

## SMART SECURITY – A MATEMÁTICA DA SEGURANÇA INTELIGENTE

A segurança é uma das principais preocupações de empresas e privados nos dias de hoje e para lidar com esses problemas e obter soluções eficazes, é muitas vezes necessário usar ferramentas de base matemática. A segurança aeronáutica é disso um bom exemplo.

### 1. O ENCONTRO SOBRE SMART-SECURITY

A segurança é um dos pilares das sociedades e assenta sobre muitas vertentes, a física, a económica, a social e a política, entre outras. Garantir a segurança a esses diferentes níveis é um grande desafio social, cuja responsabilidade é partilhada por diversos atores, por exemplo: governos, empresas, cientistas. Neste último âmbito, não temos dúvidas de que a matemática tem um papel de relevo a desempenhar. Por essa razão, no dia 19 de outubro de 2018 teve lugar em Lisboa, no ISEL, o segundo workshop organizado pela PT-MATHS-IN, “Mathematics for Smart Security”, dedicado, tal como o título indica, a questões de Segurança.

A escolha do tema da segurança deveu-se não só à sua relevância e à sua atualidade mas principalmente ao grande contributo da matemática na resolução de problemas daí decorrentes. Por exemplo, a criptografia tem aplicações em segurança de dados, otimização em vigilância de residências e cidades, logística e redes, estatísticas no gerenciamento de fraudes. Numa classificação mais ampla, Modelação, Simulação e Otimização (MSO) têm lidado com muitas questões decorrentes de problemas de segurança e a PT-MATHS-IN cunhou esta ampla área de pesquisa como SMART SECURITY.

Os problemas abordados no workshop incluíram assuntos como Evacuação de Emergência, Comportamento Criminoso, Segurança Cibernética, Segurança Alimentar,

Privacidade Digital, Prevenção de Fraudes e Proteção de Dados. O encontro contou com um painel de excelentes oradores, dos quais merecem destaque:

► Pietro Gennari, Chief Statistician, Food and Agriculture Organization (FAO), ONU, *The role of mathematical/statistical modelling in monitoring food security*;

► Rafael Tesoro Carretero, Comissão Europeia, *Maths for digital privacy*;

► Poul Hjorth da DTU - Technical University of Denmark e Director Executivo do ECMI, *Safety in numbers: smart prediction of crowd dynamics*;

► Wil Schilders, Presidente da EU-MATHS-IN, *Smart Security - Challenges and opportunities from EU-MATHS-IN point of view* ;

► David Rios, AXA-ICMAT Chair, ICMAT, CSIC e Royal Academy of Sciences, *Aviation safety risk management*.

Todos os temas tratados foram muito interessantes, ilustrando muito bem a base matemática nas diversas abordagens aos problemas de segurança. Neste artigo optámos por destacar o tema ligado à segurança aeronáutica por serem várias as áreas da matemática que intervêm na resolução deste problema. O resumo aqui apresentado decorre essencialmente do artigo [1] e dos slides da comunicação apresentada no workshop.

## A SEGURANÇA AERONÁUTICA

O primeiro acidente mortal envolvendo passageiros na aviação civil deu-se em 1908 e, desde então, muitos esforços têm sido desenvolvidos na tentativa de tornar este transporte o mais seguro possível. Efetivamente, em 1945 é criada a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) com o propósito de tornar a aviação o modo de transporte mais seguro. Desde 2004, a taxa de acidentes tem sido relativamente estável, com uma média entre quatro e cinco acidentes fatais por dez milhões de operações (voos). Tal pode dever-se ao facto de a segurança da aviação (SA) ter atingido um ponto em que se verifica um equilíbrio entre os benefícios de segurança e os seus custos.

No entanto, uma crescente desregulamentação e competição, bem como o aumento esperado do tráfego aéreo nas próximas décadas, poderá colocar os níveis atuais de segurança em risco.

A eliminação total de acidentes e incidentes graves de aviação é a meta desejável, mas realisticamente inatingível. A ideia de "sistemas sem risco" evoluiu para uma perspetiva centrada em torno da "gestão de segurança", destinada a apoiar processos de afetação de recursos em que um equilíbrio entre "operacionalidade" e "proteção" é alcançado. Nesse contexto, em [2] define-se segurança como o estado em que o risco de dano em pessoas ou danos materiais é reduzido e mantido abaixo de um nível considerado aceitável, através de um processo contínuo de identificação de perigos e gestão do risco.

