
NETLOGO COMO FERRAMENTA EM SIMULAÇÕES PARA O URBAN AIR MOBILITY (UAM)

Felipe Desiglo Ferrare, Paulo Sérgio Cugnoasca

Universidade de São Paulo (USP), Escola Politécnica (Poli), Departamento de Engenharia de Computação

* **Corresponding author e-mail address:** felipe.ferrare@usp.br

PAPER ID: SIT227

ABSTRACT

O uso de ferramentas computacionais auxilia o desenvolvimento de novos projetos e tecnologias. Uma importante forma de uso de tecnologia aplicada ao desenvolvimento de novos sistemas é o uso de simulações, seja para simular a construção de um sistema que está sendo concebido e seus componentes, seja para simular o funcionamento de novos sistemas e os impactos de mudanças neles inseridas. Algumas ferramentas utilizadas para simulação de sistemas são os Sistemas Multiagentes (SMA), a partir dos quais é possível simular o comportamento de múltiplos agentes inteligentes e independentes entre si, interagindo em um mesmo ambiente. Uma ferramenta gratuita, eficaz e de fácil utilização para esse fim é conhecida como linguagem Netlogo. Neste artigo apresenta-se as possibilidades do uso de SMA e a capacidade do Netlogo no auxílio ao desenvolvimento de novos sistemas aeronáuticos. Com essa ferramenta é possível simular o *Air Traffic Management* (ATM) e validar mudanças no gerenciamento de tráfego, bem como testar diversos tipos de aeronaves em ambientes e condições diferentes, como mudanças climáticas e diferentes tipos de aeronaves. Como exemplo, explora-se neste trabalho a simulação do espaço aéreo, no contexto do *Urban Air Mobility* (UAM), uma nova modalidade de gerenciamento de tráfego de veículos aéreos, incluindo Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) voando em baixa altitude, integrada ao ATM tradicional. Dentre esses veículos encontram-se os VTOLs (*Vertical Take-Off and Landing*) autônomos. No ambiente de UAM foi utilizado o Netlogo para simular esse ambiente e, assim, obter-se dados para uso de validação das hipóteses preconizadas. Com esse trabalho pretende-se mostrar as capacidades da ferramenta Netlogo que pode ser utilizada em outros trabalhos que visem explorar as tecnologias e os potenciais de sistemas similares no UAM, bem como em outras aplicações na área aeronáutica.

Keywords: Netlogo, Simulação, Veículos Aéreos Não Tripulados, *Urban Air Mobility*.

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de novas tecnologias tem-se criado um grande avanço em diversas áreas nos últimos anos, e a aviação em geral não é uma exceção. Houve um grande avanço na tecnologia dos VTOLs (*Vertical Take-Off and Landing*), veículos de decolagem e pouso vertical, ou na sua versão elétrica, os e-VTOLs (*electric-VTOL*), dentre os quais destacam-se, principalmente, os veículos autônomos não tripulados, conhecidos popularmente como *drones*, ou também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs).

Esses veículos têm colocado uma grande expectativa nas mais diversas áreas, desde o transporte de passageiros (Maget, 2020), entregas (Reiche, 2019), até inspeções técnicas (Montambault, 2010) e segurança pública (Ashish, 2020).

Mas isso também cria a questão de como esses veículos seriam controlados e poderiam dividir o espaço aéreo com outros tipos de aeronaves, como o clima afetaria esse ambiente (Reiche, 2019), além dos impactos disso no trânsito e no ambiente urbano que já existem atualmente (Maget, 2020).

Além disso, tem-se que analisar e criar regras para o convívio desses veículos com outros tipos de tráfego, de maneira segura, considerando as regras e os espaços possíveis de navegação, e para manter um nível de segurança equivalente a outros sistemas de transporte (FAA, 2020).

Assim, apresenta-se neste trabalho uma das propostas feitas para a utilização dos VTOLs em um ambiente urbano, o chamado UAM (*Urban Air Mobility*) e a linguagem de programação de simulação de agentes denominada Netlogo. Utilizando um levantamento baseado na literatura consultada foi desenvolvido um modelo multiagentes para o UAM, no qual pode-se efetuar diversas simulações para validar o modelo criado, além de se gerar dados sobre o seu possível uso, avaliando-se, como resultado, o desempenho global do UAM.

