

# A evolução de paradigmas nas investigações de ocorrências aeronáuticas

*Evolution of paradigms in aeronautical occurrences' investigations*

*La evolución de paradigmas en las investigaciones de ocurrencias aeronáuticas*

Ten Cel Av Adalberto Santos Prado  
Quarto Serviço Regional de Investigação e Prevenção  
de Acidentes Aeronáuticos - SERIPA IV  
São Paulo/SP - Brasil  
adalbertosprado@gmail.com

Cel Av R1 Flavio Neri Hadmann Jasper, Doutor  
Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica - SEFA  
Brasília/DF - Brasil  
fnhjasper@gmail.com

## RESUMO

Com o avanço das ciências aeronáuticas, novas teorias sobre investigação de acidentes aéreos tornaram-se necessárias para explicar e promover a prevenção destas ocorrências. As teorias que procuram explicar os processos envolvidos nos acidentes aeronáuticos sofreram evoluções, de acordo com as diferentes realidades e desenvolvimento da aviação nas diversas épocas, porém não houve uma ruptura total. Heinrich (1931) publicou a teoria da causa única, com a existência de uma ação insegura, próxima ao acidente, que deveria ser impedida para que não ocorresse o dano. Esse pensamento foi representado pelo modelo do dominó e foi muito importante no surgimento das teorias seguintes. Reason (1997) desenvolveu a teoria das causas múltiplas, representada pelo modelo do queijo suíço. Segundo essa teoria, nas organizações, há condições latentes que atuam nas vulnerabilidades das defesas e, quando alinhadas e associadas a uma falha ativa, provocam o acidente. Como resultado da evolução de paradigmas nas investigações de ocorrências aeronáuticas, atualmente, os aspectos organizacionais são considerados nos processos de investigação e nos programas de prevenção de acidentes aeronáuticos, assim como na identificação de perigos ou ameaças. Esse conceito fundamenta o gerenciamento do risco, mantendo-o dentro de um nível aceitável e compatível com o desenvolvimento da atividade aérea. Essas evoluções de paradigmas nos processos de segurança de voo foram analisadas à luz da teoria das revoluções científicas de Kuhn (1991), através de pesquisa descritiva de dois tipos: a bibliográfica, consultando-se fontes teóricas, como artigos científicos, livros, dicionários e periódicos, e a documental.

**Palavras-chave:** Investigação. Segurança. Paradigma. Acidente.

Recebido / Received / Recibido  
19/08/14

Aceito / Accepted / Aceptado  
11/04/15

**ABSTRACT**

*With the advance of aeronautical sciences, new theories on air accident investigation were necessary to explain and promote the prevention of these occurrences. Theories that attempt to explain processes involved in aeronautical accidents have suffered evolutions, according to the different realities and aviation development in different times; however, there was no total rupture. Heinrich (1931) published the single cause theory, stating the existence of one unsafe action, next to the accident, which should have been hindered to avoid the damage occurrence. This thought was represented by the domino model and was very important to the appearance of subsequent theories. Reason (1997) developed the theory of multiple causes, represented by the Swiss cheese model. According to that theory, in organizations, there are latent conditions which act on the defense of vulnerabilities and, when aligned with and associated to an active failure, cause the accident. As a result of the evolution of paradigms in aeronautical occurrences' investigations, today, organizational aspects are considered in investigation process and programs for prevention of aeronautical accidents, as well as the identification of hazards or threatens. This concept grounds risk management, keeping it within an acceptable level compatible with the development of air activities. Those evolutions of paradigms in flight safety processes were analyzed in the light of the Kuhn's (1991) scientific revolutions theory, by means of descriptive research of two types: the bibliographic, with consultation to theoretical sources like scientific papers, books, dictionaries and periodicals, and the documentary.*