## O MODELO MATEMÁTICO

O modelo proposto em [1] procura criar uma metodologia para identificação de riscos na Segurança Aérea (SA) e determinar uma afetação de recursos de forma a mitigar as consequências dessas ocorrências. Uma ocorrência corresponde a um acidente ou incidente e, no caso do artigo citado, foram identificados 88 tipos de ocorrências como o aparecimento de pássaros em pista, outros tipos de invasão da pista, falhas do motor, greves, etc. Foi também considerada uma escala de gravidade das ocorrências, tendo-se considerado cinco classes:

Acidente (1); incidente grave (2); incidente maior (3); incidente significativo (4); e ocorrência sem efeito de segurança (5).

Também as consequências que advêm das ocorrências são identificadas em categorias, nomeadamente:

1. Fatalidades; 2. Pessoas feridas com gravidade; 3. Pessoas feridas sem gravidade; 4. Atrasos de voos;

5. Cancelamentos de voos; 6. Necessidade de operações extra-programação de reparação de aeronaves; 7. Destruição da aeronave; 8. Perda de imagem devido a perceção negativa de ocorrências.

As sete primeiras classes são facilmente contabilizadas em valores numéricos, a oitava classe foi contabilizada através do número de acidentes, que sendo em geral divulgados pelas notícias, contribuem para a criação de uma má imagem.

Uma forma de diminuir o risco de ocorrências consiste numa melhor e maior afetação de recursos (mais vigilância, mais inspeções, mais sistemas de deteção de falhas, substituição de equipamentos mais antigos, mais tempo entre voos consecutivos, etc.). No entanto, em qualquer companhia os recursos são limitados, pelo que é necessário fazer uma gestão inteligente dos mesmos, tendo em consideração vários constrangimentos relevantes, como os económicos, técnicos, logísticos, jurídicos, e políticos, entre outros.

O objectivo do trabalho apresentado consistiu em estabelecer um conjunto de procedimentos com vista a minimizar as consequências das ocorrências acima descritas. O incremento dos recursos afetos a cada tipo de operação pode ter um impacto global sobre o estado da S.A. e portanto, na distribuição das taxas das ocorrências, na sua diminuição efetiva ou em alterações na proporções de cada classe de ocorrência, numa tentativa de tornar as ocorrências mais severas menos prováveis e reduzindo os impactos negativos associados a todo o tipo de ocorrências.

Para desenvolver este sistema, diferentes ferramentas matemáticas são utilizadas, nomeadamente, na previsão das ocorrências e das correspondentes classes de gravidade, previsão e estimativa das consequências, mapas de risco para rastrear ocorrências, e, finalmente, um procedimento para afetação ótima de recursos na gestão da segurança.

A cada política de segurança está associado um portefólio de medidas de prevenção representadas por um vetor onde cada componente representa a fração do recurso afeto a cada ocorrência. É assumido, para simplificar esta exposição, que os recursos são de um único tipo, por exemplo, tempo, pessoal, investimento financeiro, etc. Uma generalização a múltiplos recursos é também possível.

No modelo proposto assumiu-se que o recurso correspondia ao tempo de inspeção. Assim sendo, de forma a formular a afetação ótima dos recursos consideram-se as variáveis:  $z_j$  = fração de tempo de inspeção afeto à operação  $j$ , para  $j = 1, \dots, k$ . Pretende-se minimizar a função

que representa os danos esperados dado o plano definido pelas variáveis  $z_j$ . Foram ainda consideradas restrições relativas a valores mínimos e máximos para os tempos de inspeção. Assim, obteve-se o seguinte modelo:

