



# EXIGÊNCIAS PARA UM EFICIENTE SISTEMA DE DEFESA ANTIAÉREA

José Gomes Carneiro Neto

*Numa guerra, todos, inclusive a população civil — mas especialmente os militares —, estão envolvidos direta ou indiretamente na Defesa Aeroespacial; porque todos podem sofrer consequências do ataque aéreo inimigo. Poucos, entretanto, são os encarregados da defesa e da proteção aos demais; são, geralmente, os primeiros alvos do adversário.*

## INTRODUÇÃO

**N**enhum outro meio bélico, salvo, talvez, a arma nuclear, experimentou, nas últimas décadas, um desenvolvimento tão acentuado quanto a aeronave de combate, seja ela de asa fixa ou rotativa.

A elevada velocidade de penetração, a manobrabilidade e a precisão nos ataques ao solo ficam asseguradas pelos sofisticados equipamentos computadorizados de navegação e ataque. Afora isso, a possibilidade de reabastecimento em vôo e o transporte de múltiplos e variados artefatos e arma-

mentos conferem ao vetor aéreo o raio de ação, a flexibilidade e o poder de destruição difíceis de serem igualados por qualquer meio de superfície.

Tais recursos técnicos e operacionais atribuíram ao avião e ao helicóptero uma dimensão inteiramente nova na arte da guerra.

A Defesa Aeroespacial converteu-se, por conseguinte, em preocupação constante para todos os países que buscam na proteção ao seu território e às suas forças de combate um paliativo contra a temível ameaça.

E, para se contrapor ao inimigo, os meios ativos de defesa, bus-

cando sua maior eficiência, tiveram, forçosamente, que se aprimorar e sofisticar.

Longe de pretender esgotar o assunto, bastante vasto por sua natureza, o presente artigo tenta levantar as principais exigências a que deve satisfazer um sistema de arma antiaéreo, de forma a capacitá-lo a atuar, nas melhores condições, na faixa de baixa altura, empregando mísseis ou canhões automáticos para a defesa de um ponto sensível.

A razão principal de se limitar a abrangência deste trabalho às ações a baixa altura foi não alongá-lo de forma demasiada, desobrigando assim o leitor de auferir simultâneos conceitos técnicos e doutrinários inerentes às defesas de ponto e de área.

## A AMEAÇA AÉREA

Os modernos meios de ataque e a crescente capacidade de destruição da arma aérea ampliam de maneira notável a possibilidade de um eventual inimigo lançar mão com sucesso de incursões contra objetivos terrestres importantes. Para sustar ou, quando menos, limitar esta possibilidade, faz-se necessária uma defesa aeroespacial atuante e adequada.

Ao se estabelecer os requisitos a que deve atender um eficiente sistema de arma antiaéreo para enfrentar possíveis ações aéreas a baixa altura, é preciso, ao mesmo tempo, considerar-se determinados aspectos e peculiaridades desta ameaça, com reflexos imediatos sobre o sistema em estudo, provo-

cando-se assim a indispensável reação do meio de defesa face a força atacante.

### Tipos e características dos vetores de combate

Na faixa de baixa altura, dentro de um teto operacional que oscila de 0 aos 3 mil metros, os ataques a objetivos no solo são concentrados, na sua maioria, em dois tipos básicos de aeronaves: o caça-bombardeiro e o helicóptero de ataque.

Todavia, dependendo do seu potencial militar e do nível atingido por sua tecnologia bélica, o inimigo poderá valer-se de outras modalidades de meios aéreos, como os mísseis de cruzeiro, os veículos pilotados a distância e as plataformas aerostáticas.

Caracterizemos, sumariamente, essa diversidade de vetores:

— os caças-bombardeiros a reação são os aviões preferencialmente empregados nos ataques a baixa e muito baixa altura. Desenvolvem velocidades de cruzeiro sub ou supersônicas, variando entre os 200 e os 450 m/s (0,7 a 1,5 Mach) e adotam, quase sempre, um perfil muito baixo de aproximação, cerca de 50/100 m acima do solo, com uma configuração plena em armas e munições. Sua versatilidade, raio de ação e poder de destruição os capacitam a desempenhar tarefas quer a nível aeroestratégico, quer a nível aerotático. Para melhor se aquilatar a *performance* de uma aeronave desse tipo, escolheríamos, a título de exemplificação, dentro da imensa família à



disposição no mercado mundial, o caça F-15 *Strike Eagle*, norte-americano, considerado por especialistas um dos melhores aviões para ataque ao solo. Chega a atingir 450 m/s em vôo de cruzeiro, munido com tanques suplementares e carregando até 5 t de bombas. Utiliza inúmeras táticas de ataque, em função da extensa gama de armamentos e artefatos que transporta. No vôo reto e nivelado para abordar o alvo, pode imprimir até 300 m/s (1.080 km/h) de velocidade;

— os caças-bombardeiros a hélice, equipados com um ou dois turbopropulsores, potentes e silenciosos, têm demonstrado, em conflitos fora da Europa, sua capacidade como meio rentável de ataque em tarefas de apoio aéreo aproximado, reconhecimento e interdição. Transportam considerável carga de bombas e tiram máximo proveito da navegação a muito baixa altura para surpreender a defesa antiaérea. Sua velocidade de ataque varia entre 80 e 110 m/s. A aeronave *Pucará*, argentina, é um exemplo desse tipo de avião;

— os helicópteros, graças à mobilidade e à flexibilidade de emprego, são, cada vez mais, aproveitados para missões de apoio ao combate das forças terrestres. Sua capacidade de vôo rasante extremo (20 m acima do solo), acompanhando rigidamente as linhas do relevo, assegura-lhes o fator surpresa, reduzindo o tempo aos meios de superfície para sua detecção e engajamento. Além disso, o fato de disporem de sensores óticos para reconhecimento a distân-

cia aumenta-lhes a possibilidade de se furtar, com antecedência, à ação da Artilharia Antiaérea (AAAE). Em suas formações de combate, são introduzidos os chamados "iluminadores do alvo", helicópteros de ataque cuja principal atribuição é "iluminar" o objetivo terrestre para que os demais tenham as operações de visada e de guiamento dos mísseis facilitadas e agilizadas. Esta tática de ataque, em situação de enfrentamento às armas antiaéreas, assegura aos helicópteros lançadores de mísseis e foguetes uma probabilidade maior de sobrevivência pelo curto tempo de exposição. Outro recurso que garante ao helicóptero de ataque um breve intervalo de aparição é o emprego do míssil inteligente, com ogiva localizadora de alvo, do tipo "dispara e esquece" (*fire and forget*). Seja no apoio aéreo aproximado, no reconhecimento, na defesa AC ou no apoio às ações de comandos, o helicóptero assume na atualidade uma posição de destaque entre os meios aéreos mais temidos pelas forças terrestres;

— os mísseis de cruzeiro apresentam-se, nos dias correntes, como uma poderosa arma difícil de ser neutralizada. São lançados individualmente e se aproximam dos seus objetivos com velocidades que variam dos 200 aos 600 m/s (Mach 2), em rumos programados e voando a 50 m acima do solo. O escasso tempo em que se expõem como alvo e o reduzido diâmetro de emissão do jato, menor que 0,1 m<sup>2</sup>, dificultam sobremaneira a atuação da Def AAe. Empregados em ataques aeroestratégicos, carre-



gam diversos tipos de ogivas, inclusive a nuclear;

— os veículos aéreos pilotados a distância (*RPV — Remotely Piloted Vehicles*) oferecem, devido à sua avançada aerodinâmica e à natureza do material com que são construídos, um amplo espectro de emprego. Desempenham missões de vigilância do campo de batalha, reconhecimento de alvos terrestres, supressão de defesas antiaéreas, guerra eletrônica e outras. Essas aeronaves não-tripuladas aproximam-se de seus objetivos desenvolvendo velocidades entre 35 e 70 m/s, em vôo a 50 m do solo. Para cumprir suas tarefas, sobem a alturas de 300 a 3 mil metros. O diâmetro de emissão do jato é inferior a 0,1 m<sup>2</sup>, o que dificulta a atuação dos sensores terrestres. Os Estados Unidos já desenvolveram cerca de 25 modelos de aeronaves não-tripuladas, enquanto a Inglaterra, mais de 12;

— finalmente, as plataformas aerostáticas. Só podem ser lançadas em situações particulares para missões de reconhecimento. Sua permanência em posições estacionárias tornam-nas presas fáceis ao armamento antiaéreo orgânico dos elementos de primeiro escalão.

### Armas e munições empregadas

Nos ataques a baixa e muita baixa altura contra objetivos terrestres, o inimigo aéreo, em função do seu poderio bélico, poderá fazer uso de uma variedade de armamentos, desde os convencionais até os inteligentes ou autocontrolados.

A seguir, são discriminados alguns deles, com seu emprego normal:

#### Canhões e Metralhadoras

São utilizados com eficiência contra tropas desabrigadas, comboios de viaturas levemente blindadas, postos de suprimentos sem proteção e outros alvos semelhantes. Exigem trajetória para lançamento com o ângulo de mergulho oscilando entre 5 e 20°.

#### Mísseis e Foguetes

Os mísseis ar-terra, conforme o sistema de guiamento, variam desde os livres ou foguetes, apontados por meios óticos, até os mais sofisticados, os inteligentes, com autocontrole, que podem ser disparados a maiores distâncias do alvo (*fire and forget*). Os alvos prioritários para os mísseis são: sítios de radar, viaturas blindadas, pontes leves, PC, artilharia de campanha em posição, centros de comunicações, áreas de apoio logístico e outros similares.

#### Bombas

Conforme o tipo, são empregadas contra concentrações de blindados, posições defensivas e alvos de grande dimensão. Sua precisão varia de acordo com o método de lançamento, o sistema de pontaria e o tipo selecionado. Para baixa altura, as mais adequadas são as de feixe (*cluster*), as frenadas, as de napalm e as inteligentes. As bombas de queda livre são lançadas, normalmente, a média altura, podendo entretanto ser liberadas também através de ataques a baixa altura com trajetória de lançamento de pequenos ângulos (10 a 20°).



## Bombas de feixe

Quando ativadas, arremessam, sob a forma de feixe, outras pequenas bombas, armazenadas em seu interior. Recomendadas contra tropas em reunião mesmo protegidas por vegetação, contra instalações não-fortificadas e contra viaturas levemente blindadas.

