

CINZAS VULCÂNICAS E A SEGURANÇA DE VOO

Flávio Antônio Coimbra Mendonça¹

Artigo submetido em 28/10/2011.

Aceito para publicação em 10/11/2011.

RESUMO: Aeronaves e seus motores são desenvolvidos para operarem em ambientes livres de poeira e gases tóxicos. Erupções vulcânicas, tais como as recentes do vulcão chileno Puyehue, lançam na atmosfera partículas vulcânicas vítreas com até 2 mm de diâmetro que podem comprometer a segurança de voo. Erupções vulcânicas acontecem com frequência no mundo, porém recentemente trouxe diversos prejuízos à aviação brasileira. Nos últimos doze anos mais de 60 aeronaves, a maioria de grande porte, sofreram danos em virtude da presença de cinzas vulcânicas nas suas rotas e em aeroportos. Em sete dessas ocorrências houve apagamento de motor em aeronaves transportando mais de 2.000 passageiros. Os equipamentos de bordo, incluindo radares, não são eficientes para detectarem cinzas vulcânicas, conseqüentemente a melhor maneira para se prevenir um acidente aeronáutico decorrente é evitando voar em áreas onde elas tenham sido detectadas ou haja a possibilidade de sua presença. O objetivo deste trabalho científico é compilar informações científicas e técnicas que podem ser utilizadas por empresas aéreas, esquadrões operacionais e pilotos voltadas à prevenção de acidentes e incidentes aeronáuticos relacionados a voos com presença de cinzas vulcânicas.

PALAVRAS-CHAVE: Acidente Aeronáutico. Cinzas vulcânicas. Segurança de Voo.

1 INTRODUÇÃO

A ameaça dos vulcões a segurança de voo atraiu a atenção da comunidade aeronáutica quando várias aeronaves comerciais sofreram danos graves após se depararem com cinzas vulcânicas. De acordo com a *Flight Safety Foundation* – FSF (2010), vulcões ativos lançam vários produtos na atmosfera, dentre eles o **tephra**, pedaços de rocha e vidro menores que 2 milímetros em diâmetro. Tais fragmentos raramente ultrapassam 20.000 pés de altitude e geralmente se dispersam a até cem milhas do vulcão. Porém durante algumas erupções tais produtos podem ultrapassar 100.000 pés de altitude e, em algumas situações, quando associados às correntes de ar, podem circular o globo terrestre.

Em 1994, durante a missão do ônibus espacial Endeavour, imagens da erupção do vulcão Kliuchevskoi, na Rússia, foram capturadas. Naquela ocasião, as

¹ Ten Cel Aviador da Força Aérea Brasileira, Curso de Segurança de Voo no CENIPA - 1996; Curso de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos no Instituto Francês de Segurança de Voo Aerienne - 2004; Curso de Investigação de Acidentes Aeronáuticos na Universidade do Sul da Califórnia - 2006; Mestrado em Segurança de Voo na Universidade Central do Missouri - 2007/2009; Coordenador da Comissão de Controle do Perigo Aviário no Brasil - 2003/2007; Coordenador do Comitê CARSAMPAF de Prevenção do Perigo Aviário e Fauna - 2003/2007. Atualmente é chefe da Divisão de Documentação do CENIPA. fcoi@terra.com.br

cinzas vulcânicas atingiram mais de 20 km de altitude, e foram carregadas por correntes de ar em direção ao Oceano Pacífico, comprometendo a segurança de voo em uma das rotas mais utilizadas por aeronaves comerciais entre a Ásia e a Europa. As nuvens oriundas deste vulcão viajaram por mais de 800 km (Figura 1), e se espalharam em uma área superior a 150.000 km² (USGS, 2011).



FIGURA 1 - Fotos da erupção do vulcão Kliuchevskoi em outubro de 1994.

Fonte: Adaptado da USGS (2011).

O gerenciamento do risco associado às cinzas vulcânicas é extremamente complexo em virtude da dificuldade de se detectar sua presença com radares meteorológicos embarcados, ou mesmo visualmente. Cinzas vulcânicas devem ser identificadas e acompanhadas por especialistas no solo, satélites, e previsões de movimentação dessas nuvens, de tal forma que tais informações sejam úteis e atinjam ao destinatário, neste caso a indústria aeronáutica, em tempo de se adotar medidas de gerenciamento do risco.

A Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) começou a trabalhar com o tema após as ocorrências envolvendo aeronaves Boeing 747, em 1982, na Indonésia. O resultado foi a criação do *Volcanic Ash Warning Study Group*, que tem trabalhado em prol da padronização de informações a ser disponibilizada para tripulantes a respeito de cinzas vulcânicas (BOEING, 2000).

A indústria aeronáutica, meteorologistas e especialistas em atividades vulcânicas começaram a trabalhar de forma conjunta para evitar acidentes aeronáuticos após as ocorrências envolvendo o vulcão Redoubt, no Alaska, em 1989. Em uma conferência internacional havida em Seattle, Estados Unidos, em julho de 1991, estes profissionais discutiram para definir informações que seriam importantes à indústria aeronáutica, como ela deveria ser difundida, e finalmente quais agências deveriam ser responsáveis por essa difusão da informação.

Um dos resultados desse evento foi a criação dos *Volcanic Ash Advisory Centers* - VAAC. Estes Centros permitem a troca de informações entre observatórios de vulcões, agências e institutos de meteorologia, centros de controle de tráfego aéreo e operadores de aeronaves (BOEING, 2000).

Existem nove VAAC que possuem, dentre outras responsabilidades, prover informações atualizadas sobre erupções vulcânicas em suas áreas de responsabilidade a países que serão (ou poderão ser) afetados por cinzas vulcânicas (ICAO, 2004). Informações sobre os VAAC, incluindo lista de contatos dos nove Centros podem ser encontradas em: <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/>.

Vários observatórios ao redor do mundo disponibilizam informações a respeito de erupções vulcânicas por fax, email, internet² ou mesmo telefone.

Ainda de acordo com a Boeing (2000), as fontes primárias de informações relacionadas a cinzas vulcânicas são os VAAC, porém através do link reportado pode-se conseguir informações mais detalhadas a respeito de determinados vulcões, em especial durante erupções.