Esse trabalho pretende mostrar as possibilidades da utilização da simulação para os sistemas aeronáuticos e como, principalmente, o uso de modelos multiagentes

pode gerar benefícios para a construção e melhoria de sistemas aéreos sendo desenvolvidos, como o UAM.

Ao final, são mostrados alguns resultados gerados pelo aplicativo desenvolvido e é efetuada uma análise de maneira a demonstrar os resultados obtidos, além de apresentar as possibilidades de aplicações derivadas.

2. UAM

No contexto deste trabalho, tem-se então que pensar em um novo paradigma para se trabalhar o espaço aéreo com o uso dos VANTs, denominado UAM (*Urban Air Mobility*) (FAA, 2020).

Pode-se, a partir disso, pensar em uma alternativa para aprimorar o atual ATM (*Air Traffic Management*) ou o sistema de controle tradicional de tráfego aéreo e, assim, incluir os VANTs nesse ambiente.

Desta forma, surge esse novo conceito de ATM urbano, o UAM, que une o planejamento urbano da cidade com o uso e planejamento dos sistemas de transporte já existentes nos grandes centros urbanos, de maneira inteligente (Maget, 2020).

Para isso estão sendo propostos e analisados diversos tipos de divisões do espaço aéreo, com a criação de regras para pelo menos manter os atuais níveis de confiabilidade desse tipo de transporte, bem como locais de pouso e decolagem dessas aeronaves, e como elas iriam navegar no ambiente urbano (FAA, 2020).

Essas abordagens podem colaborar na redução de congestionamentos nas grandes cidades, além de aumentar a capacidade de movimentação das pessoas nos já congestionados centros urbanos (Postorino, 2020).

Apesar disso é necessário se ficar atento aos diversos problemas e desafios incluídos nessa nova abordagem, que vão desde a criação de regras e divisão do espaço, as vantagens e as desvantagens de sua utilização e a sua integração com o sistema de tráfego já existente (FAA, 2020) (Postorino, 2020).

Diversos órgãos, como a FAA e a NASA, estão, atualmente, buscando analisar formas de se organizar, regular e controlar esse novo espaço aéreo, incluindo níveis de automação e

capacidade de integração com os humanos e com sistemas totalmente automatizados (Vempati, 2021).

Fatores como o clima e a capacidade do espaço aéreo, a segurança, os custos e outros diversos fatores são de extrema relevância e existe uma necessidade cada vez maior da importância da pesquisa nessa área para mapear e organizar todos esses fatores (Reiche, 2019).

A partir dessa perspectiva pode-se observar que os diversos cenários resultantes dessa nova abordagem resultam em uma crescente complexidade, sendo necessário a validação deles por meios de simulação computacional. Surge, então, uma grande necessidade de se definir as necessidades e os impactos dessas mudanças no UAM, e de se executar simulações, por exemplo, utilizando sistemas multiagentes (Postorino, 2020).

3. NETLOGO

Netlogo é uma linguagem de programação multiagentes baseada na linguagem Logo e criada por Wilensky (1999). Essa linguagem é baseada em agentes e foi criada, inicialmente, na década de 1970, com foco no ensino de crianças (ou jovens). Por isso, foi construída com o foco de ser simples de ser aprendida. Ela também foi criada com base no LISP, uma linguagem bastante popular na academia e na área de inteligência artificial na época (Wilensky, 2005).

A linguagem Logo é uma linguagem baseada em agentes, permitindo que o programador construa um código com foco em um agente. Inicialmente, na época de sua criação, ela foi planejada como um robô que navegaria em um ambiente físico no centro de uma sala e seria capaz de executar desenhos no chão. Acabou evoluindo junto com a tecnologia para se ter várias implementações virtuais, ganhando outras aplicações (Wilensky, 2005).

