



ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DE ENGINEERED MATERIAL ARRESTING SYSTEM (EMAS) NO AEROPORTO JORGE AMADO - ILHÉUS POR MEIO DE ANÁLISE DE RISCO

Patrícia Tieko Lopes Okuma, Felipe Hernandes Cava, Carlos Yukio Suzuki
Centro Universitário FEI, Departamento de Engenharia Civil e Escola Politécnica da USP, Departamento
de Engenharia de Transportes

* **Corresponding author e-mail address:** patricia.okuma@hotmail.com

PAPER ID: SIT208

ABSTRACT

The lack of adequate conditions on runways, such as a Runway Safety Area (RSA) smaller than that specified by the RBAC, can result in aeronautical accidents. However, currently, there are systems whose function is to increase the airport's security level, without the need to expand the RSA or reduce the runway. The Engineered Material Arresting System (EMAS) consists of a passive aircraft arrest system, in which the aircraft, in the event of a runway excursion, by overrun or veer-off, it is completely stopped, in order to mitigate damage to passengers, crew and the aircraft itself. EMAS is mainly used in airports with limited expansion areas and which present risks of aeronautical accidents, such as Ilhéus Airport. The general objective of this work is to study the efficiency of EMAS and risk analysis as an analysis method for implementing the system at Jorge Amado – Ilhéus Airport (SBIL). Through the results of the existing condition of RSA, of the Ilhéus Airport, an overrun risk during the landing of 1.2×10^{-6} it was observed. Considering the deployment of EMAS for 50, 60 and 70 knots, a reduction in the risk of overrun during landing was observed by 32%, 35% and 38%, respectively. In addition, the implementation of EMAS reduces the overall risk of the airport by 32% compared to the existing RSA in Ilhéus, whose probability of serious incidents is currently 7.2×10^{-7} . Through the analyzes developed in this work, it is considered that the EMAS designed for an entry speed of 50 knots presents better cost-benefit due to the increase in security provided to the airport and less investment in infrastructure.

Keywords: EMAS, Runway excursion, Overrun.

ACKNOWLEDGEMENTS

Agradecemos ao Centro Universitário FEI e à Escola Politécnica da USP por todo o suporte prestado para a realização do presente artigo.

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes aeronáuticos são causados por uma somatória de variáveis, direitas ou indiretas, podendo ser ocasionados ainda por falha humana ou por falha mecânica (CENIPA, 2021).

A falta de condições adequadas na pista de pouso e decolagem é uma das possíveis causas de acidentes aeronáuticos. Por exemplo, *Runway End Safety Area* (RESA) menor do que o mínimo especificado no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC).

Ainda de acordo com o CENIPA (2021), e baseando-se nos acidentes aeronáuticos registrados nos últimos 10 anos, foram obtidos os totais de acidentes, acidentes fatais e fatalidades ilustrados na Figura 1.

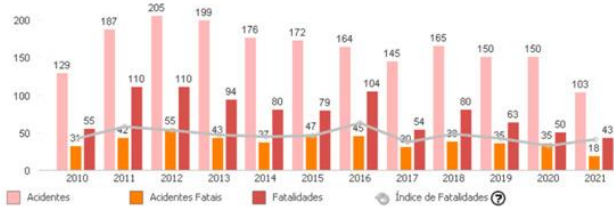


Figura 1 Panorama dos acidentes nos últimos 10 anos. Fonte: CENIPA, 2021.

Uma aeronave pode sofrer diversos tipos de acidentes durante operações de pouso e decolagem. Dentre os possíveis acidentes estão os ocasionados por excursão de pista, como *overrun*, no qual a aeronave ultrapassa o final da pista e, *veer-off*, no qual a aeronave ultrapassa a lateral da pista (ANAC, 2021).

Em 17 de julho de 2007, no Aeroporto de Congonhas, ocorreu a maior tragédia da aviação brasileira, ilustrada na Figura 2, totalizando 199 vítimas fatais.



Figura 2 Acidente com o voo JJ3054 da TAM. Fonte: Guerreiro, 2007.

Nesse acidente, segundo Duarte e Macedo (2012), o Airbus A320-233, da TAM, que havia

saído do Aeroporto Internacional de Porto Alegre e tinha como destino o Aeroporto de Congonhas, ao iniciar a operação de pouso, acabou perdendo o controle, ultrapassando a pista pela sua lateral, atingindo um edifício localizado no outro lado da Avenida Washington Luís, em São Paulo.

