

Runway Excursion – Fatores Contribuintes e Ações Preventivas

Autores:

Luiz Felipe dos Torres e Delgado Perdigão – Especialista¹
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Luiz Otávio Cristo Cabral – Especialista²
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Richard Fernandes – Especialista³
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Co-Autores:

Donizeti de Andrade – Ph.D.⁴
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Professor
Marcelo Soares Leão – M.C.⁵
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Professor Colaborador

Palavras Chave: Ações Preventivas, Fatores Contribuintes, Mitigação, *Runway Excursion*.

BIOGRAFIA

1 - Especialista em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, bacharel em Ciências Aeronáuticas pela UNOPAR – Universidade Norte do Paraná, trabalha na TAM Linhas Aéreas S.A. onde exerce a função de co-piloto de Boeing 777. toper.perdigao@uol.com.br

2 - Especialista em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, bacharel em *Aviation Science* pela *North Shore Community College – Beverly, MA (EUA)*, tecnólogo em Transporte Aéreo pela UNG – Universidade De Guarulhos, trabalha na TAM Linhas Aéreas S.A. onde exerce a função de comandante de A32F. luizcabral@zeroviagens.com.br

3 - Especialista em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, bacharel em Ciências Aeronáuticas pela UNOPAR – Universidade Norte do Paraná, trabalha na TAM Linhas Aéreas S.A. onde exerce a função de co-piloto de Airbus A32F. richardfernandes711@hotmail.com

4 - *Doctor of Philosophy and Master of Science in Aerospace Engineering at Georgia Institute of Technology*, Mestre em Engenharia Aeronáutica pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica e outros, atualmente exerce a função de professor e coordenador de graduação, pós-graduação e MP do ITA. ddadonizeti@gmail.com

5 - Mestre em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, especialista em Segurança de Voo e Aeronavegabilidade Continuada pelo ITA, graduado em Engenharia Aeronáutica pelo ITA, exerce a função de Engenheiro de Operações de Voo na Azul Linhas Aéreas e é professor colaborador nos programas de Especialização e Mestrado no ITA. msleao@gmail.com

RESUMO

Entre os anos de 2010 e 2014, 22% ou 90 dos 415 casos de acidentes envolvendo aeronaves comerciais de transporte aéreo em todo o mundo foram consequências de *Runway Excursion* (saída de pista). Portanto, devido ao aumento expressivo dessas ocorrências, este artigo visa a apresentar as diversas relações entre estes fatos classificados como *Runway Excursion* – conceito, histórico, dados estatísticos, principais características e fatores contribuintes – além das respectivas ações e práticas recomendadas, a fim de que se assegure a redução do número de acidentes e incidentes com correspondentes reflexos na atividade aérea. Um plano de ações efetivo depende da coordenação entre os diversos elos do setor, tais como: empresas aéreas, indústrias aeronáuticas, tripulantes e autoridades aeronáuticas. Em termos de escopo, a pesquisa visa a contemplar as diversas áreas envolvidas, no intuito de estabelecer as melhores práticas e metodologias de mitigação já utilizadas em outros países, como um modelo para o Estado Brasileiro, citando inclusive, a ação da engenharia no intuito de amenizar os danos à aeronave e preservar vidas após a ocorrência de um incidente ou acidente. Adicionalmente, o trabalho apresenta alguns eventos indesejáveis, relacionados ao tema, ocorridos no Brasil e no mundo – bem como os principais fatores contribuintes, correlacionando-os às ações e defesas possíveis a serem tomadas em prol da mitigação de novos eventos.

INTRODUÇÃO

Embora haja uma divergência histórica a respeito do primeiro voo tripulado realizado pelo homem em um objeto mais pesado que o ar, é sabido que Alberto Santos Dumont foi o primeiro inventor e piloto a efetuar um voo com o seu 14-Bis, de fabricação própria e propulsão por um motor, ele sobrevoou o Campo de Bagatelle na bela cidade de Paris em 23 de outubro de 1906, conforme consta em seu livro “O que eu vi, o que nós veremos”.

Segundo Fred Howard, quase dois anos após, em setembro de 1908, o primeiro acidente fatal aconteceu quando o piloto

Orville Wright e o passageiro Lieutenant Thomas Selfridge se acidentaram em um voo de exibição diante de aproximadamente 2000 pessoas na cidade de Fort Myer no estado da Virgínia - USA, acarretando na morte de Selfridge.

Desde então, é notório que o aumento do número de acidentes aeronáuticos não cessa, portanto com o avanço expressivo da demanda pelo transporte aéreo nos últimos anos, medidas efetivas para a garantia da qualidade e da segurança de voo são requeridas. O investimento em novas tecnologias e automação, aliado ao treinamento e as normas reguladoras são alguns exemplos de iniciativas adotadas por empresas aéreas, operadores de aeródromos, organizações de aviação civil, dentre outros, visando à redução dos números de acidentes e incidentes aeronáuticos e, conseqüentemente, as perdas humanas e materiais referentes à essas ocorrências.

CONCEITO

Os casos de *Runway Excursion*, *Runway Incursion* (entrada em pistas) e *Runway Confusion* (confusão de pistas) são conceitos distintos, mas que fazem parte de um único entendimento, denominado *Runway Safety* (segurança de pistas).

O *Manual on the Prevention of Runway Incursions* (Manual de Prevenção de Incursão em Pista), Doc. n.º 9870 NA/463 (ICAO, 2007) define *Runway Incursion* como qualquer ocorrência em um aeródromo envolvendo a presença incorreta de uma aeronave, veículo ou pessoa na área de uma superfície protegida, destinada ao pouso e decolagem de aeronaves.

Já *Runway Confusion* consiste no fato de aeronaves que entram, decolam ou pousam na pista errada. Casos de *Runway Confusion* podem ocorrer quando há *taxiways* (pistas de taxi) paralelas às *runways* (pistas de decolagem e pouso), fato este que pode levar o piloto a confundí-las principalmente em condições de baixa visibilidade, no período noturno, por exemplo.

Conforme publicado pela *Flight Safety Foundation - FSF - Approach and Landing Accident Reduction - ALAR Tool Kit, Briefing Note 8.1 - 2009* (Kit de Ferramenta de Redução de Acidente de Aproximação e Pouso), *runway excursion* consiste no fato de uma aeronave ultrapassar o limite físico de uma pista de pouso/decolagem em sua extremidade final (*Runway Overrun*), (Fig. 1) ou lateral (*Runway Veer-off*).



Figura 1: Boeing 737 da American Airlines após sofrer Runway Overrun (Air Facts Journal, 2013).

DADOS ESTATÍSTICOS

De acordo com a *International Air Transport Association - IATA* (Associação Internacional de Transporte Aéreo), em seu documento *Safety Report* (Reporte de Segurança), o

mundo foi palco de 415 tipos de acidentes totais ocorridos entre os anos de 2010 e 2014 envolvendo aeronaves comerciais de transporte aéreo, faz saber que, além dessa grande quantidade de eventos, outros 73 acidentes não foram catalogados em virtude da falta de dados concretos que pudessem classificá-los. Conforme exposto na Fig. 2, percebe-se uma considerável redução desses eventos indesejáveis, se comparados os anos de 2010 e 2011 ao de 2012, porém é notório um aumento de cerca de 10% de eventos no ano de 2013.