Assim, no final da década de 1990, Wilensky (1999) implementou a primeira versão do Netlogo, uma versão da linguagem Logo com diversas extensões, apesar de ainda preservar muitos componentes do Logo

original, para ser facilmente aprendida e usada (Wilensky, 2005).

A linguagem Netlogo conta com a capacidade de se efetuar uma modelagem multiagente. Ou seja, diferentemente da linguagem Logo, que é limitada a um agente, a linguagem Netlogo permite que se modele o comportamento de diversos agentes ao mesmo tempo, interagindo e trocando informações entre eles e deles com o ambiente (Wilensky, 2005).

Adicionalmente, a linguagem Netlogo possui, além da capacidade de usar ambientes 2D (duas dimensões), a possibilidade de criação de simulações em 3D (três dimensões), tornando mais poderosa essa ferramenta, e dando capacidade para a simulação de um ambiente utilizado aeronaves em múltiplas altitudes, do mais simples exemplo até o mais complexo (Wilensky, 2005).

Assim, o Netlogo tem grande capacidade de simulação, podendo abranger simulações mais complexas que o Logo, sendo utilizado desde aplicações na Física e em ciências sociais, até em outras aplicações em diversos campos científicos (Wilensky, 2005).

O Netlogo, além disso, possui um código fonte aberto e uma ampla gama de modelos de exemplos (Wilensky, 2005). Sua biblioteca inclui, inclusive, modelos aeronáuticos, como um modelo de exemplo de pouso de uma aeronave de asa fixa em um aeroporto (Wilensky, 2011).

Pode-se observar que o Netlogo se mostra como uma alternativa interessante no desenvolvimento de modelos com aplicação na aérea aeronáutica, considerando o seu uso no ATM ou no UAM.

4. SIMULAÇÃO

Foi construído um modelo no qual foram propostas algumas situações descritas em detalhes em Ferrare (2021), cujos principais pontos são apresentados a seguir. Ainda, em Ferrare (2021b) foram desenvolvidos alguns cenários utilizados para validar o modelo, mostrando-se os principais resultados obtidos.

O modelo desenvolvido possui um ambiente do espaço aéreo na forma de um paralelepípedo, de tamanho variável. Esse

ambiente é dividido em quadrículas de 0,5 milhas náuticas (NM) de lados por 200 pés (ft) de altura. Assume-se que uma aeronave pode navegar em qualquer direção dentro desse espaço ocupado por uma quadrícula, sendo considerado uma situação de quase-colisão se duas aeronaves adentrarem a mesma quadrícula.

A partir disso, simula-se o espaço entre 1.000 ft e 3.200 ft de altitude, adotando-se uma divisão alternada entre os diferentes níveis de altitudes de navegação, de acordo com o ângulo da proa das aeronaves, dividindo em dois grupos de altitudes diferentes. Na Figura 1 pode-se observar um esquema conforme proposto, onde tem-se o ATM (ou tráfego tradicional acima de 3.200 ft) e o UAM (entre 1.000 ft e 3.200 ft). No espaço abaixo de 1.000 ft tem-se a área para se efetuar pousos e decolagens. A maior parte das estruturas de prédios e obstáculos vão ficar nessa área.