## Bombas treadas

Têm sua queda retardada por placas de arrasto, aletas ou pára-quedas. Para o seu lançamento, permitem que os caça-bombardeiros executem o ataque em vôo horizontal nivelado, a muito baixa altura (50/100 m acima do solo), a grande velocidade (250 a 300 m/s) e sem sofrer os efeitos da explosão. Bombas do tipo *Durandal* e *Beluga* utilizam a frenagem por pára-quedas. A *Durandal* é apropriada para a neutralização das pistas

concretadas dos aeródromos e das instalações fortificadas. Logo após o seu lançamento, sofre uma frenagem progressiva através de pára-quedas. Sua velocidade restante cai para 20 m/s. A seguir, em plena trajetória, por meio de um propulsor (*booster*), a bomba é reacelerada (250 m/s) e adquire uma energia cinética suficiente para perfurar uma pista de concreto e abrir crateras com 4 m de diâmetro e até 1,5 m de profundidade. A *Beluga* é uma bomba de saturação de múltiplo emprego. Freada também por pára-quedas, ela se ativa em vôo e faz espalhar, de forma controlada, cerca de 150 granadas (pequenas bombas) que caem sobre a área do objetivo. De acordo com a natureza do alvo, escolhe-se o tipo de granada adequada: de emprego geral, anticarro ou de interdição.

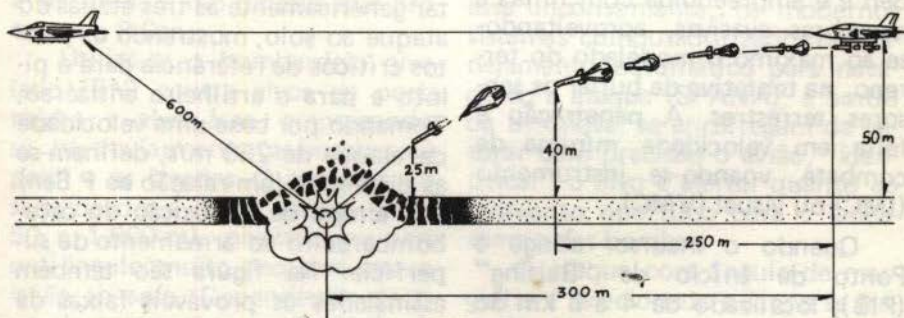


Fig. 1. Lançamento de uma bomba Durandal.



### Bombas de napalm

São lançadas contra alvos de qualquer natureza, exceto os de estrutura pesada. O bombardeio é realizado em voo rasante.

### Bombas inteligentes

Possuem dispositivos de guiamento e de pilotagem próprios. Um avião auxiliar "ilumina" o alvo, enquanto os demais caças, após a liberação dos artefatos, abandonam rapidamente a área do objetivo.

### Técnicas de penetração e de aproximação

Para realizar um ataque direto contra objetivo no solo, a aeronave de combate cumpre, via de regra, quatro etapas sucessivas na abordagem ao ponto sensível defendido: a penetração, a aproximação ou tomada da altura de mergulho, o ataque propriamente dito e a fuga.

A penetração a baixa altura inicia-se a 150/200 milhas do P Sen e é empreendida com fintas e manobras evasivas, aproveitando-se ao máximo o modelado do terreno, na tentativa de burlar os sensores terrestres. A penetração é feita em velocidade mínima de combate, voando-se instrumento (IMC) ou visual (VMC).

Quando o incursor atinge o Ponto de Início de "Balising" (PIB), localizado de 4 a 8 km do P Sen, começam os procedimentos para o ataque, com a tomada da

altura de mergulho, caso o ataque se processe em picada. Se o ataque for rasante, a aproximação e o ataque propriamente dito serão desencadeados, na mesma altura, 50 a 200 m acima do solo.

O ataque propriamente dito desenvolve-se na seguinte seqüência: reconhecimento do alvo, enquadramento, visada e disparo ou liberação da bomba.

As fases de aproximação e de ataque propriamente dito passam-se com extrema rapidez. Confirmemos com um exemplo: o caça-bombardeiro F-5E, *Tiger*, com a velocidade de ataque em torno de 250 m/s (0,8 Mach), se expõe à defesa AAe de baixa altura, durante estas duas etapas, nada mais do que 25 s. Deste intervalo de tempo, os últimos seis a 10 segundos são consumidos pelo caça em voo reto nivelado direto contra o alvo.

Após o ataque, o avião manobra em evasivas para a fuga da área do objetivo, procurando voar o mais próximo possível do solo.

A figura a seguir procura retratar genericamente as três etapas do ataque ao solo, mostrando os pontos críticos de referência para o piloto e para o artilheiro antiaéreo. Tomando por base uma velocidade de ataque de 250 m/s, definem-se as distâncias (em relação ao P Sen) e o tempo de exposição do caça-bombardeiro ao armamento de superfície. Na figura são também assinaladas as prováveis faixas de atuação do material antiaéreo de tubo e de mísseis.

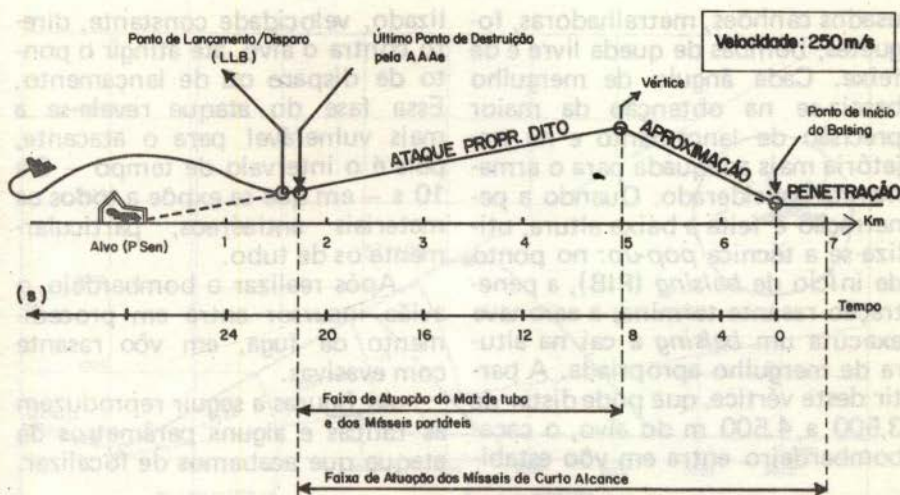


Fig. 2. Ataque ao solo com penetração a baixa altura (*pull-up*).

## Táticas de ataque ao solo

As táticas básicas de ataque a objetivos no solo compreendem o ataque rasante e o ataque com ângulo de mergulho ou em picada.

A escolha de uma delas dependerá das características do alvo — dimensão e forma, notadamente —, do tipo de arma e/ou bomba a ser usada e das defesas que protegem o P Sen.

Utiliza-se o bombardeio nivelado (BN) contra alvos de porte médio e alvos-área, empregando-se, particularmente, as bombas napalm e as freadas. O ataque é desencadeado a baixa altura (entre 50 e 1.000 m), nivelado ou com um ângulo muito pequeno em relação ao solo. Dependendo do tipo de armamento, a distância de lançamento (LLB) varia de 200 a

1.000 m do alvo. A vantagem do ataque rasante é a aproximação a baixa altura e a alta velocidade (até 300 m/s, 1.080 km/h), que dificultam em muito a defesa antiaérea. Contudo, quanto mais baixa e rápida for a aproximação, mais difícil se tornará a identificação visual do alvo pelo piloto, afetando a precisão do ataque. Para eliminar esse inconveniente, os modernos sistemas computadorizados de planejamento automático para navegação e ataque (SPANNA), a bordo da aeronave, se encarregam de vetorizar com precisão o avião, "identificar" o alvo e alertar quanto ao momento oportuno para o lançamento das bombas.

O ataque com ângulo de mergulho é selecionado quando se trata de alvos-ponto ou alvos de porte reduzido, contra os quais serão



usados canhões, metralhadoras, foguetes, bombas de queda livre e de feixe. Cada ângulo de mergulho baseia-se na obtenção da maior precisão de lançamento e na trajetória mais adequada para o armamento considerado. Quando a penetração é feita a baixa altura, utiliza-se a técnica *pop-up*: no ponto de início de *balsing* (PIB), a penetração rasante termina; a aeronave executa um *balsing* e cai na altura de mergulho apropriada. A partir deste vértice, que pode distar de 3.500 a 4.500 m do alvo, o caça-bombardeiro entra em vôo estabe-

lizado, velocidade constante, direto contra o alvo, até atingir o ponto de disparo ou de lançamento. Essa fase do ataque revela-se a mais vulnerável para o atacante, pois é o intervalo de tempo — 6 a 10 s — em que se expõe a todos os materiais antiaéreos, particularmente os de tubo.

Após realizar o bombardeio, o avião incursor entra em procedimento de fuga, em vôo rasante com evasivas.

As figuras a seguir reproduzem as táticas e alguns parâmetros de ataque que acabamos de focalizar.

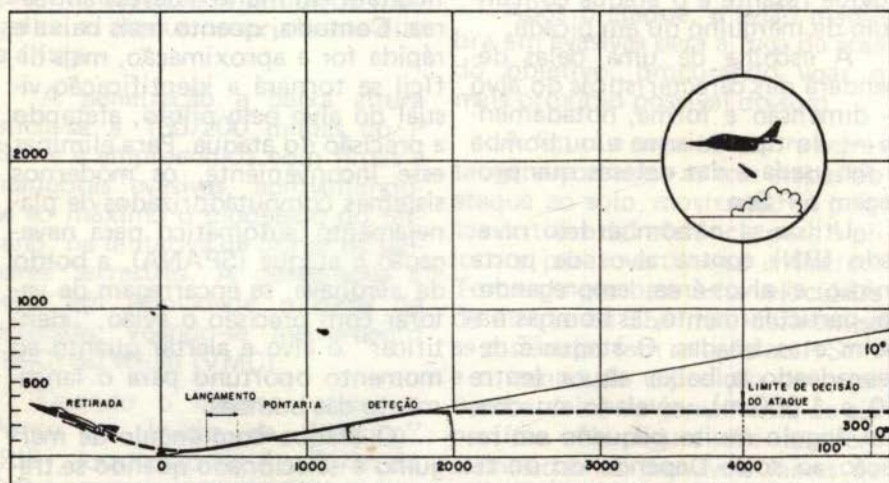


Fig. 3. Ataque em vôo rasante empregando-se bomba napalm.