O Aeroporto de Congonhas é o primeiro da América Latina a aderir ao *Engineered Material Arresting System* (EMAS), sendo o acidente mencionado um dos motivadores para tal implantação.

O EMAS é um sistema passivo de apreensão de aeronaves, conforme ilustrado na Figura 3, no qual a aeronave é imobilizada por meio da força de arrasto gerada através do atrito entre os trens de pouso e o leito supressor.



Figura 3 EMAS implantado no Aeroporto de Congonhas. Fonte: Autores, 2022.

Esse sistema é projetado para que aeronaves em excursão de pista sejam imobilizadas, de forma gradual, com a finalidade de mitigar os danos gerados aos passageiros, tripulantes e à própria aeronave (Yang et al., 2018).

Portanto, a implantação do EMAS auxilia na redução de risco de um aeroporto, consequentemente, aumentando sua segurança. Sendo um sistema utilizado, principalmente, em aeroportos que apresentem riscos de acidentes

aeronáuticos, devido à reduzida extensão de pistas de pouso e decolagem e limitação na expansão de sua respectiva área.

Uma das formas de saber a viabilidade técnica da implantação do sistema em um aeroporto é por meio da análise de risco, cujo nível aceitável de segurança, estabelecido pela Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido (CAA), é de 1×10^{-7} .

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é estudar a eficiência do EMAS e o método para análise de risco da viabilidade de implantação do EMAS no Aeroporto Jorge Amado – Ilhéus.

2. MÉTODOS

O Aeroporto selecionado para os estudos do presente trabalho foi o Jorge Amado – Ilhéus, situado no estado da Bahia; o qual possui uma pista com 1.467 m de comprimento por 45 m de largura, cujas cabeceiras, 11 e 29, estão, respectivamente, limitadas pelo Rio Cachoeira e pela Rodovia Barão do Rio Branco, seguida pelo mar.

Conforme mencionado anteriormente, a verificação da viabilidade técnica da implantação do EMAS foi realizada por meio da análise de risco, com o auxílio do software RSARA2, como ilustrado na Figura 4, o qual utiliza a metodologia descrita no ACRP Report 50.



Figura 4 Tela inicial do RSARA2. Fonte: Autores, 2022.

Os modelos utilizados para a concretização da análise de risco pelo ACRP Report 50 são: modelo de probabilidade, modelo de localização e modelo de consequência.

O modelo de probabilidade estima a probabilidade de ocorrência de cada tipo de evento, LDUS (*undershoot* durante pouso), LDOR (*overrun* durante pouso), LDVO (*veer-off* durante pouso), TOOR (*overrun* durante

decolagem) e TOVO (*veer-off* durante decolagem), por meio de uma análise de regressão logística, conforme Equação (1).

$$P = \frac{1}{1 + e^{b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + \dots}} \quad (1)$$

Onde: P é o percentual da probabilidade de ocorrência de um acidente; b_n são os coeficientes de regressão e; x_n são as variáveis independentes.

O modelo de localização estima a probabilidade de uma aeronave parar a uma certa distância após final da pista de pouso e decolagem, ainda sobre a RESA.

Enquanto o modelo de consequência estima a gravidade da ocorrência, levando em consideração o modelo de localização somado aos obstáculos presentes no entorno.

Segundo Eddowes et al. (2001), para fins de comparação, os níveis aceitáveis de segurança, estabelecidos pela autoridade de aviação civil do Reino Unido (CAA), é de $1,0 \cdot 10^{-7}$ por operação, para ultrapassagens do tipo *overrun* com consequências graves e, $5,0 \cdot 10^{-7}$ por operação, para ultrapassagens do tipo *overrun*.

Os elementos de entrada necessários para a realização da análise de risco são: séries históricas de operações, dados históricos meteorológicos (METAR – *Meteorological Aerodrome Report*), características da pista, característica da RESA e algumas informações gerais, como o volume anual de tráfego e correspondente taxa de crescimento.

Os dados históricos de operações são relativos ao tipo de aeronave utilizada em cada operação, tanto de pouso quanto de decolagem, do aeroporto em questão, bem como a data e horário de ocorrência.

As características da pista são relativas à elevação, à direção, às distâncias declaradas, dentre outras informações que se referem, exclusivamente, à pista.

