

IMPORTÂNCIA DA ÁREA DE SEGURANÇA DE FIM DE PISTA PARA MITIGAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DAS OCORRÊNCIAS DE SAÍDA DE PISTA

Claudio Jorge Pinto Alves (Instituto Tecnológico de aeronáutica) claudioj@ita.br
Cleo Marcus Garcia (INFRAERO) cmarcus26@gmail.com

Resumo: Acidentes aeronáuticos, em que uma aeronave ultrapassa os limites finais de uma pista de pouso e decolagem, podem ocorrer a uma média de quase um por semana, segundo estudos da NLR (2009). Mesmo com toda a infraestrutura disponível nos aeroportos para resposta a esta emergência, o número de fatalidades ainda é um dos mais elevados, se considerado todas as fases de um voo. A busca de novas tecnologias e o estabelecimento de requisitos padronizados pela Organização da Aviação Civil Internacional vem auxiliando os Estados Membros na diminuição das perdas humanas e materiais em consequência de uma Saída da Pista, quando estes se propõem a melhoria de sua infraestrutura e a busca dos padrões de segurança operacional.

Palavras-chave: aeroporto, segurança, pista, operação, sistema de proteção.

IMPORTANCE OF THE RUNWAY END SAFETY AREA TO MITIGATION THE CONSEQUENCES OF RUNWAY EXCURSION OCURENCES

Abstract: Aeronautical accidents in which an aircraft goes beyond the border limits of a runway can occur at an average of almost one case per week, according to studies of the NLR (2009). Even with the available infrastructure at airports for emergency response, the number of fatalities is still one of the highest, if considered all phases of flight. The search for new technologies and establishing standardized by the International Civil Aviation Organization requirements has been assisting Member States in reducing human and material losses as a result of Runway Excursion when they intend to improve their infrastructure and the pursuit of safety operational standards.

Keywords: airport, safety, runway, operation, protection system

1. INTRODUÇÃO

Há tempos os acidentes envolvendo as Saídas de Pista também denominadas *Runway Excursion* (RE), os quais são caracterizados pela ultrapassagem dos limites finais de pista (*overrun*) e pelas saídas nas laterais da pista (*veer-offs*), por uma aeronave, representam um número significativo dentre os acidentes aéreos que ocorrem nas fases de pouso e decolagem. O *overrun* é o acidente em que o piloto não pôde parar o avião antes da extremidade final da pista, podendo ocorrer tanto na decolagem quanto no pouso de uma aeronave. Entretanto, a grande maioria ainda ocorre durante o pouso (Australian, 2009a).

Estudos da NLR Air Transport Safety Institute (2009), contendo dados relacionados à Segurança Operacional dos operadores de linha aérea comercial mostram que, em média, há quase uma ocorrência de *Runway Excursion* na categoria de *overrun* por semana. Embora muitas dessas ocorrências não sejam catastróficas, cerca de metade delas causam danos significativos à aeronave e/ou lesões aos passageiros e tripulantes, e outras que resultam também em prejuízos e lesões a terceiros em solo. Para os operadores aéreos é, portanto, necessário conhecer o risco de ocorrências de saída de fim de pista e as possíveis ações que poderiam ser tomadas para redução destes fatos e quando forem inevitáveis, recursos para minimizar suas consequências.

Considerando que este tipo de ocorrência é sempre presente nas áreas internas de um aeródromo, a infraestrutura disponibilizada entra como principal elo mitigador destes casos, quando coloca, de forma plena e em padrões estabelecidos, as suas características

operacionais para atender o tráfego de aeronaves, levando em consideração a aeronave crítica¹ definida pelo Operador do Aeródromo.

Buscando estabelecer os padrões aos aeroportos de seus Estados membros, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) instituiu normativas que contemplam requisitos mínimos e também recomendações adicionais em documentos os quais são denominados como Anexos. Para garantir a conformidade com as especificações aplicáveis para garantia da segurança operacional a organização instituiu o processo de Certificação Operacional, a qual somente pode ser concedida ao aeródromo que tenha suas características físicas homologadas de acordo com a legislação de cada Estado membro, devendo esta também atender aos padrões estabelecidos pela OACI.

2. OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS DE SAÍDA DE PISTA

O sumário estatístico² da fabricante Boeing (2011), vide Figura 1, apresenta o resumo de um estudo dos acidentes aéreos fatais que ocorreram no período de 2000 a 2010. Ao todo foram identificados 87 acidentes fatais com 4.774 fatalidades a bordo. Dentre os acidentes fatais, 22% ocorreram na fase de pouso (*landing*) da Aeronave. Isso representa 19 ocorrências no período, com 716 fatalidades a bordo. Quando acrescentados os acidentes na fase de decolagem (*take-off*), fase esta que também pode apresentar ocorrência de *overrun* e *veer-off*, este número passa para 28 ocorrências com 1.336 fatalidades a bordo das aeronaves.