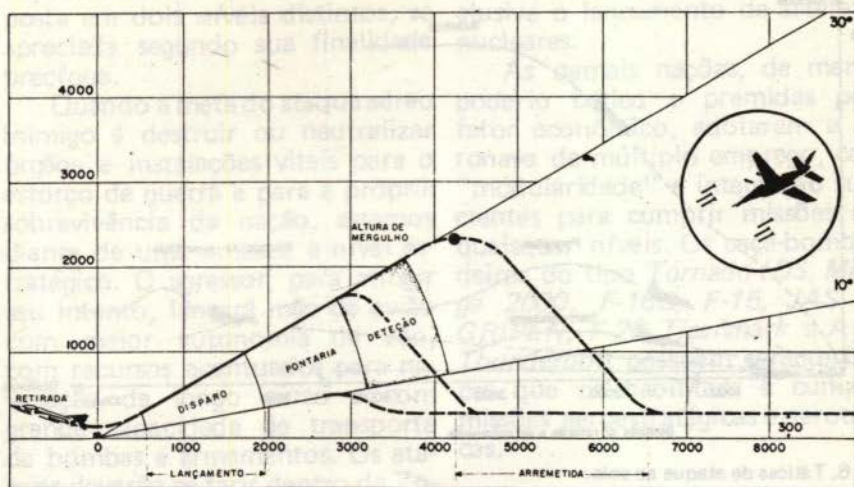


Fig. 4. Ataque em picada com ângulo de mergulho adequado para emprego de foguetes.

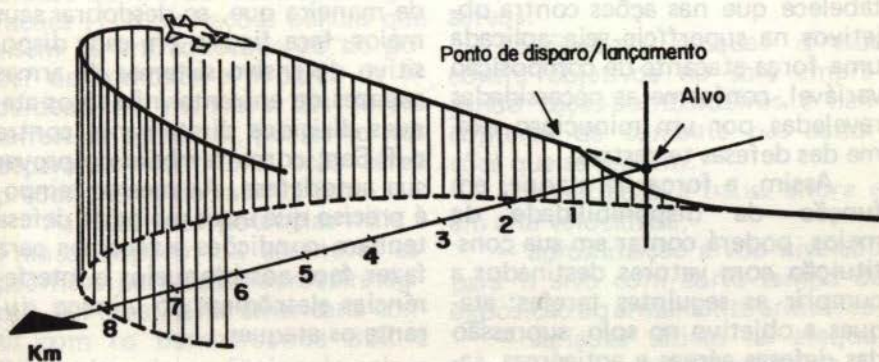


Fig. 5. Técnica *pop-up* de ataque ao solo.



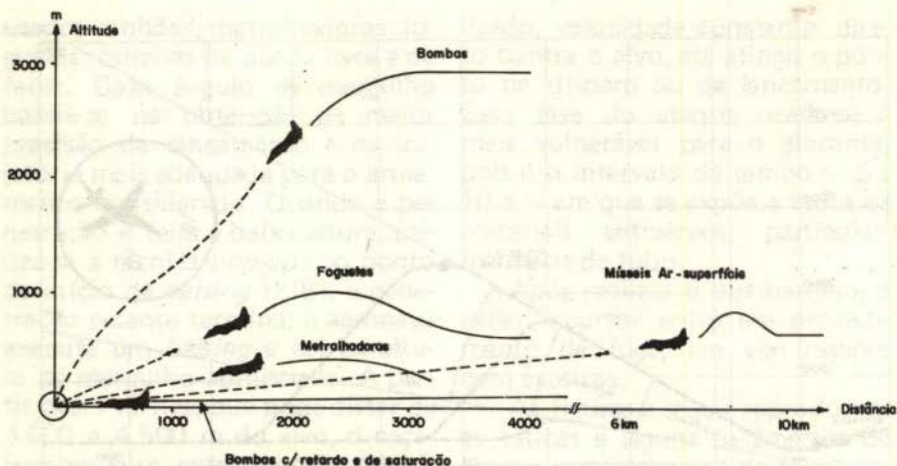


Fig. 6. Táticas de ataque ao solo.

## Composição da força atacante

A concepção doutrinária atual para condução da batalha aérea estabelece que nas ações contra objetivos na superfície seja aplicada uma força atacante de composição variável, conforme as necessidades reveladas por um minucioso exame das defesas terrestres.

Assim, a força de ataque, em função da disponibilidade de meios, poderá contar em sua constituição com vetores destinados a cumprir as seguintes tarefas: ataques a objetivo no solo, supressão das defesas aéreas e antiaéreas, saturação da defesa antiaérea (vagas sucessivas com curto intervalo de tempo entre elas ou ataques simultâneos), reconhecimento, guerra eletrônica (ELINT, CME) e escolta aos vetores de ataque.

Caberá, pois, ao artilheiro antiaéreo, ao planejar a defesa dos P Sen selecionados, analisar todas as possibilidades da força atacante de maneira que, ao desdobrar seus meios, faça figurar em cada dispositivo defensivo sistemas de armas capazes de enfrentar não só os ataques dirigidos diretamente contra o P Sen, como também de prover sua autodefesa. Ao mesmo tempo, é preciso que esses meios de defesa tenham condições e recursos para fazer face aos bloqueios e interferências eletrônicas do inimigo, durante os ataques.

## Ações a nível aeroestratégico e a nível aerotático

A ameaça representada por ataques de vetores de combate, em penetração a baixa altura, contra



objetivos no solo pode ser decomposta em dois níveis distintos, se apreciada segundo sua finalidade precípua.

Quando a meta do ataque aéreo inimigo é destruir ou neutralizar órgãos e instalações vitais para o esforço de guerra e para a própria sobrevivência da nação, estamos diante de uma ameaça a nível estratégico. O agressor, para atingir seu intento, lançará mão de avião com maior autonomia de voo, com recursos acentuados para navegação de longo curso e com grande capacidade de transporte de bombas e armamentos. Os ataques deverão se ferir dentro da Zona do Interior (ZI), próximos ou na "área-do-corção" do país atacado, suficientemente afastada da frente de combate.

Quando, por vez, analisamos os ataques aéreos desencadeados contra tropas e instalações desdobradas dentro do Teatro de Operações (TO), em ações bélicas que visem ao enfraquecimento do poder de combate e à perda da liberdade de manobra das forças terrestres agredidas, por certo nos deparemos com uma ação aérea predominante de valor tático.

As duas superpotências mais a França dispõem de aeronaves específicas para ações aeroestratégicas. A Força Aérea americana conta com os bombardeiros B52 e B-1B, além dos mísseis solo-solo e ar-solo de longo alcance, intercontinentais e de cruzeiro, enquanto a Força Aérea da URSS possui os bombardeiros *Tupolev*, e mais os mísseis intercontinentais. Na Força Aérea francesa, cabe ao *Mirage*

IV as missões aeroestratégicas, inclusive o lançamento de artefatos nucleares.

As demais nações, de menor poderio bélico e premidas pelo fator econômico, adotaram a aeronave de múltiplo emprego, com "modularidade" e integração suficientes para cumprir missões em quaisquer níveis. Os caça-bombardeiros do tipo *Tornado IDS*, *Mirage 2000*, *F-16C*, *F-15*, *JAS 39 GRIPEN*, *F-20 Tigershark* e *A-10 Thunderbolt* possuem características que os habilitam a cumprir missões aeroestratégicas e aerotáticas.

### Síntese sobre a ameaça aérea

De tudo quanto foi até o momento exposto, poder-se-ia extrair, sob a forma de síntese, as alternativas de provável adoção por um eventual inimigo, dotado dos mais modernos e sofisticados meios aéreos:

1ª) Realizar ataques diretos contra objetivos no solo empregando caças-bombardeiros e helicópteros de combate nas condições que se seguem:

— penetração a baixa altura e em alta velocidade;

— aproximação e voo nivelado para o alvo com curto tempo de exposição ao armamento antiaéreo;

— variadas táticas de ataque, condicionadas pelos inúmeros tipos de armas e munições transportadas.

2ª) Realizar ataques sob quaisquer condições atmosféricas ou se beneficiando dos períodos de escurecimento, graças aos atuais re-



ursos para navegação por instrumento e para bombardeios programados.

3ª) Desencadear ataques preliminares, de amaciamento, visando à supressão das defesas aéreas (no solo) e antiaéreas.

4ª) Realizar ataques em vagas sucessivas com reduzido intervalo de tempo ou concentrar ataques sobre um ou mais P Sen, buscando saturar suas defesas antiaéreas.

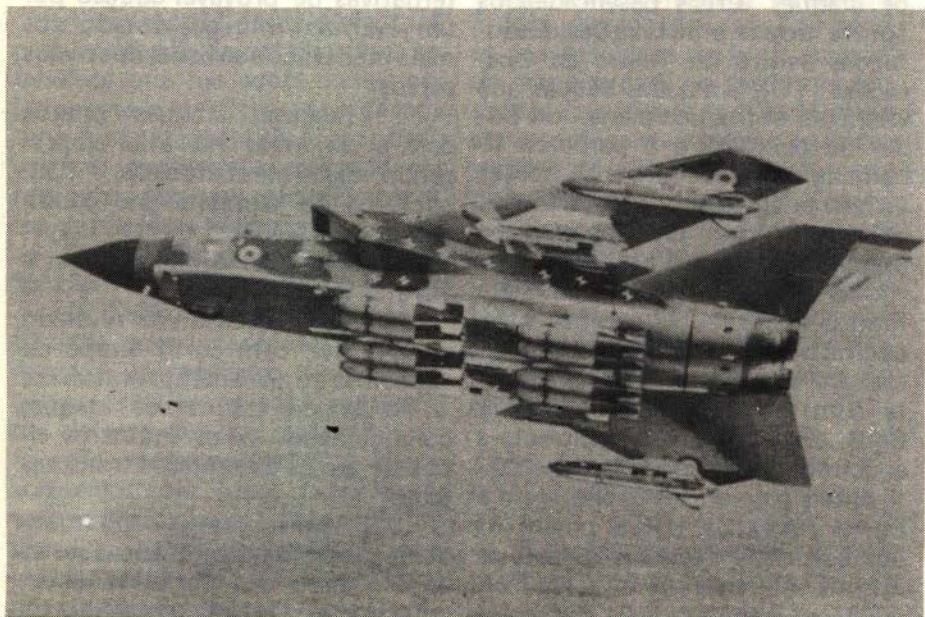
5ª) Empregar os mísseis anti-radiação, a fim de neutralizar os sensores eletrônicos da defesa.

6ª) Fazer uso, rotineira e sistematicamente, durante os ataques, das contramedidas eletrônicas.