**Keywords:** Investigation. Safety. Paradigm. Accident.

**RESUMEN**

*Con el avance de las ciencias aeronáuticas, se tornaron necesarias nuevas teorías sobre investigación de accidentes aéreos para explicar y promover la prevención de esas ocurrencias. Las teorías que buscan explicar los procesos involucrados en los accidentes aeronáuticos sufrieron evoluciones, de acuerdo con las diferentes realidades y desarrollos de la aviación en las diversas épocas, sin embargo no hubo una ruptura total. Heinrich (1931) publicó la teoría de la causa única, con la existencia de una acción insegura, cercana al accidente, que debería ser impedida para que no hubiese un daño. Ese pensamiento fue representado por el modelo del dominó y fue muy importante en el surgimiento de las teorías siguientes. Reason (1997) desarrolló la teoría de las causas múltiples, representada por el modelo del Queso Suizo. Según esa teoría, en las organizaciones, hay condiciones latentes que actúan en las vulnerabilidades de las defensas y, cuando son alineadas y asociadas a una falla activa, provocan el accidente. Como resultado de la evolución de paradigmas en las investigaciones de ocurrencias aeronáuticas, actualmente, los aspectos organizativos son considerados en los procesos de investigación y en los programas de prevención de accidentes aeronáuticos, así como en la identificación de peligros o amenazas. Este concepto fundamenta la administración del riesgo, manteniendo dentro de un nivel aceptable y compatible con el desarrollo de la actividad aérea. Esas evoluciones de paradigmas en los procesos de seguridad de vuelo fueron analizadas a la luz de la teoría de las revoluciones científicas de Kuhn (1991), a través de investigación descriptiva de dos tipos: la bibliográfica, consultando fuentes teóricas, como artículos científicos, libros, diccionarios y periódicos, y la documental.*

**Palabras clave:** Investigación. Seguridad. Paradigma. Accidente.

**1 INTRODUÇÃO**

O primeiro acidente aeronáutico que resultou na primeira investigação de acidente aeronáutico da história ocorreu em 17 de setembro de 1908, na cidade de Fort Myer, Virgínia. A aeronave acidentada era pilotada por Orville Wright, um dos irmãos Wright, e o passageiro, Tenente Thomas Selfridge, foi a primeira vítima fatal da aviação mundial (EBER, 1982).

A partir desse evento trágico, o homem buscou desenvolver a atividade aérea, a fim de evitar as perdas materiais e humanas. Sob a perspectiva de prevenção dessas perdas, diversas teorias tentaram explicar a ocorrência de acidentes aeronáuticos. A partir de novas abordagens, outros métodos preventivos foram desenvolvidos, uma vez que a investigação de ocorrências é uma ferramenta reativa importante para a segurança de voo.

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo analisar as mudanças nos processos de investigação de acidentes aeronáuticos, considerando-se a abordagem teórica proposta por Kuhn (1991) para explicar as estruturas das revoluções científicas.

**2 INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES AERONÁUTICOS NO BRASIL**

Inicialmente, no desenvolvimento das atividades aeronáuticas no Brasil predominava a aviação militar. Conseqüentemente, as investigações das ocorrências, militares ou não, eram feitas pelo Exército Brasileiro, por meio de Inquérito Policial Militar (IPM), e pela Marinha do Brasil, via Inquérito de Acidente Aeronáutico (IAA). A principal finalidade dessas apurações era a responsabilização pela ocorrência.

Em 1941, foi criado o Ministério da Aeronáutica sendo a Inspeção Geral da Aeronáutica responsável pelas investigações de acidentes aeronáuticos. O Inquérito de Acidente Aeronáutico e o Inquérito Policial Militar foram substituídos pelo Inquérito Técnico Sumário (ITS), com o objetivo de proporcionar maior agilidade às investigações de acidentes aeronáuticos.

O Serviço de Investigação de Acidentes Aeronáuticos foi estabelecido em 5 de abril de 1948, por meio do Decreto nº 24.749, definindo o objetivo das investigações. Nesse documento, foi prevista a adoção de medidas preventivas ou repressivas para evitar novos acidentes. Dessa forma, competia ao Comandante de Zona Aérea e aos Comandantes de Unidades imporem sanções disciplinares àqueles responsáveis pelos acidentes, reforçando-se o caráter punitivo da segurança de voo àquela época. No caso de indício de crime ou contravenção, deveria ser instaurado IPM paralelamente ou após a investigação aeronáutica, descrita no Decreto. Foi organizada, na Terceira Divisão da Inspeção do Estado Maior da Aeronáutica, uma seção responsável pelos assuntos afetos a acidentes aeronáuticos, com a incumbência de fiscalizar o cumprimento do Decreto, orientar os Encarregados de Acidentes das unidades e as Comissões de Acidentes sobre os métodos mais adequados às investigações, sugerir medidas preventivas, receber e analisar os processos de acidentes, além de realizar cálculos estatísticos e divulgar os resultados.

