

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO MILITAR DO PLANALTO
6º GRUPO DE LANÇADORES MÚLTIPLOS DE FOGUETES E CAMPO DE
INSTRUÇÃO DE FORMOSA
GRUPO JOSÉ BONIFÁCIO E PRESIDENTE ERNESTO GEISEL
CENTRO DE INSTRUÇÃO DE ARTILHARIA DE FOGUETES**

**DANIEL MORGADO FERRARI
RODRIGO MODESTO FRECH DINIZ
JYMMYS CLEMENTE MOTA DA SILVA**

**MUNIÇÕES GUIADAS: A SUA UTILIZAÇÃO NO COMBATE MODERNO E A
NECESSIDADE DE ATUALIZAÇÃO DO FOGUETE SS-30**

**FORMOSA
2011**

**DANIEL MORGADO FERRARI
RODRIGO MODESTO FRECH DINIZ
JYMMYS CLEMENTE MOTA DA SILVA**

**MUNIÇÕES GUIADAS: SUA UTILIZAÇÃO NO COMBATE MODERNO E A
NECESSIDADE DE ATUALIZAÇÃO DO FOGUETE SS-30**

Projeto Interdisciplinar apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Foguetes como parte dos requisitos para a Conclusão do Estágio e Operação do Sistema ASTROS II, sob orientação do 1º Ten QEM Rafael Hidalgo Olivieri.

**FORMOSA
2011**

**DANIEL MORGADO FERRARI
RODRIGO MODESTO FRECH DINIZ
JYMMYS CLEMENTE MOTA DA SILVA**

**MUNIÇÕES GUIADAS: SUA UTILIZAÇÃO NO COMBATE MODERNO E A
NECESSIDADE DE ATUALIZAÇÃO DO FOGUETE SS-30**

Projeto Interdisciplinar apresentado ao Centro de Instrução de Artilharia de Foguetes como parte dos requisitos para a Conclusão do Estágio e Operação do Sistema ASTROS II, sob orientação do 1º Ten QEM Rafael Hidalgo Olivieri.

COMISSÃO AVALIADORA

**JAIDER DELLA NINA DA SILVA – Cap Art
Presidente**

**CRISTIANO SILVA VILELA – Cap Art
Membro**

**RAFAEL HIDALGO OLIVIERI – 1º Ten QEM
Membro**

**FORMOSA
2011**

Aos nossos familiares que sempre nos apoiaram e estiveram juntos em todos os momentos, servindo como fontes de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Ao 6º GLMF/CIF pela oportunidade de realizar este trabalho, o qual servirá para complementar e incrementar nosso nível de conhecimento acerca das munições guiadas.

Ao 1º Ten QEM Olivieri pela excelente orientação dada durante toda a pesquisa e pelas informações de grande valia utilizadas neste Projeto Interdisciplinar.

A todos os demais que contribuíram direta ou indiretamente com sugestões e incentivos para que este trabalho pudesse ser concluído.

RESUMO

DINIZ, Rodrigo Modesto Frech. FERRARI, Daniel Morgado. DA SILVA, Jymmys Clemente Mota. **Munições guiadas: sua utilização no combate moderno e a necessidade de atualização do foguete SS-30**. Formosa: 6º GLMF/CIF, 2011. Projeto Interdisciplinar.

As munições guiadas têm garantido um novo panorama para os combates atuais, ou seja, dotadas de características ímpares, elas garantem uma precisão excepcional para o abatimento de alvos localizados em regiões sensíveis. O Sistema de Posicionamento Global (GPS), através de seus satélites, é um dos principais meios que auxiliam a munição a chegar a seu destino final. Existem as munições pré-programadas e as munições com características de guiamento final. A pesquisa apresentou algumas das mais importantes munições guiadas utilizadas por diversas potências militares mundiais. Outro ponto importante explorado no trabalho está relacionado ao sistema ASTROS II, isto é, recentemente tem se discutido a possibilidade de guiamento de seus foguetes. Este novo sistema poderá ser desenvolvido pela empresa AVIBRAS, e se realmente o projeto alavancar, o apoio de fogo e precisão estarão dotados de enorme operacionalidade. Na realização do trabalho além de utilizarmos o método indutivo, foram feitas pesquisas bibliográficas e documentais. Como instrumento de pesquisa foi realizado um fichamento das informações. Através de fontes como livros, manuais, revistas e principalmente internet conseguimos visualizar os tópicos do referido assunto. Ao final da pesquisa concluímos que existe a necessidade de adaptação dos foguetes do Sistema ASTROS, através de um *kit* de guiamento, para que possa cumprir bem as missões do atual ambiente de guerra urbano.

