PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

ESCOLA POLITÉCNICA

CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**O USO DO EMAS COMO FATOR MITIGADOR DO RISCO EM UMA EXCURSÃO DE PISTA**

GOIÂNIA

2021

JOÃO LUCAS NASCIMENTO FERREIRA

**O USO DO EMAS COMO FATOR MITIGADOR DO RISCO EM UMA EXCURSÃO DE PISTA**

Artigo apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciências Aeronáuticas.

Professora Orientadora: Dra. Anna Paula Bechepeche.

GOIÂNIA

2021

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois a Ele toda a glória. Aos meus pais, João Paulo Ferreira e Luciane Ferreira. A toda a minha família. A Joanna Ferreira e seus familiares. Aos meus amigos, por todo apoio e companheirismo ao longo do curso. Nunca esquecerei o que fizeram pela minha pessoa, tanto na vida acadêmica como pessoal. Dedico este estudo também ao Superintendente da Infraero, Giuliano Capucho, que se demonstrou a todo momento prestativo para que o conhecimento pudesse ser compartilhado. Obrigado!

**O USO DO EMAS COMO FATOR MITIGADOR DO RISCO EM UMA EXCURSÃO DE PISTA**

JOÃO LUCAS NASCIMENTO FERREIRA[[1]](#footnote-1)

ANNA PAULA BECHEPECHE[[2]](#footnote-2)

**RESUMO:** O presente estudo tem como foco a utilização do EMAS (*Engineered materials arrestor system*) como fator mitigador em uma excursão de pista. O modal aéreo precisa estar a todo momento atualizado em relação ao que existe de mais moderno, buscando otimizar e promover segurança em suas operações a consumidores e prestadores de serviços. Portanto, há a necessidade de aeronaves modernas e infraestruturas que clamam por tecnologias na qual atendam aos níveis necessários de segurança. Diante disso, a crescente demanda no setor aéreo torna a inovação um fator indispensável para o aprimoramento da segurança e promoção de qualidade de vida às pessoas envolvidas. Com base nesse entendimento, buscou-se analisar, principalmente, os problemas que uma excursão de pista traz e mostrar o porquê de o EMAS ser uma opção, mesmo com o seu alto nível de investimento, trazendo economia a quem o adere. Paralelamente, objetivou-se identificar as restrições ainda imposta a essa tecnologia para situações de excursões de pista, uma vez que estas trazem problemas tanto para as pessoas que se acidentam quanto para a imagem das empresas envolvidas, além de enormes danos, muitos destes irreversíveis. Para tanto, procedeu-se à utilização do método de pesquisa exploratório, pois houve a necessidade de uma maior familiarização com o problema, analisando exemplos reais e hipotéticos. Empregou-se como fontes secundárias procedimentos bibliográficos e documentais, vídeos, slides e plantas de projetos. Chegou-se à conclusão de que são factíveis e notórias as mitigações de impactos por meio do EMAS para situações de excursões nas extremidades de uma pista. O uso de métodos tradicionais para diminuir os danos causados gera insegurança e torna a prática ultrapassada diante da nova tecnologia apresentada ao mercado, uma vez que os equipamentos associados a esta possuem elevada eficiência, são seguros e promovem qualidade de vida às pessoas envolvidas na operação. São, em sua maioria, equipamentos projetados para qualquer variação meteorológica, contribuindo para a desaceleração. Contudo, sua efetiva utilização varia de acordo com o tipo de excursão de pista em que a aeronave se submete.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aviação; EMAS; Evolução; Excursão de pista.

***ABSTRACT:*** *This summary reflects the use of EMAS (Engineered materials arrestor system) as a factor of mitigator in a track tour. The air mode needs to be updated at all times in relation to what is most modern, seeking to optimize and promote safety in its operations to consumers and service providers. Therefore, there is a need for modern aircraft and infrastructure that calls for technologies that meet the necessary levels of safety. Therefore, the growing demand in the airline industry makes innovation an indispensable factor for improving safety and promoting quality of life for the people involved. Based on this understanding, we sought to analyze, mainly, the problems that a track excursion brings and show why EMAS is an option, even with its high level of investment, bringing savings to those who adhere to it. At the same time, the objective was to identify the restrictions still imposed on this technology for situations of track excursions, since these bring problems both for people who have accidents and for the image of the companies involved, in addition to enormous damage, many of which are irreversible. Therefore, the exploratory research method was used, as there was a need for greater familiarization with the problem, analyzing real and hypothetical examples. Bibliographic and documentary procedures, videos, slides and project plans were used as secondary sources. It was concluded that the mitigation of impacts through EMAS for situations of excursions at the ends of a runway is feasible and notorious. The use of traditional methods to reduce the damage caused generates insecurity and makes the practice outdated given the new technology presented to the market, since the equipment associated with it has high efficiency, is safe and promotes quality of life for the people involved in the operation. They are mostly equipment designed for any meteorological variation, contributing to deceleration. However, its effective use varies according to the type of runway excursion the aircraft undergoes.*

***KEYWORDS****: Aviation; EMAS; Evolution; Runway Excursion.*

# 1 INTRODUÇÃO

No modal aéreo, desenvolvimento de novas tecnologias e segurança andam juntos (PEREIRA; HAUENSTEIN; FRIEDRICH, 2018). Outrora, aeroportos necessitavam de estruturas simples, que atendessem a aeronaves de baixa performance e uma demanda ainda em expansão. Com o avanço da indústria, novas infraestruturas e tecnologias precisaram ser criadas, para que um público cada vez maior e mais exigente pudesse usufruir desse modal com o máximo de segurança (MAGALHÃES, 2020).

O sistema de desaceleração com materiais projetados (em inglês: *Engineered Material Arresting System* – EMAS) é um exemplo de tecnologia que mostra sinais do avanço da indústria, ficando evidente que, quando empregada, reduz possíveis prejuízos em acidentes, como a excursão de pista.