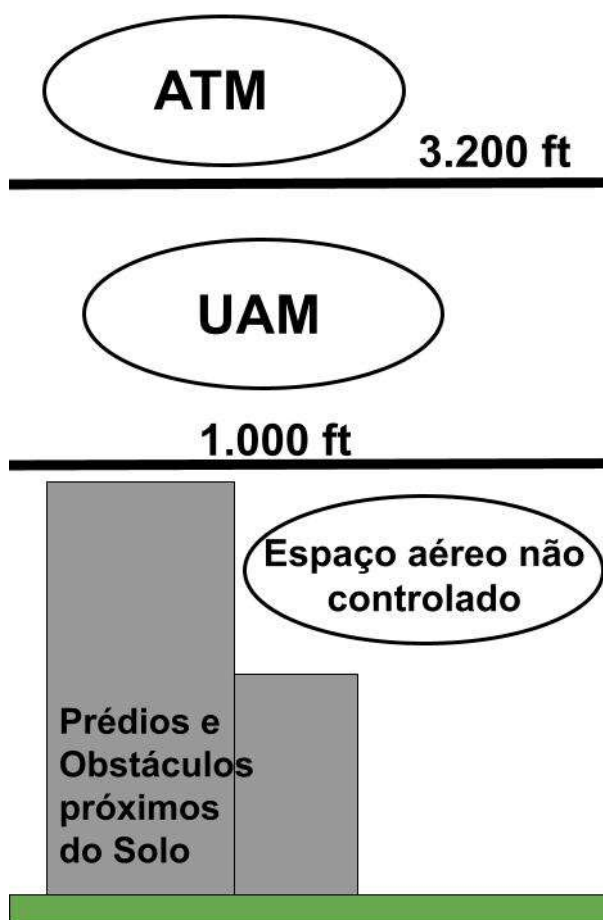


Figura 1: Ambiente Simulado do UAM. Fonte: Autor.

O espaço abaixo de 1.000 ft é considerado espaço para pousos e decolagens e não está incluído na simulação. Nesta concepção, as aeronaves podem subir em qualquer ponto do ambiente, em uma trajetória na forma de uma espiral, dentro de sua quadrícula, até entrar nas altitudes sendo simuladas, a partir da qual passa a poder se locomover horizontalmente.

Pode-se observar na Tabela 1 um detalhamento do modelo desenvolvido utilizando uma versão resumida do protocolo de descrição de modelos multiagentes, conforme apresentado por Grimm (2020). Na primeira linha da tabela (**Inicialização**) aparecem as configurações com as principais entidades e variáveis do modelo, além dos parâmetros que podem ser colocados antes do início da execução. Na segunda linha da tabela (**Modelo**) são listadas as descrições sobre o fluxo de execução do modelo. Já na terceira e última linha (**Análise**) são mostrados os valores colocados no resultado da execução de uma simulação.

Um ponto importante do modelo é que as aeronaves são capazes de se comunicar com o ambiente durante o processo de subida e, assim, o ambiente pode deixar o espaço das quadrículas que serão utilizadas na subida “travadas” ou “bloqueadas”, de maneira que outras aeronaves devam esperar ou desviar dessas quadrículas para prosseguir com sua trajetória. Ainda, a aeronave, à medida que se move, vai liberando o espaço das quadrículas, de acordo com o seu movimento.

As aeronaves também tentam executar o caminho mais retilíneo possível até o seu destino final, podendo efetuar, quando necessários, desvios pela direita ou por baixo.

O modelo permite a criação de diferentes cenários utilizando diferentes cargas de entradas e tipos aeronaves, diferentes velocidades máximas das aeronaves além de separação de segurança que essas aeronaves devem manter.

Tabela 1: Diagrama de Modelo

Inicialização	<p>Entidade: Nome: quadrículas (patches) Variáveis da Entidade: - Clima (caso tenha nuvem na quadrícula) - Célula bloqueada</p> <p>Entidade: Nome: Aeronaves (VTOLs) Variáveis da Entidade: - Coordenadas destino - Distância percorrida - Tempo percorrido</p> <p>Parâmetros de Entrada: - Tamanho do mundo - Velocidade vertical (1 e 2) - Velocidade horizontal (1 e 2) - Número de CBs (1 e 2) - Quantidade de VTOLs de cada tipo no intervalo de tempo (1 e 2) - Intervalo de tempo em que novas aeronaves são incluídas. - Separação estipulada vertical - Separação estipulada horizontal - Tipo de cenário</p>
Modelo	<ol style="list-style-type: none"> 1- Aeronave é alocada a uma altitude (dependendo da direção). 2- Aeronave bloqueia as células até a altitude designada e sobe verticalmente até a sua altitude. 3- Aeronave ajusta a sua proa até a direção que deseja seguir. 4- Aeronave anda seguindo para frente na velocidade escolhida. 5- Em caso de nuvens ou outras aeronaves no mesmo nível da aeronave, ela tenta manter a distância de espaçamento, reduzindo a velocidade. 6- Em caso de necessidade, aeronave pode parar no ar e esperar, ou então fazer um desvio pela direita ou por baixo, se possível. 7- Quando a aeronave estiver em cima do seu destino, tenta bloquear as células abaixo dela e então vai descendo, verticalmente, desbloqueando as células.
Análise	<ul style="list-style-type: none"> - Número de aeronaves que conseguiram concluir a viagem até o destino. - Média de tempo e distância percorrida. - Números de violações de distância e colisões.

