

---

# Considerações sobre o uso da Modelagem Multivariada na Prevenção de Acidentes Aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira

Cleibson Aparecido de Almeida<sup>1</sup>, Nivaldo Aparecido Minervi<sup>2</sup>

1 Universidade Aberta de Portugal - UAb

2 Universidade Federal do Paraná - UFPR

---

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma revisão de literatura preliminar para a implementação de modelos estatísticos multivariados no gerenciamento do risco na Aviação Civil Brasileira. Baseando-se no pressuposto de que as investigações dos acidentes aeronáuticos geram valiosas informações para a prevenção de futuras ocorrências e que essas informações podem ser utilizadas para a modelagem do risco na aviação, são apresentados os conceitos da Análise Fatorial, Regressão Logística e Análise Discriminante. Estes três métodos fazem parte de uma grande área da ciência Estatística, conhecida como Análise Multivariada e consideram que os modelos preditivos podem ser compostos pela combinação de diversas variáveis. Com isso, é proposta a utilização dos métodos da estatística multivariada como um meio para a criação de modelos que auxiliem no gerenciamento e na tomada de decisão em setores envolvidos com prevenção de acidentes aeronáuticos.

**Palavras Chave:** Aviação Civil. Estatística Multivariada. Segurança de Voo.

## Considerations on the use of Multivariate Modeling in the Prevention of Aeronautical Accidents in Brazilian Civil Aviation

**ABSTRACT:** This paper presents a preliminary literature review for the implementation of multivariate statistical models in risk management in Brazilian Civil Aviation. Based on the assumption that aeronautical accident investigations generate valuable information for the prevention of future occurrences and that this information can be used for aviation risk modeling, the concepts of Factor Analysis, Logistic Regression and Discriminant Analysis are presented. These three methods are part of a large area of Statistical Science known as Multivariate Analysis and consider that predictive models can be composed of a combination of several variables. With this, it is proposed the use of multivariate statistics through to create models that aid in the management and decision making in sectors involved in the prevention of aeronautical accidents.

**Key words:** Civil Aviation. Multivariate Statistics. Flight Safety.

**Citação:** Almeida, CA, Minervi, NA. (2016) Considerações sobre o uso da Modelagem Multivariada na Prevenção de Acidentes Aeronáuticos na Aviação Civil Brasileira. *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 7, No. 1, pp. 177-181.

### 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos, o Brasil tem apresentado um notório aumento do setor aeronáutico. Dados da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) comprovam que, cada vez mais, o brasileiro tem utilizado o modal aéreo como meio de transporte: o número de voos domésticos triplicou na última década. Também tem aumentado a quantidade de aeronaves registradas no país (5% ao ano) e, por sua vez, a quantidade de profissionais envolvidos nessas atividades só tende a crescer.

Acompanhando este crescimento, especialistas do setor alertam que a sustentabilidade das operações aeronáuticas depende não somente dos fatores econômicos, mas também dos fatores operacionais envolvidos, como por exemplo, a segurança de voo. A violação apenas deste item (segurança de voo) afeta diretamente todos os demais itens envolvidos em uma hipotética equação de sustentabilidade do setor.

A segurança de voo tem sido vista como uma necessidade, uma vez que os acidentes aeronáuticos ocorrem sob condições que afetam de forma direta, operacional e economicamente, o trabalho dos envolvidos. É aceitável que a maioria desses acidentes, depois de investigados, poderiam ter sido evitados com ações corretivas cotidianas e muitas vezes de baixo custo, porém a complexidade da operação

aeronáutica não permite que os operadores gastem todos os seus recursos apenas com a segurança de voo. É preciso se preocupar com todos os itens ao mesmo tempo.

Além de afetar as operações da empresa responsável pela aeronave, um acidente aeronáutico afeta também a vida das pessoas que estão envolvidas no consumo deste serviço. São familiares que perdem seus entes queridos, vidas que são finalizadas em momentos não esperados, encomendas que não chegam ao seu destino e outros. Os acidentes aeronáuticos afetam empresas que ofertam serviços logísticos, fabricam aeronaves ou fornecem produtos aeronáuticos aos operadores e também influenciam na credibilidade de instituições públicas que regulam e/ou fiscalizam as atividades do setor.