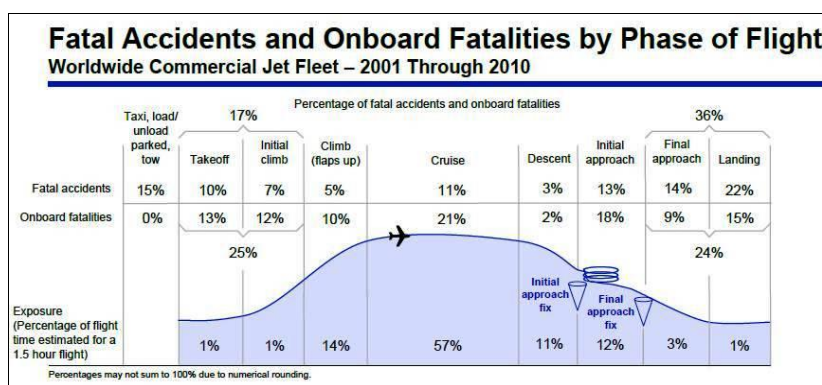


Figura 1 – Acidentes fatais e fatalidades a bordo por fase de voo.

Fonte: Boeing, 2011

Para a Airbus (2011) os acidentes envolvendo Saídas de Pista são os mais comuns na aviação. Desde 1985, as perdas acumuladas com casco e outros passivos representam, respectivamente, US \$ 5,4 bilhões e US \$ 1,1 bilhão. Em outras palavras, 33% das perdas

¹ Aeronave em operação, ou com previsão de operar em um aeródromo, que demande os maiores requisitos em termos de configuração e dimensionamento da infraestrutura aeroportuária, em função de suas características físicas e operacionais.

² As estatísticas de acidentes apresentados neste sumário estão restritas aos aviões a jato comerciais com mais de 60.000lbs de peso máximo de decolagem em todo o mundo. Dentro desse conjunto de aviões, existem dois grupos excluídos:

- Os aviões fabricados na Comunidade de Estados Independentes (CEI) e na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) foram excluídos devido à falta de dados operacionais, e;
- Os aviões comerciais operados no serviço militar. (no entanto, se um jato de transporte militar de propriedade comercial é usado para serviços comerciais civis, esses dados estão incluídos no resumo. (Boeing, 2011)

relacionadas ao casco nos últimos 25 anos, considerando até 2010, estão ligados a esse tipo de acidente. Estima-se que as perdas com este tipo de ocorrência possam chegar a US \$ 9,2 bilhões em 2020, podendo ser superior, quando somado os prejuízos com a infraestrutura aeroportuária.

Considerando que as ocorrências de saídas de pista podem acontecer tanto na decolagem quanto no pouso de uma aeronave, um estudo em profundidade de dados foi realizado pela Flight Safety Foundation (FSF) com todos os acidentes de *Runway Excursions* ocorridos no período de 1995 a março de 2008, para investigar as causas destes acidentes e também para identificar as áreas de alto risco. Em um total de 548 acidentes investigados, 21% (116) destes ocorreram na fase de decolagem enquanto os outros 79% (432) ocorreram durante a fase de pouso da aeronave, evidenciando esta como a fase mais crítica da operação de um voo. (Flight Safety Foundation, 2009)

Quando relacionado ao tipo de *Runway Excursions*, subdividindo nas categorias *overrun* e *veer-off*, nas ocorrências identificadas para a fase de pouso da aeronave, o estudo da FSF demonstrou que as ocorrências de saída de lateral de pista (*veer-off*) foram mais frequentes, com 53% das 432 ocorrências abrangidas pelo estudo, enquanto as saídas de fim de pista (*overrun*) estiveram presentes em 47% das ocorrências. Quando analisadas as ocorrências na fase de decolagem da aeronave há uma inversão dos resultados nas categorias de saídas de pista analisadas, onde agora, a *overrun* foi predominante, das 116 ocorrências, 63%, o que corresponde a 73 ocorrências, foram identificadas como saídas de final de pista, enquanto 37%, correspondente a 43 ocorrências, foram saídas pela lateral da pista, *veer-off*. Demonstrando que nas ocorrências de Saída de Pista há maior probabilidade de saída de lateral de pista na fase de pouso e saída de fim de pista na fase de decolagem.

2.1 Fatores contribuintes às ocorrências de saídas de pista

No contexto de segurança operacional é importante não só identificar as fases em que ocorrem estes eventos, mas também, os fatores contribuintes que levaram a aeronave a uma *Runway Excursion*. Tais resultados são obtidos através da Investigação do Acidente ou Incidente. Para o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes – CENIPA, órgão ligado ao Comando da Aeronáutica (Brasil, 2008c), estas investigações têm como única finalidade a prevenção de acidentes aeronáuticos através do estabelecimento dos fatores contribuintes presentes, direta ou indiretamente, na ocorrência, e da emissão de recomendações de Segurança Operacional que possibilitem a ação direta ou a tomada de decisões para eliminar aqueles fatores ou a minimizar as suas consequências. Neste caso não há propósito em uma investigação atribuir culpa ou responsabilidade.