Accidents per Year

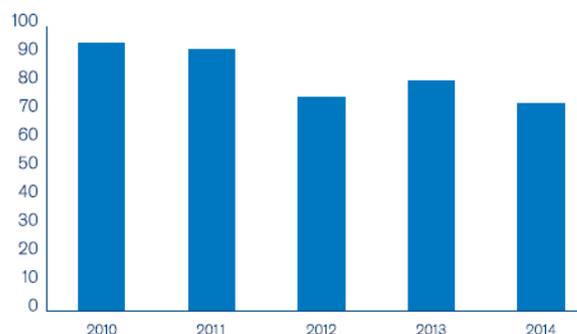


Figura 2: Relação total de todos os acidentes por ano (IATA - Safety Report, 2015).

Dando continuidade aos estudos feitos por esta renomada Associação Internacional, IATA, nota-se que, de todos os acidentes ocorridos entre 2010 e 2014, 22% ou 90 deles foram consequência de *Runway/Taxiway Excursions* (saídas de pistas de taxi e decolagem/pouso), (Fig. 3), importante mencionar que, 16 acidentes desta mesma categoria não puderam ser catalogados por falta de dados concretos que pudessem classificá-los.

Breakdown per Accident Category

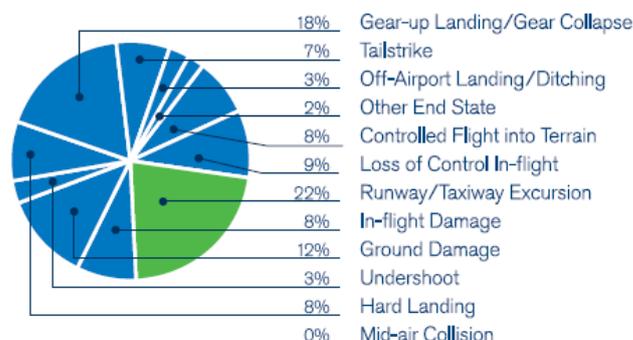


Figura 3: Relação das causas dos 415 acidentes (IATA - Safety Report, 2015).

Visando um maior aprofundamento no que tange aos eventos relacionados somente à *Runway/Taxiway Excursion*, é importante salientar os dados específicos a estes.

Referente aos números por ano, divulgados, mais uma vez, pela IATA, observa-se que houve uma pequena variação anual não superior a 22 eventos no ano de 2012 e não inferior a 15 como em 2014 (Fig. 4). Todavia e infelizmente, 6% de todos eles resultaram em fatalidades, onde estas ocorreram somente na fase de pouso (Fig. 5).

Accidents per Year

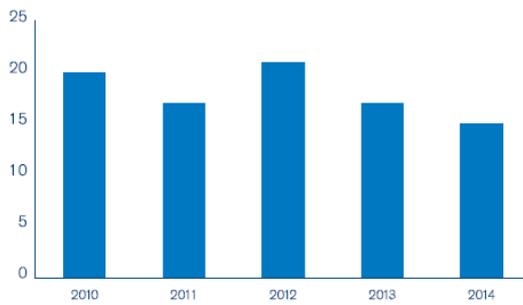


Figura 4: Quantidade de acidentes de Runway/Taxiway Excursion por ano (IATA – Safety Report, 2015).

No intuito de aprimorar a pesquisa e poder, de uma melhor maneira, identificar os fatores contribuintes e as ações mitigadoras a serem tomadas, o *Safety Report* da IATA - 2015 optou por classificar os eventos por fases de voo (Fig. 5), sendo:

- TXO – *Taxi Out* (Taxi efetuado pela aeronave desde a posição de parada até a pista de decolagem),
- TOF – *Takeoff* – (Decolagem),
- RTO – *Rejected TakeOff* (Descontinuação da decolagem),
- LND – *Landing* – (Pouso), e
- TXI – *Taxi in* - (Taxi efetuado pela aeronave do momento que se livra a pista, após o pouso, até a posição de parada).

Accidents per Phase of Flight, 2010-2014

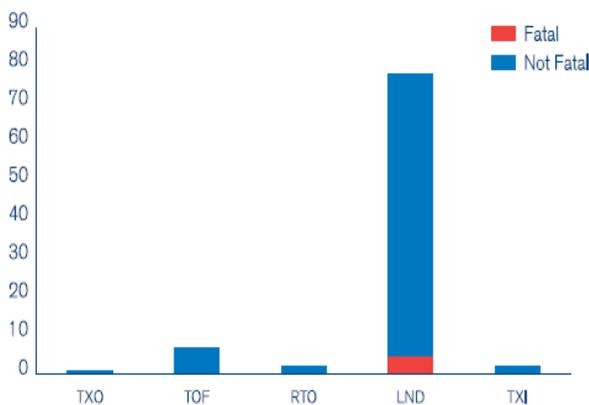


Figura 5: Porcentagem dos acidentes de Runway/Taxiway Excursion por fase de voo e as fatalidades ocorridas (IATA – Safety Report, 2015).

DADOS ESTATÍSTICOS NO BRASIL

Da mesma forma que os dados estatísticos internacionais (IATA), o CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos) demonstra suas estatísticas, bem como a preocupação em reduzir tais números. Observa-se então uma variação de 0 a 7 eventos por ano, entre 2008 e 2013 (Fig. 6). O julgamento de pilotagem com inadequada avaliação da tripulação técnica na operação da aeronave, foi o principal fator contribuinte (Fig. 7).

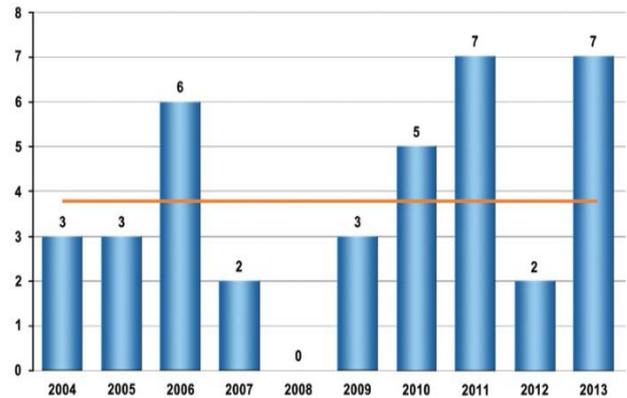


Figura 6: Considerando apenas aeronaves a jato (Saída de Pista na Aviação Civil Brasileira – CENIPA, 2013).

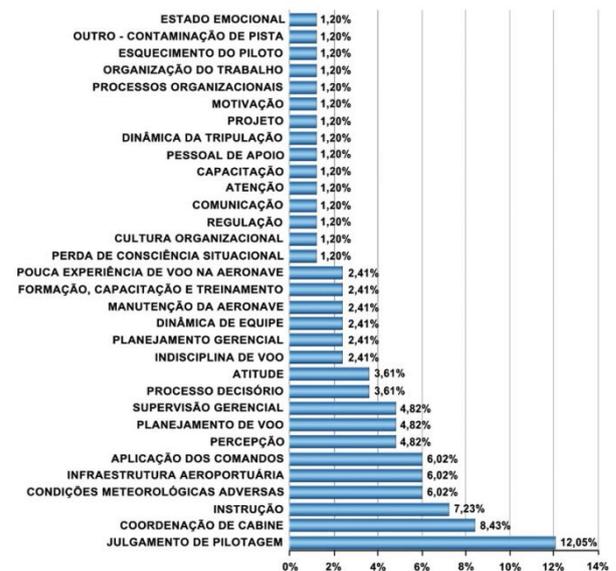


Figura 7: Principais fatores contribuintes (Saída de Pista na Aviação Civil Brasileira – CENIPA, 2013).