Palavras-chave: Munições guiadas. Precisão. GPS. ASTROS II.

RESUMEN

DINIZ, Rodrigo Modesto Frech. FERRARI, Daniel Morgado. DA SILVA, Jymmys Clemente Mota. **Las municiones guiadas: su uso em El combate moderno y la necesidad de actualizar el cohete SS-30.** Formosa: 6° GLMF/CIF, 2011. Proyecto Interdisciplinar.

Las Municiones guiadas están garantizando una nueva perspectiva para los combates actuales, es decir, dotadas de características únicas, aseguran una buena precisión para la destrucción de objetivos situados en las regiones sensibles. El sistema de posicionamiento global (GPS), con sus satélites, es uno de los principales medios que ayuda la munición a llegar en su destino final. Hay las municiones con programación anterior y las municiones con orientación final. La búsqueda mostró también las municiones más importantes usadas en diversas potencias militares. Otro importante punto tratado fue el sistema ASTROS II, es decir, recientemente están hablando sobre la posibilidad de guiamiento de sus cohetes. Este nuevo sistema se está desarrollando pela empresa AVIBRAS. Con este proyecto la precisión y las operaciones serán muy bien dotadas. . En la realización del trabajo, además de utilizarnos el método inductivo, fueran realizadas búsquedas bibliográficas y documentales. Como herramienta de investigación realizamos el fichamiento de las informaciones. Por fuentes tales como libros, manuales, revistas y especialmente la internet, conseguimos ver los temas del asunto. En el final de la investigación, concluimos que hay una necesidad de adaptación de nuestros cohetes, con un *kit* de guiamiento, para que pueda cumplir bien las misiones del actual ambiente de guerra urbano.

Palabras-llave: Municiones guiadas. Precisión. GPS. ASTROS II.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	8
1	TIPOS DE MUNIÇÕES E SUAS CARACTERÍSTICAS DE VOO.....	10
1.1	Tipos de guiamento.....	11
1.1.1	Munições guiadas por infra vermelho.....	11
1.1.2	Munições guiadas a laser.....	12
1.2	O voo pré-programado.....	13
1.3	O voo em guiamento final.....	13
2	AS MUNIÇÕES GUIADAS NOS COMBATES MODERNOS.....	15
3	FOGUETES GUIADOS EM UTILIZAÇÃO NO MUNDO.....	18
3.1	Guiamento final.....	18
3.1.1	ATACMS equipado com Submunição BAT	18
3.1.2	Submunição BLU 108.....	20
3.2	Voo pré-programado.....	22
3.2.1	ATACMS Block 1.....	22
4	TRANSFORMAÇÃO DE FOGUETES EM MÍSSEIS.....	25
4.1	Projeto APKWS.....	25
4.2	Projeto SMKB.....	26
4.3	Atualização do SS-30.....	28
4.3.1	SS-30 com voo pré-programado.....	29
4.3.2	SS-30 com guiamento final.....	31
5	CONCLUSÃO.....	32
	REFERÊNCIAS.....	33

INTRODUÇÃO

As modernizações tecnológicas dos sistemas de armas e munições vêm demonstrando cada dia mais, a eficiência e precisão das ações desenvolvidas no atual teatro de operações. As munições guiadas por satélites são claros exemplos do avanço e desenvolvimento do setor bélico.

Segundo (HARRIS, 2007), a ação de um artefato guiado pode ser resumindo da seguinte maneira:

[...] O sistema de controle e as aletas ajustáveis dão a granada uma maneira de se direcionar enquanto plana no ar. Enquanto ela plana em voo, os sistemas de sensor e controle rastreiam o alvo desejado. O sensor alimenta o sistema de controle quanto à posição relativa do alvo e o sistema de controle processa essas informações e calcula como a granada deve virar para que se direcione ao alvo [...]

Existem munições guiadas com voo pré-programado e com voos com guiamento final. No decorrer do trabalho apresentaremos as definições e principais diferenças desses dois tipos de voos.