Sobre Fatores Contribuintes destaca-se a Filosofia SIPAER (Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos), que está associada a um conjunto de valores e princípios os quais regem uma conduta e foram transcritas pelo CENIPA (Brasil, 2008b), onde se destaca, “todo acidente aeronáutico resulta de vários eventos e nunca de uma causa isolada”. Esta afirmação remete a Reason *apud* (Fajer, Almeida e Fischer, 2010) o qual considera que, acidentes são resultantes de combinações, nem sempre previsíveis, de fatores humanos e organizacionais dentro de um sistema complexo. Seu modelo de acidente organizacional explica esses eventos com a ocorrência de falhas ou faltas de barreiras e salvaguardas desenvolvidas no sistema para minimizar a chance de acidentes. As falhas ativas acontecem nas proximidades do desfecho do acidente envolvendo comportamentos (decisões, ações ou omissões) de operadores e são de difícil previsão e controle. Essas falhas ativas têm

origens em condições latentes relacionadas a fatores técnicos e organizacionais presentes no sistema bem antes da ocorrência de acidentes.

Para identificar os fatores contribuintes dos acidentes de saída de pista, um estudo da FSF (2009) qualificou cada ocorrência e evidenciou esses fatores para as ocorrências relacionadas no período abrangido pelo estudo, tanto nas operações de pouso quanto na decolagem. Os dados foram analisados para identificar os fatores de risco mais comuns. Como já visto, mais de um fator contribuinte pode ser atribuído a um único acidente.

A Figura 2 apresenta os fatores mais comuns identificados nas ocorrências de RE durante a operação de decolagem, onde a RTO – *Rejected Take-off* após ter ultrapassado a V_1 é a mais comum, estando presente em quase metade das ocorrências. Perda do controle direcional e RTO antes da aeronave ter alcançado a V_1 vem na sequência.

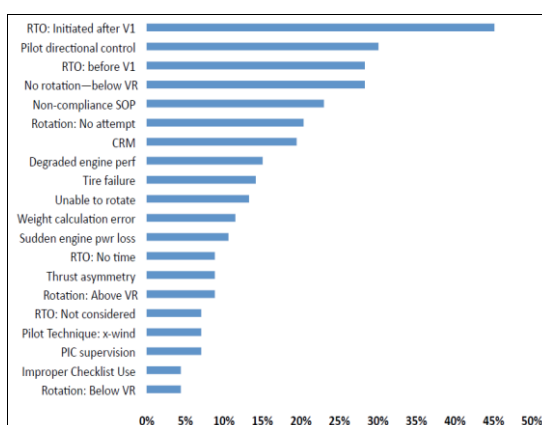


Figura 2 - Fatores contribuintes durante a decolagem.

Fonte: *Flight Safety Foudation*, 2009

Entendendo os riscos associados às operações de decolagem e principalmente as ocorrências de decolagem abortada a Federal Aviation Administration (United States, 2004) publicou um material educativo com recomendações aos pilotos para realização de uma decolagem segura da aeronave. O objetivo é reduzir o número de acidentes relacionados RTO, melhorando a decisão dos pilotos, associada à realização de procedimentos, tendo maior conhecimento e consciência dos fatores que afetam o êxito da decisão "*Go/no go*".

Para a FAA uma vez que, os registros não estão disponíveis em toda a frota, é difícil identificar o número total de RTO que ocorreram ao longo da era do jato. No entanto, com base nos eventos os quais têm sido reportados, estima-se que ocorra um RTO em cada 3.000 tentativas de decolagem. A este ritmo, segundo dados da organização, haverá quase 6.000 RTO durante um ano típico na aviação americana. Isso significa que a cada dia, 16 tripulações de voo irão realizar um *Rejected Take-off*. Estatisticamente, considerando à taxa de um RTO por 3.000 decolagens, um piloto que voa trechos curtos e faz 80 partidas por mês, vai experimentar uma RTO cada três anos. No extremo oposto, o piloto de longa distância fazendo apenas oito partidas por mês será confrontado com um RTO apenas a cada 30 anos (United States, 2004).

Quando analisados os dados referentes aos acidentes ocorridos na fase do pouso da aeronave, no mesmo estudo da FSF, Figura 3, o fator contribuinte predominante é a não

condução a uma arremetida no ar (*Go-around not conducted*), seguido de pouso longo³ (*Touchdown: long*) e parada ineficaz por contaminação da pista (*Ineffective braking: runway contam'n*), onde, esta contaminação pode ser resultante de excesso de água sobre a pista (aquaplanagem) ou atrito baixo.

