



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

GABRIEL DE **SIQUEIRA** NUNES, Cap Av

**Benefícios da Utilização de Inteligência Artificial Embarcada em Aeronaves  
Remotamente Pilotadas pela Força Aérea Brasileira**

Rio de Janeiro  
2023

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

GABRIEL DE **SIQUEIRA** NUNES, Cap Av

**Benefícios da Utilização de Inteligência Artificial Embarcada em Aeronaves  
Remotamente Pilotadas pela Força Aérea Brasileira**

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: Emprego da Força Aérea  
Orientador: Daniel Rodrigues **Figueiredo**,  
Maj Av

Rio de Janeiro

2023

GABRIEL DE **SIQUEIRA** NUNES, Cap Av

**Benefícios da Utilização de Inteligência Artificial Embarcada em Aeronaves Remotamente Pilotadas pela Força Aérea Brasileira**

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 utilização de *drones* e inteligência artificial na Guerra da Ucrânia representou uma revolução nas táticas militares contemporâneas, conferindo uma vantagem estratégica significativa. No entanto, a Força Aérea Brasileira (FAB) enfrenta desafios na incorporação dessas tecnologias, uma vez que não possui veículos com as mesmas características (UAS - *Unmanned Aerial System*) e não considera sua aquisição no Planejamento Estratégico. Os *drones* oferecem vantagens econômicas e operacionais, como redução de custos e maior autonomia, e a integração da inteligência artificial aumenta a eficiência operacional, automatizando tarefas e desenvolvendo sistemas autônomos. Isso está alinhado com estratégias adotadas por potências como EUA, China e Reino Unido, que reconhecem a importância da IA em operações militares. Na perspectiva da FAB, a incorporação da inteligência artificial em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) oferece duas vantagens cruciais: aprimoramento da eficiência operacional e melhoria na coleta de dados. A IA automatiza tarefas complexas, reduz a carga de trabalho humana e permite o desenvolvimento de sistemas autônomos, tornando as operações mais eficazes e seguras. Além disso, a aprendizagem profunda e a visão computacional melhoram a qualidade e precisão dos dados coletados. Cabe ressaltar, ainda, que o desenvolvimento de tecnologias com o uso da inteligência artificial extrapola o uso em aeronaves não tripuladas. Tais avanços podem ser utilizados em diversos outros setores da FAB, como imageamento satelital, cartografia e controle de tráfego aéreo, por exemplo.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial. Sistemas Não Tripulados. Inteligência, Vigilância e Reconhecimento.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de drones e inteligência artificial na Guerra da Ucrânia apresentou-se como uma revolução nas táticas militares contemporâneas. Esses dispositivos, também chamados de UAS (*Unmanned Aerial System*), UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) ou RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), oferecem uma vantagem estratégica significativa devido à sua capacidade de monitorar áreas de interesse, coletar informações e até mesmo conduzir ataques sem necessitar colocar soldados em contato direto.

Atualmente, a Força Aérea Brasileira não dispõe de nenhum vetor com estas características. Ademais, o Planejamento Estratégico da Força não contempla, tampouco, a aquisição de equipamentos dotados com inteligência artificial e o desenvolvimento de doutrina (técnicas, táticas e procedimentos) relativa a este tipo de veículo de combate e suas hipóteses de emprego.

Os UAV possuem, por suas características, diversas peculiaridades em seu emprego militar. Em comparação com as aeronaves tripuladas, apresentam uma redução dos custos econômicos e humanos, além de maior autonomia. Isto permite, por exemplo, permanecer no teatro de operações por longos períodos, sem a necessidade de exposição humana.

A inteligência artificial desempenha um papel fundamental ao processar e analisar rapidamente os dados coletados pelos *drones*, identificando alvos inimigos, detectando ameaças e podendo, ainda, tomar decisões autônomas em situações de combate. Isso permite uma resposta mais ágil às mudanças no campo de batalha, conferindo assim uma vantagem tática.

Este ensaio defende que é fundamental para a Força Aérea Brasileira considerar a utilização e estruturar a aplicação da inteligência artificial em aeronaves remotamente pilotadas (ARP), levando em conta as características peculiares do Brasil em termos de sua posição econômica e geopolítica.

Os drones oferecem benefícios econômicos e operacionais significativos em comparação com aeronaves tripuladas, incluindo uma redução de custos e maior autonomia. A integração da inteligência artificial com esses dispositivos promove uma eficiência operacional aprimorada, tanto por meio da automação de tarefas repetitivas quanto pelo desenvolvimento de sistemas autônomos. Essa abordagem está alinhada com as estratégias adotadas por nações como os Estados Unidos, China e Reino

Unido, que reconhecem a importância estratégica da inteligência artificial em suas operações militares.