O foguete e a maioria das munições em geral normalmente têm a finalidade de bater grandes áreas com intenso volume de fogo, sem se preocupar muito com o aspecto da precisão. Os conflitos atuais têm exigido cada vez mais, certa meticulosidade em relação ao engajamento dos alvos, ou seja, em localidades urbanas como, por exemplo, Bagdá (Iraque), vários rebeldes têm se infiltrado nas proximidades de hospitais e escolas com o intuito de evitar que recebam rajadas de foguetes. Desse modo, faz-se necessário a utilização de um ataque pontual, onde não seja batida uma grande área indiscriminadamente. (HARRIS, 2007).

Conforme relato da revista *The Journal of Electronic Defense* (JED), a utilização de munições guiadas é muito vantajosa, isto é, podem-se atacar alvos perigosos a uma distância segura. São necessários menos voos de reconhecimento para alcançar os objetivos das missões e podem ser bastante reduzidos os danos justificados como acidentais às propriedades e vidas de civis, ocasionados pelo uso de munições “burras”.

Segundo o Coronel Bradford Parkinson, Diretor do Programa *Global Positioning System* (GPS), “Sistema de Posicionamento Global” (tradução nossa), o conflito do Iraque demonstrou a extraordinária precisão de acerto em alvos pré-definidos. Em cerca de uma década passou-se de 6% de munições com guiamento de precisão, na primeira Guerra do Golfo (1991), para 95% de munições inteligentes na Guerra do Afeganistão (2001). O militar acima afirma ainda que o maior responsável por essa pontaria cirúrgica é o GPS.

O GPS é um sistema de radio navegação, constituído por 24 satélites, que permitem determinar uma posição com grande exatidão em qualquer parte do globo. O nível de navegação denominado *Precise Positioning Service*, “Serviço de Posicionamento Preciso” (tradução nossa), possui melhor desempenho e menor margem de erro, sendo utilizado apenas por Pessoal autorizado. O nível *Standard Positioning Service*, “*Serviço de Posicionamento Padrão*” (tradução nossa), tem desempenho mais fraco e maior margem de erro. (MONTEIRO, 2007).

Graças as suas potencialidades, as munições guiadas por GPS impuseram-se definitivamente na segunda metade da década de 90, e o primeiro ataque conduzido inteiramente com munições guiadas por GPS ocorreu em 1996. O correu durante a operação *Desert Strike*, num ataque coordenado ao Iraque em que quatro navios de superfície, um submarino, e dois aviões lançaram mísseis sobre alvos iraquianos, como retaliação aos ataques sofridos pelos curdos. (MONTEIRO, 2007).

É de suma importância a atenção dada a este assunto, já que o mesmo está ligado aos modernos meios de guerra da atualidade.

O objetivo Geral deste trabalho foi de relatar sobre a utilização de munição guiada, abordando suas principais características e formas de atuação. Para alcançar esses objetivos foram elencados os seguintes objetivos específicos: Diferenciar munições guiadas de munições não guiadas, apresentar o conceito de voo pré-programado, definir voo em guiamento final, apresentar a importância das munições guiadas nos combates modernos, caracterizar as principais munições guiadas utilizadas no mundo e analisar a necessidade de guiamento no Sistema ASTROS II. As fontes utilizadas foram encontradas em livros, revistas militares, manuais e principalmente internet. Foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais para investigar as características das variáveis envolvidas. O trabalho em pauta foi estruturado da seguinte maneira: através da Introdução apresentamos o cenário inicial que o trabalho foi desenvolvido. No primeiro capítulo procurou-se diferenciar os tipos de munições existentes e suas características de voo. No segundo capítulo, apresentou-se uma abordagem da utilização das munições guiadas nos combates da atualidade. No terceiro capítulo, foram abordadas algumas das mais importantes munições guiadas utilizadas atualmente no mundo por diversas potências militares.

1 TIPOS DE MUNIÇÕES E SUAS CARACTERÍSTICAS DE VOO

Em relação ao tipo, podemos classificar as munições em: Inteligentes (guiadas) e burras (não guiadas).

Desde o ano 1000 a.C., ano da invenção pelos chineses, até nossos dias, o conceito de granada se mantém inalterado. Uma porção de explosivo dentro de um invólucro, de metal e resistente, e com um mecanismo detonador define o principal armamento usado até mesmo nos combates mais modernos. Seu acionamento puramente mecânico ao ser detonado e iniciando a queima da pólvora, exerce grande pressão interna fazendo com que haja a fragmentação desse invólucro. A combinação dos estilhaços com a grande velocidade a que são arremessadas é o que provoca a destruição de um determinado alvo (HARRIS, 2007).