APROXIMAÇÃO

A aproximação para pouso consiste num conjunto de manobras pré-determinadas, a fim de ordenar e sequenciar as aeronaves voando em condições visuais ou por instrumentos, desde o início da descida até o pouso, ou até um ponto no qual o *touch down* (toque de pouso) possa ser feito manualmente (*Federal Aviation Administration - FAA, 2014c*).

Para efeitos de estudo, será abordada apenas a aproximação por instrumentos, onde não há a necessidade de referências visuais com o solo até um determinado ponto. Nesse caso, o procedimento é realizado com o Auxílio de Navegação por Rádio, *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global - GPS) ou Sistema de Navegação Inercial.

Basicamente, o procedimento de aproximação por instrumentos é dividido em até cinco segmentos (FAA, 2014c), sendo eles (Fig. 8):

- **Segmento de Aproximação** - no qual a aeronave deixa a aerovia (voo em rota) até o *Initial Approach Fix* (Fixo Inicial de Aproximação - IAF);
- **Aproximação Inicial** - compreende o espaço entre o IAF e o *Intermediate Fix* (Fixo Intermediário - IF), ou o ponto onde a aeronave está estabilizada no curso intermediário ou curso final de aproximação;

- **Aproximação Intermediária** - segmento representado entre o IF ou ponto, e o *Final Approach Fix* (Fixo de Aproximação Final - FAF);
- **Aproximação Final** - o segmento entre o FAF e a pista, ou o *Missed Approach Point* (Ponto de Aproximação Perdida - MAP); e
- **Aproximação Perdida** - o segmento entre o MAP ou ponto da *Decision Altitude* (Altitude de Decisão - DA) e o fixo de aproximação perdida na altitude discriminada.

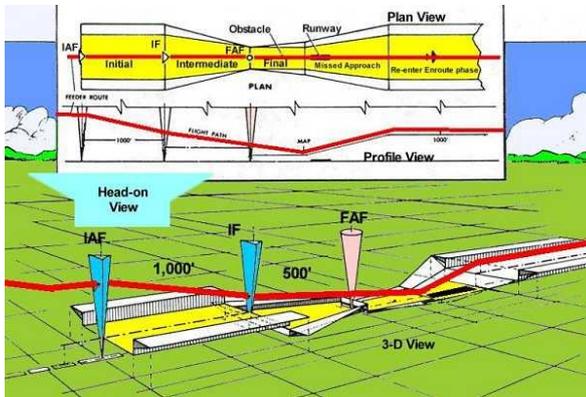


Figura 8 – Segmentos de aproximação por instrumentos (Simtropolis, 2013).

Os procedimentos de aproximação são classificados em Precisão ou Não-Precisão. Eles se diferenciam pela referência instrumental utilizada, onde Precisão utiliza informações laterais e verticais e Não-Precisão apenas lateral.

Conceitos de aproximação estabilizada

Uma das premissas para a realização de um pouso bem sucedido é a realização de uma aproximação estabilizada, pois, durante uma aproximação não estabilizada, a aeronave poderá aproximar-se de encontro ao solo com uma carga de energia potencial e/ou cinética maior do que a normal, podendo acarretar no toque de pista tardio (*deep landing*) e com velocidade acima do recomendado para aquele cenário o que, conseqüentemente, pode resultar em *Runway Excursion*.

Além dos casos de *Runway Excursion*, as aproximações não estabilizadas são motivos de outros tipos de incidentes ou acidentes, comumente ocorridos nos últimos anos, como por exemplo, *Hard Landing* (pouso duro) e *Controlled Flight Into Terrain* (Voo Controlado em Direção ao Terreno - CFIT), conforme descrito no *Runway Safety Manual* (IFALPA, 2009).

O *Instrument Procedures Handbook* (manual de procedimentos por instrumentos) - (FAA, 2014) recomenda que uma aproximação esteja estabilizada antes de atingir 1000 pés AGL - *Above Ground Level* (elevação em relação ao solo). Para que isso ocorra, deve-se levar em consideração o cumprimento de alguns fatores, como: o rumo de aproximação, o ângulo de planeio e a velocidade do corpo. Caso um ou mais desses fatores não seja atingido na condição estável, recomenda-se iniciar o procedimento de aproximação perdida. Logo, a arremetida é praticamente mandatória.

De uma maneira ainda mais ampla, o *Approach and landing accident reduction* (FSF, 1998), define que os critérios de aproximação estabilizada consistem na aeronave estar a 1000 pés AGL, em *Instrument Meteorological Condition* (Condição Meteorológica de Instrumento - IMC) ou a 500 pés em *Visual*

Meteorological Condition (Condição Meteorológica Visual - VMC), nas seguintes situações:

- No rumo e ângulo correto de aproximação da pista, com pequenas correções a serem feitas de proa e *pitch*, se necessárias forem;
- Velocidade não superior a V_{ref} . (velocidade de referência) + 20kt e não inferior a V_{ref} ;
- Na configuração correta de pouso (*flaps* e trem de pouso);
- Razão de descida não maior que 1000 pés/minuto;
- Potência de aproximação estável de acordo com o manual do fabricante e não em potência mínima;
- Todos os *briefings* e *checklists* (resumos e listas de verificações) realizados; e
- Se efetuando aproximação por instrumentos, não mais que 1 *dot* (ponto) de *glideslope* (ângulo de descida) ou *localizer* (localizador) fora.

Dessa forma, nos últimos anos, as empresas aéreas adotaram medidas preventivas no intuito de mitigarem ocorrências de *Runway Excursion* por consequência de falhas de aproximação. Tais medidas se deram por meio de campanhas de política operacional, orientando e encorajando os pilotos a iniciarem o “*Go-around Procedure*” (procedimento de arremetida) ou Procedimento de Aproximação Perdida sempre que não estiverem estabilizados a 1000 pés, conforme recomendação da *Flight Safety Foundation*.

Approach and Landing Accident Reduction (ALAR)

O programa *Approach and Landing Accident Reduction* (FSF, 1998), também conhecido como *ALAR Toolkit*, consiste em um conjunto de notas informativas, vídeos, apresentações e listas de riscos aos pilotos, no intuito de aumentar a consciência situacional e, conseqüentemente, prevenir acidentes nas aproximações e pousos. O programa foi desenvolvido após pesquisas demonstrarem uma média de 17 acidentes fatais a cada ano, entre 1980 e 1998, envolvendo aeronaves com peso superior a 5.700 kg, e tem como principal objetivo a redução de ocorrências nas fases de aproximação e pouso, por meio da conscientização de pilotos, com a realização de *workshops* em todo o mundo.

Após a implantação dessa força tarefa, houve uma redução significativa no número de ocorrências. Porém, em 2009, de 17 acidentes graves, 9 ocorreram durante as referidas fases (FSF, 2009). Desde então, o *ALAR Toolkit* vem sendo atualizado periodicamente, visando a informar aos aeronautas e às empresas aéreas as conclusões das análises e dados dos acidentes recentes.

ALAR E RUNWAY EXCURSION

Dados estatísticos publicados pela *FSF ALAR Tool Kit, Briefing Note 8.1 – 2009* indicaram que, 20% dos 76 acidentes e incidentes graves ocorridos durante as aproximações e pousos entre 1984 e 1997, foram conseqüências de *Runway Excursion*.

Em outra comparação realizada pela *FSF – Runway Safety Initiative - 2009*, de 1995 a março de 2008, foram registrados 548 acidentes de *runway excursion* envolvendo aeronaves de transporte comerciais. Deste total, 435 acidentes (79%)

ocorreram durante o pouso e 113 (21%) na decolagem, (Fig. 9).