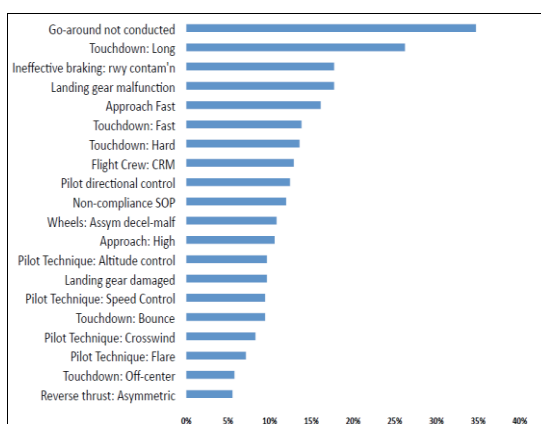


Figura 3 - Fatores contribuintes durante o pouso.
Fonte: Flight Safety Foundation, 2009

2.2 Local de parada final das aeronaves

Considerando a probabilidade e a severidade das ocorrências de saída de pista a ATSB (Australian, 2009b) expandiu estudos sobre o assunto, onde em uma primeira etapa elaborou uma pesquisa sobre as ocorrências envolvendo jatos comerciais. Em uma segunda etapa o órgão buscou apresentar alternativas para minimizar a probabilidade e as consequências de *Runway Excursion*.

Foram identificados 120 acidentes de RE entre 1998 e 2007 contidos no *World Aircraft Accident Summary - WAAS* envolvendo aviões comerciais a jato durante a operação de pouso. O estudo buscou identificar o local onde as aeronaves pararam após as ocorrências de *overrun* e *veer-off* e quais as extensões dos danos às aeronaves e também aos equipamentos em solo, analisando deste total 43 acidentes (Australian, 2009b).

Os danos às aeronaves, identificados nestas ocorrências, variaram de pequenos danos por FOD⁴ até perda total do casco e também com registro de incêndio após o impacto. Foram apontados também os danos aos equipamentos em solo, que incluem, equipamentos de auxílio a navegação, cercas do aeroporto (patrimoniais ou operacionais), edifícios e veículos.

A Figura 4 representa a posição final de parada das aeronaves e extensão de seus danos para cada um dos 43 acidentes analisados no estudo realizado pela ATSB. Os danos da aeronave eram conhecidos em apenas 38 dos acidentes e foi codificado em quatro níveis, sendo **Unknown** (Desconhecido): Não foi possível identificar a extensão dos danos; **Minor** (Pequenos Danos): nenhum dano estrutural às estruturas da aeronave ou do sistema pouso foi relatado. Danos por objetos estranhos (FOD) nos motores, trem de pouso e aos pneus foram classificados como pequenos danos; **Major** (Majores): Perda parcial, colisão grave dos motores com o solo, danos estruturais menores para a fuselagem e; **Severe** (Grave): Perda

³ Ocorrência em que o toque no pouso é efetuado em um ponto da pista ou área de pouso onde a distância restante não é suficiente para a parada da aeronave naquelas circunstâncias. (Brasil, 2011c)

⁴ Dano provocado à aeronave, geralmente ao grupo motopropulsor ou aos mecanismos de comando de voo, por ação de corpo estranho. (Brasil, 2008a)

total, separação dos motores da estrutura da aeronave, falha estrutural da fuselagem e fogo após impacto. Na Figura 4 também estão identificados os Padrões e as Práticas Recomendadas pela OACI para a *Runway End Safety Area* – RESA (Área de Segurança de Fim de Pista) e também a *Runway Strip* (Faixa de Pista), consideradas essenciais para mitigação de danos em caso de ocorrência desta natureza.

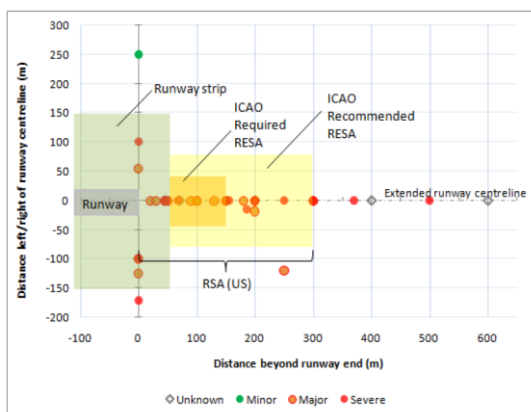


Figura 4 - Parada final das aeronaves e extensão dos danos.
Fonte: Australian, 2009b

Na Figura 5 são apresentados a localização dos danos em solo, relacionados a infraestrutura e outros, para estas ocorrências foram possíveis de identificação apenas de 28, de um total de 43 acidentes.

