



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

RAFAEL DE ARAÚJO **ALMEIDA**, Cap Eng

Medição da Performance ATM com foco na área de resiliência

Rio de Janeiro
2023

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2023

RAFAEL DE ARAÚJO **ALMEIDA**, Cap Eng

Medição da Performance ATM com foco na área de resiliência

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Segurança de voo

Orientador: Daniel Rodrigues Figueiredo,
Maj Av

Rio de Janeiro

2023

RAFAEL DE ARAÚJO **ALMEIDA**, Cap Eng

Medição da Performance ATM com foco na área de resiliência

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Daniel Rodrigues **Figueiredo**, Maj Av
EAOAR

Raphael Coutinho **Stauffer**, Maj Int
EAOAR

Rio de Janeiro

2023

RESUMO

A Gestão Baseada em Performance no Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) visa a busca de resultados com base em objetivos de performance ATM e a tomada de decisão com base em dados. Desta forma, o objetivo amplo é alcançar um Sistema de Navegação Aérea mais seguro e eficiente. Embora, no Brasil, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) já realize a gestão com base em diversas Áreas Chave de Performance (KPA), a resiliência não está sendo analisada. Por isso, este trabalho defende o estabelecimento da área de Resiliência no Plano Estratégico do DECEA a fim de permitir a medição do sistema ATM no processo de Gestão por Performance. Para isso, discute-se o conceito de resiliência e sua aderência às aspirações da aviação, e sobre a complexidade do sistema de navegação aérea. De forma objetiva a resiliência no contexto ATM é a manutenção da provisão do serviço e da performance do sistema frente a eventos disruptivos, sendo capaz de absorver, adaptar e recuperar-se de tais perturbações. Verifica-se ainda que o sistema ATM é complexo e dinâmico. Nesse contexto, a área de resiliência surge como resposta para o cálculo de indicadores que permitam uma análise da performance ATM global. Como resultado, a medição da Performance ATM com foco na área de resiliência contribuirá para um sistema ATM brasileiro mais seguro e eficiente, além de manter o DECEA e a Força Aérea Brasileira (FAB) como pioneiros na América Latina em relação aos avanços dos sistemas de navegação aérea.

Palavras-chave: Resiliência. Gerenciamento de Tráfego Aéreo. Gestão por Performance.

1 INTRODUÇÃO

O tráfego aéreo tem passado por uma transição da aviação baseada apenas em avanços tecnológicos para uma Gestão Baseada em Performance. De acordo com o Manual Global de Performance do Sistema de Navegação Aérea (OACI,2009) da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), a Gestão Baseada em Performance (ou Gestão por Performance) visa a busca de resultados com base em objetivos de performance no Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) e tomada de decisão com base em dados.

No Brasil, o Plano Geral de Controle do Espaço Aéreo (BRASIL, 2020) relaciona o aperfeiçoamento da Infraestrutura de Controle do Espaço Aéreo como um dos objetivos estratégicos do Comando da Aeronáutica (COMAER), o qual está sob a responsabilidade do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). A fim de cumprir esse objetivo, o DECEA possui, entre outros, o projeto de implantação da Gestão por Performance, que visa apoiar as tomadas de decisão (BRASIL, 2021).

Assim, o objetivo a nível global e nacional é alcançar um sistema ATM futuro que seja seguro e eficiente, de modo a fazer sua gestão por meio de indicadores de performance.

Nesse contexto, a Resiliência, que é a capacidade do sistema absorver, adaptar e recuperar de eventos disruptivos como, por exemplo, recuperar a capacidade do sistema após condições meteorológicas adversas, surge como uma ambição para a manutenção da prestação do serviço de navegação aérea e a performance do sistema. Embora, o DECEA possua diversas Áreas Chave de Performance (KPA), a Resiliência é uma nova área a ser estabelecida no seu Plano de Implementação ATM Nacional.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é defender o estabelecimento da área de performance de Resiliência no Plano Estratégico do DECEA a fim de permitir a medição do sistema ATM no processo de Gestão por Performance. A abordagem do tema deve inicialmente discutir o conceito de resiliência e sua aderência às aspirações da aviação, e por fim discutir sobre a complexidade do sistema de navegação aérea, sendo necessária uma visão holística, proporcionada pela área de resiliência, a fim de obter uma possível medição da performance ATM.