Pode-se observar na Figura 2 um exemplo de como se parece a visualização gráfica da execução do modelo no Netlogo.



Figura 2: Agentes VTOLs no ambiente de simulação do Netlogo. Fonte: Autor.

Na Figura 3 pode-se ver os diferentes tipos de agentes, denominados VTOL-1 e VTOL-2 (mostrados em cores diferentes), deslocando-se em um ambiente 3D simulado, seguindo em diferentes direções.

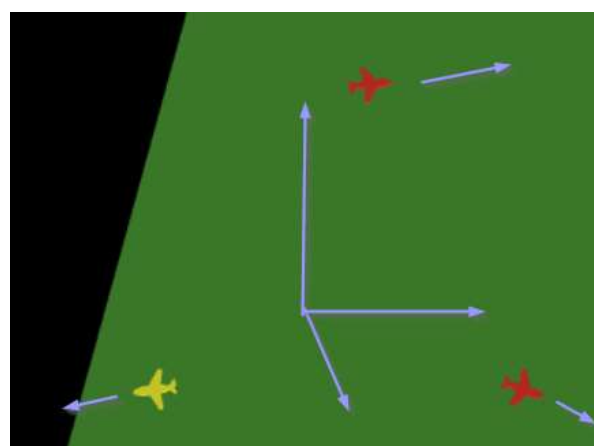


Figura 3: Agentes em ambiente em 3D. Fonte: Autor.

Foram considerados dois tipos de agentes para permitir a modelagem de dois tipos de aeronaves com capacidades de velocidade diferentes, operando na mesma região do espaço aéreo, além de diferentes números de aeronaves entrando no ambiente dentro de um intervalo de tempo. O modelo elaborado é flexível para permitir a ampliação do escopo para se ter outros tipos de aeronaves e se considerar outras variáveis de simulação.

Na Figura 4 observa-se o ambiente em 3D do espaço considerado, com as aeronaves e com obstáculos brancos representando, no

caso, nuvens ou formações climáticas das quais a aeronave teria que desviar, chamadas aqui de CB (cumulonimbus).

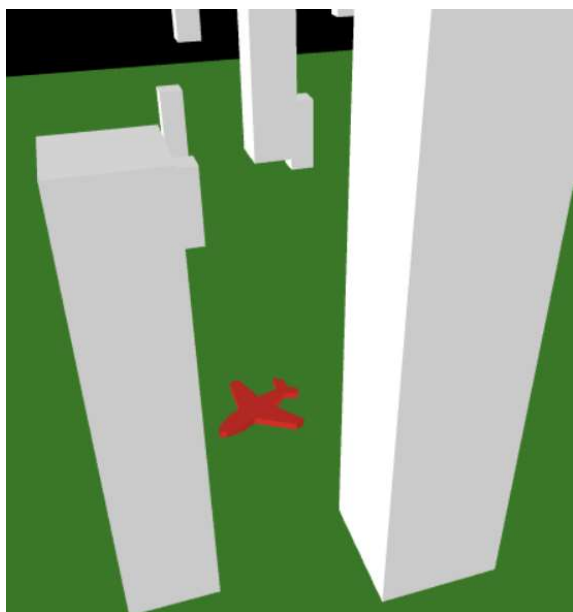


Figura 4: Agentes (VTOL) e CB. Fonte: Autor.