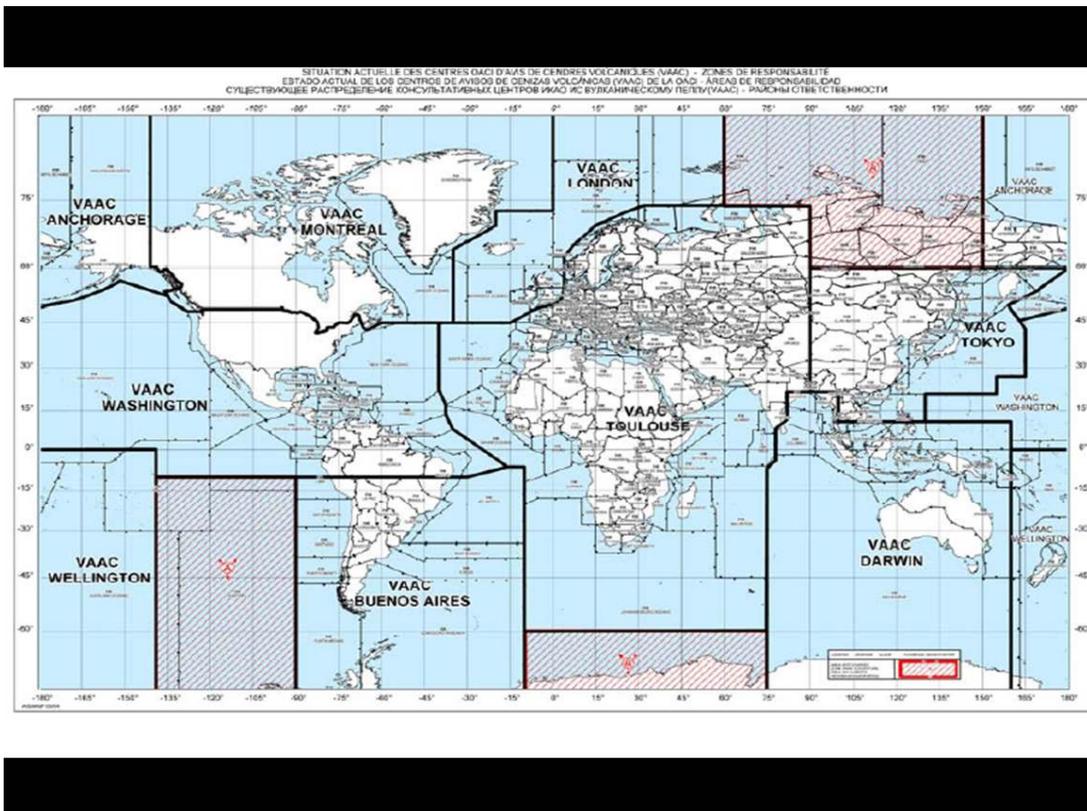


FIGURA 2 - Áreas de Responsabilidade dos VAAC.

Fonte: Adaptado da ICAO (2004, p. 18).

² Tais informações podem ser encontradas através de acesso à página: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_09/volcanic_sb.html#resource
 ISSN 2176-7777

A ICAO estabelece no *Doc 9766-AN/968, Handbook on the International Airways Volcano Watch – IAVW – Operational Procedures and Contact List*, procedimentos operacionais e provê uma lista de contatos visando a disseminação de informações de erupções vulcânicas, e áreas associadas com cinzas vulcânicas, que podem afetar rotas de voo internacionais. Este documento recomenda ainda ações a serem adotadas pelos Centros de Controle de Área - ACC e Centros de Informações de Voo antes, durante e após erupções voltadas à prevenção de acidentes aeronáuticos.

Em abril do ano passado mais de 300 aeroportos foram fechados, levando ao cancelamento de mais de 100.000 voos em 20 países. Cerca de dez milhões de passageiros tiveram seus voos cancelados ou atrasados até a reabertura dos céus da Europa no começo de abril de 2010 em virtude de erupção do vulcão Eyjafjallajokull, na Islândia. De acordo com FSF (2010), a maioria dos países tinha planos de contingência para lidar com situações adversas, porém nenhum deles estava preparado para este tipo de problema. Ainda de acordo com a mesma fonte, a indústria aeronáutica teve prejuízos superiores a dois bilhões de dólares devido aos voos cancelados.

Profissionais de diversas áreas acusaram as autoridades de seus países de excesso de precaução, mas de acordo com William R. Voss, presidente da FSF, com os conhecimentos existentes à época, esta foi a melhor maneira de se gerenciar o risco de acidentes aeronáuticos (FSF, 2010). Ainda de acordo com esta fonte, caso tais medidas não tivessem sido adotadas a tempo, alguns órgãos de investigação de acidentes aeronáuticos poderiam estar em busca de gravadores de dados de voo no Atlântico Norte.

2 CINZAS VULCÂNICAS E A ATIVIDADE AÉREA

O problema das cinzas vulcânicas não é tão novo quanto parece. Em 1980, um Boeing 727 e um DC-8 tiveram problemas com vários dos seus sistemas e parbrisas após encontrarem cinzas vulcânicas provenientes do Monte Santa Helena, nos Estados Unidos, porém conseguiram pousar sem maiores problemas (BOEING, 2000).

Em 1982 dois Boeing 747-200 se depararam com cinzas do vulcão Galunggung, na Indonésia. Nos dois casos os pilotos perceberam fogo de Santelmo,

perceberam o odor ácido do gás sulfúrico, observaram uma poeira fina dentro da cabine e enfrentaram turbulência moderada. As cinzas penetraram dentro dos quatro motores de cada aeronave conduzindo para os seus apagamentos.

Depois de descerem aproximadamente 25.000 pés, suas tripulações conseguiram dar partida em todos os motores e pousar com segurança em Jakarta com danos nos quatro motores, alguns sistemas e superfícies exteriores, porém sem feridos a bordo.

Em dezembro de 1989, o voo KLM 867, um Boeing 747-400 estava em rota de Amsterdam, na Holanda, para Anchorage, no Alaska, quando seus quatro motores pararam de funcionar. A tripulação conseguiu dar partida nos motores após descerem 14.000 pés de altitude e efetuar um pouso com segurança. Apesar dos custos diretos deste evento terem ultrapassado oitenta milhões de dólares, não houve lesão a tripulantes e passageiros. Esta aeronave tinha voado apenas 900 horas após três meses de uso, e o problema ocorreu após encontro com cinzas provenientes do vulcão Redoubt, próximo a Anchorage (FSF, 1993).