2 DESENVOLVIMENTO

De acordo com a OACI (2019), o sistema de navegação aérea deve ser resiliente a eventos disruptivos planejados ou não planejados, sendo essencial para permitir que os usuários do espaço aéreo executem seus planos de voo de forma previsível.

Por outro lado, os eventos disruptivos relacionados ao ATM ocorrem com bastante frequência (Stroeve; Doorn; Everdij, 2015), dessa forma, para a aviação é importante tratar desse assunto a fim de interpretar o impacto de tais eventos na performance ATM, na área de resiliência. Em linhas gerais, este trabalho discute como a área de performance de resiliência vai ao encontro das necessidades do processo de Gestão por Performance para o sistema ATM, por meio da aderência entre o conceito de resiliência e a ambição da aviação, e da resiliência como solução para um sistema complexo.

2.1 Aderência entre o conceito de resiliência e a ambição da aviação

O conceito de Gestão por Performance, previsto no Plano de Navegação Aérea Global (GANP) da OACI (2019), possui o objetivo de buscar melhores soluções para atender às ambições da aviação, de forma a melhorar a performance do sistema de navegação aérea e otimizar a utilização de recursos disponíveis. Esse método possui três bases principais, que são o foco no resultado, a disponibilidade de dados e a tomada de decisão colaborativa com base em dados. Tais características também estão alinhadas com os objetivos do DECEA, o qual adota o conceito de Gestão por Performance (Brasil, 2021).

Explorando algumas das ambições da aviação é possível destacar o desejo de que o sistema de navegação aérea tenha capacidade necessária para absorver a demanda, inclusive que eventos disruptivos não devem interromper a prestação do serviço nem afetar a performance do sistema de maneira significativa (OACI, 2019).

Diante dessa perspectiva, tem-se o conceito de Resiliência no contexto ATM, em que uma das definições propostas é a habilidade do sistema responder a eventos disruptivos dentro de um horizonte de tempo por uma perturbação transitória (Gluchshenko, 2012). Onde, evento disruptivo é um fenômeno, fator ou processo, interno ou externo, que pode causar estresse ao sistema.

Francis e Bekera (2014) afirmam em seu estudo, o qual faz o levantamento de inúmeras definições sobre o vocábulo, que o objetivo último da resiliência é a continuidade do funcionamento normal de um sistema. Além disso, propõe que a resiliência pode ser suportada pelo conjunto de três características, as quais são, a capacidade de absorção, a capacidade de adaptação e a capacidade de recuperação.

Logo, a definição final para resiliência no contexto ATM é a manutenção da provisão do serviço e da performance do sistema frente a eventos disruptivos. Isso significa que o sistema de navegação aérea deve ser capaz de absorver, adaptar e recuperar-se de eventos disruptivos, sejam internos ou externos, em condições esperadas ou não esperadas.

Quanto a capacidade de absorção, entende-se como a propriedade do sistema absorver disrupções sem afetar significativamente seu comportamento. Essa é uma característica presente em muitos sistemas, em que existe uma certa margem de segurança nas configurações operacionais a fim de mitigar eventos disruptivos considerados comuns e frequentes.

Por exemplo, o fluxo de aeronaves num determinado volume de espaço aéreo pode ultrapassar a capacidade de referência de setor de controle do espaço aéreo (N_{ref}) por um determinado tempo, contanto que não ultrapasse a capacidade pico do setor (N_{pico}), de modo que o Controle de Tráfego Aéreo (ATC) consegue absorver tais aeronaves sem prejuízo ao sistema.

Em relação a capacidade de adaptação, define-se como a propriedade do sistema acomodar-se devido à disrupções através de ações internas, caracteriza-se ainda pela habilidade de antever situações adversas cuja capacidade de absorção seja excedida.

Utilizando como exemplo o mesmo cenário anterior, o fluxo de aeronaves em um volume de espaço aéreo poderá superar a capacidade pico do setor (N_{pico}), nesse caso o procedimento padrão a ser adotado é a abertura de um novo setor a fim de acomodar o aumento de tráfego.