No contexto da FAB, a adoção da inteligência artificial em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) oferece duas vantagens cruciais: o aprimoramento da eficiência operacional e o aperfeiçoamento da coleta de dados. A IA permite a automação de tarefas complexas, a redução da carga de trabalho humana e o desenvolvimento de sistemas autônomos, tudo contribuindo para uma operação mais eficaz e segura. Além disso, as capacidades de aprendizagem profunda e visão computacional proporcionam um ganho substancial na qualidade e precisão dos dados coletados, reforçando a capacidade da FAB de cumprir suas missões de IVR de maneira eficiente.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

As maiores potências econômicas e militares do mundo estão cada vez mais adotando estratégias militares centradas na inteligência artificial (IA) para fortalecer suas capacidades de segurança e defesa. Países como Estados Unidos, China, Reino Unido e Rússia estão investindo em pesquisa, desenvolvimento e implantação de sistemas de IA para uma ampla gama de aplicações militares, como *drones* autônomos, sistemas de reconhecimento avançados, guerra cibernética e tomada de decisões estratégicas.

Em 2017, o Presidente Russo Vladimir Putin declarou que a inteligência artificial é o futuro, não só para a Rússia, mas para toda a humanidade. Quem se tornar o líder nesta esfera será o governante do mundo (Rússia, 2017).

Neste contexto de utilização mundial da inteligência artificial para fins militares, ainda que não letais, serão abordados, a seguir, os benefícios para a Força Aérea Brasileira da incorporação da inteligência artificial (IA) em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para a execução de missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR).

### **2.1 Aprimoramento da Eficiência Operacional**

Por eficiência operacional, entenda-se, no contexto deste ensaio, conforme a definição do Glossário das Forças Armadas: “Capacidade que tem uma unidade

operacional de cumprir, de maneira adequada e com economia de meios, todas as missões de combate, previstas na sua base doutrinária” (Brasil, 2016, p. 97).

A inteligência artificial tem a capacidade de automatizar atividades repetitivas, como a análise de imagens e vídeos, permitindo que os recursos humanos se concentrem em tarefas de maior complexidade. Outro ponto importante da integração da IA com aeronaves não tripuladas é a possibilidade do desenvolvimento de sistemas autônomos (Rohan; Rabah; Kim, 2019).

Como exemplo deste segundo ponto, os Estados Unidos da América planejam, conforme disposto no Roteiro de Sistemas Não Tripulados para os anos de 2017 a 2042, o desenvolvimento de plataformas autônomas. Por autônomas, entenda-se que, em contraste com os sistemas automatizados, que não permitem desvios, os sistemas autônomos são regidos por regras gerais que permitem se desviar do parâmetro ou base de referência. Entre os quatro fatores-chave para o desenvolvimento destas plataformas está a inteligência artificial e o aprendizado de máquina, também conhecido como *Machine Learning* (EUA, 2018).

Estas características elencadas acima impactam a eficiência operacional de duas formas distintas. A primeira característica, em um contexto de operação combinada, por meio de uma interface homem-máquina, gerencia a carga de trabalho humana no decorrer da missão, implementando uma carga de trabalho adaptativa, o que possibilita um aumento na performance humana para a supervisão da tarefa (Heard; Adams, 2019). A segunda, considerando a utilização de sistemas autônomos, que irão atuar sem supervisão humana, permite a realocação da força de trabalho humana para outras funções de maior interesse (Horowitz, 2018). Em ambos os casos, haverá um incremento da eficiência operacional, pela utilização otimizada dos recursos humanos.

Para corroborar tal panorama, pode-se verificar no Resumo da Estratégia de Inteligência Artificial do Departamento de Defesa dos EUA para 2018 que outras nações, em particular a China e a Rússia, estão fazendo investimentos significativos em IA para fins militares, que ameaçam corroer as suas vantagens tecnológicas e operacionais. Sendo assim, eles devem adotar a IA para manter a sua posição estratégica (EUA, 2018).

Na mesma direção que os americanos estão a China e o Reino Unido. A Estratégia de IA para Defesa do Reino Unido estabelece como um dos objetivos adotar e explorar a IA em ritmo e escala para uma vantagem de defesa,

estabelecendo-a como uma das suas principais prioridades e uma fonte essencial de vantagem estratégica (Reino Unido, 2022). O Plano de Desenvolvimento da Nova Geração de Inteligência Artificial da China classifica a inteligência artificial como uma tecnologia estratégica e pontua que os países mais desenvolvidos do mundo estão tomando o desenvolvimento da IA como principal estratégia para aumentar a competitividade e proteger a segurança nacional (China, 2020).