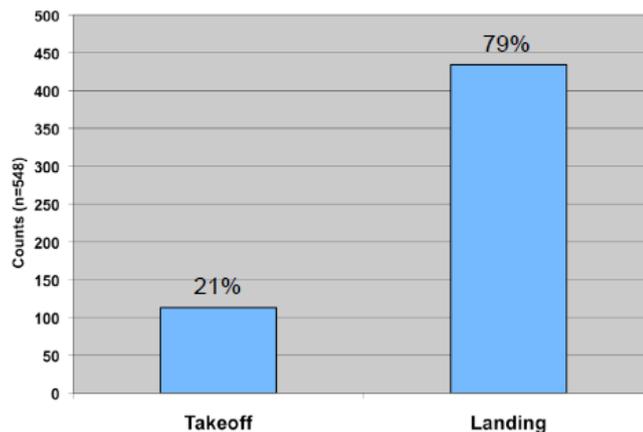


Figura 9: Eventos ocorridos durante decolagem e pouso (FSF – RSI, 2009).

Faz saber que, dentre os 435 casos registrados durante o pouso, 47% destes foram do tipo *overrun* (saída de pista pela extremidade final) e 53% *veer-off* (saída de pista pela extremidade lateral), (Fig. 10).

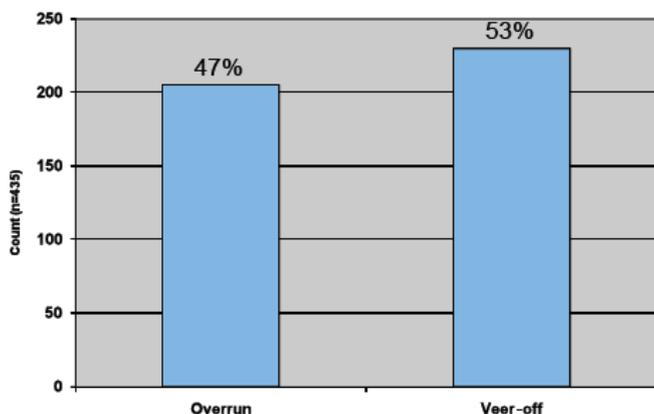


Figura 10: Eventos ocorridos em consequência de Overrun e Veer-off (FSF – RSI, 2009).

Dado o exposto, fica explícito que os casos de acidentes ocorridos durante os pousos requerem uma atenção especial no intuito de identificá-los e mitigá-los.

Todavia, após minuciosa análise chegou-se a conclusão de que apenas um único ou a soma de dois ou mais fatores contribuintes é suficiente para culminar no fato indesejado, o acidente. O que chama bastante a atenção dos investigadores e analistas é que a rejeição da decolagem antes da V1, velocidade limite na qual o piloto ainda pode rejeitar a decolagem com segurança sem correr o risco de ultrapassar os limites físicos da pista, foi o maior fator contribuinte para o acidente, chegando a representar aproximadamente 45% dos casos investigados (Fig. 11).

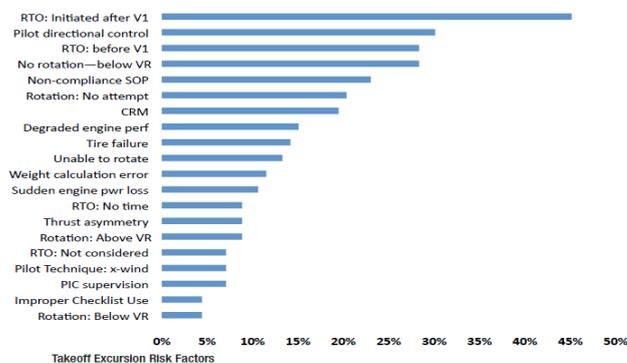


Figura 11: Fatores contribuintes presentes nos casos de Runway Excursion durante a decolagem (FSF – RSI, 2009).

Analisando os dados referentes à *runway excursion* na fase de pouso, é notório que, a insistência em pousar a aeronave aliada ao não cumprimento da arremetida durante uma aproximação desestabilizada foi o maior fator contribuinte para o acidente, responsável por cerca de 35% dos casos, (Fig. 12). Reitera se ainda que, conforme mencionado anteriormente, a aproximação estabilizada é crucial para a segurança de voo.

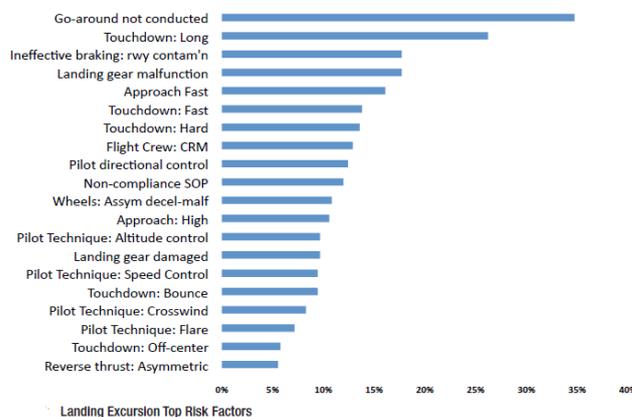


Figura 12: Fatores contribuintes presentes nos casos de Runway Excursion durante o pouso (FSF – RSI, 2009).

OPERAÇÃO E DESEMPENHO DA AERONAVE

Pode-se afirmar que, uma operação dentro dos padrões estabelecidos pelo fabricante e em conformidade com os limites de desempenho da aeronave, contribui para a segurança de voo. Segundo o *Runway Safety Manual* (Manual de Segurança de Pistas) (*International Federation of Air Line Pilots' Associations - IFALPA, 2009*), o operador e a tripulação técnica podem reduzir ou eliminar alguns dos riscos de *Runway Excursion*, por meio da implantação de algumas tarefas na rotina operacional:

- Decolar na potência máxima ao se identificar pista contaminada ou com ventos fortes de través;
- Alterar os horários de decolagem e/ou modificar o local do pouso para evitar condições meteorológicas desfavoráveis;
- Verificar, antes do início de qualquer operação, se os dados informados na documentação de voo e no *Flight Management System* (FMS) estão corretos;
- Observar se não existem erros relacionados ao peso, velocidade, trimagem da aeronave, cálculo do comprimento da pista, informações de pressão

atmosférica, ventos, condições da pista e obstáculos no entorno do aeroporto, e;

- Verificar se alguns sistemas da aeronave estão operacionais, tais como freios, sistema *anti-skid* (antiderrapante), *spoilers*, *autobrakes* (freios automáticos) e reversores, que podem ser considerados ao rejeitar uma decolagem.

Ainda conforme o documento da IFALPA de 2009, alguns requisitos operacionais, quando fora dos padrões estabelecidos, podem resultar em *Runway Excursion*, em virtude de uma insuficiente taxa de desaceleração, impedindo que a aeronave efetue a sua parada dentro dos limites da pista:

- Cálculo errôneo da velocidade, deixando-a mais alta do que a ideal para aproximação, principalmente quando se encontra com vento de cauda e reportes de *brake action* imprecisos;
- Ausência na padronização de equipamentos de medição do atrito das pistas, nas mais diversas localidades, podendo resultar em valores imprecisos, pois dependendo do modelo da aeronave em operação numa mesma pista, exige valores de frenagem diferentes. Fatores meteorológicos como ventos e chuva também contribuem para uma perda de controle.

Assim, visando diminuir efeitos indesejáveis no controle da aeronave em solo após o toque na pista, a FAA e os fabricantes recomendem a utilização de configurações de *autobrake*, principalmente em pistas contaminadas e com ventos cruzados (FAA, 2014).