Por fim a capacidade de recuperação é a velocidade com que o sistema retorna ao seu nível de desempenho apresentado antes da disrupção. Por exemplo, mantendo o cenário de aumento de tráfego no setor do espaço aéreo, poderia não ser possível a abertura de um novo setor, nesse caso faz-se necessário a aplicação de medidas de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo (ATFM), tais ações irão

aumentar o nível de atraso dos voos, o tempo necessário para que os voos sejam processados e o sistema volte a operar sem a necessidade da medida ATFM e seu nível de atraso se regularize é considerado o tempo de recuperação do sistema.

Dessa forma, o conceito de Gestão por Performance deixa evidente a necessidade de avaliar a performance do sistema para obter melhores soluções e gerenciamento ATM, a fim de atender as expectativas da aviação. Todos esses conceitos e características estão alinhados com a OACI e o Plano de Implementação ATM Nacional do DECEA. Nesse sentido o conceito de resiliência, que é a manutenção da provisão do serviço e da performance do sistema frente a eventos disruptivos, vai ao encontro dessas expectativas, abrindo a possibilidade para uma nova área de performance denominada Resiliência.

2.2 Resiliência como solução para um sistema complexo

Além da forte aderência do conceito de resiliência a às ambições da aviação permitindo a medição do sistema ATM no processo de Gestão por Performance, a área de resiliência é adequada para avaliar sistemas complexos, tal como o sistema ATM.

Segundo Cook et al. (2015) o transporte aéreo constitui um sistema complexo que é frequentemente influenciado por perturbações diversas. Essas perturbações podem ser interdependentes de tal forma que uma disrupção em um atributo no componente do sistema, pode gerar um efeito cascata afetando mais de um voo, até mesmo todo o sistema.

Assim também o sistema ATM, que é composto por diversos órgãos operacionais, aeroportos, estruturas do espaço aéreo, setores de controle do espaço aéreo, operadores, aeronaves, entre outros, constituem um sistema complexo, onde cada parte influencia um subsistema maior, ou até o sistema de forma integral.

Sampaio, Costa Filho e Guterres (2022) corroboram com esse entendimento ao afirmar que o sistema ATM é considerado um sistema complexo, e especificamente a estrutura ATM brasileira é resiliente a eventos disruptivos, embora seja vulnerável para os casos de disrupções em componentes com alta centralidade, ou seja, nesse caso partes do sistema com alta concentração de movimentos, como por exemplo o Aeroporto Internacional de Guarulhos. Esse resultado alerta para a importância de se avaliar o sistema ATM por meio de metodologias de ciência

complexa, a fim de verificar suas vulnerabilidades e tomar decisões com base em dados para permitir um sistema mais confiável.

Analisando todo esse contexto, é possível afirmar que para sistemas complexos, assim como o sistema ATM se enquadra, a análise de performance pode não ser simples, principalmente ao se estudar a relação causa e consequência, dada essa interdependência entre um vasto conjunto de componentes. Por exemplo, a ocorrência de condições meteorológicas adversas irá afetar diversas áreas de performance (KPA), e não apenas uma individual, como por exemplo, capacidade, eficiência e previsibilidade. Esse argumento é endossado também por Palumbo e Filippone (2017) ao defender que a performance global do sistema ATM irá mudar ao passar por um evento disruptivo, e essa mudança irá afetar um ou mais KPA.

Concomitantemente, a resiliência permite capturar o impacto de um evento disruptivo de forma macro no sistema, avaliando, por exemplo, o tempo para a recuperação do sistema ao seu nível de desempenho de referência. Isso permite que o gerente tenha uma visão holística do sistema ATM para tomada de decisões mais estratégicas, onde são necessárias métricas e/ou indicadores que permitam uma análise sintética da performance global.

Logo, o sistema ATM como um ambiente que é complexo e dinâmico, cujos componentes são interdependentes, sofrem interferência em cascata devido a um evento disruptivo, mesmo que inicialmente em apenas um componente. A área de resiliência se mostra como uma solução adequada para medição de performance ATM de forma mais generalista para que o cumprimento dos planos de voo seja mais previsível o possível.