Em 11 de outubro de 1965, por meio do Decreto nº 57.055, houve uma mudança significativa no modelo das investigações de acidentes aeronáuticos no Brasil, pois os acidentes aeronáuticos passaram a ser analisados, considerando-se os fatores humanos, material e operacional. O ITS e o Relatório Sumário foram substituídos pelo Relatório de Investigação de Acidente Aeronáutico (RELIAA) e pelo Relatório Final (RELFIN).

Por meio do Decreto nº 69.565, de 19 de novembro de 1971, a sigla SIPAER passou a significar Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos, criando-se o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) como órgão central desse sistema. A partir de então, o termo inquérito não seria mais utilizado nas investigações de ocorrências aeronáuticas e o propósito das investigações tornou-se exclusivamente preventivo, conforme normas internacionais.

Em 1973, para separar os procedimentos de investigação de acidentes aeronáuticos com finalidade de prevenção de ocorrências similares dos procedimentos de investigação com finalidade de apuração de responsabilidades, o Brasil sugeriu à *International Civil Aviation Organization* (ICAO) a substituição do termo inquérito por investigação. Em 1974, a ICAO aceitou e adotou a proposta brasileira.

Atualmente, a NSCA 3-6 (aeronaves militares) e a NSCA 3-13 (aeronaves civis) estabelecem os protocolos de investigação de ocorrências aeronáuticas

sob responsabilidade do Brasil. No caso da aviação civil, o CENIPA encaminha à ICAO o *Final Report e o Accident/ Incident Data Reporting* (ADREP), quando a ocorrência contemplar os critérios de gravidade e peso máximo de decolagem estabelecidos internacionalmente. Essas informações ajudam a compor o banco de dados da ICAO utilizado para gerenciar a segurança de voo no mundo.

A Lei Nº 12.970, de 8 de maio de 2014, dispõe sobre as investigações realizadas pelo SIPAER e estabelece que o único propósito dessas investigações é a prevenção de outros acidentes e incidentes. Define, também, que as Recomendações de Segurança podem ser emitidas em qualquer fase da investigação e que serão consideradas inclusive as hipóteses para a identificação de fatores contribuintes. Esse aspecto diferencia a investigação SIPAER, com finalidade preventiva, da investigação policial, que possui outras finalidades. As hipóteses e demais fatores investigados pelo SIPAER não obedecem necessariamente aos critérios exigidos para a atribuição de responsabilidade civil ou criminal, pois defendem a vida, direito prioritário no ordenamento jurídico do Brasil. O sigilo profissional e a proteção à informação, previstos na referida lei, contribuem para a eficácia da investigação realizada pelo SIPAER, uma vez que incentivam o fornecimento voluntário de informações importantes para a prevenção de novos acidentes.

### 3 EVOLUÇÃO DE PARADIGMAS NA SEGURANÇA DE VOO MUNDIAL

Segundo Kuhn,

paradigmas são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. (KUHN, 1991, p.13).

Sob essa perspectiva, a evolução de paradigmas em relação aos fundamentos da segurança de voo não ocorreu somente em relação à finalidade das investigações de ocorrências aeronáuticas no Brasil. A aviação, também em outros países, adotava uma postura *fly-crash-fly* (voa-quebrava-voa), ou seja, os voos eram realizados, até que algum acidente ocorresse, a aeronave fosse recuperada, a ocorrência fosse investigada, ações corretivas fossem adotadas e a atividade aérea retomada. As causas dos acidentes eram atribuídas às condições meteorológicas, às falhas mecânicas e, geralmente, ao erro humano, principalmente do piloto. Nesse último caso, a antiga filosofia recomendava, basicamente, encorajar os demais pilotos a não cometerem o mesmo erro, enquanto o ciclo de prevenção ia sendo considerado concluído (STOLZER; HALFORD; GOGLIA, 2008).