No Brasil, o trabalho de segurança de voo envolve operadores aeronáuticos, responsáveis pelo tráfego aéreo e infraestrutura aeroportuária, fabricantes de produtos aeronáuticos e autoridades aeronáuticas. A listagem abaixo apresenta as características de cada uma dessas organizações:

- **Autoridades Aeronáuticas:** este grupo é composto pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Comando da Aeronáutica (COMAER). O primeiro tem por objetivo fiscalizar e regular toda atividade aeronáutica em solo brasileiro, enquanto o segundo é

responsável pelo gerenciamento do Tráfego Aéreo (realizado pelo DECEA) e pela investigação de ocorrências aeronáuticas (realizada pelo CENIPA).

- Operadores Aeronáuticos: fazem parte desse grupo todas as organizações responsáveis diretamente pelas operações aeronáuticas. Oferta de voos regulares e transporte de passageiros ou encomendas, manutenção de aeronaves, táxi-aéreo, voos não regulares, operações especializadas como aeropublicidade ou aerofotografia, dentre outros.
- Operadores de Infraestrutura Aeroportuária: os operadores de infraestrutura ou aeroportuários são organizações que oferecem o ambiente para a realização do trabalho dos operadores aeronáuticos. Esses operadores de infraestrutura são responsáveis pelos reparos e manutenção das pistas utilizadas em pousos e decolagens, espaço para estacionamento e abastecimento de aeronaves, desembarque/embarque de passageiros/encomendas e outros serviços desta natureza.
- Fabricantes de produtos aeronáuticos: são empresas que desenvolvem, fabricam e fornecem produtos para os operadores aeronáuticos e de infraestrutura.

Com as descrições anteriores, fica claro que a segurança de voo depende do trabalho de cada uma das organizações listadas e suas interações. Os principais acidentes aeronáuticos ocorridos no Brasil afetaram essas organizações, mostrando a importância do trabalho conjunto entre elas.

Focando os acidentes aeronáuticos como a principal premissa para a prevenção de novas ocorrências com características similares, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) tem uma importância de destaque, uma vez que este órgão é o responsável por todo o processo gerador de informações sobre os acidentes.

De forma isolada, as informações coletadas durante as investigações de um único acidente podem não dizer muito em um contexto amplo, porém, ao serem tabuladas e agregadas a informações de outros acidentes, é possível identificar alguns padrões como o tipo de aeronave mais frequente em acidentes, o local com maior incidência ou mesmo o grau de relacionamento entre essas variáveis.

A tabulação dessas informações já é realizada e publicada anualmente em um documento conhecido como FCA 58-1 (CENIPA, 2014a). Trata-se de um documento analítico, de acesso público e que permite ao setor aeronáutico acompanhar tendências sobre a segurança de voo na aviação civil brasileira. Porém, é preciso expandir o nível de informação do FCA 58-1, visto que o documento em questão não tem um papel preditivo na prevenção de acidentes aeronáuticos.

Apesar de sua importância, o FCA 58-1 não oferece uma forma objetiva para a tomada de decisão dos interessados em aumentar a segurança de voo. Isso quer dizer que as informações apresentadas no documento não apontam especificamente onde estão os riscos e não apresentam um

direcionamento sobre o que fazer com as informações publicadas.

Diante dessa limitação, surge a necessidade da modelagem do risco aeronáutico com base nos dados históricos dos acidentes. Assim, este trabalho propõe perpassar por assuntos como teoria e modelagem do risco, modelagem matemática, e fazer uma breve revisão de literatura sobre pesquisas que já abordaram ou são correlatas a este assunto.

## 2 RISCO NA AVIAÇÃO

De acordo com Duffey e Saull (2008), risco é a chance de um erro lhe causar mal, onde o acaso é uma ocorrência com causa não premeditada. De forma mais genérica, o risco pode ser definido como a possibilidade ou probabilidade de perigo, prejuízo, perda e etc.

O MCA 3-3 (Manual do Comando da Aeronáutica) prega que o risco é um subproduto do desenvolvimento de atividades, no qual nem todos os riscos podem ser eliminados ou nem todas as medidas para redução dos riscos são economicamente factíveis (CENIPA, 2012).

Netjasov e Janic (2008) afirmam que o gerenciamento do risco e a segurança operacional são pilares da aviação civil contemporânea, ressaltando a importância do desenvolvimento de modelos que apoiem essas atividades.

