequar ao nível mínimo de segurança estabelecido pelos centros de lançamento nos quais lança seus veículos Atlas V e Delta IV.

Considerando a experiência dos centros de lançamentos americanos em padronizar seu processo de Autorização de Lançamento com requisitos mínimos de segurança, e ainda que empresas privadas americanas se adaptam a esses requisitos e obtém sucesso nas suas operações espaciais, pode-se inferir que essa prática reduz a probabilidade de voos sem sucesso em operações nos EUA. Ratkevich *et al.* (2013) destacam que uma boa prática para se adaptar aos requisitos mínimos de segurança é o desenvolvimento e implementação de sistemas de alta capacidade, que elevam a segurança do processo de terminação de voo.

Desta forma, a similaridade entre as atividades de Autorização de Lançamento do CEA e dos EUA justifica a criação de um procedimento padronizado para avaliação das regras de terminação de voo, balizado nos requisitos mínimos de segurança do Anexo C do REB. Isso possibilita que empresas estrangeiras se adaptem a um nível de segurança mínimo, diminuindo a probabilidade de se autorizar lançamentos de voos não seguros no CLA. Esse consequente aumento da segurança das operações de lançamento no CEA implica, por sua vez, na otimização do processo de Autorização de Lançamento de veículos estrangeiros, cujo objetivo principal é a manutenção da segurança das operações de lançamento.

3 CONCLUSÃO

No contexto de operações de lançamento espacial do CEA, o processo de Autorização de Lançamento constitui o conjunto de análises para que empresas estrangeiras possam realizar lançamentos a partir do território brasileiro. O CLA é

responsável por uma parte fundamental desse processo de autorização, que é a avaliação e aprovação das regras de terminação de voo propostas pelas empresas estrangeiras.

Tomando como exemplo o processo de Autorização de Lançamento realizado pelos centros de lançamento dos EUA, foi possível demonstrar a importância da padronização da avaliação da documentação de segurança de voo para reduzir o tempo necessário para a Autorização de Lançamento. Considerando a similaridade entre Brasil e EUA e o curto período de 30 dias para que o CLA avalie um elevado volume de documentos relacionados a terminação de voo, concluiu-se que utilizar procedimentos padronizados para avaliar as regras de terminação de voo reduz o tempo necessário para as análises de segurança do CLA, evitando atrasos no processo de Autorização de Lançamento.

Além disso, observou-se que o histórico de lançamentos sem falhas da *United Launch Alliance* está associado com a capacidade da empresa de se adequar ao nível mínimo de segurança padronizado pelos centros de lançamentos americanos. De forma análoga, concluiu-se que uma padronização da avaliação das regras de terminação de voo, balizada nos requisitos mínimos de segurança do Anexo C do REB, possibilita que as empresas estrangeiras se adaptem a um nível mínimo de segurança e, conseqüentemente, eleva o nível de segurança das operações de lançamento espacial no Brasil.

Diante do exposto, fica nitidamente evidenciada a necessidade da padronização da avaliação das regras de terminação de voo de veículos estrangeiros lançados a partir do CEA, de forma a otimizar o seu processo de Autorização de Lançamento.

Por fim, ressalta-se que essa padronização da análise das regras de terminação de voo também pode ser realizada no Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), em Natal-RN, com o intuito de reduzir o tempo necessário para avaliação de regras de terminação de voo. Adicionalmente, essa padronização das avaliações do CLA eleva o nível de segurança das operações de lançamentos de empresas estrangeiras em território brasileiro, o que contribui em geral para a melhoria da imagem internacional tanto da FAB quanto do Brasil, como exemplo de Estado lançador que preza pela manutenção da segurança das operações de lançamentos espaciais.

REFERÊNCIAS

- AEB. **Centros de Lançamento**. Brasília, 5 mar. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/infraestrutura-de-solo/centros-de-lancamento>. Acesso em: 30 out. 2023.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Agência Espacial Brasileira. **Portaria nº 698, de 31 de agosto de 2021**. Institui os Regulamentos para Licenciamento de Operador de Atividades Espaciais e para Autorização de Lançamento no Território Brasileiro. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/servicos/licenciamento/normas-para-atividades-espaciais/portaria-no-698-de-31-de-agosto-de-2021>. Acesso em: 18 set. 2023.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica: PCA 11-47. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 222, 20 dez. 2018.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto nº 71.981, de 22 de março de 1973**. Promulga a Convenção sobre Responsabilidade Internacional por Danos Causados por Objetos Espaciais. Brasília, DF: Presidência da República, 1973. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D71981.html. Acesso em: 21 set. 2023.
- CORL, F.; DO, P.; IYENGAR, S. V. Reliability products for Space Launch Vehicle safety assessments. *In: Reliability and Maintainability Symposium*, 2014, Colorado. **Anais [...]**. Colorado: IEEE, 2014. p. 1-4.
- EWR. **Range Safety Requirements**. Florida: EWR, 1999. cap. 1, p. 1-49. Disponível em: <https://snebulos.mit.edu/projects/reference/NASA-Generic/EWR/EWR-127-1.html>. Acesso em: 31 out. 2023.
- GUDE, J. L. Using Synergies for Flight Procedure Development. *In: SpaceOps Conference*, 2012, Stockholm. **Anais [...]**. Stockholm: SpaceOps, 2012. p. 1-6.
- NASCIMENTO, M. A. C.; BERQUÓ, J. E.; MARTINOLLI, J. B.; COELHO, E. C.; CORRÊA, C. S. **Relatório da Investigação do Acidente ocorrido com o VLS-1 V03, em 22 de agosto de 2003, em Alcântara, Maranhão**. São José dos Campos, 2004. Disponível em: https://www.aereo.jor.br/downloads/VLS-1_V03_Relatorio_Final.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.
- PONTES, M. C. **Conhecendo o Acordo de Salvaguardas Tecnológicas: Brasil e Estados Unidos**. Brasília, 7 abr. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/acordo-de-salvaguardas-tecnologicas>. Acesso em: 30 out. 2023.
- RATKEVICH, B.; LUPIA, D.; BRIERLEY, S.; LEIKER, C. T. Space Launch Flight Termination System initial development. *In: IEEE Aerospace Conference*, 2013, Big Sky. **Anais [...]**. Big Sky: IEEE, 2013. p. 1-9.

ROCHA, F. FAB assina contrato com empresa canadense para lançamentos de veículos espaciais. **Agência Força Aérea**, Brasília, 26 ago. 2022a. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39640>. Acesso em: 30 out. 2023.

ROCHA, F. FAB e empresa sul-coreana Innospace assinam contrato. **Agência Força Aérea**, Brasília, 30 set. 2022b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39807/INSTITUCIONAL%20-%20FAB%20e%200empresa%20sul-coreana%20Innospace%20assinam%20contrato>. Acesso em: 30 out. 2023.