Já as características da RESA são relativas à geometria, à localização, ao tipo de material que compõe essa área, principalmente sua superfície, aos obstáculos presentes, dentre outros.

Para a realização da análise de risco, os dados de entrada referentes ao Aeroporto Jorge Amado – Ilhéus foram considerados como: elevação de 4,57 m acima do nível do mar, taxa de crescimento de tráfego anual de 0,0% e movimentação anual de 8.400 operações; já as

características geométricas das áreas após a pista de pouso e decolagem foram estimadas conforme cada cenário, que serão apresentados adiante.

A análise de risco foi realizada para seis diferentes cenários, os quais terão seus resultados comparados a fim de se escolher o mais viável, tecnicamente, para o Aeroporto Jorge Amado - Ilhéus.

Com base no mix de aeronaves do Aeroporto Jorge Amado – Ilhéus, o modelo A319 é o que apresenta o maior Peso Máximo de Decolagem dentre as três aeronaves mais frequentes, como ilustrado na Figura 5, cujas operações correspondem a 22,01% do total anual realizado, entretanto, no *Advisory Circular* 150/5220-22B não há um ábaco para esse modelo, sendo plausível substituí-lo, para fins de cálculos, pelo modelo B737.

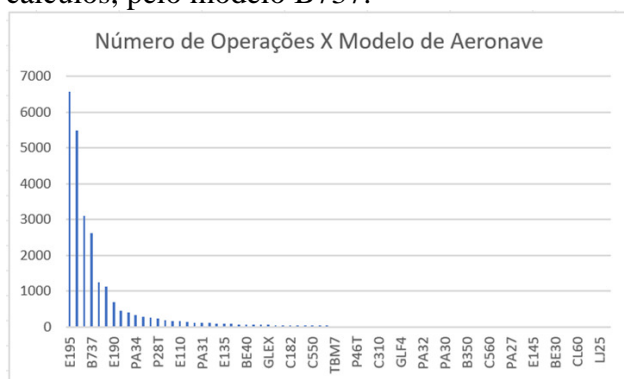


Figura 5 Frequência dos modelos de aeronaves que operam no Aeroporto Jorge Amado – Ilhéus. Fonte: Autores, 2022.

O pré-dimensionamento para os cenários que apresentam o EMAS foi feito a partir dos ábacos encontrados no *Advisory Circular* nº 150/5220-22B.

A diferença entre os seis cenários estudados está na área após o final da pista de pouso e decolagem.

O cenário 1 apresenta a RESA atual; os cenários 2 e 3 simulam, respectivamente, que o aeroporto, código 3, foi cadastrado na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) antes e depois da alteração do RBAC, em 12 de maio de 2009 e; os cenários 4, 5 e 6 simulam o aeroporto com EMAS, cujas velocidades de saída de pista são de 50, 60 e 70 nós, respectivamente.

A velocidade de saída de pista para qual o EMAS é projetado, é a velocidade máxima com que a aeronave pode atingir o leito supressor sem comprometer sua eficiência.

Na Tabela 1 são exibidos os seis diferentes cenários, com seus respectivos comprimentos de RESA ou EMAS, para cada uma das cabeceiras.

Tabela 1 Comprimento mínimo requerido para cada cenário

Cenário	Comprimento mínimo requerido (m)	
	Cabeceira 11	Cabeceira 29
1	48,77	152,40
2	90	90
3	240	240
4	83	83
5	100	100
6	150	150

Ressaltando que, para os cenários 2 e 3 é necessária ainda uma área de *Stopway*, com 60 m de extensão para ambos os casos, além dos comprimentos apresentados na Tabela 1, localizada entre o final da pista de pouso e decolagem e o início da RESA; já para os cenários 4, 5 e 6 é necessário um espaçamento, denominado *Setback*, situado entre o final da pista de pouso e decolagem e o início do leito supressor, cujo comprimento adotado foi de 9 m, além dos comprimentos apresentados na tabela acima, a fim de evitar danos ao EMAS causados pelo *Jetblast*, que é uma explosão de ar provocada pela aeronave durante operação de decolagem.

3. RESULTADOS

A seguir, na Tabela 2, serão exibidos os resultados gerais das análises de risco realizadas para os três cenários sem a presença do EMAS.