Atualmente, a segurança de voo é estudada sistemicamente. Foram incorporados conceitos de *Safety Management Systems* (SMS) — já utilizados em outros

setores, como indústria química, alimentícia, elétrica — aos documentos da ICAO. Essa ferramenta foi recomendada a todos os países signatários da Convenção de Chicago por meio do documento (DOC) nº 9859, *Safety Management Manual*, 1ª edição, 2006.

Segundo a ICAO (2013), a história da segurança de voo pode ser dividida em três eras:

**Era técnica:** até o final da década de 1960, a aviação surgia como forma de transporte e os temas de segurança eram relacionados a problemas técnicos e tecnológicos. A partir da década de 1950, o progresso tecnológico trouxe uma redução nas estatísticas de acidentes e a segurança de voo incorporou questões de cumprimento de regras e supervisão.

**Era dos fatores humanos:** do início da década de 1970 até meados da década de 1990, a frequência dos acidentes aeronáuticos já havia sido reduzida, devido aos avanços tecnológicos, e a aviação tornara-se o meio de transporte mais seguro. Dessa forma, buscou-se um novo foco para continuar a reduzir as estatísticas de acidentes aeronáuticos. Surgiram estudos sobre a interação homem-máquina e o desempenho humano nas tarefas relacionadas às atividades aeronáuticas. Não havia, porém, o entendimento de que o comportamento humano poderia ser influenciado por diversas condições ambientais e organizacionais, modificando sua *performance*.

**Era organizacional:** a partir da segunda metade da década de 1990, a segurança de voo passou a ser vista de forma sistêmica, considerando-se não somente fatores humanos e tecnológicos, mas também organizacionais. A partir de então, foram levados em conta os impactos das culturas organizacionais e das políticas de segurança no controle dos riscos, mantendo-os dentro de um nível aceitável. A metodologia de coleta e a análise de dados também foram reformuladas. Anteriormente, os estudos de segurança de voo eram baseados em informações colhidas após eventos negativos, basicamente acidentes e incidentes graves, medidas essencialmente reativas. Por meio de uma perspectiva proativa, passou-se a monitorar constantemente os indicadores de níveis de segurança, identificar os perigos ou ameaças e gerenciar os riscos, buscando-se prevenir acidentes.

As evoluções de paradigmas na segurança de voo podem ser analisadas sob a ótica da teoria de Kuhn (1991, p.22): “o desenvolvimento da maioria das ciências tem-se caracterizado pela contínua competição entre diversas concepções de natureza distintas”, conforme descrito pela ICAO (2013), ou seja:

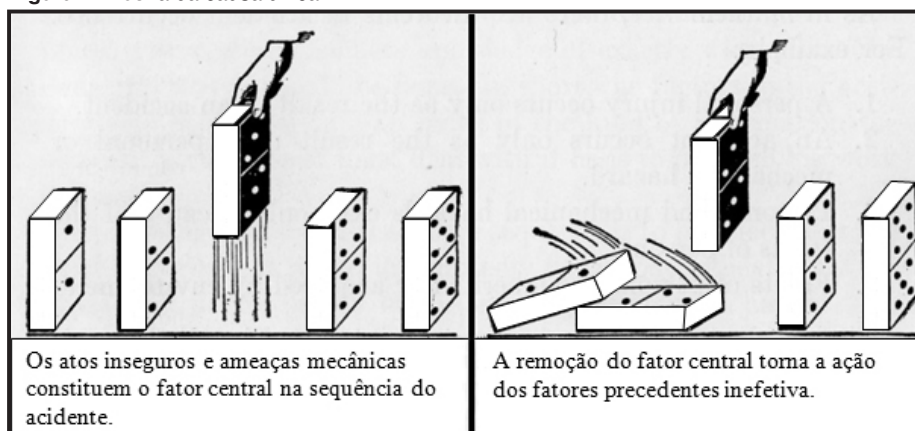
Inicialmente, os acidentes aeronáuticos eram investigados considerando-se fatores tecnológicos. A partir de determinado momento, a abordagem tecnológica não era mais suficiente para reduzir a estatística de acidentes aeronáuticos e os fatores humanos passaram a constituir um novo paradigma na prevenção de acidentes aeronáuticos. Posteriormente, constatou-se que a pesquisa voltada para o homem, sem considerar os fatores organizacionais e operacionais que influenciam seu comportamento, não bastaria para explicar os acidentes aeronáuticos e promover a segurança de voo, o que originou nova abordagem do tema.

