

Modelagem da Evacuação em Emergência de Aeronaves C-105 Amazonas

Rodrigo Pereira Giarola e Silva e Denise Beatriz Ferrari

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Resumo – Experimentos reais de evacuação de aeronaves podem ser proibitivamente caros e em alguns casos até perigosos. Dada a gama de configurações internas possíveis, estas simulações tornam-se inviáveis para aeronave militares. Este trabalho propõe um modelo baseado em agentes para o estudos dos fatores que influenciam no tempo de evacuação. Com base no modelo proposto, criou-se um simulador de evacuação para a aeronave C-105 Amazonas, no qual foi realizado um experimento com de intuito de verificar a influência e sensibilidade dos fatores modelados ao longo do trabalho.

Palavras-chave – Modelos baseados em agentes, experimentos computacionais, C-295M

I. INTRODUÇÃO

Segurança de cabine não pode ser definida precisamente através de um único conceito pois abrange um domínio diverso: inclui a capacidade de prover proteção em caso de acidente, segurança de operações, fatores humanos, psicologia e biodinâmica. Ela pode ser classificada em três áreas funcionais que interagem entre si: proteção em caso de impacto, sobrevivência ao fogo e evacuação de emergência [1].

Conduzir experimentos reais de evacuação de aeronaves muitas das vezes, além de inviável e caro, pode causar ferimentos graves aos participantes. Modelos simulados são uma alternativa que tem sido utilizada para superar os problemas citados [2].

Este trabalho tem como objetivo criar um modelo para o teste de avaliação de uma aeronave e discutir a sua utilização na estatística do tempo final de evacuação de aeronaves.

Para construir o modelo, ainda que de maneira simplificada, buscou-se integrar alguma das interações dos passageiros e seus comportamentos individuais, com os atributos físicos dos aviões.

Muitos fatores influenciam na escolha do software: custo, versatilidade e segurança são atributos necessários a estes programas [3]. O mesmo autor enumera algumas das plataformas existentes: airEXODUS, GA Model, AIREVAC Model e o Embraer Exit. Outros, além dos programas mencionados, utilizam o Service Model [4] e o NetLogo[2, 5, 6].

O NetLogo é uma plataforma de fácil manipulação para o desenvolvimento de simulação de experimentos e tem sido amplamente aceita como uma ferramenta para simulação baseada em agentes [7]. Por se tratar do única plataforma livre entre as citadas, o NetLogo será utilizado.

O restante deste trabalho é organizado da seguinte maneira: a Seção 2 descreve o modelo proposto para o simulador. A Seção 3 faz um breve sumário sobre a aeronave em questão e seu respectivo simulador. A Seção 4 mostra os resultados obtidos no estudo de caso, seguido por uma breve conclusão na Seção 5.

II. MODELO PROPOSTO PARA O SIMULADOR

Foi identificado que os fatores que mais influenciam a sobrevivência dos passageiros numa situação de emergência são [3]:

- Atitude dos Passageiros;
- Ambiente;
- Configuração da aeronave
- Procedimento de evacuação.

O ambiente não é objeto de estudo deste trabalho dado que para simulações em geral: a *Federal Air Administra-*

tion – agência reguladora do setor nos Estados Unidos - por exemplo, não estabelece maiores condições a não ser que a aeronave esteja em uma condição normal e com trem de pouso estendido [8].

Em relação aos passageiros, para modelagem do comportamento será utilizado um modelo baseado em agentes (MBA). Neste modelos, um agente é a entidade real ou abstrata que é capaz de agir sobre ela mesma e sobre o seu ambiente, por exemplo, o tipo de comunicação entre agentes. Um agente pode ser considerado como um meio que produz um certo efeito número de ações a partir dos conhecimentos e mecanismos internos que se lhe são próprios.

No modelo a ser criado, cada agente (passageiro) se locomove de acordo com conjunto de regras associadas a cada indivíduo e a população. Esse conjunto de padrões de comportamento são implementados como regras locais e são designados a cada agente [9].

I. ATITUDE DOS PASSAGEIROS

Assim como em [2, 5, 9], a modelagem dos passageiros será feita através de um modelo baseado em agentes. Mais especificamente, em relação ao comportamento dos agentes, foi adotado um modelo similar ao proposto em [10], onde cada passageiro está sujeito a uma probabilidade P_R de reagir ao sinal de evacuação e a uma probabilidade P_L de se locomover dado que o espaço a sua frente esteja vazio.

Quanto ao comportamento em grupo, autores [9] modelam o comportamento do agente em relação ao grupo através das seguintes características:

- Comportamento de Coesão - Passageiros tendem a ficar em uma mesma área;
- Comportamento de Alinhamento - Um passageiro tende a movimentar-se na mesma direção e velocidade do grupo;
- Comportamento de Evitar o Contra - fluxo.

Estas condições são naturalmente obtidas pelo modelo dado que (1) é assumido, como em [2], que todos os passageiros procuram sair o mais rápido da cabine, sem comportamentos competitivos descritos em [11] e (2) as dimensões da aeronave modelada são restritas, onde foi assumido que cada agente ocupa somente uma célula, conforme descrito abaixo.