Em 1991 mais de vinte encontros de aeronaves com as cinzas provenientes do vulcão Pinatubo, nas Filipinas. Nesta ocasião, percebeu-se a dificuldade de se prever onde haveria a possibilidade de encontro com cinzas devido à extensão dessa nuvem. Voos militares e comerciais foram afetados, sendo que uma empresa norte americana teve que manter suas aeronaves no solo, em Manila, nas Filipinas. Outro detalhe importante, houve aeronaves que tiveram problemas voando a mais de 1000 Km de distância daquele vulcão.

As erupções do vulcão Popocatepetl, no México, em 1997 e 1998, afetaram vários voos naquele país. Apesar de não ter havido vítimas, uma tripulação teve sérias dificuldades de visualizar o ambiente externo durante a aproximação e pouso, e precisou usar janelas de passageiros para realizar o táxi após o pouso. Ainda como consequência das atividades deste vulcão, o aeroporto da cidade do México permaneceu fechado por mais de 24 horas em erupções intermitentes havidas neste período (BOEING, 2000).

2.1 Danos à aeronave

Uma variedade de danos pode acontecer a uma aeronave que voa dentro de uma nuvem de cinzas vulcânicas. As consequências podem ser imediatas ou

demorar alguns dias para aparecer. Efeitos imediatos são fáceis de identificar, e, em alguns casos, reparáveis sem grandes dificuldades. Nos casos em que as consequências demoram a aparecer e estão primariamente relacionados a gases ácidos presentes naquela substância.

Cinzas vulcânicas contêm minúsculas partículas de vidro, rocha pulverizada, silicatos, aerossóis e gases, como o dióxido de enxofre, que atingem a altitude dos voos comerciais. O resultado é uma nuvem de material potencialmente letal, como uma lixa. Resistentes, podem degradar superfícies plásticas e de metal, com possibilidade de comprometimento da segurança de voo.

Devido ao seu tamanho minúsculo, as cinzas penetram nas entradas de ar e degradam grande parte dos sistemas de uma aeronave. No caso dos motores, dois processos levarão ao comprometimento de suas performances: a erosão de partes móveis, tais como compressor e palhetas das turbinas; e a acumulação dessas cinzas em seções quentes, tais como a câmara de combustão e turbinas.

A erosão das laminas do compressor reduzem a sua eficiência, e o acúmulo de cinzas nas seções quentes reduzem a eficiência da mistura de combustível e ainda reduz a entrada e passagem de ar pelo motor. As consequências mais prováveis são o estol ou o apagamento do motor.

A FSF (2010) acrescenta que, quando em rota, motores modernos mantêm sua temperatura em aproximadamente 1.650°C . O silicato, presente nas cinzas vulcânicas, se derrete a 1.110°C ; a consequência é que este produto se derrete e forma uma substância semelhante a vidro, e gruda em partes mais frias do motor, comprometendo a sua funcionalidade. Curiosamente, se esta parte do motor é resfriada, posteriormente, este “vidro” se quebra, permitindo ações da tripulação para evitar consequências desagradáveis. Uma das recomendações, a ser discutida posteriormente neste artigo, é que a tripulação deve trazer as manetes de potência para a posição “idle”, evitando assim o acúmulo deste produto dentro do motor.

Os sistemas de pressurização e climatização da cabine também podem ser seriamente afetados, considerando que as cinzas poderão causar corrosão de partes desses sistemas ou bloquear filtros e pequenas passagens de ar pressurizado ou climatizado (FSF, 1993).

O dióxido de enxofre existente nas cinzas vulcânicas absorve vapor de água e se converte em gotículas de ácido sulfúrico. Quando uma aeronave voa através dessas nuvens, essas gotículas aderem a sua superfície, em especial janelas, e

podem levar a degradação de suas propriedades aeronáuticas, comprometendo a segurança de voo. De acordo com a FSF (1993), para se identificar e corrigir danos relacionados à degradação ou corrosão de componentes aeronáuticos são necessários programas de manutenção e inspeções detalhados, e geralmente com custos operacionais altos.