Ressalta-se que nas transições entre as eras históricas da aviação não houve uma ruptura, mas uma evolução de paradigmas, uma vez que as novas perspectivas não seriam possíveis sem as experiências anteriores. Por exemplo, embora atualmente a segurança de voo procure atuar proativamente, não foram abandonadas as práticas reativas de investigação de acidentes aeronáuticos.

Por mais que sejam considerados fatores organizacionais nas medidas preventivas, aspectos tecnológicos e fatores humanos não foram descartados. Em relação às teorias sobre a ocorrência dos acidentes aeronáuticos, também houve evolução de paradigmas no modelo.

Heinrich (1931) criou a teoria da causa única ou teoria do dominó. Trata-se de um modelo linear do tipo causa-efeito, no qual a investigação estaria focada nos fatores mais intimamente ligados aos acidentes, conforme representado na Figura 1. Heinrich (1931) não considerava proveitoso, por exemplo, investigar os mais altos níveis gerenciais. Ele defendia que seria possível evitar o acidente, mesmo após a queda da primeira peça do dominó, se fosse retirada uma das pedras da sequência, ou seja, os atos inseguros.

**Figura 1** - Teoria da causa única.



**Fonte:** Adaptado de Heinrich (1931).



O modelo de Reason (1997), conhecido como “Queijo Suíço” ou teoria das causas múltiplas, não defende uma causa única como desencadeadora de uma sequência de eventos que levaria ao acidente, mas combinações lineares de condições latentes e falhas ativas que constituem várias cadeias e, após ultrapassarem as barreiras de segurança pelo alinhamento de suas vulnerabilidades, culminam no acidente, conforme Figura 2. Reason (1997) destaca a influência da organização na ocorrência dos acidentes. Assim, as investigações devem procurar condições latentes que possam induzir a situações propícias as falhas ativas. Dessa forma, a prevenção mais efetiva deveria identificar perigos ou ameaças e gerenciar os riscos (REASON, 1997).

Reason (1997), apesar de ter-se preocupado em investigar aspectos organizacionais e a influência dos mais elevados níveis gerenciais como fatores contribuintes, manteve a falha ativa defendida por Heinrich (1931) na descrição da ocorrência do acidente. Dessa forma, não houve uma total ruptura, mas uma evolução de paradigma que, de certa forma, apoia-se no anterior.

Atualmente, há uma tendência de representar o acidente por meio de um modelo sistêmico. Segundo Hollnagel (2004), a adaptação do modelo de Rasmussen (1997) originou esta nova perspectiva, na qual o acidente não seria mais analisado sob uma ótica de linearidade, mas por múltiplos fatores de atuação desordenada e simultânea.

Hollnagel (2004) defende que um sistema varia conforme um modelo estocástico, pois a manifestação dessas variações é aleatória e indeterminada, porém o somatório das variações, agindo simultaneamente, pode potencializar a probabilidade dos acidentes.

Na visão de Hollnagel (2004), as investigações de acidentes não devem procurar uma relação de causa-

efeito para criar defesas ou barreiras, pois as variações nas interações internas tornam ineficaz essa abordagem para a prevenção de acidentes. Dessa forma, seria mais adequado investigar todo o sistema, suas interações e variações, para que a prevenção seja baseada no acompanhamento da variabilidade e na capacidade de adaptação às pressões, considerando-se fatores que podem atuar no sistema de maneira estocástica e ressonante. A resiliência torna-se o principal critério de segurança, em virtude da necessidade de adaptação às mudanças, da flexibilidade dos sistemas complexos e da imprescindível capacidade de retornar ao equilíbrio após uma instabilidade.

O modelo Sistêmico, embora não linear, não representa uma total ruptura com as representações anteriores, pois os diversos fatores que exercem influência na segurança continuam relevantes durante as investigações.