II. CONFIGURAÇÃO DA AERONAVE

Inicialmente é feita a discretização do espaço da cabine. Esta, devido a características únicas, com numerosas estruturas, obstáculos e caminhos a serem seguidos, é feita segmentando a cabine em espaços quadrados de tamanhos iguais de 0,4m por 0,4m [2, 11]. Cada um destes quadrados constituem uma célula.

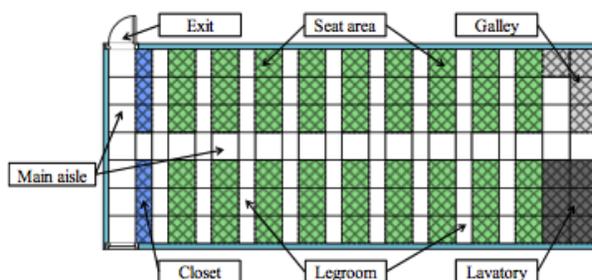


Figura 1. Exemplo discretização da cabine. Fonte: Liu et al. (2014)

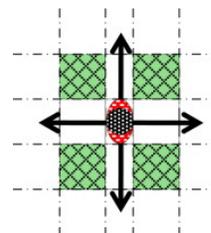


Figura 2. Possíveis direções para um passageiro no corredor. Fonte: Liu et al. (2014)

Alem das regras de comportamento que influenciam na locomoção, é fácil perceber que restrições de espaço na cabine influenciam as possíveis direções a serem seguidas. Em relação a direção adotam-se 8 direções possíveis de deslocamento [1, 2, 11] com restrições a obstáculos [2].

Estas restrições, bem como a discretização da cabine serão apresentadas a seguir no modelo para o C-105 Amazonas.

III. MODELO PROPOSTO PARA O C-105 AMAZONAS

O C-105 Amazonas é um avião de transporte da Força Aérea Brasileira. É fabricado pela empresa EADS sob o nome C-295M e pode realizar diversos tipos de missão, como lançamento de pára-quedistas, transporte de até 75 passageiros ou ainda missões de misericórdia ("hospital aéreo",

com capacidade de até 12 macas), conforme exemplificado na Fig. 3.

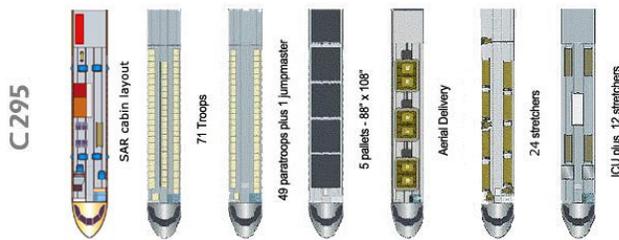


Figura 3. Possíveis Configurações de Carga. Fonte: Airbus (2014)

Esta gama de missão traduz-se em diversas configurações internas, bem como uma variedade de tipos de passageiros a serem modeladas. Por exemplo, a configuração de transporte de tropa, traduziu-se na Fig. 4, onde as células marrons correspondem aos assentos dos passageiros, as vermelhas às saídas e a verde um assento para tripulação.

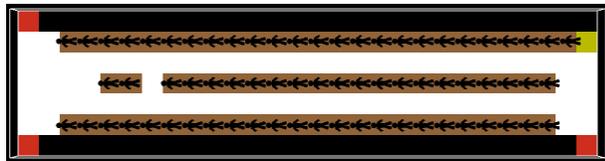


Figura 4. Modelo C-105 em configuração de 72 passageiros. Fonte: o Autor

IV. ESTUDO DE CASO

Com base nas seções anteriores é possível verificar a validade ou a sensibilidade dos fatores colocados no modelo. Para tal foi realizado um experimento com três fatores, sejam eles a configuração da aeronave, número de passageiros e a probabilidade de responder a situação de emergência. Os fatores variam de acordo com a Tab.1 e a resposta observada é o tempo. Ressalta-se ainda que não é objetivo do estudo criar um modelo matemático para o modelo e sim verificar a validade ou sensibilidade de cada fator.

Na Fig. 5 é possível observar o simulador em uma das réplicas do experimento. Na ocasião observa-se a aeronave na configuração de carga (1 pallet) com um passageiro que não se levantou (preto), os em magenta no corredor e ainda um em ciano prestes a evacuar-se.