Considerando que motores sofrem inspeções e manutenções programadas com mais frequência do que muitos outros componentes da aeronave, problemas decorrentes de cinzas vulcânicas são identificados com mais frequência e facilidade.

As cinzas vulcânicas podem também causar transtornos para aeronaves no estacionadas ou taxiando. De acordo com a FSF (1993), cinzas depositadas em uma aeronave, em especial quando associadas a chuvas, podem se acumular sobre as suas superfícies, levando, em alguns casos, ao toque de sua cauda com o solo (Figura 2).

Quando depositadas em pistas de táxi ou principais, são frequentemente levadas pelo vento ou por gases expelidos por motores de aeronaves, e causam problemas semelhantes aqueles enfrentados quando em voo. A FSF (1993) afirma que quando molhada, cinzas vulcânicas depositadas em pistas de pouso podem comprometer a capacidade de frenagem de aeronaves.



FIGURA 3 - DC-10 após encontro com cinzas do vulcão Pinatubo.

Fonte: Disponível em: <http://sacs.aeronomie.be/aviation.php>.

De acordo com Dunn e Wade (1994), testes experimentais comprovam que os seguintes mecanismos podem afetar a performance de uma aeronave após exposição a cinzas vulcânicas: depósito de materiais nas seções quentes do motor; erosão das lâminas do compressor e outros componentes internos do motor;

bloqueio de entradas de ar do motor e de sistemas de refrigeração e pressurização; contaminação dos sistema de lubrificação e de *bleed-air*; perda da visibilidade através do para-brisas; comprometimento, por bloqueio, da efetividade dos faróis de pouso; falhas em equipamentos eletrônicos; erosão de partes externas, incluindo antenas; e bloqueio dos sistemas *pitot*-estático.

Apesar dos esforços da OACI e de tantas outras organizações internacionais, mais de 80 aeronaves comerciais tiveram problemas após encontro com nuvens de cinzas vulcânicas (USGS, 2011). A Boeing (2000) sugere três linhas de ação para se prevenir acidentes aeronáuticos decorrentes de encontros com estas nuvens: evitar o voo quando da presença de cinzas; reconhecer (ou conhecer) quando voando dentro dessas nuvens; e procedimentos a serem adotados pela tripulação em caso de encontros inesperados.

2.2 Linhas de Ação

Para se evitar o voo em áreas com presença de nuvens vulcânicas se faz necessário um planejamento adequado. A Boeing (2000) recomenda que tripulantes sejam atualizados sobre erupções, em especial quanto a possíveis cinzas durante o voo em rota. Ainda de acordo com o autor, deve-se considerar no planejamento rotas alternadas para se evitar o voo dentro dessas nuvens.

Em caso de possível encontro, deve-se voar em direção contrária à direção do vento reinante como forma de prover afastamento, considerando sempre que os radares de bordo não detectam a presença dessas nuvens.

Há informações que indicam (reconhecer) aos tripulantes que a aeronave está penetrando uma nuvem de cinzas vulcânicas, dentre elas:

- Um odor ácido, irritante aos olhos, ou fumaça, cujo cheiro lembra fumaça proveniente de circuitos elétricos;
- Formação de uma neblina, que poderá atingir inclusive a cabine de passageiros. Observar-se-á ainda a presença de poeira nas diversas superfícies internas da aeronave;
- Mudanças nos parâmetros dos motores, em especial na temperatura. Pode haver “stall” do motor, e ainda a presença de chamas saindo pelo escapamento;
- Informações erradas nos indicadores de velocidade caso haja o bloqueio dos tubos de *pitot* pelas cinzas;

- Variação da altitude de cabine, com possível perda de pressurização; e
- Um fenômeno semelhante ao “fogo-de-santelmo” poderá ocorrer. Fagulhas azuladas aparecerão do lado de fora do para-brisas, nos bordos de ataque das asas, ou na entrada de ar dos motores.

Alguns procedimentos devem ser adotados por tripulantes, considerando-se ainda o estabelecido nos manuais da aeronave.

