

# Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas na faixa de fronteira amazônica

Victor Vicente do Nascimento\*

## Introdução

Os sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP) têm sido empregados de forma crescente no mundo militar, tendo em vista sua grande versatilidade e crescente desenvolvimento tecnológico, capaz de processar e transmitir informações em tempo real, além de engajar alvos, dependendo da necessidade da missão.

O Exército Brasileiro (EB) participou, em integração com a Marinha e a Força Aérea, do Projeto Radiografia da Amazônia. De acordo com DSG (2010), esse projeto vislumbrava um SARP com radar emissor de ondas “P”, capaz de transpor a folhagem da copa das árvores e chegar até o solo, podendo fazer um levantamento topográfico mais preciso, o que ajudaria a completar os *vazios cartográficos* causados pela vegetação.

O EB organizou recentemente uma atividade conhecida como AMAZONLOG, um grande exercício logístico simulado de que participaram cerca de 22 países em uma operação combinada, com destaque para Brasil, Colômbia, Peru e Estados Unidos.

Dentre as novas tecnologias empregadas no exercício, cabe ressaltar o Tac4G, um sistema de comunicação tática para ações militares (DOMBE, 2020). No caso específico do exercício, essa nova tecnologia permitiu melhores condições de levantamento de dados para missões de *inteligência, reconhecimento, vigilância e aquisição de alvos* (IRVA).

Nesse exercício, foi possível colher lições quanto ao emprego de SARP na selva amazônica, uma região que dificulta a transmissão de dados via sinal de radiofre-

quência, considerando as interferências causadas pelas matas densas e anomalias climáticas predominantes.

A Amazônia Legal constitui uma fonte de riquezas de grande importância estratégica para a nação. Nesse contexto, apesar da atuação constante das Forças Armadas, o Brasil ainda enfrenta sérios problemas de diversas ordens. A baixa densidade demográfica dentro da faixa de fronteira e as dificuldades de comunicações e deslocamento fazem dos limites fronteiriços brasileiros uma área isolada frente aos principais países produtores de droga do mundo.

Dentre os crimes cometidos com maior frequência na faixa de fronteira, cabe destacar o descaminho, desmatamento ilegal e tráfico de drogas. Isso ocorre por vários fatores, entre os quais a grande extensão territorial das fronteiras terrestres e a baixa quantidade de unidades de proteção e monitoramento, sejam elas militares ou civis.

Existem várias fontes bibliográficas que tratam da atuação do batalhão de infantaria de selva (BIS) em diversas operações, bem como uma gama de pesquisas sobre o emprego do SARP pelo EB. Existe, todavia, uma lacuna no que tange ao emprego da tecnologia na Amazônia: são escassas as pesquisas voltadas para os benefícios que o emprego do SARP pode trazer no monitoramento das fronteiras, já que essa atividade é feita *in loco* pelas tropas do EB, situadas na vanguarda do território nacional.

Os ortomosaicos e reconhecimentos de curto alcance são exemplos de capacidades apresentadas pelos SARP e serão apresentadas no decorrer deste trabalho.

\* Cap Inf (AMAN/2010, EsAO/2020). Realizou o Curso de Operações na Selva Categoria “B”/2011. Atualmente, serve no 59° BI Mtz, Macció/AL.

## Desenvolvimento

### Conceito de SARP e subdivisão em categorias

Por se tratar de um estudo de importante relevância no mundo tecnológico, fez-se necessário pontuar alguns conceitos, que facilitarão o melhor entendimento do assunto em pauta.

De acordo com Brasil (2020), SARP é o conjunto formado pelos seguintes módulos ou subsistemas:

**a) plataforma aérea** – constituída pela ARP propriamente dita, incluindo grupo motopropulsor (elétrico ou a combustão), sistema elétrico e sistema de navegação e controle (SNC) embarcados, necessários ao controle, à navegação e à execução das diferentes fases do voo;

**b) carga paga ou útil (payload)** – compreende os sensores e equipamentos embarcados na plataforma aérea, que permitem o cumprimento das missões. De acordo com a capacidade de transporte da plataforma aérea, podem englobar: câmeras de sensores eletro-ópticos (EO) e infravermelhos (IR), radares de abertura sintética (*synthetic aperture radar* – SAR) e de detecção de atividades (*ground moving target indicator* – GMTI), apontadores/designadores laser (*laser range finder or designator*), dispositivos de comunicações e de guerra eletrônica (GE), acústicos, entre outros;