3 CONCLUSÃO

No âmbito nacional, assim como no internacional, existe uma expectativa de alcançar um sistema ATM cada vez mais seguro e eficiente, para isso tem sido implementado a Gestão por Performance. Embora o DECEA já realize a gestão com base em diversas KPA, a área de resiliência não está sendo analisada. Por isso, este trabalho defendeu o estabelecimento da área de performance de Resiliência no Plano Estratégico do DECEA a fim de permitir a medição do sistema ATM no processo de Gestão por Performance.

Em primeiro lugar, os conceitos de resiliência foram debatidos com base na literatura de modo a obter uma definição adequada ao contexto ATM, que é a manutenção da provisão do serviço e da performance do sistema frente a eventos disruptivos. Além disso, discutiu-se as características de ser capaz de absorver, adaptar e recuperar-se de eventos disruptivos. Verificando assim, que o conceito de resiliência é aderente ao modelo de Gestão por Performance bem como a ambição da aviação de que eventos disruptivos não devem interromper a prestação do serviço nem afetar a performance do sistema de maneira significativa.

Em segundo lugar, foi defendido o sistema ATM como um sistema complexo e dinâmico, frequentemente influenciado por perturbações diversas. Esse sistema é interdependente de tal forma que uma disrupção pode gerar um efeito cascata no próprio sistema, afetando um ou mais KPA. Nesse contexto, a área de resiliência surge como resposta para métricas e/ou indicadores que permitam uma análise da performance ATM global.

Por isso, vislumbra-se a inclusão da área de performance de Resiliência no Plano Estratégico do DECEA, que irá permitir a medição do sistema ATM no processo de Gestão por Performance, de modo a dar suporte a tomada de decisão com base em dados. Expandindo o resultado do estabelecimento dessa nova área, a medição da Performance ATM com foco na área de resiliência irá contribuir para um sistema ATM brasileiro mais seguro e eficiente, além de manter o DECEA e a Força Aérea Brasileira (FAB) como pioneiros e referências no cenário mundial em relação aos avanços dos sistemas de navegação aérea.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria EMAER nº 85/CEMAER, de 24 de novembro de 2020. Aprova o “Plano Geral de Controle do Espaço Aéreo” – **PCA 11-368**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/pca-11-368>. Acesso em 18 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA nº 268/APLAN, de 16 de dezembro de 2021. Aprova o “Plano de Implementação ATM Nacional” – **PCA 351-3**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/pca-351-3>. Acesso em 18 set. 2023.

COOK, A.; BLOM, H. A. P.; LILLO, F.; MANTEGNA, R. N.; MICCICHÈ, S.; RIVAS, D.; VÁZQUEZ, R.; ZANIN, M. Applying complexity science to air traffic management. **Journal of Air Transport Management**, v. 42, p. 149-158, 2015.

FRANCIS, R.; BEKERA, B. A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems. **Reliability engineering & system safety**, v. 121, p. 90-103, 2014.

GLUCHSHENKO, O. **Definitions of disturbance, resilience and robustness in ATM context**. DLR Report IB 112-2012/28, DLR, Institute of Flight Guidance, Germany, 2012.

OACI, Organização da Aviação Civil Internacional. **Doc 9883** Manual on Global Performance of the Air Navigation System. ICAO: Montreal, QC, Canada. 2009.

OACI, Organização da Aviação Civil Internacional. **Doc 9750** Global Air Navigation Plan. 2019. Disponível em: <https://www4.icao.int/ganportal/GanpDocument>. Acesso em: 26 set. 2023.

PALUMBO, R.; FILIPPONE, E. A quantitative approach to resilience engineering for the future ATM system: Case studies results. In: **Proceedings of the 12th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar (ATM2017), Seattle, WA, USA**. 2017. p. 26-30.

SAMPAIO, F. C. G.; COSTA FILHO, R. N.; GUTERRES, M. X. Modeling Resilience of Air Traffic Management Systems Based on Complex Networks. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 14, 2022.

STROEVE, S. H.; VAN DOORN, B. A.; EVERDIJ, M. H. Analysis of the roles of pilots and controllers in the resilience of air traffic management. **Safety science**, v. 76, p. 215-227, 2015.