Utilização dos Reversores

Com uma tecnologia cada vez mais avançada na utilização de modernos sistemas de *autobrake*, com lógicas voltadas para a melhoria na taxa de desaceleração em oposição ao aumento da pressão, a utilização dos reversores tem caído drasticamente. A redução no consumo de combustível e desgaste de motor também tem contribuído para tal queda no uso. Entretanto, deve-se ter em mente que a utilização de reversores em pistas contaminadas, com ventos cruzados e também numa rejeição da decolagem, aumenta consideravelmente a segurança, o que torna fundamental o investimento em novos treinamentos para que tais condições possam ser previstas.

Muitos aeroportos, principalmente nos Estados Unidos e Europa, restringem a utilização de reversores em determinados períodos do dia, haja vista o procedimento de redução de ruídos, o que pode resultar em uma operação menos segura (IFALPA, 2009).

É essencial que o treinamento regular faça parte da operação pretendida pelas empresas aéreas. As mesmas devem desenvolver programas específicos de formação, com o objetivo de aumentar a consciência e elevar conhecimento teórico das tripulações quanto aos fatores contribuintes para eventos de *Runway Excursion*.

Nesse caso, torna-se importante a utilização de ferramentas como o *Corporate/Cockpit Resource Management* – CRM, que consiste no gerenciamento de recursos de cabine, com um trabalho em equipe coordenado e padronizado para todas as fases do voo, conforme definido pela Instrução de Aviação Civil - IAC 060-1002A (Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, 2005).

Um trabalho ainda mais eficaz seria um gerenciamento específico, voltado para as excursões de pista, com um conhecimento teórico mais profundo sobre como agir em pistas curtas, bem como o impacto do clima e do terreno que circunda o aeródromo.

Conforme descrito pelo programa ALAR da *Flight Safety Foundation*, é importante que o programa de treinamento inclua:

- **Energy management:** gerenciamento da descida e aproximação final quanto a variáveis como vento, rajadas, peso e configurações atípicas.
- **Go-around ou arremetidas:** o preparo para a aproximação deve antecipar uma possível divergência em relação à política do operador. O *briefing* tem o propósito de aumentar significativamente a consciência situacional no caso de uma aproximação perdida, seus critérios e intenções caso a aproximação final esteja fora dos padrões. Esse treinamento deve reforçar a ideia de que uma arremetida ainda é o melhor e o mais seguro a ser feito, e as políticas da empresa devem aceitá-la como um procedimento normal.

CRM: um *callout* (aviso verbal) padronizado deve ser utilizado quando a operação estiver fora dos padrões ou desviando-se deles. Os operadores devem fornecer procedimentos de CRM específicos para melhorar a coordenação entre os pilotos, principalmente para o *pilot monitoring* (piloto que monitora a operação) durante as fases de aproximação, pouso e desaceleração. Os cálculos como distância de pouso e outros itens críticos de desempenho de voo executados pela tripulação, devem estar condizentes com a fase do voo. Tais procedimentos devem ser realizados com precisão.

- **Target Fixation ou “get home-it is”:** significa focar em ir para casa a qualquer custo. Isso deve ser evitado não somente através de um modelo de CRM, mas também através do estabelecimento de uma cultura que reforça a segurança acima dessas expectativas. Atenção também deve ser dada ao gerenciamento do *stress*. Técnicas de arredondamento em relação à razão de descida, flutuação, técnicas de operação com vento de cauda e vento cruzado, uso dos reversores, incluindo os efeitos de política local a respeito da utilização dos mesmos. Eles devem ser utilizados em máximo, numa decolagem abortada e também na maioria das operações de pouso, exceto se as condições forem confirmadas seguras para a utilização dos mesmos em *idle* (reduzido). Atenção à utilização de frenagem diferencial e uso do *automatic braking* (freio automático) em condições meteorológicas e de pista adversas.

Um entendimento quanto aos critérios de desempenho deve estar incluso no treinamento, como os efeitos quanto ao cruzamento de cabeceira muito alto ou muito veloz, toque além das marcas de pouso e uso das distâncias declaradas.

A IFALPA defende que esses itens sejam inclusos, obrigatoriamente, nos treinamentos e que sua implementação e operação sejam monitoradas pelas autoridades de aviação civil de cada país.

Além de treinamentos de iniciativa avançada, os operadores devem especificar os critérios mínimos em relação à experiência desejada para se operar determinada aeronave em pistas que estejam em condições especiais, operações em

condições meteorológicas adversas e operações com vento cruzado (IFALPA, 2009).

O programa ainda pode ser melhorado, assegurando-se que a proficiência dos pilotos seja mantida, por meio de uma revisão operacional relacionada a eventos de *Runway Safety*. As tripulações devem ser submetidas a treinamentos periódicos acerca da análise dos fatores que estão relacionados a uma *Runway Excursion* (IFALPA, 2009).

INFORMAÇÕES DE AERÓDROMO

As informações acerca do aeródromo em que se pretende operar, tais como, condições das pistas, meteorologia, predominância dos ventos, relevo, dentre outras, são essenciais para a realização de uma operação segura e, conseqüentemente, para a prevenção de *Runway Excursion*.

É necessário que, as informações de aeródromos sejam obrigatoriamente reais, acuradas, atualizadas, relevantes e apresentem condições representativas que prevaleçam naquele aeródromo em um horário específico. Devem, ainda, possuir uma linguagem simples, de fácil compreensão pelos pilotos, considerando características da superfície e informações operacionais e de segurança relevantes (IFALPA, 2009).

De posse de informações precisas sobre as condições da pista, os pilotos têm condições para julgar e decidir sobre a aproximação e o pouso naquela localidade.

Classificação da pista quanto à textura do pavimento

Considerando-se os critérios de certificação segundo a *Federal Aviation Regulations* (Regulação Federal de Aviação) - FAR 25 (FAA, 2014), o desempenho em pista seca é geralmente calculado com base em testes de voo, em que são coletados os dados sem o uso de reversores. Os resultados são então modificados, a fim de considerar as diferenças de superfícies utilizadas durante as verificações e nas operações diárias com a aeronave.

Já o desempenho em pista molhada é derivado de exaustivos testes em variados tipos de superfícies, determinados por coeficientes distintos de atrito entre essas superfícies e o pneu, considerando para isso, variações de pressão e velocidade. O que esses testes também levam em consideração é a textura do material empregado na superfície da pista. Esses pavimentos podem ser classificados como (FAA, 2014a):

- **A** – Concreto muito macio e algum asfalto macio. Por essas superfícies serem macias, esse tipo de pavimento não é muito utilizado em cobertura de pistas no qual operam aeronaves de categoria de transporte comercial;
- **B** – Concreto levemente texturizado e pequena parte de asfalto agregado.
- **C** – Concreto altamente texturizado e asfalto áspero. Esse é o tipo de textura mais pesada em pistas sem *groove* (ranhuras).
- **D** – Superfícies com *groove* superficial ou entalhado. Asfalto agregado grande.
- **E** – Superfícies com *groove* profundo ou com *Porous Friction Course* – PFC (Cursos de Fricção Porosos).

Para fins de certificação aeronáutica, o FAR 25 considera as superfícies compreendidas entre as categorias “B” e “C” (FAA, 2014).

Adicionalmente, estudos realizados por aquela autoridade de

aviação, afirmam que superfícies com *groove* ou PFC oferecem benefícios substanciais à frenagem das aeronaves, mesmo quando molhadas, de maneira que o desempenho de frenagem demonstrada chega a ser de 70% do desempenho demonstrado em pista seca (IFALPA, 2009).

A Fig. 13 apresenta a superfície de uma pista com *groove*. Na faixa mais clara (à direita) foi feito um trabalho de manutenção de remoção da borracha acumulada durante várias operações de pouso e decolagem.