**c) estação de controle de solo (ECS)** – componente fixo ou móvel que realiza a interface entre o(s) operador(es), a ARP e a carga paga, permitindo o planejamento e a condução do voo e da missão. Poderá ser, conforme a categoria do SARP, portátil (transportada por um homem) ou embarcada em viaturas ou cabines (*shelters*). Normalmente, é composta pelo terminal de pilotagem da ARP (para comando da plataforma aérea) e o terminal de controle do *payload*, os quais podem compor uma única estação conjugada ou estarem separados;

**d) terminal de transmissão de dados (TTD)** – consiste nos equipamentos necessários para realizar os enlaces entre a aeronave e a ECS,

servindo tanto para o controle do voo (telemetria e telecomando) quanto para o controle da carga paga e a coordenação com os órgãos de controle de tráfego aéreo (CTA). A ARP pode ser controlada das seguintes formas:

- 1) Em linha de visada (*line of sight* – LOS) – refere-se à situação em que o controle de pilotagem é caracterizado pela ligação direta (ponto a ponto) entre a estação de controle de solo e a aeronave; e
- 2) Além da linha de visada (*beyond line of sight* – BLOS) – neste caso, o controle de pilotagem é realizado por meio da utilização de satélite ou *relay* de comunicações. (BRASIL, 2020, p. 4.2.4)

Existem outras terminologias, como *drone* e *veículo aéreo não tripulado* (VANT), que são dadas pela mídia e veículos de informação. Essas nomenclaturas, entretanto, são referentes apenas à *plataforma aérea* ou *aeronave remotamente pilotada* (ARP), não ao sistema como um todo, constituído por mais de uma aeronave e pelos outros módulos apresentados.

Com o intuito de ilustrar os módulos apresentados, segue a imagem do SARP Hórus FT-100, adquirido pelo Exército Brasileiro (**figura 1**).



Figura 1 – Sistema Hórus FT 100 (ARP, ECS e TTD)

Fonte: FT

Outro fator importante a ser considerado é a divisão desses sistemas em categorias. No advento do *Manual de Vetores Aéreos da Força Terrestre*, em 2014, as categorias dos SARP eram divididas conforme o **quadro 1**:

Categoria	Nomenclatura Indústria	Atributos				Nível do Elemento de Emprego
		Altitude de operação	Modo de Operação	Raio de ação (km)	Autonomia (h)	
6	Alta altitude, grande autonomia, furtivo, para ataque	~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	MD/EMCFA <sup>3</sup>
5	Alta altitude, grande autonomia	até ~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	
4	Média altitude, grande autonomia	até ~ 30.000 ft (9.000m)	LOS/BLOS	270 a 1.110	25 - 40	C Op
3	Baixa altitude, grande autonomia	até 18.000 ft (5.500m)	LOS	~270	20 - 25	F Op
2	Baixa altitude, grande autonomia	até 10.000 ft (3.300m)	LOS	~63	~15	GU/BiaBa/Rgt <sup>2</sup>
1	Pequeno	até 5.000 ft (1.500m)	LOS	27	~2	U/Rgt <sup>1</sup>
0	Micro	até 3.000 ft (900m)	LOS	9	~1	Até SU

1. Orgânicos de Grande Unidade.  
2. Atuando em proveito da F Op ou na vanguarda de GU.  
3. No contexto da Estrutura Militar de Defesa.

Quadro 1 – Classificação e categorias dos SARP para a F Ter  
Fonte: Brasil, 2014, p. 4-5

Posteriormente, esse quadro sofreu modificações a fim de incluir a padronização em grupos de acordo com a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), atualizar os níveis de emprego e características gerais, chegando à atual configuração constante no **quadro 2**:

Grupo	Categoria (Cat)	Elemento de Emprego	Nível de Emprego
III	5	MD/EMCFA	Estratégico
	4	C Cj	Operacional
II	3	CEx/DE	Tático
I	2	DE/Bda	
	1	Bda/U	
	0	até SU	

Quadro 2 – Classificação atualizada dos SARP para a F Ter  
Fonte: Brasil, 2020, p. 4-5

## A floresta amazônica e implicações para o emprego de SARP

De acordo com Polon (2018), a floresta amazônica é dividida em três estratos: a *mata de igapó*, localizada próxima aos rios ou em regiões inundadas durante todo o ano; a *mata de várzea*, que sofre inundações em alguns períodos do ano, e a *mata de terra firme*, que não sofre inundações em qualquer período.