A alta demanda por voos vem levando à construção de aeronaves cada vez maiores, ficando evidente a necessidade de aeroportos que possuam infraestrutura maior e inovadora. Os principais motivos da implementação do EMAS são manter a segurança das operações e minimizar os impactos de acidentes causados por excursão de pista, reduzindo os prejuízos que operações sem essa tecnologia trariam.

Diante disso, este estudo tem por objetivo investigar os prejuízos causados por uma excursão de pista e a viabilização do EMAS como mitigador desses impactos, mostrando sua eficácia em aeroportos que o aderem. Para tanto, procede-se ao levantamento dos custos de implementação dessa tecnologia, que podem ser menores caso os aeroportos a adquiram, bem como à verificação da economia gerada a partir desse investimento.

A hipótese inicial é a de que a operação sem o EMAS é econômica, mas menos viável do que com o uso dessa tecnologia, uma vez que esta apresenta uma resposta significativa na mitigação em excursão de pista. Os equipamentos propostos são divididos em dois tipos, EMASMAX e greenEMAS. Estes são focados na minimização de prejuízos causados por uma *overrun* em operações de pouso e rejeição de decolagem, na qual, por meio de blocos esmagáveis, dissipam a energia cinética da aeronave, fazendo com que, na maioria dos casos, não haja grandes consequências.

A pesquisa caracteriza-se como exploratória, pela necessidade de uma maior familiarização com o problema, analisando exemplos reais e hipotéticos. Sua abordagem é tanto qualitativa quanto quantitativa. Qualitativa, por ter como fundamento a realidade para conseguir entender uma situação; e quantitativa, devido à busca de conhecimentos por raciocínios de causa e efeito, hipóteses e estatísticas. Além disso, os procedimentos adotados na investigação foram bibliográficos e documentais, visto que se fizeram necessárias consultas em artigos, documentos, legislações, vídeos, slides, entre outros. As principais referências para este estudo foram: Van Eekeren, ANAC, FAA, SKYBRARY, Runway Safe Group.

# 2 A EVOLUÇÃO DA INFRAESTRUTURA NOS AEROPORTOS

Na Primeira Guerra Mundial (1914-1918), o poder da aviação como força militar levou à produção de milhares de aeronaves. Embora existissem aeródromos equipados com elementos de pouso, manutenção e decolagem, ainda não havia sido implementados terminais que viessem atender um público maior (CAVALCANTE; DUARTE; COHEN, 2017).

Um aeródromo público, quando recebe facilitações a aeronaves que transportam cargas e/ou pessoas, por meio de equipamentos, instalações e edificações, é denominado de aeroporto (AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC, 2014). Os primeiros aeroportos tornaram-se uma realidade na década de 1920, sendo comum encontrá-los em áreas aterradas, para que, de forma estratégica, aeronaves pudessem operar tanto em procedimentos de decolagem e pouso aquáticos quanto terrestres (CAVALCANTE; DUARTE; COHEN, 2017).

Desde a primeira experiência de voo, os requisitos para aeroportos mudaram. Antes da Segunda Guerra Mundial, a maior parte das distâncias de decolagem e aterrissagem de aviões de passageiros não ultrapassava 600 m. Em 1950, um DC3 tinha um peso de 11.000 kg, carregava 30 passageiros e pousava a uma velocidade de 90 kts. Na época, a aeronave de transporte era considerada leve, e existiam poucas pistas pavimentadas (ASHFORD, 2019).

Os primeiros aeroportos atraiam mais visitantes do que passageiros, tendo seu *statu*s pré-guerra de grandes centros sociais, o que refletia em seu projeto, que contava com grandes centros de atividades de lazer, restaurantes e plataformas de observação. Boa parte do transporte aéreo de longa distância era feito por hidroaviões enormes, conhecidos como barcos voadores.

Com o objetivo de atender à crescente demanda por viagens aéreas, grandes aeronaves de transporte, movidas por motores a jato e turboélice, foram construídas. Essas aeronaves demandam extensas instalações terrestres, que devem possuir: pistas de combate a incêndio e serviços de resgate, pistas de taxiamento, instalações de manuseio de passageiros e cargas, serviços de controle de tráfego, acesso a estacionamento e transporte público, iluminação, navegação e recursos de aproximação, além de várias instalações de apoio (ASHFORD, 2019).

Para ser atrativo e competitivo, o complexo de atividades e instalações que constituem um aeroporto moderno deve estar localizado, ao mesmo tempo, suficientemente perto dos principais centros populacionais do mundo, e adequadamente distantes, para que os problemas ambientais e logísticos associados à movimentação de grande número de passageiros, maquinários, trabalhadores e visitantes não se tornem insuportáveis para as cidades ao redor. Observa-se, com isso, que a demanda por voos aumentou, fazendo com que sejam necessárias pistas com uma maior capacidade de receber essas novas aeronaves (ASHFORD, 2019).

Na atualidade, um A330 pesa 230.000 kg, transporta 300 passageiros e pousa com uma velocidade de 140 kts. A grande maioria dos aeródromos em todo o mundo ainda consiste em instalações relativamente simples, pois são antigas e nem sempre acompanham a demanda necessária. Porém, o tráfego aéreo aumenta a cada dia, exigindo, dessa forma, sofisticadas instalações aeroportuárias, de modo a acomodar tripulação, cargas e vários tipos de aeronaves (ASHFORD, 2019).

# 3 EXCURSÃO DE PISTA

Quando uma aeronave sai dos limites físicos em uma pista de um aeródromo, nas fases de pouso e decolagem ao final dela, recebe o nome de *runway overrun*, ou quando ocorre pela lateral, é chamado de *runway veer off*. Esses acontecimentos são denominados de excursão de pista ou *runway excursion* (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2016).