- Reduza as manetes imediatamente para evitar o acúmulo de matérias derretidas nas palhetas das turbinas e nas seções quentes dos motores. Motores em “idle” continuam produzindo energia elétrica, “bleed air” para a pressurização e pressão hidráulica para diversos sistemas da aeronave;
- Desligue o “*autothrottles*” com o objetivo de evitar que os motores sejam acelerados acima de “idle”;
- Saia da nuvem o mais rápido possível. Uma curva de 180° efetuando uma descida é a melhor estratégia. Nunca assuma que o encontro com a nuvem será breve, pois algumas dessas nuvens podem se estender por centenas de milhas. Evite subir para tentar voar acima da nuvem, o aumento de potência causará acúmulo de materiais dentro dos motores que poderá conduzir falhas;
- Ligue o sistema antigelo das asas e dos motores, bem como o sistema de ar-condicionado da aeronave, tais ações ajudarão a prevenir um “*stall*” do motor;
- Caso possível, acione o APU (*auxiliary power unit*). Este alimentará sistemas importantes em caso de perda dos motores. Será essencial quando na tentativa de dar partida nos motores;
- Se houver muita poeira dentro da cabine dos pilotos, use a máscara de oxigênio;
- Ligue o sistema de ignição. O tempo para partida em voo pode ser um pouco maior que o usual em virtude da altitude da aeronave e da presença das cinzas vulcânicas. Se o motor não reacender, tente quantas partidas forem necessárias, observando o previsto no manual da aeronave;
- Monitore a temperatura dos motores. Por causa de materiais estranhos nos motores, a temperatura poderá subir rápido (durante a partida em voo) e/ou atingir os limites previstos no manual; e
- Voe a aeronave observando a velocidade e a atitude de nariz. Caso necessário, siga os procedimentos previstos para “indicação não confiável de velocidade”.



FIGURA 4 - Aeronave após encontro com cinzas do vulcão Puyehue.

Fonte: Disponível em: <http://www.news.com.au/travel/news/chile-ash-cloud-hits-tassie-nz-flights/story-e6frfq80-1226073731601>

Em poucas palavras, ao se deparar com uma nuvem de cinzas vulcânicas, tripulantes devem reduzir a potência dos motores (*idle*), ligar os sistemas antigelo das asas e motores, e descer com o objetivo de voar abaixo da nuvem o mais rápido possível. Faz-se importante lembrar que a ingestão de ar puro e frio é suficiente para resfriar, tornar sólido e mesmo quebrar o “vidro” que bloqueia a entrada de ar dos motores, permitindo o seu funcionamento, mesmo que não estejam em condições ideais em decorrência dos danos internos causados pelos materiais presentes nas cinzas.

As aeronaves afetam a nossa maneira de viver de diferentes maneiras. Estão cada vez mais seguras, porém muito mais complexas, sofisticadas, e automatizadas do que em um passado não tão distante. A indústria aeronáutica evoluiu da época em máquinas barulhentas voavam a baixas velocidades a aeronaves comerciais que transportam centenas de passageiros em voos intercontinentais (MENDONÇA, 2011).

Sistemas complexos, como aeronaves, tendem a ficar ainda mais complexos, o que por sua vez conduz a um aumento do risco de acidentes (STRAUCH, 2002). De acordo com Perrow (1999), acidentes não acontecem por azar, e sim como consequência de fatores ou falhas múltiplas, todos interconectados, que resultam em um evento inesperado.

Experiências passadas demonstram que cinzas vulcânicas trazem grandes riscos a indústria aeronáutica. Uma aeronave não pode voar dentro de uma nuvem de cinzas sem sofrer danos sérios, muitos com a possibilidade de comprometer a segurança de voo. Seguindo com a FSF (1993), a melhor maneira de se evitar um

acidente por causa de erupções vulcânicas é com conhecimento, técnicas e procedimentos cientificamente comprovados e principalmente evitando-se o voo nessas condições.

3 CONCLUSÃO

As aeronaves afetam a nossa maneira de viver de diferentes maneiras. Estão cada vez mais seguras, porém muito mais complexas, sofisticadas, e automatizadas do que em um passado não tão distante. A indústria aeronáutica evoluiu da época em máquinas barulhentas voavam a baixas velocidades a aeronaves comerciais que transportam centenas de passageiros em voos intercontinentais (STRAUCH, 2002).