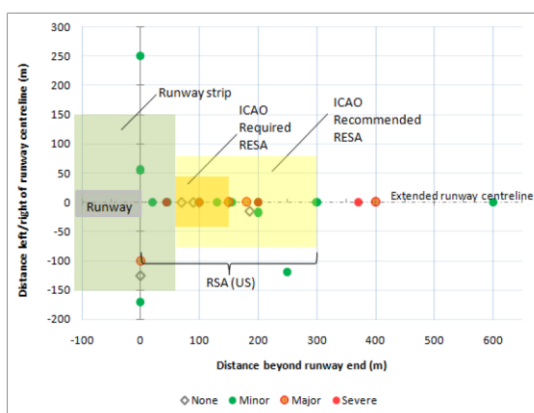


Figura 5 - Localização dos danos em solo e sua extensão.
Fonte: Australian, 2009b

Ao observar as Figuras 4 e 5 verifica-se que a maior parte das aeronaves teve sua parada final nas Áreas de Segurança da Pista (*Runway Safety Areas*). Segundo a ATSB (Australian, 2009b) existe uma concordância entre diversos trabalhos realizados sobre a distância percorrida pela aeronave nas ocorrências de *Runway Excursion*, tanto *overrun* quanto *veer-off*.

A Federal Aviation Administration (FAA) e National Transportation Safety Board (NTSB) *apud* ATSB (2009b) em estudos de longo prazo sobre os dados das ocorrências de *Runway Excursion* descobriram que a esmagadora maioria (90%) das aeronaves ultrapassou o final da pista a uma velocidade de 70 *knots* ou menos e; em termos de distância, a maioria das

aeronaves pára nas proximidades do prolongamento do eixo da pista, dentro de 1.000 pés (305 m) do final da pista.

Outras diversas análises realizadas por Kirkland (2004) envolvendo 180 ocorrências de saídas de pista, abrangendo decolagens e pousos de aeronaves turboélice e a jato nos países de língua inglesa, entre os anos de 1980 e 1998 apontaram que, 95% das aeronaves (171) pararam dentro de uma distância de até 305 metros do final de pista e que apenas três aeronaves desviaram mais de 75 m para a esquerda ou para direita da linha central do prolongamento da pista de pouso e decolagem.

3.ÁREA DE SEGURANÇA DE FIM DE PISTA

Para a ATSB (Australian, 2009b) a provisão de RESA nos aeroportos foi iniciada por um estudo FAA de acidentes por conta de *Runway Excursions* e *undershoot*⁵ entre 1975 e 1987. Este estudo demonstrou que aproximadamente 90% dos aviões acidentados em consequência de *overrun* vieram a parar dentro de uma área de aproximadamente até 330 m após o fim da pista. Metade dos aviões que ultrapassaram o final parou dentro de uma extensão até 90 m e 80% parou a menos de 210 metros. O estudo também destacou que a maioria das aeronaves acidentadas não desviou muito do prolongamento do eixo da pista.

A OACI (2009) como órgão normativo internacional para a aviação civil, aplicável aos países membros, estabelece que, uma Área de Segurança de Fim de Pista (*Runway End Safety Area* - RESA) deve ser disponibilizada nas extremidades da faixa de pista quando o número de código for 3 ou 4 e quando também o número de código for 1 ou 2 e a pista for de operação por instrumento. Conforme a organização os códigos de pista seguem uma padronização de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação numérica de pista.

Fonte: Organização da Aviação Civil Internacional, 2009

Código da Pista	Característica de Pista
1	Inferior a 800 metros
2	De 800 metros a 1200 metros exclusive
3	De 1200 metros a 1800 metros exclusive
4	Acima de 1800 metros

A ANAC (2009b) como órgão regulador brasileiro de aviação civil estabelece que, uma área de segurança de fim de pista deve ser disponibilizada nas extremidades da faixa de pista, de uma nova pista construída a partir da data de publicação do RBAC 154 (11/05/2009) quando o número de código da pista for 3 ou 4 e quando o número for 1 ou 2 e a pista for do tipo por instrumento. Em um item seguinte, diz que, uma área de segurança de fim de pista deve ser disponibilizada nas extremidades da faixa de pista, de uma pista construída até a data de publicação do RBAC 154, quando as características do terreno o permitam, haja disponibilidade de área para tal fim e o número de código da pista for 3 ou 4 e quando o número de código for 1 ou 2 e a pista for do tipo por instrumento.

O órgão regulador brasileiro diferentemente da OACI faz uma extensão a sua norma estabelecendo uma condição para antes da publicação da norma, neste caso o RBAC 154, e

⁵ Ocorrência em que a aeronave efetua o toque, no pouso, antes da cabeceira da pista ou da área destinada ao pouso. (Brasil, 2011b)

outra posterior a publicação, sendo a segunda mais rigorosa que a própria organização quando se refere às dimensões das áreas de segurança de fim de pista.

A disposição de uma RESA e suas dimensões estão definidas segundo Padrão da OACI com as seguintes características: Relacionado a localização e dimensões as áreas de segurança de fim de pista (RESA) devem se estender a partir do final de uma faixa de pista e possuir uma distância de, no mínimo, 90 metros (Organização da Aviação Civil Internacional, 2009). O documento da organização faz também a seguinte recomendação (Prática Recomendada): A Área de Segurança de Fim de Pista deverá estender-se na medida do possível: 240 m quando o código da pista for 3 ou 4 e 120 m quando o código da pista for 1 ou 2.