Uma excursão de pista pode ser influenciada por vários fatores, quais sejam: clima, condição da superfície da pista, distâncias declaradas de pouso ou decolagem, presença de obstáculos, falhas de sistema ou mesmo erro humano. Embora na maioria das vezes não haja perda de vidas, o impacto sempre é significativo. Danos à infraestrutura (pistas ou aeroportos fechados), danos legais, danos à imagem corporativa e perdas de receita são apenas alguns exemplos das consequências desse tipo de evento (PERDIGÃO; CABRAL; FERNANDES, 2015; SINDICATO NACIONAL DOS AERONAUTAS, 2018).

Segundo estudos mostrados pela Skybrary (2021b), existem alguns motivos que fazem uma aeronave não conseguir parar no final da pista (*overrun*), a saber: aquaplanagem, velocidade de toque excessiva e peso máximo excedido para as condições predominantes. Além desses, existem outros que podem contribuir para um pouso ou uma decolagem ao lado da pista (*veer off*), tais como: mau funcionamento dos equipamentos da aeronave (falha do motor ou baixa potência, freios assimétricos ou falha no *spoiler*, falha no pneu do trem de pouso do nariz, etc.) e perda direcional devido à aquaplanagem.

Neste sentido, é importante ressaltar as consequências. Uma excursão de pista resulta, em 50% dos casos, em uma perda completa da aeronave. Quando a perda não é total, o dano chega a custar mais de 500 milhões de dólares para o conserto (FLEURY *et al*., 2019).

Em termos globais, ocorrem mensalmente a média de duas excursões de pista, sendo que 15% das que acontecem no final da pista são fatais (RUNWAY SAFE, 2020). Uma pesquisa da *International Air Transport Association* (IATA) sobre dados de incidentes e acidentes constatou que, de 2005 ao primeiro semestre de 2019, aproximadamente 23% dos acidentes no banco de dados global da IATA envolveram saídas de pista. O custo direto de excursão de pista foi estimado, em 2019, em mais de US $ 4 bilhões. Os dados mostram que o setor tem obtido resultados na redução desses índices na aviação comercial, mas o número real e a gravidade indicam que o risco ainda é muito alto (RUNWAY SAFE, 2021).

# 4 MÉTODOS DE SEGURANÇA AO FINAL DA PISTA

A indústria automobilística tem obtido resultados bem-sucedidos na preservação da vida humana, implementado severas medidas para a redução de riscos. Segundo o Congresso dos Estados Unidos, estima-se que a implementação de *airbags* nos automóveis diminui o número de mortes em batidas frontais em 29%, e esses mesmos *airbags*, em conjunto com o cinto de segurança de três pontos, reduziram o número de vítimas fatais em 51%. O próximo passo para a evolução na segurança e a prevenção de acidentes em solo, na aviação, pode ser a implementação de medidas severas e inteligentes (VAN EEKEREN, 2016).

## 4.1 Runway End Safety Areas (RESAs)

As áreas de segurança ao final da pista (em inglês: *Runway End Safety Areas* – RESAs) podem ser associadas a medidas tomadas na prevenção de acidentes (MELO, 2019). São áreas planas e limpas, livres de objetos, que contribuem para aumentar a desaceleração da aeronave, não impedindo a circulação de qualquer aspecto da atividade de resposta a emergências. As RESAs fazem com que sejam reduzidas as consequências, quando as aeronaves ultrapassam o final de uma pista durante uma aterrisagem ou decolagem (SKYBRARY, 2021a).

A RESA consiste em uma área que tem como principal objetivo diminuir os riscos de danos causados por aeronaves que excedem os limites de uma pista, sendo eles nas fases de pouso ou rejeição de decolagem. As suas dimensões normalmente variam de 120 m a 300 m, dependendo do tipo de aeronave a ser operada no aeroporto. Deve se estender a partir do final de uma faixa de pista a uma distância de comprimento igual ou maior do que 90 m. A sua largura deve ser igual ou superior ao dobro da largura de uma pista requerida para a aeronave crítica associada, para pistas com código 3 ou 4 e pistas para operação por instrumento com código de referência de aeródromo 1 ou 2. Caso seja instalado um sistema de desaceleração, as dimensões devem ser adequadas ao projeto do sistema (ANAC, 2019).

## 4.2 Engineered Material Arresting System (EMAS)

O EMAS é uma tecnologia criada como opção para aeroportos que possuem restrições físicas na implementação da RESA, adicionando uma medida de segurança a operações em aeroportos. Essa tecnologia não só a substitui, mas também aumenta a segurança em aeroportos situados perto de montanhas, águas, edifícios, precipícios e outros obstáculos pertos do final de uma pista. De uma maneira geral, funciona como uma caixa de brita, muito utilizada em pistas de corridas automobilísticas e em algumas rodovias. Porém, no âmbito aeroportuário, serve como uma área de escape, permitindo uma frenagem segura e eficiente.

O EMAS consiste em um colchão que possui uma camada de blocos, envolvida por uma camada protetora localizada depois da “distância de recuo”, que começa imediatamente após o término da superfície pavimentada da pista. Esses blocos são esmagados de forma confiável e previsível pelos pneus, devido ao peso da aeronave, fazendo com que a energia cinética seja perdida, contribuindo, assim, para uma desaceleração rápida, suave e consistente. Cada instalação é adaptada às condições ambientais predominantes. A velocidade máxima de entrada no EMAS é adequada de acordo com o tipo de aeronave. Vale lembrar que esse sistema atende a todos os requisitos das diretrizes aplicáveis da *Federal Aviation Administration* (FAA).