$$\min \psi(z) \quad (3.1)$$

$$\text{s.a.} \quad \sum_{j=1}^k z_j = 1 \quad (3.2)$$

$$z_j \geq z_{\min} \text{ para } j = 1, \dots, k \quad (3.3)$$

$$z_j \leq z_{\max} \text{ para } j = 1, \dots, k \quad (3.4)$$

A solução ótima deste problema,  $z^* = (z_1^*, \dots, z_k^*)$  determina a política ótima dos tempo de inspeção. De modo a definir a função  $\psi(z)$  correspondente aos danos esperados para uma política definida por  $z$ , começa-se por definir o desenho de um diagrama de influência (DI). Este consiste numa representação gráfica compacta de uma situação de decisão [3], utilizando uma estrutura com nodos e arcos. Nestes diagramas há diversos tipos de acontecimentos: decisões são representadas por nodos retangulares, nós hexagonais descrevem valores, círculos e duplos círculos simbolizam, respetivamente, situações de incerteza e acontecimentos determinísticos. A imagem 1 representa o diagrama considerado em [1]. Aqui  $n$  representa o número de ocorrências a ter em conta durante o período de tempo em análise,  $k$  é o número estimado de ocorrências, e para cada ocorrência  $j$ ,  $\lambda_j$ ,  $x_j$ ,  $p_j = (p_j^1, p_j^2, \dots, p_j^5)$  e  $s_j = (s_j^1, s_j^2, \dots, s_j^5)$  representam respetivamente a taxa, o número, e a proporção e o número em cada classe de gravidade. O valor da perda associado a  $j$  é dado por  $l_j$  e "Loss" representa a perda global. Neste caso, a taxa  $\lambda_j$  segue uma distribuição  $f(\lambda_j|z) = f(\lambda_j|z_j)$  e a partilha entre as cinco classes de ocorrência  $p_j = (p_j^1, p_j^2, \dots, p_j^5)$  segue uma dis-

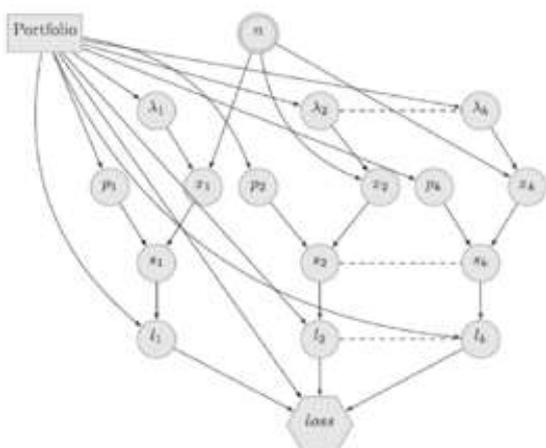


Figura 1. Diagrama de Influência.

tribuição  $f(p_j|z) = f(p_j|z_j)$ .

Uma vez que o plano associado a  $z$  seja implementado, dadas as  $n$  operações:

►  $x_j$  ocorrências do tipo  $j$  repartidas por  $(s_j^1, s_j^2, \dots, s_j^5)$  têm lugar, ou seja  $x_j = \sum_{i=1}^5 s_j^i$ .

► a  $g$ -ésima ocorrência do tipo  $j$ , designada por  $g_j$  resulta em  $n_F^{g_j}$  fatalidades com distribuição  $f(n_F|j, z_j)$ ;  $n_H^{1g_j}$  e  $n_H^{2g_j}$  ferimentos menores e graves com distribuição  $f(n_H^1, n_H^2|j, z_j)$ ;  $t_D^{g_j}$  acumulação de atrasos com distribuição  $f(t_D|j, z_j)$ ;  $n_C^{g_j}$  cancelamentos com distribuição  $f(n_C|j, z_j)$  e finalmente  $n_{RM}^{2g_j}$  e  $n_{RM}^{3g_j}$  destruições ou reparações de aeronaves com distribuição  $f(n_{RM}^2, n_{RM}^3|j, z_j)$ .

► Globalmente houve lugar a  $n_F = \sum_{j=1}^k \sum_{g=1}^{x_j} n_F^{g_j}$  fatalidades;  $n_{Hi} = \sum_{j=1}^k \sum_{g=1}^{x_j} n_{Hi}^{g_j}$ ,  $i = 1, 2$ , ferimentos menores e graves respetivamente;  $t_D = \sum_{j=1}^k \sum_{g=1}^{x_j} t_D^{g_j}$  atrasos acumulados;  $n_C = \sum_{j=1}^k \sum_{g=1}^{x_j} n_C^{g_j}$  cancelamentos;  $n_D = \sum_{j=1}^k \sum_{g=1}^{x_j} n_{RM}^{2g_j}$  destruições e finalmente  $s^1 = \sum_{j=1}^k s_j^1$  acidentes.