Para a Agência Nacional de Aviação Civil (2009b) a área de segurança de fim de pista deve ser disponibilizada nas extremidades da faixa de pista, de uma pista construída até a data de publicação do RBAC 154, quando as características do terreno o permitam, haja disponibilidade de área para tal fim sendo também no mínimo de 90 metros. Em relação à largura da RESA ambos os documentos, da ANAC e da OACI, estabelecem o mesmo padrão, onde, a largura de uma área de segurança de fim de pista (RESA) deve ser, no mínimo, o dobro da largura da pista a que está associada.

A Figura 6 apresenta de forma ilustrada a implantação da RESA de acordo com a regulamentação da OACI e ANAC. Verifica-se que há um consenso em relação às dimensões, o que diferencia a norma internacional da norma brasileira é o estabelecimento de critérios, neste sentido a data de implantação da Pista de Pouso e Decolagem com relação a data de publicação da norma nacional, neste caso o RBAC 154, a qual estabelece a condição de “quando as características do terreno o permitam, haja disponibilidade de área para tal fim”, não presente na norma internacional.

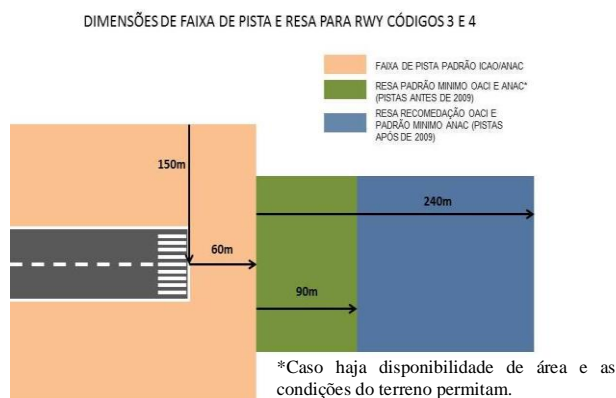


Figura 6 - Dimensões de Faixa de Pista e RESA.

Fonte: ANAC, 2009b

Segundo a TRB (2008) o tamanho da RESA depende do tipo e características das aeronaves que utilizam a pista, obtendo assim um código alfa numérico para sua categorização. Afirma ainda que, as dimensões padrão destas áreas de segurança têm aumentado ao longo do tempo. Este aumento cria expectativas maiores em relação à garantia da segurança operacional dos usuários do sistema de aviação e atende a performance das aeronaves utilizadas atualmente.

No entanto, a TRB atenta que aplicar as novas normas para os aeroportos existentes pode ser uma problemática. Muitas pistas não cumprem as normas atuais porque foram

construídas baseadas em um padrão antigo, anterior as normas atuais. O problema é agravado pelo fato de que os aeroportos estão cada vez mais sufocados pelo desenvolvimento no seu entorno e também por elementos naturais. Outro fator que inviabiliza sua ampliação do sítio aeroportuário é a aquisição de terras ao redor, devido ao custo elevado pela valorização imobiliária.

Esta indisponibilidade de área é uma característica presente em alguns aeroportos brasileiros, tornando-se fator predominante para a não implantação das áreas de segurança, sejam elas, de fim de pista (RESA) ou de lateral de pista (*STRIP*). Nesses casos a TRB (2009), sugere que o aeroporto instale um sistema de parada que seja equivalente a RESA padrão. O uso deste sistema de parada permite que o aeroporto satisfaça os requisitos internacionais em um menor comprimento da superfície.

4.SISTEMA DE PROTEÇÃO À PARADA DA AERONAVE

A Federal Aviation Administration possui um programa, de alta prioridade, para melhorar a segurança através da modernização das *Runway End Safety Areas* em aeroportos comerciais fornecendo financiamento federal para apoiar melhorias na infraestrutura. No entanto, ele ainda pode não ser prático para alguns aeroportos alcançarem os padrões de RESA. A FAA, sabendo que, seria difícil conseguir um padrão de RESA para cada aeroporto, começou a realizar pesquisas na década de 1990 para determinar como garantir a máxima segurança nos aeroportos onde a RESA não pudessem ser contempladas de acordo com os padrões vigentes. Trabalhando em conjunto com a Universidade de Dayton, as Autoridades Portuárias de Nova York e Nova Jersey e o *Engineered Arresting Systems Corporation* (ESCO), criaram uma nova tecnologia para fornecer uma medida adicional de segurança as operações nos aeroportos: um sistema de proteção à parada da aeronave. O melhor material encontrado até hoje é um concreto leve que se deforma quando uma aeronave ultrapassa o limite final da pista e chega a uma área aonde os pneus da aeronave vão passando sobre este concreto leve e o mesmo vai dissipando a energia cinética do sistema levando a aeronave a um processo de desaceleração e parada total, este sistema foi batizado como *Engineered Material Arrestor System* – EMAS, Figura 7 (United States, 2010).