A tecnologia teve início na década de 1990, sendo empregada no aeroporto John F. Kennedy (JFK), em Nova Iorque. Desde então, continuou a evoluir e obteve certificações internacionais de autoridades da aviação civil em âmbito global. Atualmente, o EMAS está instalado em cerca de 120 pontas de pista em todo o mundo, sendo desenvolvido por meio de pesquisas da FAA, cujo plano é melhorar as áreas de segurança ao final das pistas. O projeto deve levar em consideração o comprimento/largura da pista, a elevação e a inclinação da área de instalação disponível. O desempenho considera, geralmente, os tipos de aeronaves que voam mais de 500 vezes por ano. Presume-se que essas operarão em 100% da pista *Maximum Take Off Weight* (MTOW) ou 80% da *Maximum Landing Weight* (MLW). A velocidade máxima do colchão EMAS utilizada pela maioria dos dispositivos é de 70 nós.

### 4.2.1 Tipos de EMAS

Existem dois tipos de EMAS, e estes possuem finalidades similares. Estão divididos em greenEMAS e EMASMAX. O greenEMAS foi desenvolvido entre 2007 e 2009, pelo grupo Runway Safe, sendo aceito oficialmente pela FAA, em 2 de abril de 2012. Seu objetivo é o de desacelerar uma aeronave sem impor cargas que excedam os seus limites estruturais, evitando maiores danos a sua estrutura e aos seus ocupantes, com um processo de deformação confiável e previsível. O principal responsável para a quebra de velocidade é um agregado de blocos em espuma de sílica. Esse tipo de EMAS é utilizado no final de uma pista que possui leito com característica de um material triturável, composto por:

* Uma base pavimentada, capaz de dar suporte ao sistema;
* Espuma de sílica: produzida a partir de vidros reciclados e de um agente espumante (carboneto de sílico). A densidade aparente é de aproximadamente 100 kg/m³, e o tamanho do cascalho varia entre 10 mm a 100 mm;
* O CLSM (placa de cobertura), ancorado subjacente ao pavimento, por meio de escoras galvanizadas de baixo perfil, âncoras de pavimento e membrana em plástico de geogrelha (embutida na placa de cobertura);
* Revestimento superior: consiste em várias camadas para proteção da placa de cobertura, aumentando a sua vida útil e reduzindo a manutenção necessária para o sistema. A camada primária é um tratamento selante, que torna a superfície hidrofóbica, e otimiza as características de congelamento e descongelamento do leito.

A força de desaceleração é projetada para ser mantida abaixo de 3.0 G. A espuma de sílica é esmagada sob o peso dos pneus da aeronave, e quando esse agregado é esmagado, o seu processo é irreversível, tendo a sua energia dissipada, proporcional ao desempenho do sistema. Observa-se que, quanto mais a aeronave entra em profundidade no percurso, maior é a sua carga de arrasto.

Esse sistema é projetado para cargas ambientais e operacionais. Para tanto, alguns fatores são considerados, como a explosão de jato, mais conhecido como *jet blast*. Para que o ar turbulento no jato de ar produzido pelas turbinas das aeronaves esteja dentro das cargas de vento recomendadas, usa-se equações de fluido baseadas no teorema de Bernoulli, dividido em zona de alta e moderada velocidade.

O greenEMAS é projetado pensando nas cargas do meio ambiente, como a gravidade, o sol, a chuva, a neve, o vento, o granizo e as grandes variações de temperaturas. Também, considera-se a boa drenagem. O seu topo é planejado de modo que não ocorra formação de poças. Isso é realizado mediante fornecimento de drenos dentro do leito, fazendo com que qualquer água infiltrada consiga ser drenada para fora do supressor. O pavimento de suporte na sua construção fica em declive, de forma que o excesso de água é levado para longe da cama. Ressalta-se que a vida útil do Runway Safe greenEMAS é de 20 anos. Como a sua composição é de materiais de fácil manutenção, utiliza-se meios e métodos de construção normais. O comprimento depende de fatores, como o tipo de aeronave usada e as configurações do aeroporto (OLSSON, 2021).

Com relação à camada de cobertura do greenEMAS, essa considera as cargas associadas aos pedestres durante as operações e inspeções de rotina, as manutenções normais, bem como as condições de saída de emergências, considerando os equipamentos necessários. A iluminação de aproximação e qualquer tipo de sinal, marcador ou equipamento de orientação que auxilie na navegação, podem ser inseridos dentro da cama do greenEMAS, e a infraestrutura para esses equipamentos é feita durante a preparação do pavimento. Na maioria desses casos, os acessórios são instalados com acoplamentos frangíveis no pavimento e na superfície do EMAS. Uma solução para esses equipamentos frágeis é o uso de um poste de fibra de vidro, o qual possibilita um caminho de conduíte para qualquer cabeamento necessário (RUNWAY SAFE, 2021).

Mediante estudos, é possível observar que o greenEMAS é planejado considerando tanto a segurança da aeronave quanto as missões de resgate. Para a operação de evacuação, possui rampas laterais e traseiras, a fim de facilitá-la, no caso de uma emergência. O pavimento do EMAS assemelha-se ao de uma pista ou pista de taxiamento, e caso haja uma evacuação em que a aeronave tenha um dano mínimo ou nenhum, essa poderá ser feita por escadas, se não houver perigo. No Aeroporto de Chicago Midway, nos Estados Unidos, por exemplo, está instalado em quatro cabeceiras (FAA, 2021).