No modelo desenvolvido temos dois tipos de formações climáticas, no caso aqui apresentaremos 1 tipo dessas formações o CB-1 que são formações que ocupam de 2-4 quadriculas de maneira vertical. O modelo permite definir um parâmetro numérico N e são criadas N formações em lugares diferentes de maneira estocástica a cada simulação. Podendo então o ambiente possuir mais ou menos formações e formações de tipos diferentes, podendo assim simular um clima totalmente limpo ou um clima ruim.

5. RESULTADOS

Com base nas simulações realizadas, chega-se a alguns cenários que são situações com diferentes parâmetros de entrada, sendo que cada situação pode ser executada múltiplas vezes, gerando resultados diferentes, pois em cada execução são gerados VANTs e rotas diferentes pseudo-aleatoriamente ou de maneira estocástica. Com esse critério de geração de várias execuções pode-se avaliar tendências dentro das execuções com cada parâmetro e não se fica preso em dados não reproduzíveis

de apenas uma execução estocástica (Thiele, 2014).

Para este trabalho foram geradas algumas execuções do modelo, sendo mostrados aqui as médias, os desvio-padrão, os valores máximos e mínimos, e os quartis após a execução do mesmo cenário 100 vezes. Dessa forma, tem-se 100 execuções do modelo por cenário considerado.

Nesses cenários considerou-se um ambiente de 30 NH x 30 NH, e executou-se o equivalente a 600 minutos por cada execução.

O primeiro cenário apresenta 3 VTOLs do tipo 1 (VTOL-1) e 1 VTOL do tipo 2 (VTOL-2), que são adicionados ao ambiente a cada 3 minutos. Além disso, os VTOLs-1 têm velocidades máximas de 200ft/min (na vertical) e 30KT (na horizontal), enquanto que os VTOLs-2 possuem, respectivamente, velocidades máximas de 200ft/min e 30KT.

O segundo cenário consiste na introdução de formações de nuvens climáticas (CB) – 50 formações, utilizando os mesmos parâmetros do primeiro cenário.

O terceiro cenário contém 9 VTOLs do tipo 1 e 1 VTOL do tipo 2, que são adicionados ao ambiente a cada 3 minutos. Além disso, o VTOL-1 tem velocidades máximas de 800ft/min e 90KT, enquanto que o VTOL-2 tem velocidades máximas de 400ft/min e 60KT, respectivamente.

Os dados resultantes foram compilados e apresentados em duas tabelas para cada cenário. Na primeira tabela apresentam-se três variáveis: o número de aeronaves que concluíram a rota (*Concluintes*), o número de violações de separação entre aeronaves, que representa o número absoluto de aeronaves que violaram a distância mínima (*Separação*) e o número de aeronaves que ficaram em espera por mais de 10 minutos na mesma posição (*Delay*), aguardando uma oportunidade para se locomover ou pousar.

Na segunda tabela são mostradas a distância média horizontal percorrida pela aeronave (*Distância*) e o tempo total médio da rota de cada aeronave, incluindo as operações de subida e de descida (*Tempo*).

Na Tabela 2 e na Tabela 3 encontram-se os resultados compilados do primeiro cenário. Na Tabela 4 e na Tabela 5 encontram-se os resultados compilados do segundo cenário.

Tabela 2: Cenário 1 - Resultados (1)

	<i>Concluintes</i>	<i>Separação</i>	<i>Delay</i>
Média	291,51	25,52	0,89
Desvio Padrão	15,89	116,38	1,56
Máximo	325	955	8
Mínimo	232	0	0
1ºQuartil	282	3	0
3ºQuartil	302	10,25	2

Tabela 3: Cenário 1 - Resultados (2)

	<i>Distância</i>	<i>Tempo</i>
Média	2590,79	15,83
Desvio Padrão	72,24	0,52
Máximo	2765,9	17,21
Mínimo	2418,6	14,56
1ºQuartil	2543,35	15,515
3ºQuartil	2642,22	16,1325

Tabela 4: Cenário 2 - Resultados (1)