Tomando por base a disseminação global da inteligência artificial como parte integrante das estratégias de defesa, bem como o enfoque da vantagem competitiva que esta tecnologia representa, a FAB deve considerar a inserção desta tecnologia em seu planejamento estratégico. Atualmente, o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2018-2027 (PEMAER) não contempla em seus objetivos, projetos ou diretrizes a aquisição de tecnologias ou sistemas, nem pesquisa e desenvolvimento relacionados à inteligência artificial (Brasil, 2018).

Neste contexto, considerando este primeiro argumento do aumento de eficiência operacional, é desejável que a FAB, em aproveitamento ao Projeto Estratégico ARP-REC (Aeronave Remotamente Pilotada para Reconhecimento Aéreo), planeje a utilização a IA para o desenvolvimento de uma interface homem-máquina, com objetivo de auxiliar a supervisão humana. Esta abordagem enfatiza a interdependência entre homens e máquinas no emprego de sistemas autônomos (Hoffman; Cullen; Hawley, 2016) e tal interface irá diminuir a carga de trabalho humana, resultando no aumento da performance operacional (Heard; Adams, 2019).

## **2.2 Aperfeiçoamento da Coleta de Dados**

No cenário atual, marcado pelo crescente emprego da inteligência artificial em âmbitos tanto civil quanto militar, a incorporação da IA em *drones* têm encontrado uma ampla gama de aplicações. Essas incluem a agricultura de precisão, o mapeamento topográfico, a distribuição de mercadorias, operações de busca e salvamento, monitoramento ambiental e vigilância (Ajith; Jolly, 2021).

*Drones* equipados com inteligência artificial são capazes de coletar e processar uma vasta diversidade de dados, abrangendo de imagens às demais informações provenientes dos sensores. Isso culmina na obtenção de informações

com maior acurácia e agilidade, elevando a eficácia das operações de inteligência, vigilância e reconhecimento.

Dentre as novas tecnologias de inteligência artificial cabe destacar a Aprendizagem Profunda, ou *Deep Learning* (DL), um ramo do Aprendizado de Máquina, que tem sido utilizada em sistemas de reconhecimento facial, reconhecimento de fala e de imagens, classificação e detecção de objetos, entre outras possibilidades.

Em um estudo conduzido por Rohan, Rabah e Kim (2019) foram utilizadas Redes Neurais Convolucionais, um tipo de algoritmo de *Deep Learning*, em um drone para detecção de objetos e rastreamento de alvos. Neste experimento, o drone obteve acurácia de 98% para a detecção de objetos e a eficiência para o rastreamento de alvos foi de 96,5%.

Outro aspecto relevante que possibilita o aperfeiçoamento da coleta de dados em UAVs é o uso de visão computacional. O propósito da visão computacional é permitir que a máquina compreenda o ambiente a partir de informações visuais. Sendo assim, a principal tarefa do algoritmo de visão computacional é a análise da cena ou compreensão do cenário (McEnroe; Wang; Liyanage; 2022).

As aplicações da visão computacional, que vão desde prevenção de colisões e navegação autônoma à detecção, reconhecimento e rastreamento de objetos, requerem baixa latência. Os avanços recentes em computação periférica possibilitam a utilização dos algoritmos de visão computacional em *drones*, pela redução do tempo de latência aos parâmetros necessários para sua viabilidade (McEnroe; Wang; Liyanage; 2022).

Com base no que foi exposto sobre aprendizagem profunda e visão computacional, verifica-se que estas tecnologias incorporadas aos *drones* aprimoram as capacidades de detecção, reconhecimento e rastreamento de objetos. Neste contexto, conclui-se que sua utilização pela Força Aérea Brasileira irá aperfeiçoar a coleta de dados em missões de IVR.

As possibilidades de uso destes algoritmos de visão computacional e *Deep Learning* são inúmeras. Entretanto, como abordagem inicial, a FAB deve adotar como estratégia o desenvolvimento de algoritmos para a otimização da coleta de imagens nas missões de reconhecimento, à semelhança do que foi feito, por exemplo, para satélites de imageamento (Melo Júnior *et al*, 2020).

### 3 CONCLUSÃO

A utilização de *drones* e inteligência artificial na Guerra da Ucrânia marcou uma revolução nas táticas militares contemporâneas, proporcionando uma vantagem estratégica significativa. No entanto, a Força Aérea Brasileira (FAB) enfrenta desafios na incorporação dessas tecnologias em suas operações e estratégias, pois atualmente não possui vetores com as características desses UAS e não contempla a aquisição de equipamentos dotados de inteligência artificial em seu Planejamento Estratégico.