O EMASMAX, por sua vez, é a versão mais recente e durável do bloco EMAS da Runway Safe, desenvolvido e tecnicamente aprovado pela FAA. A cama do para-raios dessa tecnologia consiste em blocos de cimento celular leves e quebradiços, planejados para conferir maior segurança às aeronaves que cruzam a cabeceira. Uma vez que os blocos são colocados no lugar, as lacunas entre eles são seladas com material de calafetação, adequado a cada local. A sua instalação é no final da pista, normalmente até a profundidade total, seguida por um platô. O leito, ao ser finalizado, incorpora degraus laterais em todo o perímetro, que permitem combater incêndios e realizar resgates; ao mesmo tempo, permite o desembarque de passageiros. A área de segurança é classificada de acordo com os padrões de drenagem, sendo inclinada e ajustada, se necessário for, com base no desempenho do avião. Além disso, o leito é projetado para proteção contra objetos estranhos e *jet blast* de aeronaves, operando na direção oposta. Essa tecnologia está instalada no final de 111 pistas, em 66 aeroportos diferentes nos Estados Unidos. Ressalta-se que um leito de proteção EMASMAX pode reduzir a exigência de RESA de 240 m para 140 m ou menos (SÄÄW, 2021).

Alguns dos benefícios que o EMASMAX pode proporcionar são estes:

* Instalação rápida e fácil: os blocos são produzidos para atender às especificações exatas e são feitos sob medida, para se adequarem à pista desejada;
* Blocos projetados, prontos para serem instalados: os blocos EMASMAX estão prontos para serem instalados, basta colocá-los em ordem; e
* Eficazes em todas as condições meteorológicas.

Na figura a seguir, observa-se em uma visão mais detalhada, as principais diferenças dos

 materiais usados entre o EMASMAX e o greenEMAS.

**Figura 1 – Materiais usados no EMASMAX e GreenEMAS**

Fonte: Runway Safe, 2020.

### 4.2.2 Análise sobre a eficácia do EMAS

Um estudo apresentado buscou analisar 12 saídas de pista que usaram essa tecnologia entre 1999 e 2017. Esses acidentes foram estudados levando em conta o cenário mais provável, caso o sistema não tivesse sido instalado. Fatores típicos também foram considerados, como o nível de energia (velocidade e massa), as características da pista, as faixas de decolagens e seus arredores e os potenciais riscos a terceiros, usando a escala apresentada por NLR, no relatório ASTER, que define o nível de risco (RUNWAY SAFE, 2020).

Na análise das 12 vezes que o EMAS foi usado, concluiu-se que, em uma delas, as consequências poderiam ser catastróficas, se não tivesse empregado essa tecnologia; quatro teriam se transformado em desastres; outras quatro ocasiões seriam caracterizadas como acidentes graves; uma, como acidentes menores; e em dois casos, as ultrapassagens foram baixas a tal ponto que a ausência do EMAS não teria feito diferença. Os dados mostraram que em todas as vezes que o EMAS foi utilizado mostrou-se efetivo e eficaz.

Estima-se, nos aeroportos onde o EMAS foi instalado, uma economia acima de 1,4 bilhões de dólares, conforme dados fornecidos pela Runway Safe (2020) acerca de acidentes de pista em um período de 3 anos. Nesse período, foram constatadas 389 saídas de pista em várias partes do mundo. A conclusão foi a de que mais de 500 milhões de dólares poderiam ter sido economizados por ano, se muitos aeroportos tivessem esse sistema.

De acordo com Van Eekeren (2016), uma pesquisa em 100 instalações já existentes do sistema nos Estados Unidos mostrou os custos para a implementação, a manutenção e os reparos do EMAS. O preço indicativo pela FAA é de 150,70 dólares por m² para a preparação do local, e de 839,60 dólares por m² para a instalação da cama. Os custos reais e precisos são variáveis, de acordo com a fabricante. A área total dos 100 EMAS analisados é de 471.900 m². Assim, o custo total da instalação gira em torno de 467,2 milhões de dólares. Para a sua manutenção, projeta-se o valor de 1 dólar, a cada 3 anos, para 0,092 m² de construção, ou 0,33 centavos de dólares a cada 9 anos para as mesmas medidas. Tendo em vista um cálculo conservador, em um período de 10 anos, o custo total dos 100 sistemas analisados seria de 16,9 milhões de dólares. Com relação ao custo com reparos devido a danos provocados, quando o sistema entra em ação, o valor varia de acordo com o tipo de aeronave, a sua trajetória e a quantidade de energia dissipada, determinando, assim, o número de blocos a serem repostos. O fabricante indica que o custo de reparo é, em média, de 550.000 dólares para cada instalação. Desse modo, o valor mais alto com reparo seria de 13,5 milhões de dólares. Estima-se que, nos Estados Unidos, o valor total em camas é de 497, 6 milhões de dólares.

O mesmo estudo apresentou cálculos sobre um exemplo de acidente com excursão de pista. O fato ocorreu em Toronto, no Aeroporto Toronto Pearson, no dia 2 de agosto de 2005, com um Airbus A340-31E. A aeronave carregava 297 passageiros e 12 tripulantes, localizada na cabeceira 24L a uma velocidade de 86 kts. Nesse acidente, 12 pessoas ficaram gravemente feridas, e 540 voos foram cancelados ou alternados. Esse aeroporto não possuía RESA padrão, nem cama EMAS. Estima-se que o prejuízo financeiro advindo do acidente foi de 471,080 milhões de dólares, incluindo o preço da aeronave – destruída –, as operações do aeródromo, que foram prejudicadas, e os danos causados a passageiros e terceiros.

Tomando esse exemplo, foram analisados os possíveis custos, caso o aeroporto contasse com o EMAS já instalado. Supondo que o sistema tivesse sido instalado por completo na pista 24L, com um valor próximo de 5 milhões de dólares, considerando, também, a complexibilidade para a preparação do terreno, o que geraria um custo de mais 5 milhões de dólares, o investimento, de aproximadamente 10 milhões de dólares, geraria uma economia de 386,270 milhões de dólares, tendo em consideração que os custos diretos e indiretos do acidente foram estipulados em 84,081 milhões de dólares.