7ª) Empregar engenhos teledirigidos e plataformas aerostáticas para reconhecimento e designação de alvos terrestres.

8ª) Empregar bombas e armamento inteligente, inclusive o míssil de cruzeiro.

Ao se apreciar a ameaça aérea no contexto estipulado para o presente trabalho, estabeleceram-se as condições mais desfavoráveis para os sistemas de defesa de superfície, isto é, pintou-se o inimigo potencial em cores vivas, considerando-o portador dos mais requintados meios e recursos da atualidade. Bem compreendemos que, dependendo da localização do Teatro de Operações e, principalmente, do poder nacional dos países envolvidos no conflito, o arsenal bélico irá variar acentuadamente. Primordial, todavia, é se buscar o equilíbrio entre as forças aéreas atacantes e os armamentos antiaéreos postos à disposição da defesa.





## AMBIENTE OPERACIONAL

a. Para melhor compreensão das exigências a que um eficiente sistema antiaéreo para baixa altura deve atender, torna-se primordial não só avaliar corretamente a ameaça contra a qual irá se ante- por como, também, estabelecer a perfeita visualização do ambiente operacional onde será empregado, caracterizando-se os tipos de Pontos Sensíveis (P Sen) na Zona de Combate (ZC), na Zona do Interior (ZI) e na Zona de Administração (ZA) que, provavelmente, merecerão a cobertura antiaérea.

b. Na ZC, as ações se proces- sam de forma extremamente dinâ- mica. Dependendo do tipo de ope- ração que estiver sendo conduzi- da, deverão receber, em princípio, prioridade de defesa:

- as tropas em deslocamento;
- o escalão de ataque, particu- larmente se constituído por blindados;
- os meios de apoio de fogo, sobretudo a Artilharia de Campa- nha;
- as reservas (Z Reu), notada- mente as de blindados;
- os PC e instalações adminis- trativas de maior porte;
- os pontos críticos ao longo dos itinerários; e
- o escalão de segurança, nas ações defensivas.

Para bem cumprir a missão de proteger as peças de manobra aci- ma arroladas, os sistemas de armas antiaéreos deverão possuir uma mobilidade igual ou superior à do elemento apoiado. Além dessa ca- racterística, a necessidade de fre-

qüentemente prover a cobertura de coluna obriga a AAAe da ZC a ter uma "disponibilidade" per- mente, isto é, ela precisa desfru- tar da capacidade de, prontamen- te, engajar-se contra uma incursão inimiga que se revele de forma ino- pinada, passando instantaneamen- te da posição de marcha para a de tiro, mesmo em deslocamento, eli- minando todo e qualquer tempo morto indesejável.

c. Na ZI, a situação é inversa. Caberá à AAAe defender órgãos e instalações fixas, civis e militares, com marcante influência no esfor- ço de guerra.

Quando, por razões diversas, é formulada a hipótese de um con- flito de curta duração, os pontos realmente vitais ficam limitados àqueles que concorram substan- cialmente para o esforço imediato de guerra, com destaque para os relacionados com o Poder Militar. Despontam então, por sua relevân- cia, as instalações da Força Aérea de Defesa Aérea (FADA), tais co- mo aeródromos de desdobramento de caça de interceptação, sítios-ra- dar e centros de controle. Seguem em importância outras instalações militares, concentrações estratégi- cas da força terrestre e indústrias bélicas de montagem final. Os de- mais P Sen permanecem com me- nor prioridade de defesa antiaérea e podem ser protegidos mediante adoção de medidas passivas ou através do emprego de armas de autodefesa.

Assim, na ZI, a AAAe terá mo- bilidade reduzida. Seus desdobra- mentos no terreno se farão de ma- neira relativamente estática. Ape-



nas para minimizar as ações de supressão de defesas por parte do inimigo, determinadas UT (Unidades de Tiro) serão periodicamente deslocadas para posições de troca, mantendo-se, contudo, a configuração geral do dispositivo defensivo planejado para a proteção do P Sen.

d. Na ZA, dependendo do quadro operacional do TO (ofensiva ou defensiva), a situação poderá se assemelhar à de uma ZC ou de uma ZI.

Deverão receber prioridade de cobertura as instalações de comando e de apoio administrativo da FTTOT e as instalações da FAe, sobretudo as do SCAT (Sistema de Controle Aerotático), além de determinados pontos críticos fundamentais à manobra estratégica do TO, como pontes, terminais rodoviários, portos etc.

A AAAe da ZA terá características semelhantes às da ZI. Tendo em vista, entretanto, que na ZA poderá ocorrer necessidade de Def AAe para suprimentos e tropas em deslocamento, é aconselhável a figuração, também, de meios antiaéreos de maior mobilidade e capazes de abrir fogo em marcha ou com curto tempo de entrada em posição de tiro, à semelhança do que acontece na ZC.

## EXIGÊNCIAS PARA UM SISTEMA ANTIAÉREO

### Artilharia antiaérea da ZI e da ZA

Um sistema de arma antiaéreo deve apresentar, quando empregado em áreas da ZI ou da ZA, de-

terminadas possibilidades e características que o capacitem efetivamente a cumprir a missão de anular ou, pelo menos, reduzir os ataques aeroestratégicos e aerotáticos do inimigo.

A seguir, apreciar-se-á algumas delas.

### *Detecção antecipada desde o mais longe possível*

As informações sobre uma incursão aérea, quando obtidas desde o mais longe possível, irão proporcionar aos dispositivos de AAAe o alerta antecipado, criando-lhes o tempo suficiente para a condução das ações defensivas nas melhores condições.

Um radar de vigilância, apto a atuar na faixa de baixa altura — 0 a 3.000 m — e com um alcance eficaz da ordem de 80 km, se impõe no sistema de arma encarregado de proceder à defesa de ponto.

A necessidade da presença desse sensor ativo encontra respaldo no fato de os radares primários, de longo alcance, da FAe, com maior rendimento nas faixas de média e grande alturas, revelarem, por vezes, dificuldade em manter o contato com o incursor quando este último, ao se aproximar do P Sen — 200 a 150 milhas fora — adota um perfil de penetração de muito baixa altura (30 a 100 m do solo), a fim de burlar a detecção e, conseqüentemente, impedir a interceptação por parte dos caças amigos. Nesse caso, não deverá haver "transferência" do incursor do Centro de Operações da Def Aérea



para o COAAe (Centro de Operações Antiaéreas) e caberá exclusivamente à AAe a derradeira missão de detectá-lo e proceder ao seu engajamento.

A partir do seu alcance eficaz máximo, o radar de vigilância de baixa altura do sistema antiaéreo busca e apreende o vetor inimigo e passa a "traqueá-lo" até que possa ser transferido pelo COAAe, para o equipamento de detecção das Unidades de Tiro (UT).

Nas UT, alocadas pelo Centro de Operações Antiaéreas (COAAe) para engajar o incursor, os dados fornecidos pelo radar de vigilância irão orientar a busca setorial do equipamento de detecção da UT: outro radar de busca de menor alcance; o próprio radar de tiro ou um aparelho óptico/optrônico de detecção e pontaria.

Justifica-se pois a existência do radar de vigilância, ou outro tipo de sensor remoto ativo, como um ponderável recurso capaz de cobrir as falhas de detecção (áreas mortas) dos radares da FAe, ampliando o tempo para a reação dos sistemas de defesa de superfície. Assim, a adoção de um radar de vigilância primário nos dispositivos de AAAe da ZI e da AZ complementará, em alcance, na faixa de baixa altura, a ação dos radares da Força Aérea.

O radar de vigilância da AAAe deve revelar uma alta capacidade de resolução e desempenhar múltiplas funções, mesmo sofrendo as influências negativas do terreno nas operações a baixa altura. Precisa realizar um meticoloso tratamento das informações-radar de

forma a: detectar e seguir aeronaves que desenvolvam velocidades de até Mach 2 (2.100 km/h); detectar mísseis e armamento inteligente, inclusive os de trajetória rasteira; eliminar os ecos fixos gerados por obstáculos próximos ao posto-radar, "limpando" ao máximo a tela PPI; só apresentar no escopo ecos de aeronaves que, por sua orientação e velocidade, venham a se constituir realmente em ameaça iminente para o P Sen, contribuindo assim para aumentar a "limpeza" do PPI; detectar alvos de baixa velocidade (planadores, plataformas aéreas) mediante variação de ajuste do MTI; plotar fontes geradoras de ruído, invalidando os dados provenientes de um setor de busca submetido a interferência eletrônica; e outros recursos.

Radares de vigilância semelhantes aos encontrados nos Sistemas GIRAFFE, REPORTER, FLYCATCHER, ARTEMIS, THOMSON e outros cumprem a maioria das múltiplas funções retrocitadas.

### *Identificação automática das aeronaves*

Quando os radares de longo alcance da FAe perdem o contato com o incursor ou quando nem mesmo conseguem detectá-lo, é preciso que a rede de radares de baixa altura da AAAe esteja habilitada a proceder à sua reidentificação ou identificação, respectivamente, tão logo ele penetre em seu domínio de detecção. Para isso, acoplado ao radar de vigilância — radar principal —, deve existir um



radar secundário destinado a proceder à identificação automática das aeronaves. Este radar secundário, mais conhecido como IFF (*Identification, Friend or Foe*), consiste, em linhas gerais de um "perguntador", no transmissor, em terra, que emite um sinal-código e de um "respondedor", a bordo da aeronave amiga, o qual deve atender corretamente ao código selecionado. Em caso de incorreção na resposta ou se não houver resposta, a aeronave interrogada é declarada hostil e, na tela do radar de vigilância primário, o eco do alvo se revelará com a codificação característica de "inimigo".

O IFF é, pois, outro valioso recurso com que conta o artilheiro antiaéreo para enfrentar as manobras de despistamento a alta velocidade e o uso intensivo da camuflagem por parte das aeronaves inimigas. Tais procedimentos comprometem e, muitas vezes, impedem a identificação visual.

De posse do IFF, o sistema de arma contribuirá para uma melhor coordenação entre as defesas aérea e antiaérea, ampliando a segurança das aeronaves amigas, principalmente quando, no interior ou próximo a um P Sen, coberto pela AAAe, existe uma base de desdobramento da caça.

A quase-totalidade dos materiais antiaéreos, inclusive os mísseis portáteis, dispõe do radar ou dispositivo IFF.