Um modelo usual e comumente adotado para o gerenciamento dos riscos na aviação brasileira é realizado com o apoio do seguinte processo sequencial: a) Identificação de riscos; b) Avaliação de riscos e; c) Mitigação de riscos (CENIPA, 2012). O escopo deste trabalho está limitado ao primeiro item, uma vez que a avaliação e a mitigação do risco são critérios de tomada de decisão diretos (Figura 1).



**Figura 1** - Gestão do risco na aviação brasileira.  
**Fonte:** CENIPA (2012).

Após a observação da figura anterior, é possível perceber que os passos 2 (avaliação do risco, probabilidade) e 3 (identificação dos riscos, severidade) podem ser realizados com o apoio de métodos estatísticos. De fato, métodos estatísticos não têm sido utilizados para identificar riscos na aviação brasileira. O que se tem utilizado são critérios subjetivos em que os próprios operadores definem seus graus de severidade e probabilidade na gestão do risco.

Para integrar métodos estatísticos automatizados com a gestão do risco na aviação é necessária a construção de uma base de dados com históricos de acidentes e identificação de perigos. Essa base de dados tem sido mantida pelo CENIPA, é retroalimentada a cada novo acidente e está disponível para pesquisadores que desejam realizar estudos com foco na segurança de voo na aviação civil brasileira.

Em seu texto, os autores Seamster e Kanki (2002) ressaltam a importância das bases de dados no setor da aviação. Além da importância em criar, gerenciar e distribuir os dados de forma adequada, os autores afirmam que o gerenciamento da informação só faz sentido se for utilizado para fins nobres.

A base de dados sobre acidentes aeronáuticos, mantida pelo CENIPA, tem a seguinte estrutura de retroalimentação (CENIPA, 2014b):

Passo 1 - Notificação do acidente: um cidadão informa ao CENIPA a ocorrência do acidente. Neste momento são coletados dados genéricos como local da ocorrência, características de aeronave, possível quantidade de vítimas;

Passo 2 – Produção do Registro de Ação Inicial (RAI): um investigador visita o local da ocorrência, confirma as informações iniciais da notificação e realimenta a base de dados com dados técnicos, como clima, operação/posição/tipo de fragmentos da aeronave;

Passo 3 – Produção do Registro Preliminar (RP): em complemento ao RAI, o RP sintetiza todas as informações coletadas e dá início ao trabalho de identificação dos fatores que contribuíram para a ocorrência do acidente;

Passo 4 – Produção do Relatório Final (RF): o RF é o documento que finaliza a coleta de dados do acidente. Nele são confirmados, revisados e finalizados todos os fatores que contribuíram para a ocorrência do acidente e também são feitas as RSV (Recomendação de Segurança de Voo) para a realização de futuras ações de prevenção.

Após este breve esclarecimento, fica claro a complexidade do processo de investigação e o momento em que são gerados os fatores contribuintes dos acidentes aeronáuticos. São eles que caracterizam os elementos de “causa raiz” do acidente. Portanto, esta é uma variável chave para a modelagem do risco aeronáutico.

Os fatores contribuintes são divididos em três categorias: a) fatores humanos; b) fatores materiais e; c) fatores operacionais. Há uma sensação, entre os especialistas em segurança de voo, de que itens de fatores humanos possam estar associados aos fatores operacionais, porém não há pesquisas que confirmem esta percepção.

Apesar desta percepção não ser academicamente comprovada, é consensual na área de segurança de voo a importância da utilização da variável “fatores contribuintes” em qualquer tipo de estudo que vise à prevenção de acidentes envolvendo aeronaves, como apresentado nos trabalhos de Janic (2000), Barradas e colaboradores (2013) e Silva (2011).

A literatura apresenta várias formas para a modelagem do risco, cada uma com seu objetivo e pressupostos, porém é comum a utilização de métodos estatísticos multivariados,

especialmente nas áreas de seguros e financeira, visto que esses métodos comportam tanto a previsão de riscos, como também o erro associado a essas previsões (GUEDES, 2006; NETO e CARMONA, 2004).

Dentro do contexto da análise de dados multivariados (métodos multivariados), este trabalho aponta a análise fatorial, regressão logística e análise discriminante como métodos aceitáveis para a modelagem do risco na aviação civil brasileira.