Tabela 2 Resultados gerais para os cenários 1, 2 e 3 (sem EMAS)

Tipo de Acidente	Probabilidade média		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
LDOR	1,0E-06	1,1E-06	3,9E-07
TOOR	2,5E-07	2,5E-07	1,4E-07
LDUS	9,3E-08	6,6E-08	4,9E-08
LDVO	6,5E-08	9,7E-08	9,7E-08
TODO	2,2E-09	2,6E-09	2,6E-09
Total	7,2E-07	7,6E-07	3,4E-07

De acordo com a tabela anterior, a probabilidade média total para o cenário 1 é de

$7,2 \cdot 10^{-7}$, ou seja, 1 acidente a cada 1.388.888 operações, o equivalente a 165 anos; já para o cenário 2, a probabilidade média total é $7,6 \cdot 10^{-7}$, ou seja, 1 acidente a cada 1.315.789 operações, equivalente a 156 anos e; para o cenário 3, a probabilidade média total é de $3,4 \cdot 10^{-7}$, ou seja, 1 acidente a cada 2.941.176 operações, equivalente a 350 anos.

A partir do cenário 4, tem-se a implantação do EMAS, como sistema de apreensão, cuja finalidade é aumentar os níveis de segurança do aeroporto.

A Tabela 3 apresenta os resultados gerais das análises de risco realizadas para todos os três cenários com a presença do EMAS.

Tabela 3 Resultados gerais para os cenários 4, 5 e 6 (com EMAS)

Acidente	Probabilidade média		
	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
LDOR	6,1E-07	5,7E-07	5,3E-07
TOOR	1,9E-07	1,9E-07	1,8E-07
LDUS	8,3E-08	7,7E-08	7,2E-08
LDVO	9,7E-08	9,7E-08	9,7E-08
TODO	2,6E-09	2,6E-09	2,6E-09
Total	4,9E-07	4,7E-07	4,5E-07

Com base na tabela acima, nota-se que a probabilidade média total para o cenário 4 é de $4,9 \cdot 10^{-7}$, ou seja, 1 acidente a cada 2.040.816 operações, equivalente a 242 anos; já para o cenário 5, a probabilidade média total é de $4,7 \cdot 10^{-7}$, ou seja, 1 acidente a cada 2.127.659 operações, equivalente a 253 anos e; para o cenário 6, a probabilidade média total é de $4,5 \cdot 10^{-7}$, ou seja, 1 acidente a cada 2.222.222 operações, equivalente a 264 anos.

Portanto, a partir dos resultados mostrados, é possível notar que para todos os cenários, a média de tempo entre ocorrências, no Aeroporto Jorge Amado – Ilhéus, resultou acima de 100 anos. Esses resultados se devem ao fato de o aeroporto apresentar um baixo fluxo de movimentação, como já mencionado, apenas 8.400 operações por ano.

Comparando as probabilidades médias totais apresentadas anteriormente, para cada um dos seis cenários, pode-se notar que, em relação ao cenário 1 (RESA atual), o cenário 2 apresentou um acréscimo de 5,80%, enquanto os cenários 3, 4, 5 e 6 apresentaram uma queda de,

respectivamente, 53,10%, 31,83%, 35,53% e 38,42%, conforme se verifica na Figura 6.

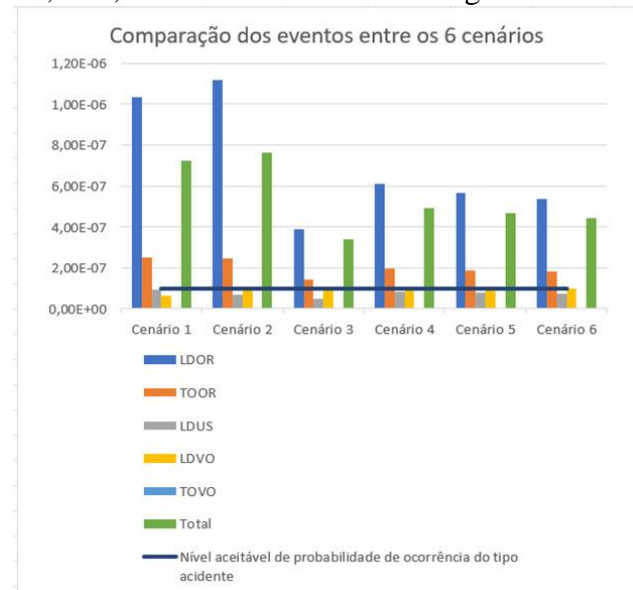


Figura 6 Comparativo dos resultados gerais entre todos os cenários. Fonte: Autores, 2022.