#### *Curto tempo de reação*

O tempo de reação é expresso pelo intervalo mínimo, em segun-

dos, necessário ao armamento antiaéreo para reagir face a um ataque aéreo. É medido a partir da detecção da aeronave inimiga. Extingue-se no momento do disparo contra esse alvo. Durante o referido intervalo de tempo, se sucedem as operações de detecção, identificação e apreensão do alvo, mais a pontaria e o disparo.

Um tempo de reação de até 10 segundos pode ser aceito como satisfatório para os materiais empregados na defesa de ponto, sejam eles canhões ou mísseis. A razão dessa exigência justifica-se pelo possível atraso que pode ocorrer na detecção. O retardo acontece quando o incursor, após burlar ou sobrepujar os interceptadores, investe contra o P Sen defendido, adotando um perfil de penetração muito baixo, tirando proveito do relevo e dificultando a atuação dos meios de detecção, só sendo percebido quando se encontra muito próximo do dispositivo de defesa. Se o sistema antiaéreo puder reagir em curto intervalo de tempo, a partir da detecção retardada, ainda assim poderá engajar e abater o atacante antes de ele fazer uso pleno de seus armamentos.

Apenas para realçar a importância do tempo de reação nas ações a baixa altura, criar-se-á, como exemplo, a seguinte situação hipotética: um caça-bombardeiro penetra em território amigo voando a menos de 200 pés de altitude e desenvolvendo 540 nós (270 m/s) de velocidade. A detecção, retardada, só é conseguida a 10 km do P Sen. Em aproximação,



esse avião levará pouco mais de meio minuto, 37 s exatamente, para sobrevoar seu objetivo. Nesse breve intervalo de tempo, o sistema antiaéreo deverá plotar a aeronave, identificá-la, processar os comandos de tiro e contra ela disparar antes que atinja a Linha de Lançamento de Bombas (LLB). Se houver baixa visibilidade ou se o piloto tirar partido de contramedidas eletrônicas, a situação mais se agravará para a defesa. Frente a tal ameaça, a extrema rapidez de reação da arma antiaérea se impõe de forma absoluta.

#### *Elevada velocidade de acompanhamento dos alvos*

Um caça-bombardeiro de propulsão a reator, em ataque de precisão, para utilizar adequadamente suas armas e lançar as bombas que transporta, deverá, em função delas, selecionar a sua velocidade de ataque ao solo. Em qualquer caso, ela se manterá bastante acentuada: da ordem de 200 a 300 m/s (720 a 1.080 km/h).

Para uma UT de Artilharia, estacionária, esta aeronave, a curto alcance, 2 a 5 km, se apresentará com uma grande velocidade angular. Torna-se necessário que os equipamentos de direção de tiro e de pontaria disponham de elevada velocidade para acompanhamento do atacante, tanto em direção quanto em altura, de forma a "persegui-lo" cerradamente em sua evolução e abatê-lo.

#### *Alcance compatível*

O incursor deve ser destruído, ou pelo menos neutralizado, o mais afastado possível do ponto a defender.

O domínio de tiro de um sistema de arma, isto é, o volume do espaço aéreo onde se torna possível a interceptação do vetor hostil pelos mísseis ou granadas disparadas, é condicionado pela velocidade adquirida pelos dois móveis e pelo alcance do sistema de superfície. Deve existir, por conseguinte, uma compatibilização adequada entre o alcance de emprego da AAAe e o tipo de ameaça contra a qual irá se antepor.

Para os materiais antiaéreos destinados à defesa de ponto, os alcances eficazes atingem, em média, os seguintes valores: mísseis portáteis, de muito curto alcance, 1.500 a 2.000 m; canhões automáticos, 2.000 a 5.000 m; mísseis de curto alcance, 5.000 a 8.000 m.

Por conseguinte, num dispositivo de AAAe, organizado à base de combinação de materiais, cabe aos mísseis de curto alcance dar o primeiro combate ao inimigo, enquanto os canhões, os mísseis portáteis e as metralhadoras múltiplas aprofundam a defesa, engajando os atacantes que conseguirem escapar à ação daqueles primeiros mísseis.

#### *Cadência de tiro elevada*

Um dos fundamentos doutrinários a ser respeitado no emprego da AAAe de tubo continua a ser o



de massa de fogos, independentemente da melhoria cada vez mais acentuada no desempenho da munição de proximidade e na precisão das bocas-de-fogo (aumento de Vo, raiamento progressivo etc.).

No momento em que o planejador de um dispositivo defensivo, a base de material de tubo, distribui suas UT pelo terreno, o faz de modo a conservar o atacante, em qualquer rota de aproximação que se apresente, sob o fogo cerrado de duas ou mais UT, durante todo o tempo de exposição aos canhões antiaéreos. E, como esse intervalo de tempo, no ataque a baixa altura, revela-se extremamente curto (6 a 10 s), limitando-se a "corrida para o bombardeio", é preciso que o sistema de arma tenha reais condições de saturar o seu volume de responsabilidade com uma compacta massa de fogos, ajustados e precisos.

Para atender ao princípio da massa, os modernos materiais multitubos, de baixo calibre (20 a 40 mm), ampliaram, consideravelmente, sua cadência de tiro.

A título de ilustração, fornece-se uma pequena relação de canhões antiaéreos com a respectiva cadência de tiro:

- Sistema GEPARD, bitubo, 35 mm (RFA) = 1.100 t/min;
- Sistema VULCAN M 168, quadritubo, 20 mm (EUA) = 3.000 t/min;
- Sistema GEMAG, 25 mm, bitubo (EUA) = 2.200 t/min;
- Sistema SABRE, bitubo, 30 mm (ING) = 1.300 t/min;

— Sistema GIAT-CERBÈRE, 76T2, bitubo, 20 mm (FR) = 2.000 t/min;

— Sistema ZU 23-4, quadritubo, 23 mm (URSS) = 800 t/min;

— Sistema DRAGON, bitubo, 30 mm (ESP/RFA) = 1.300 t/min;

— Sistema GOOLKEEPER, hexatubo, 30 mm (HOL), arma anti-míssil = 4.200 t/min;

— Sistema TA 20/RA 20, EMD, bitubo, 20 mm (FR) = 2.000 t/min;

— Sistema OERLIKON/CONTRAVES, bitubo, 35 mm (BR) = 1.100 t/min;

— Sistema GUARDIAN, bitubo, 400 mm (ITA) = 600 t/min;

— Sistema DIVAD, "Sgt York", bitubo, 40 mm (EUA) = 600 t/min;

— Sistema ARTEMIS, bitubo, 30 mm (GRÉCIA) = 1.600 t/min.

### *Direção de tiro eficaz*

A direção de tiro é o cérebro de um sistema antiaéreo. Nela são recebidas as informações relativas aos alvos e processados os comandos de tiro a serem transmitidos aos canhões ou aos mísseis para abatê-los.

Em determinados sistemas de armas, a Central de Direção de Tiro (CDT) se apresenta como um conjunto isolado, ligada aos canhões ou aos lançadores de mísseis por meio de cabos ou fios. Esta configuração modular é observada nos Sistemas SKYGUARD, CROTALE, SUPERFLEDERMAUS, FILA, FLYCACHER, ARTEMIS e outros. Para entrar em posição de



tiro, exigem um tempo mínimo para instalação e ajustagens. Seu emprego é recomendado para a ZI ou a ZA.

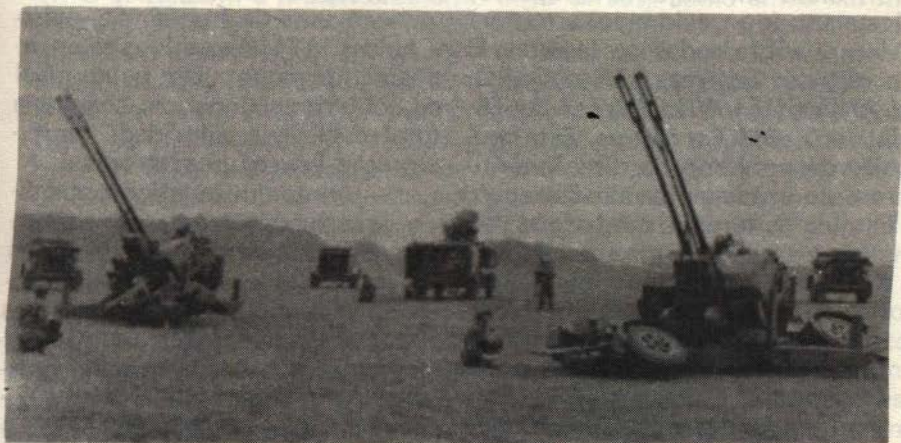


Fig. 6. UT em configuração modular. Armamento ligado à CDT por cabos.  
Emprego adequado: ZI ou ZA.



Fig. 7. UT em configuração compacta. Direção de tiro acoplada ao armamento.  
Ideal para ZC.



Em outros sistemas antiaéreos, a CDT é integrada ao armamento, formando um conjunto compacto, instalado (ou tracionado) em (por) viatura sobre rodas ou lagartas. É o caso dos Sistemas GEPARD, ROLAND, BOFI, WILDCAT, ADATS, DIVAD, GIAT e outros. Esta reunião do conjunto da direção de tiro e do armamento num só reparo elimina os tempos mortos nas passagens da posição de marcha para a de tiro, conferindo à UT uma disponibilidade instantânea para engajar-se em missões de combate. Ideal para emprego na Zona de Combate.

Independente do tipo de material, míssil ou canhão, a CDT de um sistema de arma antiaéreo, destinado a defesa a baixa altura, comporta, geralmente, os seguintes equipamentos básicos:

- um preditor ou calculador, que é um computador central, analógico, encarregado de:

- produzir os elementos de tiro (ângulos de sítio, de precessão e de tiro) para apontar os canhões no ponto futuro;

- elaborar as ordens de guiamento para conduzir o míssil na direção do alvo designado, interceptando-o;

- um (ou dois) radar(es) de tiro para efetuar o "traqueamento" do alvo designado e fornecer ao preditor as coordenadas de sua posição presente (sistema de canhões) ou para acompanhar, simultaneamente, o alvo e o míssil disparado, informando ao calculador os desvios, em direção e altura, entre os dois móveis no espaço (sistema de mísseis). Para bem cumprir essas

missões, um moderno radar de tiro, além das funções básicas, deve apresentar os seguintes recursos: agilidade de frequência, pulso a pulso; MTI adaptativo; acompanhamento monopulso; baixo nível de lóbulos secundários; coerência total e elevada velocidade de exploração (varredura eletrônica).