Vale destacar, aqui, outros dois exemplos envolvendo acidentes. O primeiro ocorreu em janeiro de 2005, em que um Boeing 747 varou pista na cabeceira 04R, no Aeroporto JFK, em Nova Iorque, Estados Unidos. Caso o aeroporto não possuísse o EMAS, as consequências prováveis trariam danos substanciais à aeronave e ferimentos graves à tripulação. Ressalta-se que a aeronave em questão era cargueira; portanto, não havia passageiros. A economia estimada nesse acidente foi de 332,080 milhões de dólares.

O segundo caso aconteceu em outubro de 2010, em que um Bombardier CRJ-200, jato regional, varou pista no Aeroporto Yeager, localizado em Charleston, Virgínia, Estados Unidos. As consequências sem o EMAS seriam classificadas de catastróficas. A bordo da aeronave estavam 34 pessoas. Ressalta-se que o local era de penhasco. A economia líquida que o EMAS trouxe para esse acidente foi de 282,380 milhões de dólares, além de evitar uma catástrofe para além de questões financeiras.

Estatísticas mostram que a maioria das excursões de pista acontece devido às condições adversas de tempo, em situações na qual a superfície da pista está úmida ou contaminada. Nota-se, com isso, que o EMAS apresenta vantagem em relação a outros métodos já conhecidos. Tomando como exemplo uma RESA padrão, o seu desempenho será baseado em condições de tempo seco. Portanto, não se sabe como é o seu desempenho caso a superfície esteja úmida ou contaminada, podendo ser muito pior do que em um tempo seco. Além disso, as condições são monitoradas e raramente o tempo está somente seco. Com relação ao EMAS, pode-se dizer que esse sistema não é afetado pelas condições de superfície, pois foi testado e validado para várias condições climáticas. Relatórios mostram que sua tecnologia parou as aeronaves com segurança em todas as condições meteorológicas. Supõe-se, assim, que o desempenho da parada EMAS será muito melhor do que uma RESA padrão em condições adversas.

### 4.2.3 Restrições do EMAS

O EMAS reduz a severidade de uma ultrapassagem ao final de uma pista. Por conseguinte, diminui o risco para os ocupantes das aeronaves e o equipamento em operação. É importante mencionar que estudos revelam que entre 1995 e 2008, 44,5% das excursões de pista foram *veer-offs*, havendo um aumento desses casos entre 2011 e 2013, com um total de 305 excursões de pista. Em 58,4% desses casos, a aeronave saiu da pista pela lateral. Esses eventos consistem em situações nas quais o EMAS não forneceu nenhuma proteção adicional, já que o seu objetivo é prevenir situações de *overrun*, no qual a aeronave ultrapassa os limites da pista ao seu final (VAN EEKEREN, 2016).

Outro fator importante a ser destacado diz respeito às restrições quanto às pesquisas feitas sobre a eficácia do EMAS. É necessário que mais situações sejam analisadas, tendo em vista que o número de excursões de pista sem o EMAS é grande. Com isso, alguns fatores acabam sendo ignorados nesses acidentes, como: tamanho do aeroporto, motivo do acidente (problema com o trem de pouso, freios, superfície da pista), largura da pista, intuito do voo, peso e tipo da aeronave, o que pode afetar um pouso ou uma decolagem e gerar uma excursão de pista (MASHKANI, 2019).

# 5 EMAS COMO ALTERNATIVA NO BRASIL

Segundo Giuliano Capucho, Superintendente de Engenharia na Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), o Brasil será o primeiro país da América Latina a usar o EMAS em um de seus aeroportos. O aeroporto a receber o sistema será o de Congonhas, o segundo mais movimentado do país. No ano de 2019, atendeu mais de 25 milhões de passageiros. O investimento será de 122,5 milhões de reais, feito pela Infraero, empresa estatal. O estimado de execução da obra é de 16 meses, e o tipo de EMAS escolhido foi o greenEMAS (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2021).

Para essa implantação, alguns obstáculos devem ser removidos. O RBAC n.º 154 – EMENDA 06 diz que a RESA deverá ser implementada a uma distância de, no mínimo, 90 m ao final de uma faixa de pista. No item 154.209(3), consta que, caso haja um sistema de desaceleração implementado, as distâncias podem ser reduzidas, com base nas especificações do sistema EMAS. Foi observado que no RBAC 154 não possui informações necessárias para o projeto de desaceleração com esse sistema, sendo necessária a utilização, para o anteprojeto em SBSP (Congonhas), os normativos da FAA. Para que a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) aprovasse o projeto, foi criado um grupo para estudá-lo (critérios, manutenção e instalação). Isso resultou na Nota Técnica n.º 8/2020/GTEA/GCOP/SAI, que traz informações de critérios básicos para o projeto de sistema de desaceleração de aeronaves em áreas de segurança de fim de pista – RESA (ANAC, 2020).

**Figura 2 – Velocidades projetadas de escape para a implementação do EMAS em Congonhas**

Fonte: Infraero, 2021.

Observa-se na figura 2, que foram feitas simulações na pista principal e na pista auxiliar do Aeroporto de Congonhas para velocidades de escape de 40, 50, 60 e 70 kts, ou seja, do mínimo ao máximo requerido pelo regulador, segundo os padrões internacionais. Porém, constatou-se que as velocidades de 60 kts e 70 kts ultrapassam os limites do sítio aeroportuário, o que inviabilizaria o grande investimento e o prazo de execução. Desse modo, o projeto de Congonhas foi viabilizado para uma excursão de pista de 50 kts (AVIATION, SPACE & ATC – ASA, 2021).

A Kibag Brasil Ltda. e a Conserva de Estradas Ltda., que são duas construtoras com experiência significativa em aviação, ganharam um contrato da Infraero para fornecer a instalação de dois greenEMAS, um em cada extremidade da pista 17R-35L. Aproveitando que o aeroporto não funciona em 24 horas as obras serão feitas no horário noturno, porque, além de o aeroporto estar fechado, trará menos impactos à sociedade e às empresas aéreas que ali operam (RUNWAY SAFE, 2021).