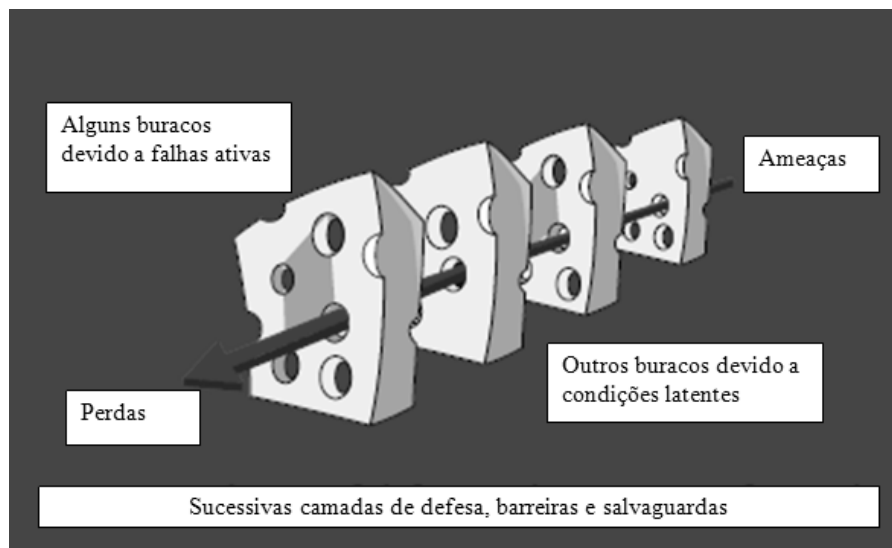
#### 4 CONCLUSÃO

As investigações de acidentes aeronáuticos são conduzidas conforme as teorias que procuram explicar essas ocorrências. Dessa forma, a evolução de paradigmas sobre os assuntos relacionados à segurança de voo, como erro humano, fatores contribuintes e causas, provoca também a evolução nos métodos investigativos.

Na história da segurança de voo, quando um conjunto teórico não mais explica satisfatoriamente os acidentes e não reduz as estatísticas, novas teorias surgem e propõem uma melhor adequação à realidade.

Assim sendo, a evolução da investigação de acidentes aeronáuticos pode ser explicada à luz da teoria elaborada por Kuhn (1991), uma vez que as ciências aeronáuticas também sofrem evoluções paradigmáticas, sem ruptura total na estrutura conceitual.

**Figura 2 - Teoria das causas múltiplas.**



**Fonte:** Adaptado de Reason (1997).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comando da Aeronáutica. Portaria nº 2.230/GC3, de 23 de dezembro de 2013. Aprova a reedição da NSCA 3-6, que dispõe sobre a Investigação de Ocorrências Aeronáuticas com Aeronaves Militares (NSCA 3-6). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 248, f. 12148, 30 dez. 2013.

\_\_\_\_\_. Comando da Aeronáutica. Gabinete do Comando da Aeronáutica. Portaria nº 166/GC3, de 12 de fevereiro de 2014. Aprova a reedição da NSCA 3-13, que dispõe sobre os Protocolos de Investigação de Ocorrências Aeronáuticas da Aviação Civil conduzida pelo Estado Brasileiro (NSCA 3-13) **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, DF, n. 034, f. 1285, 18 fev. 2014.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 24.749, de 05 de abril de 1948. Aprova o Regulamento para o Serviço de Investigação de Acidentes Aeronáuticos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 07 abr. 1948. Seção 1, p. 5523.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 57055, de 11 de novembro de 1965. Aprova o Regulamento para o Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 19 out. 1965. Seção 1, p. 10636.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.970, de 8 de maio de 2014. Dispõe sobre as investigações do Sistema

de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - SIPAER e o acesso aos destroços de aeronave. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 09 maio 2014. p. 1.

EBER, D. H. F. F. **Sciences**, v. 22, n. 4, p. 15-19, 1982.

HEINRICH, H. W. **Industrial accident prevention: a scientific approach**. New York: McGraw-Hill, 1931.

HOLLNAGEL, E. **Barrier analysis and accident prevention**. Aldershot, UK: Ashgate, 2004.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc 9859: Safety Management Manual (SMM)**. 3. ed. Montreal, 2013.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Annex 19: Safety Management**. Montreal, 2013.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1991.

REASON, J. **Managing the risks of organizational accidents**. Burlington: Ashgate, 1997.

STOLZER, A. J.; HALFORD, C. D.; GOGLIA, J. J. **Safety management systems in aviation**. Burlington: Ashgate, 2008.