- um conjunto ótico/optrônico para substituir o radar de tiro quando se opera em modo visual ou sob intenso bloqueio eletrônico do inimigo. Os componentes ópticos são, via de regra, uma luneta/goniômetro infravermelho (mísseis) ou um apontador ótico auxiliar (canhões). Os optrônicos são o telêmetro a *laser* e o medidor de desvios por TV;

- um transmissor de telecommando para enviar as ordens de guiamento para o míssil em voo;

- um conjunto contendo a lógica que controla toda a sequência de tiro (nos mísseis);

- um conjunto de interfaceamento para permitir a compatibilização da CDT com o armamento escolhido, possibilitando que os dados gerados no computador central sejam aproveitados de forma correta pelos canhões ou pelos mísseis;

- uma fonte de energia — grupo eletrogêneo — para suprir todos os equipamentos acima.

Com essa composição geral, a CDT de uma UT de canhão ou míssil torna-se capaz de engajar, processar e abater um alvo de cada vez. Contudo, em sistemas mais aprimorados e projetados para se antepor a ataques de saturação, a CDT tem condições de "tra-



quear" e abater mais de um alvo ao mesmo tempo. Para tal, o sistema conta com a presença de um microprocessador de alvos que opera em combinação com o radar de busca, localizado normalmente na própria UT, ou com o radar de vigilância do SIAAAe, ligado ao COAAe e atendendo a todo o dispositivo defensivo. Como exemplo, citaremos o Sistema de Mísseis THOMSON/CSF CROTALE, cuja Bateria de Tiro, composta por três UT e uma Unidade de Apreensão do Alvo, processa até 12 alvos e tem possibilidade de engajar e interceptar seis deles (dois por UT) simultaneamente. Outro exemplo: a CDT FILA (AVIBRÁS), que pode, igualmente, processar até oito alvos, engajando, ao mesmo tempo, conforme a sua constituição em armamentos, os dois mais ameaçadores.

O perfeito desempenho dos diversos equipamentos que compõem a direção de tiro se reflete diretamente na eficiência do sistema de arma antiaéreo.

### Munição de alto desempenho

A necessidade de combater aeronaves em manobras evasivas e desenvolvendo velocidades cada vez maiores nos ataques ao solo obriga a que o sistema antiaéreo de baixa altura seja dotado de munição com alto desempenho, a fim de que seja atingido o grau de letalidade almejado.

#### *Munição para o material de tubo.*

Os canhões e metralhadoras múltiplas devem possuir uma ga-

ma variada de projetis para emprego não só no tiro contra vetores aéreos, como ainda nas missões eventuais de superfície contra alvos terrestres. Normalmente, os sistemas de tubo dispõem de granadas convencionais de alto explosivo, com ou sem traçante. Além dessas, podem ser usadas granadas incendiárias, perfurantes e pré-fragmentadas.

Os atuais projetis pré-fragmentados de alto explosivo, de 35 e 40 mm, são escorvados por espoletas especiais, cujo acionamento se verifica por impacto direto contra o alvo ou por proximidade, este último processo graças a um eficaz e ajustado mecanismo eletrônico que opera com base no efeito Doppler.

No caso da munição pré-fragmentada PFHE, Mark 2/BOFORS, de 40 mm — orgânica do canhão L 70, FAK, dotação dos novos Grupos de Artilharia Antiaérea —, a espoleta eletrônica de proximidade dispõe de circuito específico para realizar o controle automático da sensibilidade. Esse auxílio assegura o emprego com segurança a muito baixa altura, com reduzidas possibilidades de ativação acidental. Outra inovação oferecida por essa espoleta diz respeito à inclusão de circuitos de CCME para neutralizar a interferência eletrônica por parte do atacante.

Nesse tipo de munição, a Mark 2, o arrebatamento da granada pré-fragmentada, de hexotonal, provoca uma "chuva" de estilhaços, cerca de 2.400, em forma de feixe cônico, que adquirem, no momento da explosão, velocidades



iniciais acima de 1.000 m/s. Assim, o poder de penetração desse projétil pré-fragmentado revela-se bem superior ao da granada convencional.

A presença da espoleta de proximidade faz crescer sobremaneira a probabilidade de acerto (Pk) do material tubo, mesmo em "rotas a zero", frontais. Um arrebentamento a até 6 m do avião resulta-lhe fatal, porque os fragmentos da granada o envolvem por inteiro, alcançando e avariando suas partes vitais. No tiro contra helicópteros, se o projétil passar a 6 m da fuselagem ou a até 2 m do rotor, ele será ativado. Nos disparos contra mísseis, 10 a 15 estilhaços certos são suficientes para desestabilizá-lo em vôo e provocar sua queda.

#### *Mísseis antiaéreos*

Os mísseis de curto (5 a 10 km) e de muito curto alcance (0 a 5 km) são largamente empregados a baixa altura, na defesa de Pontos Sensíveis, para ampliar e complementar a atuação dos canhões automáticos.

A fim de cumprir integralmente essa missão, o míssil solo-ar precisa se revestir de determinadas características operacionais, consideradas relevantes para o combate aeroespacial:

1ª) desenvolver uma alta e constante velocidade de cruzeiro, acima dos 500 m/s (Mach 1.6), de maneira a:

- assegurar a interceptação de vetores de combate supersônicos;
- reduzir ao máximo o tempo em trajetória, furtando-se, quanto

possível, às contramedidas eletrônicas do inimigo.

2ª) dispor de boa capacidade de manobra (elevado fator de carga) para enfrentar e se ajustar às ações evasivas do atacante. Os mísseis antiaéreos, não obstante a sua grande velocidade, devem apresentar um fator de carga acima de 10 g.

3ª) atuar por proximidade ou por impacto direto contra o alvo.

4ª) possuir um sistema de pilotagem que receba as ordens de guiamento, oriundas da UT, codificadas, admitindo, ainda, variações simultâneas de códigos de telecomando e de frequências de operação momentos antes do lançamento (CCME).

5ª) apresentar-se sempre pronto para o disparo, com o próprio invólucro servindo como tubo de lançamento, eliminando, destarte, qualquer tempo morto em ajustes prévios e, ao mesmo tempo, favorecendo os trabalhos de manutenção.

6ª) efetuar a operação de carregamento (colocação de um novo míssil no dispositivo de lançamento) em menos de 10 s.

7ª) suprimir a ação da espoleta de proximidade nos disparos a muito baixa altura sobre tropas amigas.

8ª) operar tanto no modo óptico quanto no modo radar, permitindo a comutação de um para o outro.

9ª) dispor de um alcance máximo (queima total do propulsor) que garanta a interceptação o mais afastado possível (6 a 8 km do



P Sen) e um alcance mínimo (500 a 1.000 m) capaz de garantir a interceptação, mesmo que ocorra um retardo na detecção do alvo.

### **Elevada probabilidade de acerto**

Apresenta-se como o corolário das exigências até o momento apreciadas.

A razão maior do tiro antiaéreo é a busca da destruição de vetor aéreo inimigo. Para que se torne satisfatória a relação custo/benefício de um armamento, impõe-se que o seu "Pk" revele-se elevado, quando o sistema de arma for empregado dentro das condições para as quais foi projetado. Assim, levando em consideração a velocidade e a rota de aproximação da aeronave atacante, a probabilidade de acerto/destruição do material antiaéreo refletir-se-á, na verdade, como consequência do somatório de várias possibilidades a serem atendidas, tais como: capacidade de detecção antecipada, eficiência do sistema de direção de tiro, elevada velocidade de acompanhamento, cadência de tiro/disparo compatível, justeza e precisão da peça/plataforma, desempenho correto da munição e outros fatores que contribuem em menor intensidade.

Na baixa altura, uma probabilidade de acerto média de 80% para os mísseis e uma acima de 70% para o material de tubo já traduzem bom rendimento e inspiram relativa confiabilidade.

### **Operação sob quaisquer condições meteorológicas e à noite**

A escuridão e as más condições atmosféricas já não oferecem ao defensor o respaldo da proteção contra incursões aéreas inimigas observado em épocas passadas.

O acompanhamento automático do relevo a muito baixa altura (200 a 300 pés), à noite ou sob nevoeiro, proporcionado pelos sistemas de navegação inercial, o tiro-míssil e a liberação de bombas por processos computadorizados asseguram ao agressor maior flexibilidade de emprego. A vetorização radar e a segurança proporcionada pelas centrais à inércia converteram-se em realidade, amplamente explorada. Por conseguinte, a potencialidade dos caças-bombardeiros, quando operam ao escurecer ou sob condições meteorológicas adversas, com fraca ou nenhuma visibilidade, cresceu bastante na última década.

Para enfrentar esses tipos de ataque, os sistemas antiaéreos precisam dispor de radares de busca e de tiro, para realizar a detecção, identificação e traqueamento dos alvos, e de visores ópticos para facilitar a pontaria noturna com dispositivos especiais de ampliação de luz, imagem térmica, câmera termográfica, seguimento infravermelho etc.

Equipamentos do tipo DN 181-BLINDFIRE/MARCONI, desenvolvido para o Sistema RAPIER e do tipo FLIR (acompanhamento por contraste), instalado no IMPROVED CHAPARRAL, vêm se revelando de grande eficácia.



## Integração de materiais

O atendimento ao princípio doutrinário da combinação do material de tubo com o de mísseis é altamente desejável quando se planeja um dispositivo de defesa antiaérea a baixa altura que exija acentuado grau de impenetrabilidade.

Os recentes conflitos comprovaram a necessidade de se prover a defesa de ponto desdobrando-se uma "família de armas", de maneira a haver uma suplementação nas tarefas desempenhadas por cada tipo de armamento.

Nos ataques a muito baixa altura, quando as aeronaves procuram beneficiar-se das dobras do terreno para burlar a ação dos equipamentos eletrônicos, os mísseis, por vezes, se revelam pouco eficientes, sofrendo com essa interferência.

Acrescem-se a isso as contramedidas eletrônicas aplicadas pelo inimigo. É nessas condições que a artilharia tradicional de tubo se mostra insubstituível, cabendo-lhe engajar os vetores de ataque em sua corrida final para o alvo, após haverem suplantado a atuação dos mísseis. O canhão, o míssil portátil e a metralhadora múltipla aprofundam a defesa iniciada pelo míssil de curto alcance, recobrimdo-lhe as áreas mortas.

Um sistema de tubo deve possuir condições de se integrar a um de mísseis, e vice-versa. Essa integração se processa através dos centros de controle e coordenação (COAAe) ou por intermédio do

próprio equipamento de direção de tiro das UT (CDT).