### 3 MÉTODOS MULTIVARIADOS

#### 3.1 Análise Fatorial

De acordo com a definição de Maroco (2014), a análise fatorial é uma técnica estatística multivariada para exploração de dados, em que todas as variáveis são analisadas concomitantemente e cada uma delas é relacionada com as demais.

A descoberta da técnica tem mais de 100 anos, porém ela só se tornou popular após a disseminação dos computadores no meio científico (JOHNSON e WICHERN, 1998). Um raciocínio análogo a esse método é que se cada fenômeno varia independentemente dos demais, então existirão tantas dimensões quanto os próprios fenômenos analisados, mas se os fenômenos não variam independentemente, podendo haver relações de dependência entre eles, pode-se concluir que existe um menor número de dimensões do que os fenômenos (CORRAR, PAULO e FILHO, 2009).

Assim, a análise fatorial permite detectar a existência de certos padrões subjacentes nos dados, de maneira que possam ser reagrupados em um conjunto menor de dimensões ou fatores.

Gontijo e Aguirre (1988) definem que os objetivos da Análise Fatorial são: “harmonizar ou condensar um grande número de observações em grupos; obter o menor número de variáveis a partir do material original e reproduzir toda a informação de forma resumida; obter os fatores que reproduzam um padrão separado de relações entre as variáveis; interpretar de forma lógica o padrão das relações entre as variáveis; identificar as variáveis apropriadas para uma posterior análise de regressão e correlação ou análise discriminante”.

De forma geral, a utilização bem-sucedida da análise fatorial revela ao pesquisador quais são as variáveis mais importantes em determinado estudo e também diminui consideravelmente o número de variáveis para uma complementação da sua pesquisa com outras técnicas de análise (ALMEIDA, 2013).

#### 3.2 Análise Discriminante

De acordo com Corrar e Theóphilo (2004), a análise discriminante é uma técnica estatística multivariada que utiliza as informações disponíveis de variáveis métricas independentes, para estimar o valor de uma variável categórica dependente.

Proposta na primeira metade do século XX pelo Sr. R. Fisher, como critério rigoroso na classificação de novas espécies vegetais de acordo com suas características biométricas, a análise discriminante foi rapidamente adotada para além da taxonomia e sistemática vegetal. Atualmente, tem-se utilizado esta técnica em diversos campos do conhecimento (MAROCO, 2014).

O principal objetivo da análise discriminante é a classificação de um evento por meio de uma regra matemática criada a partir do histórico daquele evento. Com isso, a análise discriminante visa estabelecer procedimentos para classificar objetos (indivíduos, produtos e outros) em grupos, com base em seus escores em um conjunto de variáveis independentes (HAIR e colaboradores, 2007).

De acordo com Mingoti (2007), a análise discriminante, em geral, é feita por meio de regras matemáticas que classificam, ou discriminam, elementos amostrais com base na teoria das probabilidades. Dessa forma, uma regra matemática irá decidir em qual grupo (população) determinado elemento amostral, que tenha  $n$  características avaliadas (amostra), irá melhor se encaixar.

Mingoti (2007) destaca que:

É evidente que todo o processo de tomada de decisão traz consigo um possível erro de decisão. O objetivo, portanto, é o de construir uma regra de classificação que minimize o número de classificações incorretas, além de minimizar o custo da classificação incorreta.

Hair e colaboradores (2007) afirmam que uma aplicação bem-sucedida da análise discriminante requer a consideração de várias questões, como a seleção das variáveis independentes, a variável dependente, o tamanho adequado da amostra e a divisão da amostra para fins de validação.

Um exemplo de aplicação da análise discriminante na área de risco é a *insurance rating*, ou seja, técnica utilizada para prever a classificação do risco (baixo, médio, alto) de um novo cliente de uma seguradora. Informações como “há quanto tempo dirige?”, “número de vezes que se envolveu em acidentes?”, “estado civil”, “nível educacional” etc, podem ser utilizadas como variáveis independentes para classificar a variável discreta risco (CORRAR e THEÓPHILO, 2004).

### 3.3 Regressão Logística

Um modelo de regressão é caracterizado por uma equação matemática que expressa o relacionamento entre variáveis. Este modelo é composto por variáveis independentes (explicativas) e uma variável dependente (resposta), em que a combinação entre as variáveis independentes explica o valor da variável dependente para cada nova entrada de dados no modelo (MANLY, 2008).