**Tabela 1 – Distâncias declaradas com e sem o EMAS em Congonhas**

Fonte: Infraero, 2021.

Nessa tabela, é possível observar as distâncias declaradas entre as cabeceiras 17R e 35L na pista principal, antes e após a instalação do EMAS no Aeroporto de Congonhas (BJÖRKLUND, 2021). Diferentemente do que muitos projetaram, haverá ganhos importantes nas distâncias declaradas da pista principal desse aeroporto. A pista disponível para corrida de decolagem (*TakeOff Run Available* – TORA) e a distância disponível para aceleração e parada (*Acelerate-Stop Distance Available* – ASDA) aumentarão de 1790 m para 1883 m, em ambas as cabeceiras. No mesmo sentido, a distância de pouso disponível (*Landing Distance Available*) aumentará de 1660 m para 1783 m na cabeceira 17R, e para 1848 m na cabeceira 35L. A única distância declarada na qual haverá uma pequena diminuição será a de decolagem disponível (*TakeOff Distance Available* – TODA), passando de 1940 m para 1883 m. Essa diminuição é necessária para que o sistema seja implantado com velocidade de entrada de 50 kts, sendo adentrado no pavimento existente, de modo a posicionar e a sustentar a sua estrutura. A despeito disso, a operação não será afetada, pois o grande limitador das distâncias declaradas no Aeroporto de Congonhas é a LDA, que, como visto, teve sua distância declarada aumentada. Com isso, haverá maior segurança nas operações (INFRAERO, 2021).

# 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo do pressuposto teórico, a otimização e a inovação das infraestruturas aeroportuárias são de suma importância para que prejuízos vinculados a uma excursão de pista sejam minimizados. Este estudo teve por objetivo analisar o impacto desse evento indesejado. Dependendo da gravidade do acidente, operações de pouso e decolagem podem ser prejudicadas, acarretando consequências financeiras a todos os envolvidos, pode haver danos à imagem da empresa envolvida, e pessoas podem perder a vida.

Observa-se que a maior parte das excursões de pista é causada por condição da superfície da pista. Analisando o EMAS, nota-se que este apresenta resultados melhores do que outros métodos de prevenção em solo, pois foi projetado para todos os tipos de condições predominantes e adversas, não alterando a sua performance quando exposto a elas, diferentemente dos atuais métodos de prevenção, que são planejados para tempo seco, sendo que este quase nunca é predominante.

Conforme demonstrado, o EMAS apresentou excelentes resultados em relação ao que se esperava, mostrando que é um mitigador de impactos em situações nas quais as aeronaves se submetem a uma excursão de pista, ultrapassando o seu final. Verificou-se que mais de 500 milhões de dólares poderiam ter sido economizados por ano caso essa tecnologia fosse inserida nos aeroportos ao redor do mundo, como uma forma de prevenção. Mediante a proposta investigativa empreendida, pode-se afirmar que investir nesse sistema é viável.

Todavia, restrições ainda existem, haja vista que uma excursão de pista pode acontecer tanto pela lateral quanto no final de uma pista de pouso e decolagem. Até então, os equipamentos EMASMAX e greenEMAS apresentam soluções similares para que aeronaves percam a energia cinética com segurança, provocando um mínimo – ou nenhum – impacto aos seus ocupantes, principalmente quando varam a pista em suas extremidades. Entretanto, o sistema não é útil para aquelas que fazem o mesmo pela lateral de uma pista.

Como sugestão para futuros trabalhos, entende-se que estudos devem ser empreendidos a fim de mostrar a viabilização do EMAS em outros aeroportos críticos no Brasil, como o Aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro. Além disso, deve-se fazer a coleta de uma maior quantidade de dados em que o EMAS tenha entrado em ação, evidenciando outros tipos de acidentes, bem como análises voltadas para a performance de cada aeronave, separadamente, demonstrando os impactos para cada tipo. Outra sugestão diz respeito à análise de projetos que possam ajudar na mitigação de excursões de pista pela lateral (*verr-off*), visto que o sistema apresentado pouco pode fazer para combater esse problema.

# REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. **Área de segurança de fim de pista**. ANACpédia. 2014. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_esp/tr1384.htm>. Acesso em: 23 jul. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC n.º 154. EMENDA n.º 06**. 2019. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2019/37s1/anexo-i-rbac-no-154-emenda-06. Acesso em: 27 jul. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Nota Técnica n.º 8/2020/GTEA/GCOP/SIA**. 2020. Disponível em: https://licitacao.infraero.gov.br/arquivos\_licitacao/2020/SEDE/171\_ADLI-1\_SBSP\_2020\_LI/01\_Anexo\_XX\_MDSC\_EMAS.pdf. Acesso em: 16 ago. 2021.

ASHFORD, N. J. **Evolution Of Airports**. Encyclopedia Britannica, 2019. Disponível em: https://www.britannica.com/technology/airport. Acesso em: 09 jun. 2021.

AVIATION, SPACE & ATC – ASA. **Congonhas ganha segurança com o EMAS.** Canal ASA – Episódio 337. Youtube, 2021. Disponível em: <https://youtu.be/FCc-wsiMlxo>. Acesso em: 16 out. 2021.

BJÖRKLUND, O. **Material Quantities for São Paulo – Congonhas Airport (CGH)**. Runway Safe, 2021.

CAVALCANTE, E. P. G.; DUARTE, C. R.; COHEN, R. Arquitetura de Aeroportos: dos terminais de passageiros operacionais aos comerciais. **Revista Projetar Projeto para Viver**, v. 2, n. 1, p. 57-68, abr. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA – INFRAERO. **EMAS (Engineered Material Arresting System) - Aeroporto se Congonhas – SP**. 2021.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION – FAA. **Engineered Material Arresting System (EMAS)**. 2021. Disponível em: https://www.faa.gov/news/fact\_sheets/news\_story.cfm?newsId=13754. Acesso em: 26 set. 2021.