Dada a natureza estocástica do simulador e facilidade de replicação, foram feitas 20 simulações para cada uma

TABELA I. FATORES DO EXPERIMENTO

Fator	Níveis	
Num. Passageiros	40	50
Configuração	Passageiros	Carga
Prob. de Resposta (P_R)	100%	60%

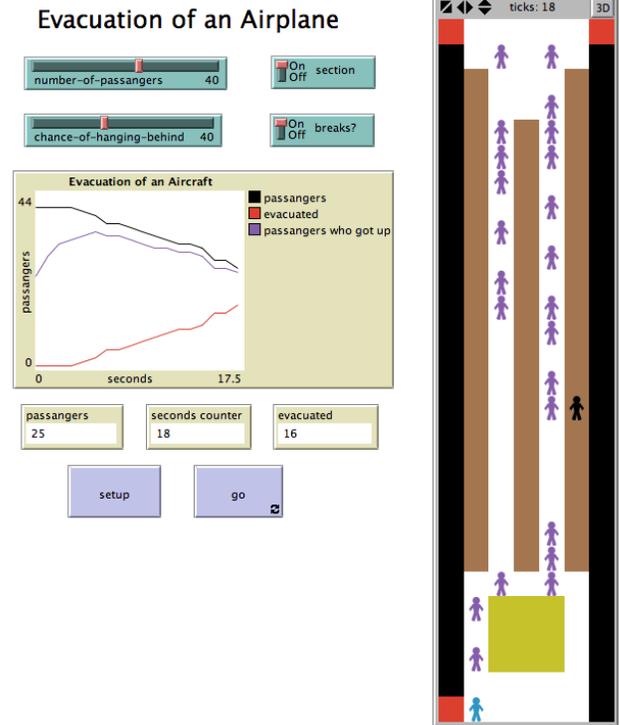


Figura 5. Interface gráfica com modelo em Config. de Carga. Fonte: o Autor

das 8 combinações possíveis. Após análise exploratória dos resultados (Fig. 6), foi feita a análise de variância e obteve-se que todos os fatores analisados são estatisticamente significativos para o modelo, com P -values inferiores a 0,001 para o número de passageiros e a configuração de carga, e P -values de 0,025 para P_R , porém sem interações entre cada um deles.

V. CONCLUSÕES

Através deste trabalho foram descritos métodos e etapas para construção de um modelo para evacuação em emergência de aeronaves C-105 Amazonas da Força Aérea Brasileira. O simulador apesar de simplificado, mostrou-se capaz de exemplificar e servir de plataforma para verificação de fato-

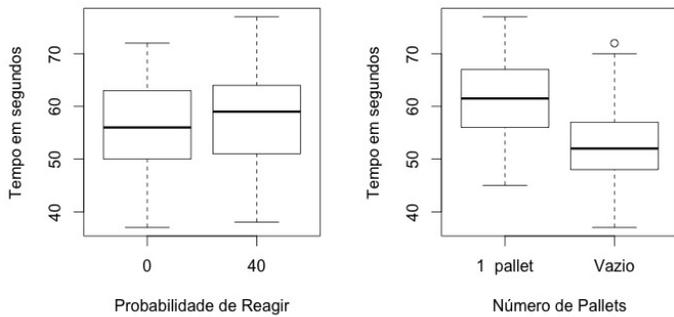


Figura 6. Boxplot Tempo de Evacuação. Fonte: o Autor

res que possam influenciar na evacuação de uma aeronave em suas diversas configurações.

Trabalhos futuros buscarão:

- Em relação aos agentes: (1) aumentar a complexidade e capacidade no que se refere a achar a melhor rota para saída; (2) modelar mais características físicas e psicológicas; e ainda (3) implementar mais interações com os demais agentes.
- Em relação a aeronave: (1) implementar outras configurações de aeronave, (2) verificar a influência dos diversos tipos de saídas de emergência.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Poudel, R. Kaffa-Jackou, F. M. G. França, and F. Mora-Camino, “Modelling of aircraft emergency evacuation: A multiagent approach,” 2009.
- [2] Y. Liu, W. Wang, H.-Z. Huang, Y. Li, and Y. Yang, “A new simulation model for assessing aircraft emergency evacuation considering passenger physical characteristics,” *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 121, pp. 187–197, 2014.
- [3] S. L. A. Gomide, “Desenvolvimento de um modelo analítico do tempo de evacuação de cabine de aeronaves,” Master’s thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2004.
- [4] M. C. dos Santos, “Passenger evacuation process simulation for a wide-body aircraft with a lower deck seating compartment,” Master’s thesis, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2004.
- [5] J. C. Thiele and V. Grimm, “Netlogo meets r: Linking agent-based models with a toolbox for their analysis,” *Environmental Modelling Software*, vol. 25, pp. 972–974, 2010.
- [6] Z. K. João Emílio Almeida and R. J. F. Rossetti, “Netlogo implementation of an evacuation scenario,” 2009.
- [7] I. Stamatopoulou, I. Sakellariou, and P. Kefalas, “Formal agent-based modelling and simulation of crowd behaviour in emergency evacuation plans,” in *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2012 IEEE 24th International Conference*, vol. 1, pp. 1133–1138, Nov 2012.
- [8] FAA, *Airworthiness of Aircraft*. Administração Federal de Aviação, 1999.
- [9] M.-I. Roh and S. Ha, “Advanced ship evacuation analysis using a cell-based simulation model,” *Computers in Industry*, vol. 64, pp. 80–89, 2012.
- [10] A. Bromberger and T. Glass, “Netlogo.” 2010.
- [11] A. Kirchner, H. Klusspfehl, K. Nishinaria, A. Schadschneider, and M. Schreckenberg, “Simulation of competitive egress behavior: comparison with aircraft evacuation data,” *Physica*, vol. 324, pp. 689–697, 2003.