	<i>Concluintes</i>	<i>Separação</i>	<i>Delay</i>
Média	284,9	37,79	3,82
Desvio Padrão	15,51	128,83	2,38
Máximo	314	688	10
Mínimo	243	0	0
1ºQuartil	276,5	2	3,5
3ºQuartil	295,25	10	5

Tabela 5: Cenário 2 - Resultados (2)

	<i>Distância</i>	<i>Tempo</i>
Média	2578,89	15,84
Desvio Padrão	87,268	0,64
Máximo	2771,43	17,98
Mínimo	2377,54	14,7
1ºQuartil	2507,87	15,36
3ºQuartil	2646,89	16,23

Na Tabela 6 e na Tabela 7 encontram-se os resultados compilados do terceiro cenário.

Tabela 6: Cenário 3 - Resultados (1)

	<i>Concluintes</i>	<i>Separação</i>	<i>Delay</i>
Média	735,26	29,59	3,14
Desvio Padrão	37,53	161,26	3,96
Máximo	863	1000	17
Mínimo	638	0	0
1ºQuartil	710,5	0	0
3ºQuartil	760,25	5	5

Tabela 7: Cenário 3 - Resultados (2)

	<i>Distância</i>	<i>Tempo</i>
Média	2595,59	6,76
Desvio Padrão	50,71	0,26
Máximo	2726,3	7,86
Mínimo	2461,13	6,27
1ºQuartil	2559,043	6,57
3ºQuartil	2629,1	6,90

Pode-se observar que, devido à natureza estocástica das simulações realizadas, há uma certa variabilidade nos resultados, considerando os mesmos parâmetros de entrada. Por essa razão, foram feitas múltiplas execuções para cada cenário para se obter as “tendências” existentes associadas aos parâmetros.

Comparando-se o cenário 1 com o cenário 2, apesar de a distância média percorrida pelas aeronaves ter sido ligeiramente menor, o tempo gasto foi ligeiramente maior devido às formações climáticas reduzirem a capacidade do espaço aéreo. Apesar de o número de conclusões médio não ser tão menor, sua distribuição de resultados permaneceu semelhante entre violações de distância e conclusões, já que o espaço aéreo se encontra, apesar das nuvens, em uma situação estável de sua capacidade. Apesar disso, houve um grande aumento de atrasos (*delay*) devido a esperas causadas por mudanças de rotas e desvios gerados pelos CBs, assim não houve um grande impedimento para as aeronaves concluírem, apesar de elas demorarem mais tempo, por causa de ficarem paradas esperando.

Comparando o cenário 1 com o cenário 3, pode-se observar que no cenário 3 há um aumento no número de conclusões devido a mais agentes estarem entrando no ambiente. Apesar de a distância média ser muito próxima, o tempo de conclusão foi reduzido.

Apesar de o tempo de conclusão de rota pelos VTOLs ter sido reduzido, quando se compara o cenário 2 com o cenário 3, observa-se que o número de atrasos (*delay*) foi muito maior no cenário com mais velocidade do que no cenário com CBs, já que apesar de se aumentar a velocidade máxima das aeronaves, muitas vezes elas acabam paradas em situação de espera, o que mostra a importância em, por exemplo, reduzir a velocidade máxima das aeronaves dentro de uma área específica, o que pode aumentar a segurança e a capacidade do ambiente, além de reduzir o custo operacional.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos por este trabalho pode-se observar a capacidade de uso de sistemas multiagentes e simulações computacionais em aplicações de construção e de validação cenários em por exemplo um ambiente do UAM.

O UAM tem diversas capacidades e diferentes níveis de aplicações. Com isso pôde-se avaliar como a utilização de agentes pode criar diferentes ambientes, e como o ajuste de variáveis e a configuração de diferentes tipos de capacidade, clima, número de aeronaves podem influenciar na obtenção de resultados, como a capacidade do espaço aéreo e o número de conclusões de voos.

Desta forma, neste trabalho foi possível analisar por exemplo como um sistema complexo como o UAM se comportaria em diferentes situações de estresse do espaço aéreo destinado a VTOLs, e gerar dados que podem auxiliar a se entender como esses parâmetros se influenciam mutuamente.