Já o PFC possui uma camada porosa de 40mm que possibilita a infiltração de água e uma base impermeável, mais resistente, garante que uma deformação no pavimento não ocorra a ponto de tornar a pista irregular (Fig. 14).



Figura 13 - Representação de faixa de pista com groove (AIRPORT TECHNOLOGY. *Jetting Systems*, 2014).

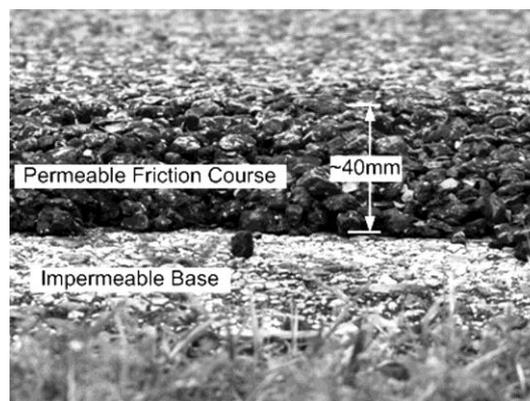


Figura 14 - *Porous Friction Course* - PFC (EEG. *GeoScienceWorld*, 2012).

Usability factor ou fator de uso da pista

Esse fator é medido pela percentagem de tempo que o uso da pista ou do sistema de pistas não é restrito, decorrente de componente de vento cruzado ou alagamento de pista. O *design* da pista, em combinação com o programa de manutenção, deve ser tal que o fator de uso da pista não seja menor que 95% para aviões (IFALPA, 2009). Para operar dentro desse fator, vários aeródromos recorrem a formas efetivas de aprimorar as características de atrito, geralmente utilizando-se o *groove* ou uma camada porosa de pavimento.

Necessidade de NOTAM

Todas as vezes que a medição de atrito cair abaixo do *Minimum Friction Level* – MFL (Nível de Atrito Mínimo), deve ser expedido um aviso denominado *Notice to Airmen* – NOTAM (Notificação ao Aeronauta) contendo a informação “*slippery when wet*”, ou seja, escorregadia quando molhada. Essa exigência se deve por invalidar as tabelas de cálculos de distância da pista requerida para pouso em pista molhada. A

condição de frenagem dessa pista apresenta um coeficiente de atrito abaixo do coeficiente para pista molhada (IFALPA, 2009).

O significado dessa informação em NOTAM não é bem compreendido por pilotos e despachantes e ainda desconsiderada por inúmeros operadores e fabricantes que não preconizam em suas operações cálculos de distância requerida de pista para pouso nessas condições.

Runway End Safety Area – RESA (Área de Segurança de Final de Pista)

O Anexo 14 da Organização Internacional de Aviação Civil ou *International Civil Aviation Organization* - ICAO, 2009, descreve as diretrizes e recomendações para a construção das faixas de pista (*runway strip*) e áreas de segurança de fim de pistas ou *Runway End Safety Area* (RESA). O referido documento também contém uma tabela de códigos de referência de aeródromo, no qual os mesmos estão classificados em função do comprimento de pista (Fig. 15).

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

Figura 15 - Classificação numérica de pista (ICAO - Anexo 14, 2009).

Pistas com códigos 1 e 2 têm comprimento máximo de 1.199m e somente requerem a implantação de uma RESA caso haja procedimentos de aproximação por instrumentos.

Para pistas códigos 3 e 4 a RESA é mandatória. Dessa forma, como praticamente todas as operações da aviação comercial no Brasil ocorrem em pistas de códigos 3 e 4, esta análise se direciona quanto ao requerido para tais pistas.

Ainda de acordo com o Anexo 14 (ICAO, 2009), uma *runway strip*, para pistas de códigos 3 e 4, deve ser construída em uma superfície plana, firme e livre de obstáculos não deformáveis. Deve se estender por 150m para cada lado da linha central da pista em suas laterais, e por 60m após o fim do comprimento total da pista, incluindo uma *stopway* (área de parada), se for o caso. Esses são valores mínimos.

Além dos requisitos para *runway strip*, é necessário que exista uma área de segurança de fim de pista (RESA), que se estenda por, no mínimo, 90m após o fim da *runway strip* e que tenha, no mínimo, o dobro da largura da pista. Estes valores são aplicáveis às pistas de código 3 e 4 (Figura 15). Recomenda-se que as RESA's sejam estendidas em 240m ao invés de 90m após o fim da faixa de pista, e que se mantenha a largura prevista, (ICAO, 2009), (Fig. 16).

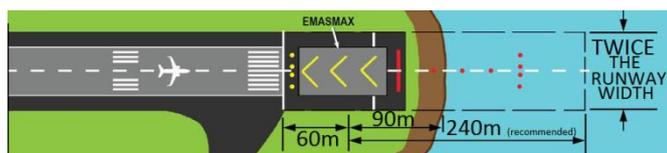


Figura 16 - Dimensões RESA e Runway Strip (Adaptado de ADK6, 2015)

Segundo um estudo realizado pela IATA, no período entre 2004 e 2009, ocorreram 164 eventos de *Runway Excursion* em todo o mundo, com aeronaves comerciais de transporte aéreo. Desses, 46% (75 eventos) caracterizam-se como *Runway Overrun*, resultando em 256 fatalidades. Em

aproximadamente 90% dos eventos de *Overrun*, a aeronave deixou a pista com velocidade de até 70kt e parou em uma distância não superior a 300m do fim da pista (IFALPA, 2009). Isso demonstra que a recomendação da ICAO para estender a RESA para uma distância total de 300m após o fim da pista, é capaz de aumentar as chances de sobrevivência após a ocorrência de um evento de uma *Runway Overrun*.

Entretanto, a implantação de uma RESA estendida pode não ser viável em vários aeroportos devido às restrições físicas e topográficas, principalmente nos mais antigos, que ao serem construídos encontravam-se em locais afastados das cidades, os quais por sua vez, devido à falta de planejamento urbanístico e o crescimento desordenado, hoje se encontram cercados por áreas urbanas. Dessa forma, uma alternativa viável em substituição a RESA é a construção do *Engineered Materials Arresting System* - EMAS.

O EMAS consiste na criação de uma cama de blocos de concreto esmagáveis sob a ação do peso de uma aeronave, colocados no fim da pista, com o objetivo de deter a aeronave quando o limite do fim da pista for ultrapassado (IFALPA, 2009). Esses blocos de concreto cedem com o peso da aeronave e são desenhados para desacelerar e parar os aviões que saiam da pista com velocidades de até 70 kt. Aeronaves contidas pelo EMAS sofrem pouco ou nenhum dano, diminuindo a possibilidade de ocorrer um incêndio ou ruptura de fuselagem (Figura 18). De acordo com dados fornecidos do *National Runway Safety Plan* (Plano Nacional de Segurança de Pista) 2015-2017, em abril de 2014 esse sistema já estava instalado em 74 cabeceiras de pistas, em 47 aeroportos nos EUA, tendo sido utilizado algumas vezes por aeronaves que ultrapassaram os limites da pista, com grande sucesso, prevenindo ocorrências mais graves, inclusive em condições meteorológicas adversas (FAA, 2013).

A partir de 2015, a FAA determinou a adequação das *Runway Safety Area* – RSA (Áreas de Segurança de Pistas), equivalente à RESA, conforme definido pela ICAO, estendidas de 1000 pés ou 300m em todas as pistas certificadas em conformidade com o FAR 139 nos aeroportos localizados nos Estados Unidos, conforme previsto no *National Runway Safety Plan* (FAA, 2014).