Outro detalhe relevante corresponde à predominância do clima equatorial úmido, que se caracteriza

pelas constantes chuvas ao longo do ano, aliadas a uma temperatura média anual elevada e, conseqüentemente, um índice de umidade relativa do ar relevante e constante ao longo do ano.

Dadas as peculiaridades dessa região, verifica-se que a presença de grandes árvores, o alto índice de umidade relativa do ar e as constantes chuvas dificultam a transmissão de dados e reduz o alcance entre a plataforma aérea e a estação de controle em solo.

Ademais, os rios caudalosos, lagos e igarapés apresentam um risco para os componentes eletrônicos do SARP em caso de queda da plataforma aérea. Outra característica importante é a ação destrutiva dos galhos e folhas das árvores sobre as hélices do SARP, no caso dos multirrotores, em uma possível necessidade de missões de voo na altura da copa das árvores.

Pode-se reduzir o efeito das ações dessa natureza contra os componentes SARP por meio da implementação de algumas adaptações, que serão apresentadas a seguir. Tais informações, contudo, não contemplam todas as melhorias necessárias para um sistema ideal, sendo plenamente possível e viável a apresentação de estudos complementares.

## Requisitos de transmissão de dados e alcance

Conforme Terra (2014), a faixa de frequência destinada pela Anatel para os drones em uso na segurança pública pode variar entre 4.910MHz e 4.990MHz, classificada como *super high frequency* (SHF). Esse tipo de frequência é mais eficiente quando comparada com a *high frequency* (HF) devido às constantes anomalias atmosféricas, grande umidade do ar e o efeito de absorção das ondas causado pela folhagem das árvores.

O nível de potência do sinal também pode ajudar a aumentar o seu alcance. Quanto maior a potência, maior o alcance. Entretanto equipamentos de maior potência são mais pesados e demandam maior consumo de energia.

Por esses motivos, faz-se necessário um estudo mais aprofundado, a fim de se encontrar o peso ideal dos equipamentos com a finalidade de não perder a portabilidade por parte do operador e do piloto,

bem como tornar possível o embarque como *payload* à plataforma de voo.

Concernente ao alcance, além da transmissão de dados, verifica-se a necessidade de que a ARP possua uma autonomia que lhe permita atingir as distâncias necessárias ao cumprimento da missão, bem como tempo hábil para realização de reconhecimentos de pontos, eixos e zonas.

## Requisitos para resistência à umidade

De acordo com Neto (2019), existe uma norma que quantifica o grau de resistência de um equipamento eletrônico. Esses graus são representados por um conjunto alfanumérico em que “IP” significa *índice de proteção*; o primeiro dígito marca a proteção contra sólidos e o segundo, contra água.

Esse estilo de medição geralmente é empregado na classificação de *smartphones*. Existem drones com proteção nível IP 67, o que lhes permite flutuar na superfície dos rios e levantar voo a partir dela. Tal característica proporciona uma maior conservação do equipamento eletrônico, mesmo em contato direto com chuva, umidade e em uma possível queda do equipamento nos rios.

Nesse último caso, o fato desse nível de resistência permitir a flutuabilidade do módulo de voo e do módulo de controle em solo torna esses equipamentos mais fáceis de serem encontrados, mantendo-os em boas condições de uso para as próximas missões em caso de queda na água.

## Requisitos para resistência aos impactos mecânicos

Uma característica necessária à maioria dos equipamentos de emprego militar é sua resistência contra impactos e choques. Quanto maior a resistência, maior a durabilidade do material. Atenção especial deve ser dada a essa característica para que o índice de proteção contra impactos mecânicos seja o máximo possível e não caracterize o equipamento como frágil.

Esse índice de proteção é medido por um código alfanumérico em que “IK” é o índice de proteção contra impactos mecânicos e os dois números representam o índice mínimo “00”, em que não há proteção contra impactos, e o índice máximo “10”, no qual o equipamento suporta um impacto de até 20 Joules, correspondente ao choque de um corpo de metal preso em um pêndulo a uma altura de 400mm e solto diretamente sobre o equipamento considerado.