As “munições burras” são assim definidas por não terem um sistema que permita ter uma maior precisão. Elas simplesmente caem no solo sem um direcionamento ativo até o alvo. Abater um blindado em deslocamento, por exemplo, tornava-se uma façanha, sem considerar o grande volume de granadas para se obter êxito na missão. Nos combates modernos, principalmente nos urbanos, cresceu a importância de se produzir armamentos em que seja possível a neutralização de um alvo específico, atenuando-se assim a forte concepção de saturação de área como meio de dissipar ameaças. (HARRIS, 2007).

As munições inteligentes possuem esses mesmos componentes básicos de uma munição comum, porém com algumas modificações. Além do detonador comum e do material explosivo, ela dispõe dos seguintes itens (fundamentais) listados abaixo:

- Um sistema com sensor eletrônico;
- Um sistema de controle integrado (um computador de bordo);
- Um conjunto de aletas de voo ajustáveis;
- Uma bateria.
- Um sistema de guiamento

Com esses acessórios, as munições atingem um alto nível de precisão, diferenciando-se assim das munições não guiadas. (MONTEIRO, 2007).

Existem também certos subsídios, que mantêm o trajeto da munição mais estabilizado, conforme podemos observar na figura abaixo:

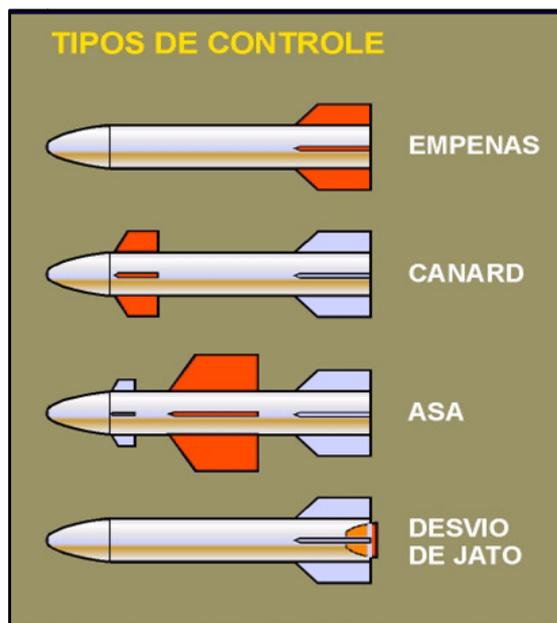


Figura 1: Sistema de direcionamento

Fonte: De Souza, Paulo Roberto, Conceitos gerais sobre mísseis

1.1 Tipos de guiamento

Este item descreverá munições guiadas por infravermelho e laser.

1.1.1 Munições guiadas por infravermelho

Segundo Harris (2007), recentemente, a maior parte dos bombardeios utilizavam munições inteligentes guiadas por infravermelho. Uma bomba guiada por infravermelho possui uma câmera de televisão convencional ou uma câmera infravermelha para visão noturna acoplada na sua parte frontal. No modo de operação remoto, o controlador transmite informações através de sinais de rádio para um operador humano, que normalmente está a bordo do avião bombardeiro. O operador remoto transmite comandos para o sistema de controle para direcionar a bomba no ar, como se ela fosse um avião de controle remoto. Neste modo, o operador pode lançar a bomba sem um alvo e visão específicos, e então escolher o alvo a partir do vídeo enquanto a bomba vai se aproximando do solo. Já no modo automático, o piloto localiza um alvo pela câmera de vídeo da bomba antes do lançamento e envia um sinal dizendo à bomba que se prenda àquele alvo. O sistema de controle da bomba a direciona para que a imagem do alvo indicado sempre fique próxima ao centro da tela de vídeo. Assim, a bomba mira automaticamente no alvo selecionado.



Figura 2: A GBU-15, uma bomba inteligente com infravermelho
Fonte: ciencia.hsw.uol.com.br/bombas-inteligentes.htm

1.1.2 Munições guiadas a Laser

As bombas inteligentes guiadas por laser têm um funcionamento um pouco diferente. Em vez de um sensor com câmera de vídeo, a bomba tem um rastreador de laser - uma estrutura de fotodiodos. Para que a bomba veja o alvo, um operador humano separado, localizado no solo ou no ar, tem que focar o alvo desejado com um feixe de laser de alta intensidade. O feixe se reflete no alvo e o rastreador de laser o encontra.