Onde não for possível criar uma RESA com tais dimensões, um sistema EMAS pode ser utilizado.

MITIGANDO OS RISCOS DE RUNWAY EXCURSION

As estratégias de prevenção englobam a atuação em 5 diferentes áreas: Operações de voo, operação aeroportuária, gerenciamento de tráfego aéreo, fabricação de aeronaves e regulamentação das normas aeronáuticas. Analisando os estudos apresentados pelas autoridades aeronáuticas mundiais e considerando a realidade brasileira, podemos apresentar medidas mitigadoras de ameaças que podem levar uma aeronave a um estado indesejável de excursão de pista.

Considerando a área de **operação de voo**:

Propõem-se medidas que consistem basicamente no **monitoramento dos riscos**, desenvolvimento e cumprimento de programas de **treinamento operacional** e implementação de **políticas operacionais mais restritivas** comparadas às adotadas em outros países, considerando características específicas das operações no Brasil. Incentivar o preenchimento de relatórios de ameaças e perigos, aprimorar programas de coleta de dados operacionais tais como

Monitoramento de Dados de Voo e *Line Operational Safety Audit* – LOSA (Auditoria Operacional de Segurança). Esses programas contribuem para a análise das operações, possibilitando traçar e gerenciar, dentro de uma matriz de risco, ameaças e erros encontrados dentro das operações de uma empresa.

De posse dos dados das ameaças mais latentes, a empresa direciona as ações de treinamento e política operacional. Observa-se uma aderência às práticas operacionais mundiais quanto à exigência do cumprimento de aproximações estabilizadas conforme descrito pelo documento da *Flight Safety Foundation* apresentado. Recomenda-se maior ênfase nos treinamentos de rejeição de decolagem, considerando que a maioria dos acidentes, conforme gráfico apresentado na fig. 9, ocorre na execução dessa manobra acima da velocidade de decisão. Recomenda-se também, o treinamento de tomada de decisão do *pilot monitoring* (piloto que monitora a operação), quanto à decisão em descontinuar a aproximação onde a aeronave já se encontra em estado indesejável antes mesmo do toque na pista. O assessoramento desse piloto auxilia na análise mais ampla das ameaças apresentadas durante a aproximação, muitas vezes não percebidas pelo piloto que opera a aeronave.

Ainda considerando a realidade brasileira quanto ao comprimento de algumas pistas, condições meteorológicas sazonais e topografia específica de algumas localidades, as empresas nacionais condicionam suas operações ao cumprimento de procedimentos específicos e condições operacionais das aeronaves. Algumas empresas proíbem o pouso em algumas localidades caso a aeronave apresente pane de reversores, freios ou superfícies de comando, pane consideradas aceitáveis pelos fabricantes. Ainda utilizando matrizes de risco, algumas empresas adotam a obrigatoriedade da utilização de potência máxima na decolagem, em alguns aeroportos, a fim de ter uma distância percorrida possível. Essa medida se faz necessária devido às condições de degradação do pavimento. Essas empresas exigem ainda que os pilotos utilizem os reversores em potência máxima para diminuir a distância de parada da aeronave quando pousando nessas pistas.

No que tange a **operação aeroportuária**, considera-se importante que, todas as *runways* possuam área de escape segura e que sejam construídas e mantidas de acordo com as especificações da *International Civil Aviation Organization* - ICAO. Conforme FAR 139 (FAA, 2014), a partir de 2015 será mandatório que os aeroportos que operem voos regulares nos Estados Unidos, com pistas classificadas dentro da categoria 3 e 4 de distância de decolagem, ampliem a *Runway End Safety Area* - RESA para 300m (RESA + *Stopway*). Essa medida decorre de uma recomendação constante do Anexo 14 (ICAO, 2004). Assim sendo, recomenda-se para os aeroportos brasileiros a ampliação das RESAs de forma a atender as recomendações propostas pela ICAO.

Caso não haja área disponível para a ampliação da RESA, recomenda-se a instalação do *Engineered Materials Arresting System* - EMAS, o qual utiliza 180m no prolongamento de pista, sendo 120m construído de material esmagável com peso da aeronave.

É de extrema importância a unificação de termos para o entendimento e interpretação das condições existentes em um determinado momento, naquele aeroporto. Como exemplo da unificação dos termos, pode-se destacar a condição de pista

“úmida”. Para operadores e fabricantes, quando encontrada essa condição de pista, devem-se usar as análises considerando pista molhada.

Logo, recomenda-se que em todas as situações onde o coeficiente de atrito de alguma pista, cair abaixo do valor mínimo, deve-se emitir um NOTAM com a frase “escorregadia quando molhada”. Essa frase tem um significado específico para fabricantes, operadores e pilotos, auxiliando na correta análise de desempenho da aeronave, conforme tabelas específicas para cada equipamento.

Já no tocante ao **gerenciamento de tráfego aéreo**, a prestação de serviço que permita aos aviadores executarem uma aproximação estabilizada. Para isso deve-se considerar o desenho dos procedimentos de chegadas e aproximação, dimensionando aspectos de desempenho dos diversos tipos de aeronaves que operam naquele determinado aeroporto. Além do melhor desenho das chegadas e aproximações, o treinamento dos controladores quanto ao desempenho das aeronaves também se faz necessário. De posse do conhecimento das diferentes características de desempenho das aeronaves, os controladores podem auxiliar no correto gerenciamento do voo garantindo que a aeronave esteja estabilizada para pouso à 1000ft conforme comentado nesse trabalho.

Outro papel fundamental do controlador de voo é o fornecimento de informações meteorológicas no tocante a vento, visibilidade, precipitação e degradação das condições comparadas com as informações que os pilotos detinham na fase de preparação para a aproximação. Dados da IATA contabilizam 39% das ameaças que contribuíram para um evento de excursão de pista entre os anos de 2009 e 2013, como sendo relacionados a fatores meteorológicos.

Fabricantes da indústria aeronáutica estão investindo no aprimoramento de métodos de treinamentos, novos processos e tecnologias para prevenção desses eventos, já que 20% dos acidentes possuem como fatores contribuintes falhas de equipamentos da aeronave, segundo o *Safety Report* da IATA.

A exemplo, EMBRAER S.A. e a *BOEING COMPANY* anunciaram o compartilhamento de novas técnicas, treinamentos e tecnologias, visando a redução de eventos de *Runway Excursion*, durante os procedimentos de pouso executados por aeronaves de asas fixas. As soluções são disponibilizadas através da *Runway Situation Awareness Tools*, 2013, ou seja, Ferramentas de Apoio à Consciência Situacional para Pousos em Pistas, que podem ser utilizadas por pilotos de qualquer tipo de aeronave, contribuindo assim para a segurança da navegação aérea de maneira global.

Basicamente, as duas corporações disponibilizam aos seus clientes novos procedimentos de pilotagem e um vídeo de treinamento sobre a execução do pouso. Em longo prazo, as empresas colaboram também no desenvolvimento de tecnologias e sistemas para a cabine de comando, visando a refinar as informações situacionais disponibilizadas para os pilotos no momento da aproximação e toque na pista de aterrissagem.

A AIRBUS obteve a certificação FAA para o sistema *Runway Overrun Prevention System* – ROPS (Sistema de Prevenção de Saídas de Final de Pista), inicialmente desenvolvido para a família de aeronaves A320 (AIRBUS, 2013). Essa tecnologia prevê um sistema no *cockpit* (cabine de comando) que aumenta a consciência situacional dos pilotos durante o pouso, reduz a exposição ao risco de saída

de pista e, se necessário, oferece proteção ativa, alertando-os através de alarmes sonoros e de voz à utilizarem o máximo de seus freios, bem como ordenado a arremetida.