Ao comparar os três cenários com a presença do EMAS, tem-se, percentualmente, que o cenário 5, apresenta uma queda de 5,43% da probabilidade média total em relação ao cenário 4, enquanto o comprimento necessário do leito supressor é 20,48% maior. Já o cenário 6, apresenta uma queda de 9,68% da probabilidade média total em relação ao cenário 4, enquanto o comprimento necessário do leito supressor é 80,72% maior.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que, o Engineered Material Arresting System, realmente, é eficaz na diminuição da probabilidade e da gravidade de acidente de um aeroporto. Entretanto, para aeroportos cuja área disponível para expansão da RESA não é limitada, o EMAS pode não ser a melhor opção, como pode-se notar no cenário 3, o qual apresentou a maior diminuição do risco médio total, com 53,10%.

Ainda com base nos resultados obtidos, é notável que para os cenários com a implantação do leito supressor como forma de aumentar o nível de segurança do Aeroporto, o que apresentou maior diminuição do risco médio total foi cenário 6, cuja velocidade máxima de saída de pista é de 70 nós, porém, quando comparado ao cenário 4 e ao cenário 5, essa

diminuição não é tão relevante, considerando a diferença do comprimento necessário para as três intervenções.

Portanto, conclui-se que, devido à baixa movimentação anual no Aeroporto Jorge Amado - Ilhéus, e pelo respectivo risco apresentado, para quaisquer cenários, não se justifica a implantação do EMAS, já que o tempo médio entre incidentes graves é acima de 100 anos.

Referências

- ACRP Report 50 (2011). Improved Models for Risk Assessment of Runway Safety Areas. *The National Academies Press, Washington, D.C., 2011.*
- Advisory Circular (2012). *Engineered Materials Arresting Systems (EMAS) for Aircraft Overruns*. Advisory Circular, 27 set. 2012. Acesso em 07, nov. 2021 em https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_150_5220-22B.pdf
- Aeroporto de Ilhéus (2021). *Sobre o Aeroporto. Aeroporto de Ilhéus, 2021.* Acesso em 15, nov. 2021 em <http://ilheus-aero.com.br/o-aeroporto/sobre-o-aeroporto>
- Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC nº 154*. ANAC, 17, set. 2021. Acesso em 09, nov. 2021 em <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2019/37s1/anexo-i-rbac-no-154-emenda-06>
- ANACpédia (2021). *Excursão de pista*. ANACpédia. Acesso em 07, nov. 2021 em https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr2254.htm
- Assessoria Estatística (2021). *Aeródromos – Sumário Estatístico 2010-2019*. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Brasília, 2021.
- CENIPA (2009). *Relatório final A – nº 67/CENIPA/2009*. CENIPA, 2009. Acesso em 07, nov. 2021 em http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/pr_mbk_17_07_2007.pdf
- Duarte, N.; Macedo, L. (2012). *Acidente da TAM completa 5 anos sem julgamento de denunciados*. G1, São Paulo, 17, jul., 2012. Acesso em 07, nov. 2021 em <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2012/07/acidente-da-tam-completa-5-anos-sem-julgamento-de-denunciados.html>
- Eddowes, M.; Hancox, J.; Macinnes, A. (2011). Final Report on the Risk Analysis in Support of Aerodrome Design Rules. *Report AEAT/RAIR/RD02325/R/002, desenvolvido para a Norwegian Civil Aviation Authority*. AEA, Technology, 2001.
- Federal Aviation Administration (2021). *Engineered Material Arresting System (EMAS)*. Federal Aviation Administration, 29, jul. 2021. Acesso em 07, nov. 2021 em <https://www.faa.gov/newsroom/engineered-material-arresting-system-emas-0>
- Guerreiro, B. (2007). *Acidente com avião da TAM @ São Paulo*. Flickr, 18, jul. 2007. Acesso em 15, nov. 2021 em https://www.flickr.com/photos/auto_photo/843472475/in/photostream/
- Yang, X.; Yang, J.; Zhang, Z.; Ma, J.; Sun, Y.; Liu, H. (2018). A review of a civil aircraft arresting system for runway overruns. *Progress in Aerospace Sciences, n. 102, P. 99-121, outubro, 2018.*