Observa-se, inclusive, uma nova tendência de acoplar em um único reparo canhões de baixo calibre e elevada cadência de tiro com mísseis de muito curto alcance. É a integração na peça.

Os exemplos a seguir procuram demonstrar essa convivência do canhão com o míssil na faixa de baixa altura:

— Sistema VULCAN/CHAPARRAL, constituído pelo canhão de 20 mm, quadritubo, VULCAN, M-163A-1 VADS e o míssil de muito curto alcance (8 km) CHAPARRAL. Equipa o Exército americano e ainda é empregado por Forças da OTAN e de outros países.

— Sistema SKYGUARD/MÍS-SIL. Nesse sistema modular, em cada UT, a Central de Direção de Tiro (CDT) controla, simultaneamente, dois canhões bitubos OERLIKON de 35 mm e dois lançadores de Mísseis SPARROW (15 km). Foi desenvolvido para equipar as forças terrestres do Egito.

— Sistema CROTALE/CERBÈRE

É composto pelo míssil de curto alcance CROTALE (8,5 km) e pelo canhão bitubo de 20 mm, 76T2, GIAT-CERBÈRE (1.500 m). Utilizado pela FAe francesa na defesa antiaérea de suas bases. A designação de alvos para os canhões é feita pelo CROTALE.

— Sistema ROLAND / CHAPARRAL/REDEYE

Associa o míssil de curto alcance ROLAND II (6 km) com os mísseis de muito curto alcance CHA-



PARRAL (3 km) e STINGER (5 km) ou REDEYE (3 km). Cabe à UT ROLAND II fazer a designação dos alvos e proceder à alocação das armas. Em fase de testes nos Estados Unidos.

— Sistema BLAZER, GEMAG 25

Na torre de uma viatura sobre lagartas, ou sobre rodas, são instalados uma peça de canhões quadritubos de 25 mm, GATLING, GAU-12/U e quatro lançadores de mísseis STINGER. Em fase de testes. É a primeira tentativa de se reunir num só reparo canhões e mísseis.

— Sistema ZSU 23-4/SAM 9/SAM 7

No apoio às tropas de primeiro escalão das forças terrestres, o Exército soviético emprega, de forma integrada, a nível Regimento, o canhão bitubo ou quadritubo de 23 mm, ZSU 23-2 ou 23-4 (SHILKA), com o míssil SAM 7, GRAIL e SAM 9, GASKIN. O equipamento de direção de tiro do canhão (CDT) realiza a designação de alvos para as guarnições do míssil SAM 7 e SAM 9, desprovidos de sensores eletrônicos para a detecção.

— Sistema GEPARD/ADATS

Associa dois sistemas antiaéreos autopropulsionados: o 570 GEPARD/CA-1, CAESAR, de canhões geminados de 35 mm, e o ADATS, de mísseis de curto alcance. A UT de cada um desses dois sistemas constitui-se de um só conjunto formado pela viatura sobre lagartas LEOPARD, na qual são montados os radares, a direção de tiro e os próprios armamentos, com munição suficiente para os

primeiros engajamentos. A integração é feita pelo COAAe do dispositivo defensivo.

— Sistema SOLAR / OERLIKON/BOFORS

O Exército brasileiro, apoiado na indústria bélica nacional, espera, nos próximos anos, montar um sistema antiaéreo para baixa altitude, cujas UT seriam constituídas pelo míssil de curto alcance SOLAR (8 km), a ser produzido pela AVIBRÁS com base no ROLAND II, e pelos canhões OERLIKON de 35 mm (4 km de alcance) ou BOFORS L 70/B, FAK, de 40 mm (3,8 km). O controle e a coordenação de emprego dos canhões e dos mísseis serão efetuados pela CDT FILA (da AVIBRÁS) que, para isso, já dispõe dos dispositivos de interfaciamento.

— Sistema CORAD

O CORAD (Coordinated ROLAND Air, Defense) integra, através de um Centro de Coordenação ROLAND, RCC, até 8 UT de canhões ou de mísseis portáteis do tipo STINGER ou REDEYE. O RCC processa os dados relativos aos vetores atacantes e aloca convenientemente o meio para engajar cada um deles. Foi projetado para enfrentar ataques de suturação, repartindo os alvos pelos canhões e pelos mísseis no momento apropriado. O sistema foi desenvolvido, em consórcio, pela SIEMENS/THOMSON/EUROMISSILE para equipar a Força Aérea da Alemanha Ocidental e, possivelmente, diversas bases americanas da OTAN, desdobradas na RFA.

Além dos exemplos apontados, existem muitas outras combina-



ções possíveis de canhão e míssil na defesa de ponto. A sofisticação e o requinte de cada sistema combinado dependem evidentemente do poderio bélico do seu detentor e, acima de tudo, do grau e natureza da ameaça contra a qual se vai antepor.

### Recursos face às contramedidas eletrônicas

A guerra eletrônica (GE) introduziu-se progressivamente e acabou por assumir proporções inimagináveis no moderno campo de batalha. Seus reflexos marcantes se fazem sentir nas operações das forças em combate. Na defesa aeroespacial, é profunda a sua influência, em particular na AAAe, onde os limites de resistência dos sensores e demais meios eletrônicos são reduzidos e, muitas vezes, anulados diante da perturbação e do bloqueio provocados pelas contramedidas do agressor aéreo durante seus ataques.

A interferência ativa configura-se pela transmissão de sinais na mesma frequência e com características semelhantes aos sinais emitidos pelos radares e outros equipamentos eletrônicos dos sistemas antiaéreos, tais como: transmissor de telecomando, dispositivo IFF, espoletas de proximidade, radiocomunicação etc.

As contramedidas (CME) postas em prática pelo inimigo aéreo assumem, em relação aos dispositivos de defesa, as formas a seguir:

1ª) Interferência eletrônica com o equipamento gerador instalado em uma aeronave que desenvolve

uma rota relativamente afastada do dispositivo defensivo (*background jammer* ou *stand-off jammer*).

2ª) Interferência com o dispositivo perturbador postado em uma aeronave que acompanha, em rota paralela, a formação tática de ataque (*accompanying jammer*).

3ª) Interferência com o equipamento de GE colocado a bordo da própria aeronave de ataque (*on board jammer* ou *selfscreening jammer*).

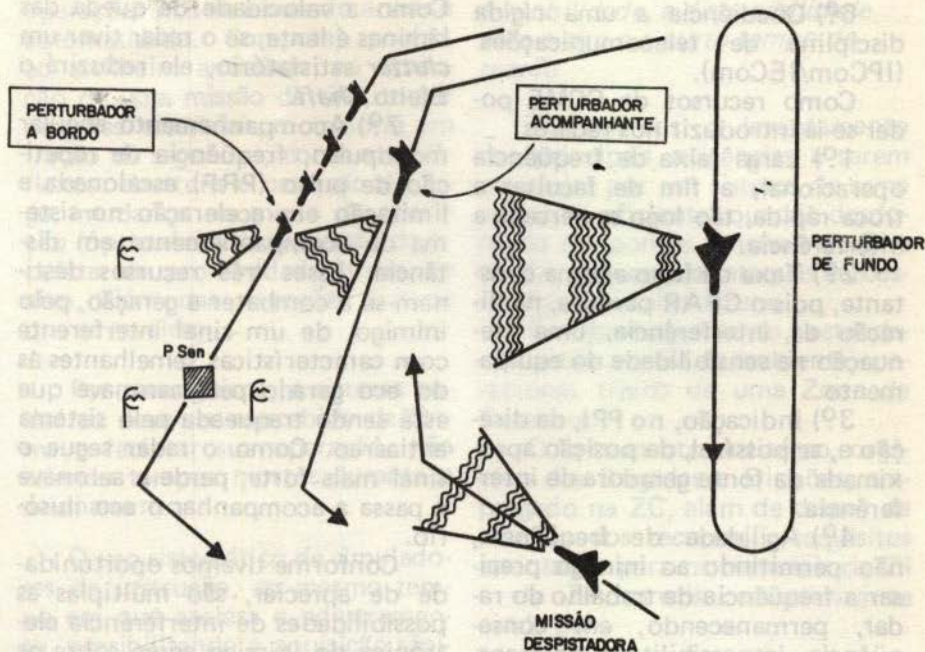
A figura a seguir procura mostrar essas três formas de interferência.

Para enfrentar, com chance, as rotineiras tentativas de bloqueio eletrônico, os sistemas de defesa precisam dispor de equipamentos especiais. Acrescem-se a esses recursos materiais os procedimentos preventivos e acautelatórios adotados pelos artilheiros para conviver no ambiente contaminado. Esse conjunto consubstancia as chamadas CCME (contra-contra medidas eletrônicas).

Em termos de procedimentos específicos, as principais são:

1ª) Emprego parcimonioso dos meios de detecção ativos. Exemplo: em cada dispositivo antiaéreo, utilizar somente um radar de vigilância, central, transmitindo, via COAAe, as informações sobre alvos para todas as UT. Estas, por sua vez, só acionarão seus radares de busca e de tiro quando forem alocadas pelo COAAe para engajar a incursão. Minimiza-se assim o risco de ataques de supressão de defesas através dos mísseis anti-radar. Observa-se, aliás, uma nova





tendência doutrinária de se instalar, em cada dispositivo de defesa antiaérea, o radar multifuncional. Este sensor incorpora importantes inovações, entre as quais a variação rápida de frequência e a alta velocidade de exploração por meio da varredura eletrônica. A primeira apresenta-se como eficaz CCME, enquanto a segunda possibilita o tratamento simultâneo de vários alvos, acelerando o cálculo dos elementos de tiro.

2ª) Realização, sempre que possível, da apreensão e acompanhamento dos alvos no modo óptico/optrônico: luneta/goniômetro, telémetro a laser/TV. O rastreamento optrônico, semi-automáti-

co, é menos susceptível às CME.

3ª) Troca constante de frequência e dos códigos de operação dos equipamentos eletrônicos. Em determinados sistemas de mísseis, essa CCME já foi introduzida. A seleção do código e da frequência do transmissor de telecomando é feita automaticamente, antes do disparo, para cada míssil no lançador.

4ª) Plotagem da fonte geradora de ruídos, de forma a se invalidar as informações-radar provenientes do setor submetido à interferência eletrônica.

5ª) Supressão da ação da espoleta de proximidade, se esta não possuir circuitos de CCME.



6ª) Obediência a uma rígida disciplina de telecomunicações (IPCom/IECom).