7. REFERÊNCIAS

Ashish, M.; A. Muraleedharan, S. CM, R. R. Bhavani and N. Akshay (2020).

"Autonomous Payload Delivery using Hybrid VTOL UAVs for Community Emergency Response," *2020 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/CONECCT50063.2020.9198490.

FAA (2020). NextGen: Concept of Operations V1.0, Urban Air Mobility. https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/UAM_ConOps_v1.0.pdf.

Ferrare, Felipe Desiglo; Moreira Baum, Derick; De Almeida Junior, Jorge Rady; Camargo Júnior, João Batista; Cugnasca, Paulo Sérgio (2021). Scenarios for the Use of eVTOLs Using Multiagent Systems With Netlogo: Comparison Of Parameters And The Impact On UAM. In: *2021 IEEE/AIAA 40th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2021, San Antonio. 2021 IEEE/AIAA 40th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, p. 1-7.

Ferrare, Felipe Desiglo; Moreira Baum, Derick; De Almeida Junior, Jorge Rady; Camargo Júnior, João Batista; Cugnasca, Paulo Sérgio (2021b). Urban Air Mobility (UAM): A Model Proposal based on Agents using Netlogo. In: *11th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, 2021, Online Streaming. Proceedings of the 11th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications*. p. 352-359.

Grimm, Volker, Railsback, Steven F., Vincenot, Christian E., Berger, Uta, Gallagher, Cara, DeAngelis, Donald L., Edmonds, Bruce, Ge, Jiaqi, Giske, Jarl, Groeneveld, Jürgen, Johnston, Alice S.A., Milles, Alexander, Nabe-Nielsen, Jacob, Polhill, Gary, Radchuk, Viktoriia, Rohwäder, Marie-Sophie, Stillman, Richard A., Thiele, Jan C. and Ayllón, Daniel (2020).

- "The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 23 (2) 7
<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/23/2/7.html>. doi: 10.18564/jasss.4259
- Maget, C.; S. Gutmann and K. Bogenberger (2020). "Model-based Evaluations Combining Autonomous Cars and a Large-scale Passenger Drone Service: The Bavarian Case Study," *2020 IEEE 23rd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/ITSC45102.2020.9294183.
- Montambault, S., J. Beaudry, K. Toussaint and N. Pouliot (2010). "On the application of VTOL UAVs to the inspection of power utility assets," *2010 1st International Conference on Applied Robotics for the Power Industry*, pp. 1-7, doi: 10.1109/CARPI.2010.5624443.
- Postorino, M.N.; Sarné, G.M.L (2020). "Reinventing Mobility Paradigms: Flying Car Scenarios and Challenges for Urban Mobility" *Sustainability* 12, no. 9: 3581.
<https://doi.org/10.3390/su12093581>
- Reiche, C.; C. McGillen, J. Siegel and F. Brody (2019). "Are We Ready to Weather Urban Air Mobility (UAM)?" *2019 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICNSURV.2019.873529.
- Reiche, C.; C. McGillen, J. Siegel and F. Brody (2019). "Are We Ready to Weather Urban Air Mobility (UAM)?" *2019 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS)*, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICNSURV.2019.8735297.
- Thiele, Jan C., Kurth, Winfried and Grimm, Volker (2014). "Facilitating Parameter Estimation and Sensitivity Analysis of Agent-Based Models: A Cookbook Using NetLogo and 'R'" *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 17 (3) 11
<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/17/3/11.html>. doi: 10.18564/jasss.2503.
- Vempati, L.; M. Geffard and A. Anderegg (2021). "Assessing Human-Automation Role Challenges for Urban Air Mobility (UAM) Operations," *2021 IEEE/AIAA 40th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/DASC52595.2021.9594358.
- Wilensky, Uri. (1999). NetLogo.
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Wilensky, U. (2011). Netlogo Airplane Landing Example 3D.
<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/AirplaneLandingExample3D>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Wilensky, Uri; William Rand (2015). *Introduction to agent-based modeling modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. Cambridge, Mass MIT Press.