O iluminador laser tem a sua própria frequência de pulso exclusiva. Antes de soltar a bomba, o computador do bombardeiro informa ao sistema de controle do míssil a frequência de pulso específica, através de uma conexão eletrônica com a bomba. Assim que a bomba é liberada, o sistema de controle somente irá se interessar em energia laser com essa frequência de pulso. O objetivo básico do sistema de controle é direcionar a bomba para que o raio laser refletido esteja acertando a área próxima ao centro da estrutura de fotodiodo. Isso faz com que a bomba mantenha-se direcionada diretamente no alvo. (HARRIS, 2007).



Figura 3: A bomba inteligente GBU-10, guiada por laser
Fonte: ciencia.hsw.uol.com.br/bombas-inteligentes.htm

1.2 O voo pré- programado

As munições com este tipo de voo são aquelas relacionadas à inserção de coordenadas, ou seja, sua trajetória segue orientada por meio de sistemas de guiamento como, por exemplo, o GPS. Antes de liberar a granada, insere-se a posição atual ao computador da granada e as coordenadas do alvo. No ar, o receptor do GPS processa sinais de satélites GPS para se manter atualizado sobre sua posição. Assim como com outras granadas inteligentes, o sistema de controle ajusta as aletas de voo para "manobrar" a bomba na direção certa. De acordo com a Força Aérea Americana, o sistema tem precisão de um raio de 13 metros. Quando tudo acontece da maneira certa, a bomba costuma acertar o alvo com pouca margem de erro. Este sistema trabalha bem até em temperaturas ruins, já que o sistema obtém todas as informações dos sinais de satélites, que não correm o risco de serem bloqueados por nuvens ou obstáculos. A bomba não precisa enxergar nada para achar o alvo. E a um custo de cerca de US\$ 20 mil por *kit* de cauda, que pode ser adicionado a uma ogiva já existente, é muito mais econômico do que bombas guiadas por laser de mais de US\$ 120 mil (MONTEIRO, 2007).

1.3 O voo em guiamento final

As munições inteligentes com características de guiamento final são aquelas dotadas de um sistema de navegação que grava as coordenadas do alvo e corrige sua

trajetória durante seu voo (inclusive fase final), direcionando as mesmas até o objetivo final com altos índices de precisão e baixos índices de erro circular provável (CEP).

Enquanto elas estão em voo, os sistemas de sensor e controle rastreiam o alvo desejado. O sensor alimenta o sistema de controle quanto à posição relativa do alvo, e o sistema de controle processa essas informações e calcula como as munições devem virar-se para que se direcione ao alvo. As aletas de estabilização acopladas ao projétil contribuem sobremaneira para realizar as correções durante o deslocamento do mesmo. Assim, possibilita-se um ataque quase na vertical com ângulo de queda elevado. (HARRIS, 2007).



Figura 4: Excalibur: voo em guiamento final
Fonte: ciencia.hsw.uol.com.br/bombas-inteligentes.htm

2 AS MUNIÇÕES GUIADAS NOS COMBATES MODERNOS

Com o advento da tecnologia, os combates modernos estão cada vez mais dotados de munições com características de guiamento. A crescente utilização dessas precisas munições deveu-se em grande parte ao fato das batalhas recentes estarem sendo travadas em cidades e meios populacionais.

De acordo com a Revista Escola Prática de Artilharia, no combate contra o terrorismo, de natureza assimétrico, em que muitos dos combates têm lugar em áreas urbanas densamente habitadas, contra um inimigo que se mistura com a população, os fogos de artilharia tradicionais são cada vez menos utilizados, em virtude da minimização dos efeitos colaterais. Com os novos cenários da guerra, a verticalização e precisão do tiro tornam-se extremamente importante, tornando os tiros mergulhantes pouco eficazes para engajar alvos situados no meio de edificações, localidades e meios civis.

O Afeganistão foi o primeiro lugar em que armas apoiadas por GPS foram usadas para auxiliar tropas em terra. Embora os EUA tenham utilizado quantidades limitadas dessas armas durante a intervenção em Kosovo em 1999 e em ataques posteriores nas zonas de exclusão aérea no norte e sul do Iraque, a vasta maioria das bombas lançadas durante o confronto afegão foi guiada por satélites. Os planejadores do Pentágono pretendem utilizar um número maior dessas armas inteligentes em um possível ataque contra o Iraque.