Como recursos de CCME poder-se-ia introduzir nos radares:

1º) Larga faixa de frequência operacional, a fim de facultar a troca rápida, tão logo se perceba a interferência.

2º) Taxa de falso alarme constante, pois o CFAR permite, na direção da interferência, uma atenuação na sensibilidade do equipamento.

3º) Indicação, no PPI, da direção e, se possível, da posição aproximada da fonte geradora de interferência.

4º) Agilidade de frequência, não permitindo ao inimigo precisar a frequência de trabalho do radar, permanecendo, em consequência, impossibilitado de transmitir um sinal interferente correto. Essa seja talvez a mais efetiva CCME, principalmente quando a emissão se processa pulso a pulso.

5º) Acompanhamento em distância digital. De posse desse artifício, o radar gera uma "janela" de distância em torno do eco recebido e não considera sinais fora dela. Uma interferência pulsada, não-síncrona, é imediatamente rejeitada pelo equipamento.

6º) Alta capacidade de cancelar ecos fixos gerados pelo solo (*clutter*). Com esse recurso, o radar enfrenta em boas condições o chamado Efeito *Chaff*, provocado quando o inimigo faz ejetar, no volume de cobertura do radar, lâminas de papel alumínio com dimensões múltiplas de comprimento de onda do sinal transmitido.

Como a velocidade de queda das lâminas é lenta, se o radar tiver um *clutter* satisfatório, ele reduzirá o Efeito *Chaff*.

7º) Acompanhamento angular monopulso, frequência de repetição de pulso (PRF) escalonada e limitação em aceleração no sistema de acompanhamento em distância. Esses três recursos destinam-se a combater a geração, pelo inimigo, de um sinal interferente com características semelhantes às do eco gerado pela aeronave que está sendo traqueada pelo sistema antiaéreo. Como o radar segue o sinal mais forte, perde a aeronave e passa a acompanhar o eco ilusório.

Conforme tivemos oportunidade de apreciar, são múltiplas as possibilidades de interferência eletrônica do inimigo aéreo sobre os equipamentos da defesa. Entrementes, os novos sistemas de armas começam a incorporar, paulatinamente, recursos de CCME de relativa eficiência.

No presente trabalho, não foram considerados os meios de superfície de GE, que proliferam na ZC, por serem sobejamente conhecidos dos combatentes de qualquer força terrestre.

### Facilidade de acionamento e de manutenção

As ações aéreas a baixa altura se processam com extrema rapidez.

Como pudemos analisar exaustivamente, na defesa de ponto o intervalo de exposição de um caça-bombardeiro às armas de defesa é da ordem de poucos segundos.



Em decorrência, a maioria das operações nos sistemas de armas é automatizada. Compete, porém, ao artilheiro antiaéreo, na execução de uma missão de tiro, tomar decisões essenciais, a maioria em fração de segundos, como atos reflexos: abertura e cessação do fogo, mudança no modo de operação (óptico/radar), supressão da espoleta de proximidade, troca de alvo, além das situações críticas que se revelem.

Por conseguinte, o sistema antiaéreo deve ser concebido de forma a facilitar sua operação, não criando tempos mortos durante o acionamento.

O uso sistemático de simuladores de instrução, ao mesmo tempo em que acelera o adestramento, possibilitando a aquisição rápida de reflexos por parte dos serventes no manuseio dos equipamentos, permite a preservação do material de tiro.

Quanto ao aspecto manutenção, os trabalhos de primeiro e segundo escalões, a cargo das Unidades, também necessitam ser facilitados, de maneira a reduzir o tempo de indisponibilidade acarretado pelas atividades preventivas.

Um dispositivo automatizado e autoprogramável de verificação e controle dos conjuntos principais (tipo Caixa de Controle de 1º Escalão do Material ROLAND) favorece e agiliza sobretudo a manutenção orgânica a níveis Seção e Bateria.

*Artilharia Antiaérea da ZC.*  
*A mobilidade, a disponibilidade para o tiro e o curto tempo de reação*

Terminamos o levantamento das principais exigências a serem atendidas por um sistema de arma antiaéreo eficiente, quando desdobrado em pontos sensíveis da ZI e da ZA para engajar ataques aeroestratégicos a baixa altura.

Em prosseguimento, estendamos nossa análise ao ambiente operacional típico de uma Zona de Combate.

O armamento antiaéreo, orgânico das Brigadas e Divisões, empregado na ZC, além de dispor da maioria dos recursos e requisitos apontados para os materiais da ZI e da ZA, precisa caracterizar-se ainda por:

- autonomia de emprego;
- mobilidade igual ou superior à da tropa apoiada;
- passagem rápida da posição de marcha para a de tiro;
- curto tempo de reação.

A auto-suficiência de emprego se faz exigir porque, a miúdo, as Baterias ou Grupos de AAAe apóiam peças de manobra em operações profundas e independentes, normalmente perdendo o contato com os órgãos da FAe amiga. Tal situação acarreta a falta de cobertura radar antecipada do SCAT. A AAAe vê-se impelida a enfrentar, com seus próprios meios, os ataques aerotáticos inimigos. Para tanto, precisa se auto-sustentar com equipamentos de detecção, processamento e alocação de alvos.



Quanto à mobilidade tática e à disponibilidade permanente, são facilmente satisfeitas ao se agrupar todos ou a maior parte dos componentes do sistema antiaéreo num só reparo (posto de tiro), instalado sobre o chassi de um veículo, sobre rodas ou sobre lagartas. Essa viatura deve ser QT (qualquer terreno) e apresentar considerável raio de ação, superior aos 500 km, por estradas. Com essa configuração compactada, evita-se o tempo morto despendido nas ligações entre os componentes do sistema, no nivelamento e, em alguns materiais, na orientação. A passagem da posição de marcha ou de vigilância para a de tiro e vice-versa se realiza de forma instantânea, bastando destravar a torre e acionar a direção de tiro, cujos equipamentos eletrônicos já se encontram pré-aquecidos. Assim organizado, o sistema autopropulsionado pode executar adequadamente as coberturas de colunas de marcha, entrar e sair de posição, com tempo restrito. Além disso, a viatura sobre a qual é instalado o posto de tiro oferece à guarnição muito boa proteção contra estilhaços e tiros de armas leves, podendo, se preparada, operar em ambiente QBR.

Finalmente, o tempo de reação do sistema ou pronta-resposta antiaérea. Focalizado e realçado quando se tratou dos materiais típicos de ZI e ZA, cresce mais ainda de importância na ZC, transformando-se em fator impositivo. No campo de batalha, os ataques aerotáticos de helicópteros e caças-bombardeiros exploram exaustivamente a surpresa. A detecção se

faz, muitas vezes, com retardo. O incursor é pressentido a poucos quilômetros do dispositivo defensivo. Se o sistema antiaéreo despende um "longo" tempo para reagir (mais de 10 s), não haverá mais condições de engajá-lo e abatê-lo.

Para concluir esta abordagem sobre os materiais antiaéreos para a ZC, uma breve palavra sobre os mísseis portáteis: espalhados judiciosamente por diversos pontos do terreno, constituem-se, na ZC, em arma preciosa nas mãos do Cmt da AAAe. Por não exigirem um desdobramento técnico como os canhões e os mísseis antiaéreos, convertem-se, pela surpresa, em excelente trunfo para enfrentar os ataques do inimigo, notadamente os de supressão de defesas antiaéreas, realizando, nesse caso, a autodefesa dos materiais mais nobres.

Além dessa missão, os mísseis portáteis do tipo STINGER, REDEYE, BLOWPIPE, JAVELIN, RBS/70 e outros, por sua versatilidade e flexibilidade de emprego, transformaram-se no armamento antiaéreo ideal para prestar o apoio às frações de tropa destacadas em primeiro escalão e desprovidas de meios antiaéreos orgânicos, como os batalhões de infantaria e regimentos de cavalaria. Nas ações aeroterrestres e aeromóveis, cresce de importância a sua participação, pela facilidade de transporte e lançamento de pára-quedas.

## CONCLUSÃO

Ao findar este modesto trabalho, acreditamos haver repassado



ao leitor algumas das principais exigências que um sistema de arma antiaéreo precisa satisfazer para, no contexto da ameaça hipoteticamente estabelecida, revelar-se eficiente, confiável e, acima de tudo, dissuasivo.

Orientamos nossa análise com o firme propósito de justificar a sofisticação e o aprimoramento no atual armamento antiaéreo como requisitos imprescindíveis à colimação do desempenho almejado. Ao nos inclinarmos por essa linha de raciocínio, em absoluto não nos passou pela idéia fugir à realidade, ignorando ou nos furtando às condicionantes econômicas. Apenas e tão simplesmente vimo-nos compelidos a reagir aos meios de defesa face a uma ameaça igualmente requintada e em permanente evolução: a moderna aeronave de combate.

Partimos, é bem verdade, para a situação mais desfavorável: imaginamos um suposto defensor diante de um agressor dotado dos mais desenvolvidos e atualizados vetores aéreos, capaz de, por seu

poderio bélico, alterar ou decidir o rumo de um conflito.

Para se contrapor a tal ameaça, evidentemente aquele defensor necessitaria dispor de sistemas antiaéreos nos moldes talhados pela presente exposição.

Faz-se mister, entretanto, o prevalecimento da idéia de que a quantidade e, principalmente, a qualidade das armas e equipamentos antiaéreos dependem do valor e da natureza da ameaça aérea a enfrentar. O fundamental é buscar-se o equilíbrio de forças. Só assim a Artilharia Antiaérea cumprirá eficazmente o seu papel no quadro da Defesa Aeroespacial.

*Seja contribuindo para a manutenção da integridade territorial da Nação, seja oferecendo a indispensável cobertura às forças terrestres em combate, a Defesa Antiaérea, ao criar em torno dos pontos sensíveis o cinturão de fogo impenetrável, constituir-se-á em ponderável fator de dissuasão, desencorajador a quaisquer pretensões alienígenas intencionalmente planejadas.*

*O Tenente-Coronel de Artilharia do OEMA, José Gomes Carneiro Neto foi promovido ao posto atual, por merecimento, em 25 Dez. 81. Possui os cursos militares da Academia Militar das Agulhas Negras, da Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais e da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Realizou, ainda, em 1976, o Primeiro Estágio Operacional do Material Roland, na FRANÇA e ALEMANHA OCIDENTAL. Atualmente integra, na qualidade de representante do Exército, o Estado-Maior Combinado do Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro, onde exerce a função de Chefe da 2ª Subchefia: Força Terrestre e Defesa Antiaérea.*