Finalizando, a **regulamentação de normas aeronáuticas** exerce papel fundamental na segurança de voo. Toda recomendação proposta por estudos ganha força quando incluída em um regulamento. O modelo regulador brasileiro vem ganhando experiência e se mostra em um processo de amadurecimento. Essa percepção se torna mais aparente quando entidades brasileiras adotam modelos e padrões internacionais comprovadamente eficazes. O Estado trabalha como o elo entre os diversos players garantindo segurança e eficiência operacional.

CONCLUSÕES

Medidas preventivas relativas a aeródromos requerem investimento a longo prazo e demandam maior tempo. Todavia, a criação e implantação de procedimentos operacionais padronizados pelos operadores aéreos, quando amplamente difundidas e treinadas pelas tripulações de voo, podem representar uma excelente ferramenta de prevenção aos casos de *Runway Excursion* a curto e médio prazo. Tais procedimentos incluem, desde o estabelecimento de padrões mínimos para uma aproximação estabilizada, como aquelas recomendadas pela *Flight Safety Foundation* e mencionadas anteriormente, como também o uso adequado dos dispositivos de desempenho (freios, *spoilers*, *speedbrakes*, reversores) da aeronave, e que podem ser verificados nos treinamentos em simuladores de voo.

É importante lembrar que há diferentes aeronaves em operação e, cada qual, possui padrões operacionais e de desempenho específicos, o que requer uma minuciosa análise por parte dos operadores aéreos para a adoção das medidas preventivas adequadas, de maneira que haja uma ampla cobertura das necessidades observadas. É consenso que não existe uma única metodologia que possa prevenir todos os casos de *Runway Excursion*, no entanto, estudos exaustivos sobre o assunto vêm sendo realizados ao longo dos anos, possibilitando a criação de novos métodos e tecnologias que podem ser adotadas pelas empresas aéreas, com o apoio das tripulações de voo e também dos órgãos reguladores.

Como medida preventiva de longo prazo, é importante destacar a necessidade de ações de planejamento por parte dos operadores de aeródromos e dos órgãos reguladores, a fim de que haja o incremento da infraestrutura aeroportuária, adequada à realidade operacional das empresas aéreas, que dispõem de equipamentos e tecnologia cada dia mais avançados.

Algumas informações são extremamente importantes para o combate dos casos de *Runway Excursion* em prol da segurança de voo, além de servirem como sugestões aos órgãos, empresas e departamentos envolvidos: análise detalhada das condições de infraestrutura e meteorologia no aeródromo de destino, conhecimento apurado das informações de desempenho da aeronave a ser operada, uso de ferramentas adequadas e precisas para o cálculo de peso e balanceamento, estabelecimento de padrões máximos quanto ao uso e desgaste de pneus, aderência aos *Standard Operating Procedures* – SOP (Procedimentos Operacionais Padrões), Manual Geral de Operações – MGO das empresas e demais procedimentos e regulamentos aplicáveis, além da verificação e manutenção das condições operacionais dos pavimentos das pistas dos diversos aeródromos.

Dessa forma, percebe-se que a prevenção a eventos de *Runway Excursion* vai muito além das tripulações de voo e dos operadores aéreos, exigindo ações conjuntas de toda a indústria da aviação, com uma estratégia baseada na redução do risco operacional, a fim de que haja uma diminuição no número de acidentes aéreos, a preservação de vidas humanas e a perenidade das empresas aéreas.

REFERÊNCIAS

- ADK6, <http://www.adk6.com/service/definitionen/resa/index.php>. Acessado em 23 de julho de 2015.
- AIRBUS, **QRH:2014:** (Quick Reference Handbook – A32F, 2014).
- AIRBUS. **Runway Overrun Prevention System - ROPS.** [s.l.] [2013]. Disponível em: <www.iata.org/publications/Documents/FRMS%20Implementation%20Guide%20for%20Operators%201st%20Edition-%20English.pdf>. Acessado em 02 junho de 2014.
- AIRPORT TECHNOLOGY, **Jetting Systems:** Runway Rubber Removal Equipment. Salisbury, United Kingdom, [2014]. Disponível em: <http://www.airport-technology.com/contractors/apron_clean/pegasus/>. Acessado em 22 de maio de 2014.
- ANAC, **IAC 060-1002A:2005:** Treinamento em Gerenciamento de Recursos de Equipes (Corporate Resource Management – CRM). Brasília, DF, 2005.
- BOEING e EMBRAER. **Runway Situation Awareness Tools.** [S.l.] [2013]. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/safety/technology_saaf er.html>. Acessado em 10 junho de 2014.
- BRASIL, DUMONT, Santos. **“O que eu vi, o que nós veremos”.** Editora Saraiva, 2000.
- CENIPA, Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Saída de Pista na Aviação Civil Brasileira** (Estatísticas 2004 a 2013), Brasília - DF, 2013.
- Environmental & Engineering Geoscience, GeoScienceWorld.* Virgínia, EUA, [2012]. Disponível em: <<http://eeg.geoscienceworld.org/content/18/2/113/F6.expansion.html>>. Acessado em 22 de maio de 2014.
- FAA, *Federal Aviation Administration, Instrument Approach Handbook.* Washington, DC, 2014c. Disponível em: http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/instrument_procedures_handbook/>. Acessado em 10 junho de 2014.
- FAA, *Federal Aviation Administration, National Runway Safety Plan 2015-2017.* Washington, DC, 2013. Disponível em: <http://www.faa.gov/airports/runway_safety/publications/media/2015_ATO_Safety_National_Runway_Safety_Plan.pdf>. Acessado em 10 de junho de 2014.
- FAA, *Federal Aviation Administration. Instrument Approach* <www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/pgc/1.HTM>. Acessado em 20 de maio de 2015.
- FSF, *Flight Safety Foundation. ALAR Tool Kit, Briefing Note 8.1 2009.* Disponível em: <<http://www.skybrary.aero/bookshelf/books/865.pdf>>. Acessado em 20 de maio de 2015.

FSF, *Flight Safety Foundation. Approach and Landing Accident Reduction*. Alexandria, Virginia, 1998. Disponível em: <<http://flightsafety.org/current-safety-initiatives/approach-and-landing-accident-reduction-alar>>. Acessado em 20 de maio de 2015.

FSF, *Flight Safety Foundation*. Disponível em: <<http://flightsafety.org/>> Acessado em 20 de maio de 2015.

FSF, *Flight Safety Foundation. Runway Safety Initiative, 2009*. Disponível em: <<http://www.easa.europa.eu/essi/documents/R3Efinal.pdf>> Acessado em 20 de maio de 2015.

HOWARD, Fred. *Wilbur and Orville: A Biography of the Wright Brothers*. New York: Alfred A. Knopf, 1987.

IATA, *International Air Transport Association Safety Report*. Montreal, Québec, 2014. Disponível em: http://www.iata.org/publications/Pages/safety_report.aspx>. Acessado em 10 de agosto de 2014.

ICAO, International Civil Aviation Organization. **Anexo 14, 2009**: Aeródromos. 5 ed, v. I, Montreal, Québec, 2009.

IFALPA, *International Federation of Airline Pilots's Associations. Runway Safety Manual*. Montreal, Québec, 2009. Disponível em: <<http://www.ifalpa.org/downloads/Level1/Briefing%20Leaflets/Airport%20Issues/Runway%20Safety%20Manual%201.2.pdf>>. Acessado em 22 maio de 2014.