FLEURY, S. *et al*. **Assessment of the impact of new concepts reducing the risk of runway excursions** - Definition of the global solution for runway excursion protection and mitigation. Future Sky Safety. Horizon, 2019. Disponível em: <https://www.futuresky-safety.eu/wp-content/uploads/2019/04/FSS_P3_TR6_D3.11_v2.0.pdf>. Acesso em:15 set. 2021.

MAGALHÃES, T. S. M. **A infraestrutura aeroportuária brasileira e o uso de tecnologias no desenvolvimento da aviação**. 2020. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, Santa Catarina, 2020. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8342/1/ THIAGO\_AD2\_VF\_PDFA.pdf. Acesso em: 10 set. 2021.

MASHKANI, A. A. **Analyzing the Efficiency of EMAS at FAR Part 139 Airports in the USA.** 2019. Disponível em: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019MsT.........19A/abstract. Acesso em: 10 set. 2021.

MELO, P. de S. **Sistema antecipatório de prevenção de Excursão de Pista**. 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado em Computação) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Informática, Goiânia, Goiás, 2019. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/9422/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Pablo%20de%20Souza%20Melo%20-%202019.pdf. Acesso em: 26 jul. 2021.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Excursão de pista**. 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/aerodromos/seguranca-operacional/runway-safety/excursao-de-pista>. Acesso em:12 jun. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Investimento federal vai tornar Congonhas primeiro aeroporto da América Latina com sistema EMAS**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/investimento-federal-vai-tornar-congonhas-primeiro-aeroporto-da-america-latina-com-sistema-emas. Acesso em: 18 jun. 2021.

OLSSON, M. **Runway Safe greenEMAS system has been selected to be installed in Brazil as South America’s First EMAS Systems**. 2021. Disponível em: <https://runwaysafe.com/greenemas-installation-in-brazil/>. Acesso em: 26 jul. 2021.

PERDIGÃO, L. F. dos T. e D.; CABRAL, L. O. C.; FERNANDES, R. Runway Excursion – fatores contribuintes e ações preventivas. **Anais […]** 8º Simpósio de Segurança de Voo, Brasil, 2015. Disponível em: https://hugepdf.com/download/runway-excursion-fatores-contribuintes-e-aoes-preventivas\_pdf. Acesso em: 30 jul. 2021.

PEREIRA, M. A.; HAUENSTEIN, N. E.; FRIEDRICH, A. Um relato sobre a evolução histórica da aviação. **Anais […]** XXIII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão. Rio Grande do Sul, 23 a 25 de outubro de 2018. Disponível em: https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2018/XXIII%20SEMINARIO%20INTERINSTITUCIONAL/Ciencias%20Sociais%20e%20Humanidades/Mostra%20de%20Iniciacao%20Cientifica%20-%20TRABALHO%20COMPLETO/UM%20RELATO%20SOBRE%20A%20EVOLUCAO%20HISTORICA%20DA%20AVIACAO.pdf. Acesso em: 18 set. 2021.

RUNWAY SAFE. **EMAS Technology Basics**. 2020.

\_\_\_\_\_\_. **Construction and design**. 2021. Disponível em: <https://runwaysafe.com/solutions/greenemas/greenemas-construction-and-design/>. Acesso em: 08 out. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **EMASMAX®:** Optimized Engineering. 2021. Disponível em: <https://runwaysafe.com/solutions/emasmax/>. Acesso em:17 set. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Performance Report for greenEMAS at São Paulo – Congonhas Airport (CGH)**. (Rev. 03). 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Runway Safety**. 2021. Disponível em: <https://runwaysafe.com/runway-safety/>. Acesso em: 19 set. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Technical Report for greenEMAS at São Paulo–Congonhas Airport (CGH)**. 2021.

SÄÄW, J. **Installation Manual for greenEMAS**. Runway Safe, 2021.

SINDICATO NACIONAL DOS AERONAUTAS – SNA. **Runway Excursion**. 2018. Disponível em: https://www.aeronautas.org.br/images/safety\_sna\_saidas\_de\_pista.pdf. Acesso em: 12 out. 2021.

SKYBRARY. **Engineered Material Arresting System (EMAS)**. 2021a. Disponível em: https://www.skybrary.aero/index.php/Engineered\_Materials\_Arresting\_System\_(EMAS). Acesso em: 10 set. 2021.

\_\_\_\_\_\_. **Runway Excursion**. 2021b. Disponível em: https://www.skybrary.aero/index.php/Runway\_Excursion. Acesso em: 09 abr. 2021.

VAN EEKEREN, J. N. M. **Estimated Cost** – Benefit análisis of runway excursion severity reduction, based on actual arrestments. 2016. Disponível em: [https://static1.squarespace.com/static/56a897fd5827c304cbfd26ae/t/56af4370fb36b19d653a43df/1454326673954/cost-benefit+analysis+arresting+system+copy.pdf](https://static1.squarespace.com/static/56a897fd5827c304cbfd26ae/t/56af4370fb36b19d653a43df/1454326673954/cost-benefit%2Banalysis%2Barresting%2Bsystem%2Bcopy.pdf). Acesso em: 25 jul. 2021.

**E-mail para contato: joaolucasnf@icloud.com**

**(21) 9 9106-2221**

1. Graduando do Curso de Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. [↑](#footnote-ref-1)
2. Graduada em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), Mestre em Física pela Universidade de São Paulo (1991), Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professora efetiva na Pontifícia Universidade Católica de Goiás e na Universidade Estadual de Goiás. Possui experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada. E-mail:abechepeche@yahoo.com.br. [↑](#footnote-ref-2)