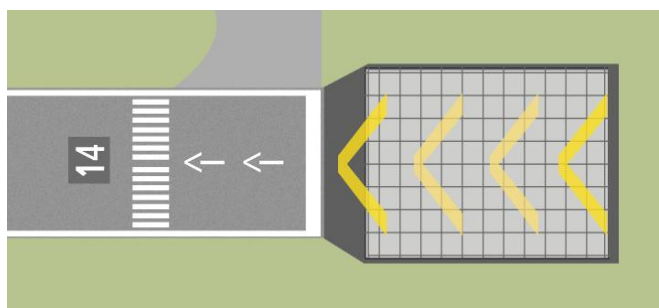


Figura 7 - *Engineered Material Arrestor System*.

Fonte: Australian, 2009b

O EMAS é uma melhoria aos sistemas do aeroporto que oferece benefícios de segurança como o de uma RESA em casos onde não há área disponível para sua implantação ou o custo da área de implantação é alto demais para viabilizar a compra. O EMAS utiliza um material de concreto com peso leve e deformável, colocado além do final da pista para parar ou deixar em uma velocidade muito baixa uma aeronave que ultrapassar os limites finais da pista. O sistema exerce uma força sobre o trem de pouso de uma aeronave causando sua desaceleração até uma parada final, conforme apresentado na Figura 8.

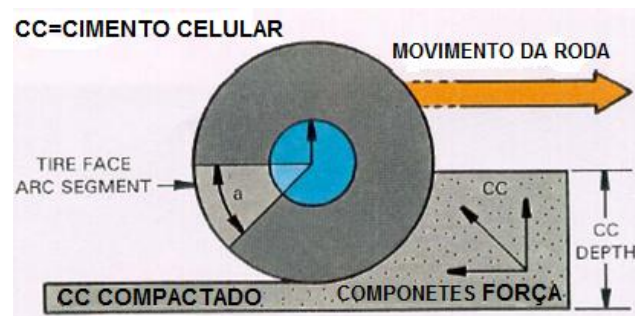


Figura 8 - Atuação do EMAS sobre o trem de pouso.
Fonte: Australian, 2009b

O EMAS já foi colocado a prova em algumas ocorrências nos Estados Unidos. Em 19 de janeiro de 2010 um CRJ 2000 da US Airways Express voo 2495 ultrapassou os limites da pista do aeroporto de Charleston com 31 passageiros e três tripulantes, vindo a parar na área do EMAS instalada no aeroporto. Nenhuma das pessoas a bordo teve ferimentos, Figura 9.

O aeroporto instalou o sistema no final da pista, cabeceira 23, em maio de 2007. O sistema instalado com 123m fornece o equivalente a uma RESA de 305 metros exigida pela FAA para os tipos de aeronaves que utilizam o aeroporto. Neste caso o sistema foi projetado para parar uma aeronave nas características de um CRJ que ultrapasse a pista a uma velocidade de 70kt equivalente a 129km/h. Segundo os administradores do aeroporto o sistema funcionou conforme planejado: "Se não fosse pelo EMAS, estou convencido que uma catástrofe teria ocorrido.", destacou Ken Carper, presidente da comissão do aeroporto (Koczkodaj, 2010).



Figura 9 - Ocorrência com CRJ 2000 no EMAS.

5. CONCLUSÕES

Os acidentes aeronáuticos categorizados como *Runway Excursion* apresentam-se como os mais comuns no transporte aéreo comercial, ocorrendo principalmente na fase de pouso da aeronave, onde as ocorrências de saída lateral de pista (*veer-off*) apresenta-se em maior número que a saída de final de pista (*overrun*). Porém, quando as saídas de pistas acontecem na fase de decolagem os indicadores se invertem, predominando o *overrun*. Relacionando os fatores contribuintes atribuídos a RE no pouso, a não condução a um *go-around* é o mais presente, podendo ela, estar associada também em conjunto a outros fatores. Quando

analisadas as ocorrências durante as operações de decolagem a *Rejected Takeoff* (RTO) após a aeronave ter ultrapassado o estágio V_1 aparece na maioria dos casos analisados. RTO antes da V_1 também aparece entre as três principais causas de *overrun*, constatando-se que o procedimento de abortagem de decolagem, mesmo quando necessário, pode colocar em risco a operação de uma aeronave e, conseqüentemente, a seus ocupantes.

Conforme apresentado, diversos estudos realizados por organismos internacionais, dentre eles, a Federal Aviation Administration, Transportation Safety Board, Australian Transport Safety Board, entre outros, demonstraram que, as Áreas de Segurança de Fim de Pista podem sim aumentar consideravelmente a probabilidade de minimização das perdas, materiais e humanas, em decorrência de um acidente aeronáutico por saída de pista na categoria *overrun*. Reflexo disso são as normas estabelecidas em países como os Estados Unidos, no qual a RESA tem caráter obrigatório, assim como o padrão estabelecido pela OACI.