Quando a variável dependente é do tipo nominal dicotômico, a regressão logística é a técnica indicada para modelar o fenômeno, em termos probabilísticos, de uma das duas realizações possíveis das classes da variável dependente. “As variáveis independentes podem ser qualitativas e/ou quantitativas, sendo que o modelo logístico permite avaliar a

significância de cada uma dessas variáveis no modelo” (MAROCO, 2014).

Com o uso da regressão logística é possível prever a probabilidade da ocorrência de um determinado evento, a qual poderá estar entre 0 e 1 (dicotomia). Apesar de ser amplamente utilizada para prever riscos no setor bancário, a regressão logística tem sido utilizada em outras áreas do conhecimento como medicina, ciências sociais e biotecnologia.

A regressão logística tornou-se famosa após o experimento *Framingham Heart Study* na Universidade de Boston. O objetivo desse estudo foi identificar os fatores que desencadeavam doenças cardiovasculares. Foram mapeados 5209 indivíduos entre 30 e 60 anos e, com o apoio da regressão logística, aliada a um rigoroso monitoramento percebeu-se que a hipertensão arterial, taxa de colesterol elevada, tabagismo, obesidade, sedentarismo e diabetes são os principais fatores que ocasionam doenças cardiovasculares (CORRAR, PAULO e FILHO, 2009).

### 3.4 Considerações sobre Análise Discriminante e Regressão Logística

Apesar de serem muito parecidas conceitualmente, a análise discriminante e a regressão logística possuem características técnicas que fazem o pesquisador decidir por uma delas. De acordo com Hair e colaboradores (2007), as características abaixo podem auxiliar o pesquisador nessa decisão:

Análise discriminante: pode ser utilizada quando a variável dependente possuir mais de dois grupos. O uso da regressão logística é limitado para casos em que a variável dependente possua apenas dois grupos.

Regressão logística: a regressão logística não depende de suposições rígidas como a existência de normalidade multivariada nos dados e iguais matrizes de covariância/variância nos grupos.

De forma geral, a regressão logística é menos exigente quanto as suposições para modelagem, porém a análise discriminante permite modelar problemas em que a variável dependente possui mais de dois grupos (por exemplo: baixo, médio, alto).

## 4 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta seção apresenta sucintamente algumas pesquisas que envolveram a modelagem do risco na aviação com apoio de métodos estatísticos.

Em seu trabalho, Janic (2000) expõe as principais causas de acidentes com aeronaves na década de 1990. Além disso, o autor explora essas causas de forma descritiva com o objetivo de identificar similaridades para a construção de um modelo de risco. Com o apoio da distribuição de Poisson e conceitos de processos estocásticos, o autor propõe um modelo estatístico para avaliar o risco aeronáutico com base nas causas dos acidentes.

Luxhøj e Coit (2006) apresentam o desenvolvimento de um modelo de risco que mitigue a probabilidade da

ocorrência de acidentes após a inserção de novas tecnologias em aeronaves. Os autores afirmam que a ocorrência de acidentes é rara, porém suas consequências são devastadoras e por isso é fundamental que os modelos de risco acompanhem a evolução tecnológica das aeronaves.

Ale e colaboradores (2009) realizaram uma pesquisa a fim de modelar um sistema para prevenção de acidentes no solo, no aeroporto de Schiphol (Holanda). Os autores utilizaram os eventos/movimentos diários no aeroporto para criar um modelo matemático homogêneo com o apoio de redes bayesianas e diagrama de árvores de decisão. Com isso, foi possível identificar as cadeias causais dos acidentes e quantificar os seus riscos.

Já Skorupski (2010) realizou uma pesquisa com o objetivo de relacionar acidentes e incidentes aeronáuticos com o tráfego aéreo na Polônia. De acordo com o autor, o uso de técnicas estatísticas tradicionais para previsão de acidentes foi ineficiente devido ao baixo índice de acidentes, uma vez que as técnicas estatísticas são exigentes em relação ao tamanho da amostra. Para contornar esta dificuldade, o autor utilizou modelos de simulação com o uso de redes Petri estocásticas em seis possíveis cenários e obteve como resultado a probabilidade de que incidentes aeronáuticos possuem 60% de chance de transformarem em acidentes.