A aviação comercial é um componente fundamental da economia global e uma engrenagem importante para o crescimento de países emergentes. Direta e indiretamente, a aviação emprega mais de 29 milhões de pessoas e transporta grande parte dos produtos de exportação no mundo.

Apesar de extremamente segura, a indústria aeronáutica exige que os profissionais de aviação continuem trabalhando em busca do índice zero de acidentes aeronáuticos. Apesar de raros, tais eventos podem comprometer a prosperidade e a segurança de um país. Fatalidades, bilhões de dólares em prejuízos, e desemprego são algumas das consequências dessas tragédias (HEINRICH; GRANNIS, 1959).

Ocorrências recentes comprovam que nuvens de cinzas vulcânicas podem comprometer seriamente a segurança de voo. Rotas aéreas próximas a vulcões ativos continuarão a serem utilizadas por aeronaves, militares e comerciais. Mudanças na indústria aeronáutica que permitirão o voo livre, em que pilotos terão maior autonomia para mudar a rota sem grandes interferências dos órgãos de controle de tráfego aéreo voos ETOPs (*extended twin-engine operations*) exigirão mais pesquisas nesta área do conhecimento, por parte de todos os profissionais que compõem a aviação mundial (Guffanti; Miler, 2002).

Tais pesquisas exigem a participação de diversos profissionais, incluindo vulcanólogos, meteorologistas, e de profissionais das diversas áreas da indústria aeronáutica, incluindo pilotos. Ainda com a FSF (1993), todos estes profissionais devem trabalhar de forma conjunta e coordenada para otimizar as maneiras de se detectar a presença, prever e divulgar, para todos os interessados, o movimento das cinzas vulcânicas.

Considerando que as nuvens de cinzas vulcânicas não respeitam fronteiras geográficas e regiões de informações de voo, órgãos de controle de tráfego aéreo, empresas aéreas, esquadrões operacionais devem ser informados sobre os riscos relativos a cinzas vulcânicas não só na sua área, mas em regiões adjacentes. Na verdade, considerando duas das principais características do avião, o alcance e a velocidade, recomenda-se que se tenha conhecimento até mesmo de nuvens de cinzas provenientes de áreas consideradas distantes. Mais, como visto neste artigo as nuvens podem viajar a milhas de distância de sua origem, dependendo de várias condições, dentre elas os ventos de altitude.

Uma aeronave transportando centenas de passageiros e toneladas de combustível está, muitas vezes, no limite do seu envelope operacional. O encontro inesperado com uma nuvem de cinzas vulcânicas vai exigir da tripulação uma série de ações e decisão continuar o voo ou evitá-lo naquelas condições.

Independentemente da decisão, o treinamento, a padronização, o conhecimento, a coordenação de cabine, e a perícia da tripulação serão colocados em cheque, enquanto os pilotos usam suas habilidades para continuar voando com um ou mais motores comprometidos ou inoperantes e com danos na asa, fuselagem, e outros sistemas da aeronave, o que pode comprometer significativamente a aeronavegabilidade do avião. Com a visão da segurança de voo, o risco pode ser praticamente inaceitável.

A melhor estratégia ainda é evitar voar em áreas sabidamente com a presença de nuvens, e, em caso de encontro, adotar algumas das técnicas comentadas neste artigo. As recentes erupções do vulcão chileno Puyeuhe nos mostraram que, além da necessidade de a indústria aeronáutica brasileira estar preparada para os problemas decorrentes do cancelamento de voos, se faz mister considerar que os conhecimentos e técnicas até agora comprovados devem ser de conhecimento de tripulantes.

Pilotos são a última peça do dominó antes do acidente (HEINRICH; GRANNIS, 1959) e na maioria das vezes são também as últimas pessoas que podem evitar essas tragédias. Em contrapartida, são os profissionais que diariamente entram em contato com diversos tipos de situações de risco, incluindo-se cinzas vulcânicas. Saber o que fazer para evitar tais situações e em especial em encontros não previstos pode ser a diferença entre uma emoção mais forte e um acidente aeronáutico de grandes proporções (MENDONÇA, 2011).