Neste sentido a implantação de uma Área de Segurança de Fim de Pista é fundamental dentro do contexto de segurança operacional para preservação de vidas humanas, infraestrutura, equipamentos e meio ambiente. A RESA torna-se um dos principais recursos de infraestrutura aeroportuária capaz de aprimorar o nível de segurança operacional nas operações aeroportuárias, principalmente quando uma ocorrência de *Runway Excursion* torna-se inevitável.

Assim como em outros países, no Brasil a grande maioria das pistas de pouso e decolagem, bem como a infraestrutura aeroportuária foi provida antes das normas e requisitos específicos atuais, os quais buscam cada vez mais a garantia da segurança operacional, mas, vem gerando dificuldade de implantação quando um novo requisito necessita disponibilização de área pelo operador do aeródromo, como no caso da RESA. Neste sentido, estudos e novas tecnologias devem ser desenvolvidas buscando diminuir a necessidade de área e ao mesmo tempo proporcionar a mesma garantia de segurança. Caso este do EMAS, que apresentou bom desempenho em ocorrências onde as aeronaves ultrapassaram o limite final da pista.

O EMAS se torna uma alternativa ao gestor aeroportuário para aumentar a segurança das operações nas pistas de pouso e decolagem e minimizar as perdas em conseqüências de acidentes ou incidentes de *Runway Excursion*. É importante destacar que tanto a RESA quanto o EMAS não têm o objetivo de evitar uma ocorrência e sim minimizar suas perdas. Porém cabe ao gestor aeroportuário analisar sua viabilidade estabelecendo um processo, com variáveis e questões, que podem subsidiá-lo na tomada de decisão identificando qual melhor alternativa implantar em sua infraestrutura, a disponibilidade da RESA ou implantação do EMAS ou similar. Neste contexto verifica-se também a necessidade de estudos de novas tecnologias ou ampliar/adequar as existentes em outros sistemas que podem ser comparados ao EMAS, uma vez que, seu custo ainda é muito elevado e há patente de sua produção.

Porém, considerando seus benefícios e resultados obtidos, a RESA deve ser considerada como requisito obrigatório, assim como é estabelecido pela OACI a todas as pistas, independente do período de construção da mesma, e, onde a área existente não permitir a sua implantação, deve-se se buscar alternativas, como o EMAS ou estudo de novas tecnologias, que tenham como objetivo principal a garantia da segurança operacional, mesmo em condições adversas como um acidente. Tais ações garantem ao transporte aéreo sua reputação de mais seguro modo de transporte de pessoas no mundo.

REFERÊNCIAS

- AIRBUS**, Runway excursion at landing, the no.1 source of claims for aviation industry. Texto não publicado. Disponível em: www.willis.com, 2011.
- AUSTRALIAN TRANSPORT SAFETY BUREAU** – Australian, Runway excursions: part 1 – A worldwide review of commercial jet aircraft runway excursions. Canberra City, n. 114, 2009a.
- AUSTRALIAN TRANSPORT SAFETY BUREAU** – Australian, Runway excursions: part 2 - A worldwide review of commercial jet aircraft runway excursions, Canberra City, n. 144, 2009b.
- BOEING**, Statistical summary of commercial jet airplane accidents: worldwide operations 1959 - 2010. Texto não publicado. Disponível em: www.boeing.com, 2011.
- CENIPA**, NSCA 3-1: Conceituação de vocábulos, expressões e símbolos de uso no SIPAER. Brasília, 2008a.
- CENIPA**, NSCA 3-3: Gestão de segurança operacional. Brasília, 2008b.
- CENIPA**, NSCA 3-6 - Investigação de acidente aeronáutico, incidente aeronáutico e ocorrência de solo. Brasília, 2008c.
- AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL** – ANAC, Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - 154. Diário Oficial da União, Brasília, 11 maio 2009. Seção 1, p. 247, 2009.
- FLIGHT SAFETY FOUNDATION**, Reducing the risk of runway excursion. Alexandria, 2009.
- FAJER, M., ALMEIDA, I. M. D. E FISCHER, F. M.** Fatores contribuintes aos acidentes aeronáuticos. Texto não publicado. Disponível em www.scielo.br, 2010.
- ORGANIZAÇÃO DA AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL** – OACI, Anexo 14 - Aeródromos. 5 ed, v. I, Montreal, 2009.
- KIRKLAND, I. et al.** An improved methodology for assessing risk in aircraft operations at airports, applied to runway overruns. Texto não publicado. Disponível em www.scielo.br, 2004.
- KOCZKODAJ, S.** ESCO's EMAS safely stops regional jet after aborted takeoff. Braking News. New Jersey, 2010.
- NLR AIR TRANSPORT SAFETY INSTITUTE**, Development of a landing overrun risk index. Amsterdam, 2009.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD** – **TRB**, Analysis of aircraft overruns and undershoots for runway safety areas. Washington, 2008.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION** – **FAA**, Pilot guide to takeoff safety. Texto não publicado. Disponível em: www.faa.gov, 2004.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION** – **FAA**, Fact sheet – Engineered material arresting systems (EMAS). Texto não publicado. Disponível em www.faa.gov, 2010.