Índice de proteção contra impactos mecânicos - IK					
Numero	Método de Teste	Energia de Impacto	Numero	Método de Teste	Energia de Impacto
00		Sem proteção	06	0,5Kg 200mm	1,00 Joules
01	0,2Kg 75mm	0,150 Joules	07	0,5Kg 400mm	2,00 Joules
02	0,2Kg 100mm	0,200 Joules	08	1,7Kg 295mm	5,00 Joules
03	0,2Kg 175mm	0,350 Joules	09	5,0Kg 200mm	10,00 Joules
04	0,2Kg 250mm	0,500 Joules	10	5,0Kg 400mm	20,00 Joules
05	0,2Kg 350mm	0,700 Joules			

Figura 3 – Grau de resistência contra impactos mecânicos  
Fonte: Legrand, 2017

## Requisitos para mapeamento e processamento de imagens

Mecanismos de inteligência artificial podem fazer com que os SARP tirem fotos em tempo e locais programados. Por meio do processamento dessas imagens sequenciais, é possível gerar mosaicos e realizar mapeamentos aéreos de precisão. Conforme Mappa (2020), um ortomosaico é o primeiro resultado entregue em

		GRAU DE PROTEÇÃO								
		2º Numeral								
		Grau de proteção contra água								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
fonte: omegatrafo		Não protegido	Protegido contra gotas verticais de água	Protegido contra jatos verticais de água	Protegido contra água estagnada de um ângulo de 60º	Protegido contra jatos de água				
4º Numeral Grau de proteção contra objetos sólidos	0	IP 00	IP 01	IP 02	IP 13	IP 14	IP 15	IP 16	IP 17	IP 18
	1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13					
	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
	5					IP 54	IP 55	IP 56		
	6						IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

Figura 2 – Grau de proteção contra água e objetos sólidos  
Fonte: Neto, 2019

um processamento de imagens de drones e serve como base para outros mapas temáticos, como o Modelo Digital de Terreno, o Modelo Digital de Superfície e as curvas de nível, por exemplo.

Uma ilustração desse ortomosaico pode ser visto na **figura 4**. Com o arquivo original, entretanto, é possível obter detalhes com uma precisão maior em comparação com imagens de satélites fornecidas na internet, posto que essas imagens nem sempre estão atualizadas com as últimas modificações e eventos ocorridos. No caso específico, existem duas grandes diferenças a serem observadas: a incidência solar e o baixo nível do rio.

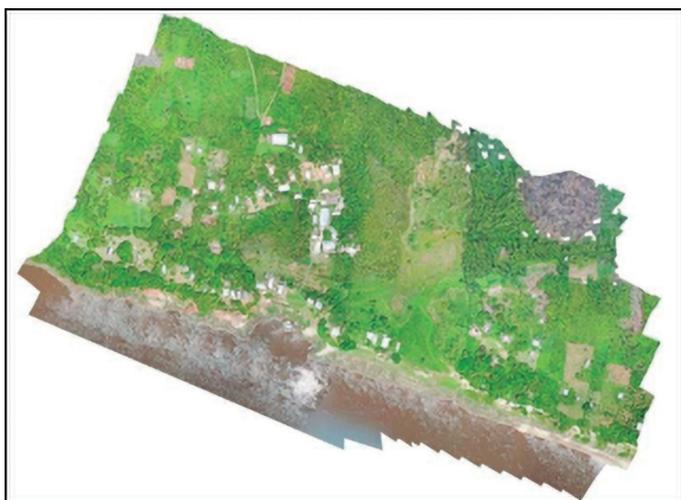


Figura 4 – Ortomosaico da comunidade Bom Sucesso (*Mavic Pro 2*)  
Fonte: O autor

Para comparar com maior precisão a eficiência dos dados oferecidos pelo ortomosaico, foi disposta uma parte da carta 1/100.000 disponível pela Base de Dados Geográficos do Exército (BDGEx). Após isso, foi coletada a mesma área pelo *Google Earth*. As imagens da carta não apresentaram a riqueza e qualidade da ortoimagem representada na **figura 5**, visto que esse último levantamento forneceu detalhes que não existiam na época da confecção da carta e do imageamento de satélite fornecido pela empresa *Google*: a construção de novas casas, situação atual das plantações e do rio Amazonas, que estava em período de vazante, além da alta qualidade das imagens apresentadas, proporcionando um maior nível de nitidez e confiabilidade.



Figura 5 – Imagem da Fazenda Bom Sucesso pelo SARP Catg 0  
Fonte: O autor

Dependendo da tecnologia de mapeamento e processamento, é possível obter a visualização em três dimensões (**figura 6**), que se apresenta como uma tecnologia disruptiva por oferecer a perfeita noção de relevo ao usuário, tornando obsoleto o estudo das curvas de nível.