A combinação de *drones* com inteligência artificial (IA) oferece a automatização de tarefas repetitivas, liberando recursos humanos para atividades mais complexas e possibilitando o desenvolvimento de sistemas autônomos. Essa integração, afeta a eficiência operacional de duas maneiras cruciais: primeiro, através de uma interface homem-máquina, aprimorando o desempenho humano na supervisão da missão; segundo, permitindo que sistemas autônomos atuem sem supervisão humana, liberando recursos para funções de maior valor.

Adicionalmente, com o uso de *Deep Learning* e visão computacional, aumenta-se a precisão e a velocidade na coleta de dados, especialmente na detecção, reconhecimento e rastreamento de objetos. Pesquisas com Redes Neurais Convolucionais mostram alta eficácia na detecção de objetos e rastreamento de alvos. Ademais, o uso de visão computacional desenvolve a capacidade de navegação e prevenção de colisões. A adoção dessas tecnologias aprimora significativamente a coleta de dados em missões de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento.

Considerando os ganhos em eficiência operacional e coleta de dados decorrentes da utilização da inteligência artificial em *drones*, a FAB deve adotar estas plataformas de combate, a fim de desenvolver competências no uso destes equipamentos em suas hipóteses de emprego. Deve, ainda, incluir o desenvolvimento ou aquisição dessas plataformas em seu planejamento estratégico.

Além do exposto, cabe ressaltar que o desenvolvimento de tecnologias com o uso da inteligência artificial extrapola o uso em aeronaves não tripuladas. Tais avanços podem ser utilizados em diversos outros setores da FAB, como imageamento satelital, cartografia e controle de tráfego aéreo, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

AJITH, V. S.; JOLLY, K. G. Unmanned aerial systems in search and rescue applications with their path planning: a review. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. Portaria Normativa nº 9/GAP/MD, de 13 de janeiro de 2016. Aprova o Glossário das Forças Armadas – MD35-G-01 (5ª Edição/2015). **Diário Oficial da União nº 14**. Brasília, DF, 21 jan 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica nº 222**. Brasília, DF, 20 dez 2018.

CHINA. **Plano de Desenvolvimento da Nova Geração de Inteligência Artificial**. 2020. Disponível em: <[https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm)>. Acesso em 02 out 2023.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Summary of the 2018 Department of Defense Artificial Intelligence Strategy**. 2018. Disponível em: <<https://media.defense.gov/2019/Feb/12/2002088963/-1/-1/1/SUMMARY-OF-DOD-AI-STRATEGY.PDF>>. Acesso em 02 out 2023.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Unmanned systems integrated roadmap FY 2017-2042. Office of Secretary of Defense**. Office of the Assistant Secretary of Defense for Acquisition, Washington, DC, 2018. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1059546.pdf>>. Acesso em 02 out 2023.

HEARD, J.; ADAMS, J. A. Multi-dimensional human workload assessment for supervisory human-machine teams. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, v. 13, n. 3, p. 146-170, 2019.

HOFFMAN, R. R.; CULLEN, T. M.; HAWLEY, J. K. The myths and costs of autonomous weapon systems. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 72, n. 4, p. 247-255, 2016.

HOROWITZ, M. C.. **Artificial Intelligence, International Competition, and the Balance of Power**. 2018. Disponível em: <[https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/65638/TNSR-Vol-1-Iss-3\\_Horowitz.pdf](https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/65638/TNSR-Vol-1-Iss-3_Horowitz.pdf)>. Acesso em 03 out 2023.

MCENROE, P.; WANG, S.; LIYANAGE, M.. A survey on the convergence of edge computing and AI for UAVs: Opportunities and challenges. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 9, n. 17, p. 15435-15459, 2022.

MELO JUNIOR, J. C. *et al.* Otimização de scheduling de tarefas para satélite de observação da Terra. **Aplicações Operacionais em Áreas de Defesa**, v. 21, p. 16-21, 2020.

REINO UNIDO. **Defence Artificial Intelligence Strategy**. 2022. Disponível em: <[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1082416/Defence\\_Artificial\\_Intelligence\\_Strategy.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1082416/Defence_Artificial_Intelligence_Strategy.pdf)>. Acesso em 02 out 2023.

ROHAN, A.; RABAH, M.; KIM, S.H. Convolutional neural network-based real-time object detection and tracking for parrot AR drone 2. **IEEE access**, v. 7, p. 69575-69584, 2019.

RÚSSIA. **'Whoever leads in AI will rule the world': Putin to Russian children on Knowledge Day**. 2017. Russia Today. Disponível em: <<https://www.rt.com/news/401731-ai-rule-world-putin/>>. Acesso em 02 out 2023.