Na pesquisa de Netjasov e colaboradores (2011), foi feita uma comparação entre dados reais e dados simulados com redes Petri estocásticas e simulação Monte Carlo. Esta comparação, cujo objetivo foi identificar o risco aeronáutico associado a operações de voo, mostrou que os cálculos de risco atingidos com modelos de simulação foram próximos aos resultados obtidos com dados reais.

Com os exemplos mostrados nos parágrafos anteriores, nota-se a importância da modelagem estatística com foco na prevenção de acidentes aeronáuticos, visto que as operações da aviação civil estão ao tempo todo sob condições que afetam a segurança de voo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALE, B. J. M. et al. Further development of a causal model for air transport safety (CATS): building the mathematical heart. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 94, n. 9, p. 1433–1441, 2009.
- ALMEIDA, C. A. D. Concepção e desenvolvimento de um protótipo de software genérico para avaliar a qualidade em serviços utilizando o método servqual. UFPR. Curitiba, p. 133. 2013.
- BARRADAS, R. L. et al. Aviação civil brasileira de helicópteros: estudos de caso de acidentes no decênio 2003-2012. ITA. São José dos Campos. 2013.
- CENIPA. Manual de prevenção do SIPAER. CENIPA. Brasília, p. 148. 2012.
- \_\_\_\_\_. Gestão da segurança de voo na aviação brasileira. CENIPA. Brasília, p. 35. 2013.
- \_\_\_\_\_. Panorama estatístico da aviação civil brasileira. CENIPA. Brasília, p. 44. 2014a.
- \_\_\_\_\_. Protocolos da investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo Estado brasileiro. CENIPA. Brasília, p. 49. 2014b.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; FILHO, J. M. D. *Análise Multivariada*. São Paulo: Atlas, 2009.
- CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R. *Pesquisa operacional: para decisão em contabilidade e administração*. São Paulo: Atlas, 2004.
- DUFFEY, R. B.; SAULL, J. W. *Managing risk: the human element*. West Sussex: John Wiley & sons, 2008.
- GONTIJO, C.; AGUIRRE, A. Elementos para uma tipologia do uso do solo agrícola no Brasil: uma aplicação da análise fatorial. *Revista brasileira de economia*, Rio de Janeiro, v. 1, p. 13-49, 1988.
- GUEDES, L. M. D. M. Modelagem estocástica para integração de contratos de seguros em risco operacional. UNB. Brasília, p. 70. 2006.
- HAIR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. Tradução de Anselmo Chaves Neto e Adonai Schlup Santanna. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. reimpressão.
- JANIC, M. An assessment of risk and safety in civil aviation. *Journal of air transport management*, v. 6, n. 1, p. 43-50, 2000.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. 5ª Edição. ed. New Jersey, United State of America: Prentice Hall, 1998.
- LUXHOJ, J. T.; COIT, D. W. Modeling low probability/high consequence events: an aviation safety risk model. *IEEE Reliability and Maintainability Symposium Annual*, p. 215-221, 2006.
- MANLY, B. J. F. *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*. 3ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- MAROCO, J. *Análise estatística com o SPSS Stistics*. 6ª. ed. Peró Pinheiro: [s.n.], 2014.
- MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- NETJASOV, F. et al. Systematic validation of a mathematical model of ACAS operations for safety assessment purposes. *Europe air traffic management research and development seminar*, Ninth, p. 1-12, 2011.
- NETJASOV, F.; JANIC, M. A review of the research on risk and safety modelling in civil aviation. *Third international conference on research in air transportation*, Fairfax, June 1-4, p. 169-176, 2008.
- NETO, A. A. A.; CARMONA, C. U. D. M. Modelagem do risco de crédito: um estudo do segmento de pessoas físicas em um banco de varejo. *REAd Revista eletrônica de administração*, Porto Alegre, v. 10, n. 40, p. 1-23, 2004.
- SEAMSTER, T. L.; KANKI, B. G. *Aviation information management from document to data*. Surrey: Ashgate, 2002.
- SILVA, C. R. L. D. Influência da cultura organizacional policial em acidentes aeronáuticos na aviação brasileira de segurança pública e de defesa civil. ITA. São José dos Campos, p. 215. 2011.
- SKORUPSKI, J. Analysis of the relation between serious incident and accident in air traffic. *Logistics and transport*, v. 2, n. 11, p. 45-54, 2010.