Figura 6 – BI 4 representada em mosaico 3D  
Fonte: XMOBOTS, 2020

## Conclusão

Da análise do exposto neste artigo, entendemos que há uma premente necessidade de desenvolvimento de tecnologia que permita aumentar a presença do Estado na faixa de fronteira amazônica, que, hoje, resume-se a unidades isoladas situadas a, aproximadamente, 300km de distância.

Uma das formas do aumento dessa presença, nesse contexto, é o emprego de SARP, não só de Catg 1, como é o caso do Hórus FT 100, padronizado pelo EB, mas também das demais categorias, a fim de promover maior modularidade de emprego das tropas e oferecer algumas possibilidades, tais como: maior quantidade

de sistemas disponíveis nas tropas de fronteira, maior versatilidade no cumprimento das missões, aumento do nível de consciência situacional para os comandantes em todos os níveis, maior eficiência no cumprimento das missões e segurança à vida de militares, posto que esse sistema não necessita de tripulante e pode gerar informações que sirvam de base para o planejamento de ações preventivas contra possíveis atos hostis do inimigo.

Por meio deste artigo, é possível verificar o processo de digitalização do espaço de batalha e verificar as vantagens da transição dos mapas e cartas topográficas do papel para o meio digital, que são, particularmente, o aumento na riqueza de detalhes, a atualização da real situação da região estudada e o georreferenciamento, fator facilitador para a orientação no espaço.

Ainda assim, cabe salientar que o estudo apresentado não é suficiente para esclarecer todas as lacunas referentes ao estudo de SARP na Amazônia. Conforme abordado anteriormente, existem áreas do conhecimento que carecem de estudo, a fim de conduzir o Brasil ao estado da arte em relação a este tema, como seguem os países desenvolvidos do mundo.

Por fim, espera-se que os estudos apresentados no presente trabalho estejam alinhados com as necessidades do Comando de Operações Terrestres, permitindo a utilização dessa proposta de requisitos como base para planejamento de aquisição de novos SARP, com intuito de destiná-los aos elementos isolados da faixa de fronteira, com vistas a acompanhar a evolução doutrinária e tecnológica pela qual está passando o Exército Brasileiro para poder cumprir sua missão no mais alto nível de excelência. 

---

## Referências

- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **EB20-MC-10.214**. Vetores Aéreos da Força Terrestre. Brasília-DF, 2014.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **EB20-MC-10.214**. Vetores Aéreos da Força Terrestre. Brasília-DF, 2020.
- FT Sistemas: **Quem somos**. 2015. Disponível em: <<http://ftsistemas.com.br/quem-somos/>>. Acesso em: 15 mar 2018.
- LEGRAND. **Grau de proteção Ik: resistência ao impacto**, 2017. Disponível em: <<http://www.legrand.com.br/blog/noticias/referencias/grau-de-protacao-ik>>. Acesso em: 17 maio 2020.
- MAPPA. **Ortomosaico: tudo o que você precisa saber**, 11 novembro de 2019. Disponível em: <<https://mappa.ag/ortomosaico-tudo-que-voce-precisa-saber/#:~:text=Um%20ortomosaico%20%C3%A9%20o%20primeiro,curvas%20de%20n%C3%ADvel%2C%20por%20exemplo.>>. Acesso em: 2 nov 2020.
- NETO, N. **Entenda o que são as siglas de certificação IP67 e IP68 e se você precisa delas**, 2019. Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/5288/entenda-o-que-sao-as-siglas-de-certificacao-ip67-e-ip68-e-se-voce-precisa-delas>>. Acesso em: 16 maio 2020.
- POLON, L. Terra Educação. **Estudo Kids**, 2018. Disponível em: <<https://www.estudokids.com.br/biomas-brasileiros/>>. Acesso em: 20 abr 2019.
- TERRA, T. **ANATEL destina frequência para uso de drones pela segurança pública**, 2014. Disponível em: <<http://www.tele sintese.com.br/anatel-destina-frequencia-para-uso-de-drones-pela-seguranca-publica/>>. Acesso em: 20 abr 2020.
- XMOBOTS. Arator Séries. **Arator 5B**, 2020b. Disponível em: <<https://xmobots.com.br/arator-5b/>>. Acesso em: 29 set 2020.