► Com este esquema, a contabilização das consequências dos danos seria obtida por uma função  $l(n_F, (n_{H1}, n_{H1}), t_D, n_C, (n_R, n_D), s^1)$ .

Para cada portefólio  $z$ , a função de  $\psi(z)$  (valor esperado dos danos) associada ao diagrama será dada por:

$$\psi(z) = E(l(n_F, (n_{H1}, n_{H1}), t_D, n_C, (n_R, n_D), s^1)|z).$$

De modo a obter os parâmetros de  $\psi$ , foi utilizada uma simulação de Monte Carlo usando um conjunto de portefólios e aproximando a superfície por um metamodelo de regressão como o proposto em [4]. Os métodos de Monte Carlo consistem numa vasta classe de métodos que computacionalmente permitem obter aproximações numéricas de funções complexas em que não é viável, ou é mesmo impossível, obter uma solução analítica ou, pelo menos, determinística.

## NOTA FINAL

Este trabalho representa uma pequena demonstração do enorme potencial da matemática para se impor como uma disciplina transversal na resolução dos muitos problemas

que se relacionam com a temática da segurança. É uma proposta da PT-MATHS-IN cunhar esta área de SMART SECURITY e apoiar a sua implementação e desenvolvimento a nível nacional. De realçar, para terminar, que este workshop foi precedido, a 18 de outubro, pela reunião anual do conselho EU-MATHS-IN, e pela apresentação do CORE-TEAM, o novo projeto europeu entre a matemática e a indústria europeia, que contou no final do dia com a presença do ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Prof. Dr. Manuel Heitor. O presidente da EU-MATHS-IN, Wil Schilders, na sua intervenção final neste encontro, fez questão de sublinhar que, a par da MSO (Modelação, Simulação e Otimização), a SMART SECURITY pode impor-se como uma área chave de intervenção dos matemáticos na indústria.

## REFERÊNCIAS

[1] D. Rios Insua, C. Alfaro, J. Gomez, P. Hernandez-Coronado, F. Bernal, *A Framework for Risk Management Decisions in Aviation Safety at State Level, Reliability Engineering & System Safety*, Volume 179, 2018, Págs 74-82, ISSN 0951-8320, <https://doi.org/10.1016/j.ress.2016.12.002>.

[2] ICAO. *Safety Management Manual* (Doc 9859 AN/474). International Civil Aviation Organization (ICAO); Montreal. 2006.

[3] Detwarasiti, A.; Shachter, R.D. *Influence diagrams for team decision analysis*. *Decision Analysis*. 2 (4): 207–228. doi:10.1287/deca.1050.0047, 2005.

[4] Jack P.C. Kleijnen and Robert G. Sargent, "A methodology for fitting and validating metamodels in simulation". *European Journal of Operational Research*, 120 (1), 14-29, doi:10.1016/S0377-2217(98)00392-0, 2000.

## TABELA DE PUBLICIDADE 2019

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA REVISTA

Periodicidade: Quadrimestral

Tiragem: 1900

Nº de páginas: 64

Formato: 20,2 x 26,6 cm

Distribuição: Regime de circulação qualificada e assinatura

### CONDIÇÕES GERAIS:

Reserva de publicidade: Através de uma ordem de publicidade ou outro meio escrito.

Anulação de reservas: Por escrito e com uma antecedência mínima de 30 dias.

Condições de pagamento: 30 dias após a data de lançamento.

### CONTACTOS

Tel: 21 793 97 85

[imprensa@spm.pt](mailto:imprensa@spm.pt)

### ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:

Ficheiro no formato: TIFF, JPEG, PDF em CMYK

Resolução: 300 dpi (alta resolução)

Margem de corte: 4 mm

### LOCALIZAÇÕES ESPECÍFICAS:

Verso capa: 1240€

Contracapa: 1100€

Verso contracapa: 990€

	 PÁGINA INTEIRA	 1/2 PÁGINA	 1/4 PÁGINA	 1/8 PÁGINA	 RODAPÉ
ÍMPAR	590€	390€	220€	120€	220€
PAR	490€	290€	170€	120€	170€

Aos valores indicados deverá ser adicionado o IVA à taxa legal em vigor