É plausível que o risco de cinzas vulcânicas relacionado à atividade aérea esteja sempre presente, porém reconhece-se que o seu gerenciamento pode reduzi-lo a níveis aceitáveis pelos operadores. O seu gerenciamento, portanto, é uma necessidade premente, um fator de sobrevivência para empresas aéreas e esquadrões operacionais. A principal consequência, uma indústria aeronáutica cada vez mais segura e eficiente.

REFERÊNCIAS

- BOEING. **Advances in volcanic ash avoidance and recovery**. Seattle, jan 2000. Disponível em: <http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_09/volcanic.html>. Acesso em 25 out. 2011.
- DUNN, M. G.; WADE, D. P. Influence of Volcanic Ash Clouds on Gas Turbine Engines .**U.S. Geological Survey Bulletin**, n. 2047, p. 107-118, 1994.
- FLIGHT SAFETY FOUNDATION. **Volcanic hazards and aviation safety: lessons of the past decade**. Estados Unidos, maio, 1993. Disponível em: <http://flightsafety.org/fsd/fsd_may93.pdf>. Acesso em 25 out. 2011.
- FLIGHT SAFETY FOUNDATION. **Clearing the air: reconsidering how to respond to ash clouds**. Estados Unidos, nov. 2010. Disponível em: <<http://flightsafety.org/aerosafety-world-magazine/past-issues/november-2010>>. Acesso em 25 out. 2011.
- GUFFANTI, M.; MILLER, E. K. Reducing the threat to aviation from airborne volcanic ash. In: ANNUAL INTERNATIONAL AIR SAFETY SEMINAR, 55., 2002, Dublin. **Anais...** Disponível em: <http://volcanoes.usgs.gov/ash/trans/aviation_threat.html >. Acesso em: 20 out. 2011.
- HEINRICH, H. W.; GRANNISS, E. R. **Industrial accident prevention: a scientific approach**. Nova York: McGraw-Hill, 1959.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Handbook on the International Airways Volcano Watch (IAVW): Operational Procedures and Contact List (Doc 9766-AN/968)**. 2.ed. Montreal: ICAO, 2004.
- LU, Chien-Tsung et al. Another approach to enhance airline safety: using safety management safety tools. **Journal of Air Transportation**, Estados Unidos, v. 11,p. 113-139, out. 2006.
- MENDONÇA, Flávio Antonio Coimbra. A ficha CENIPA 15 e as atividades de prevenção do risco aviário. **Revista Conexão SIPAER**, v. 2, n. 3, jul./ ago. 2011.
- STRAUCH, B. **Investigating human error: incidents, accidents, and complex systems**. Aldershot: Ashgate, 2002.
- USGS. **Danger to aircraft from volcanic eruption clouds and volcanic ash..** Disponível em: <<http://volcanoes.usgs.gov/hazards/tephra/ashandaircraft.php>>. Acesso em 25 out. 2011.

VOLCANIC ASHES AND FLIGHT SAFETY

ABSTRACT: Aircraft and their engines are designed to operate in free-of-dust-and-toxic-gases environments. Volcanic eruptions, like the recent ones of the Chilean volcano Puyeuhe pollute the atmosphere with large amounts of vitrified volcanic particles of up to 2 mm in diameter, which are capable of jeopardizing flight safety. Volcanic eruptions are frequent phenomena around the world, and have recently caused significant losses to the Brazilian aviation. In the last twelve years, more than sixty aircraft, mostly airliners, have sustained damage after encountering volcanic ashes both in flight and on the ground. In seven of these occurrences, there were engine shutdowns in aircraft that were carrying a total of more than two thousand passengers. Airborne equipment, including weather radars, is not efficient in detecting volcanic ashes; thus, the best way to prevent an aeronautical accident is either to avoid flying into areas in which volcanic ashes have been detected, or in which their presence is a possibility. The purpose of this paper is to compile scientific and technical information to assist airline companies, military squadrons and pilots towards preventing aeronautical accidents related to volcanic ashes.

KEYWORDS: Aeronautical accident. Volcanic ashes. Flight safety.