Segundo uma entrevista de Michael Puttré para a revista *Air Warfare in the Missile Age*, o Pentágono desenvolveu as armas baseadas no GPS para superar as limitações das armas de precisão da geração anterior, em sua maioria bombas guiadas por laser da época do Vietnã. Muitos desses sistemas mais antigos são equipados com rastreadores que se orientam pela energia do laser refletida pelo alvo. Essas armas continuam sendo altamente valorizadas por sua precisão. Entretanto, uma espessa camada de nuvens, fumaça ou poeira podem torná-las ineficazes, ou seja, se uma nuvem entrar no caminho entre o indicador e o alvo, um míssil normal guiado por laser perderá o rumo.

Ainda segundo a revista citada acima, *A Joint Direct Attack Munition (JDAM)* foi a primeira arma guiada por GPS a entrar em serviço, em 1997. Não se trata de um armamento completo, mas de um *kit* opcional preso em torno de um míssil e que converte projéteis "burros" padrão (que custam poucos milhares de dólares cada) em bombas inteligentes baseadas em GPS. Os módulos de orientação de precisão da JDAM e suas aletas de orientação são fabricados a um custo relativamente baixo, de aproximadamente US\$ 20 mil por míssil (comparado a US\$1 milhão para um único míssil de cruzeiro do tipo

utilizado na Guerra do Golfo). O *kit* de fixação à cauda tem um receptor e uma antena GPS, um IMU, um computador de missão, acionadores mecânicos para movimentar as aletas de cauda, uma fonte de alimentação elétrica e cabeamento de alimentação com conectores. O sistema compreende software para planejamento de missões e software complementar na aeronave. As JDAMs em serviço nos EUA têm um alcance de cerca de 13 km.

Em seu depoimento Michael Puttré afirmou que:

[...]Além de sinais de GPS, os armamentos de precisão também podem tirar proveito de emissões feitas pelo inimigo. Praticamente todas as unidades ou sistemas militares modernos emitem algum tipo de sinal no decurso de sua missão, e esses sinais podem ser interceptados e analisados para identificar localização e identidade. Recentemente, essas técnicas tornaram possível localizar um emissor adversário na superfície terrestre dentro de um raio.[...]

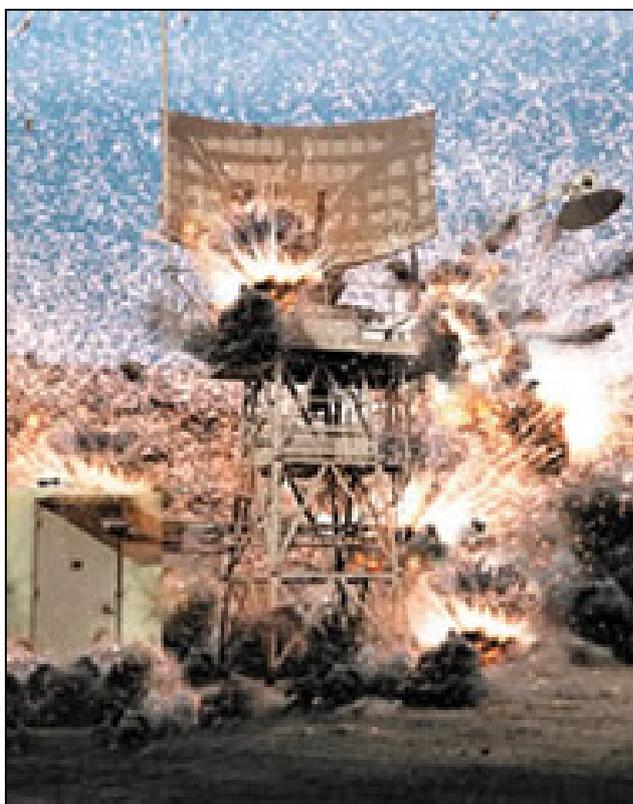


Figura 5: Precisão de uma munição

Fonte: ciencia.hsw.uol.com.br/bombas-inteligentes.htm

A utilização e produção de munições guiadas nos Estados Unidos (EUA) têm engatado numa crescente, visto que o custo e as vantagens das mesmas em relação às munições convencionais são bastante interessantes. A queda do preço dos produtos eletrônicos fez esta classe de armas um item de linha no orçamento do Pentágono. Uma munição guiada que recentemente na guerra do golfo chegava a custar em média 500 mil dólares, pode ser encontrada hoje com um custo de 20 mil dólares. Esse é o caso da

munição JDAM, que além de possuir um preço acessível, pode atingir o alvo com um CEP de poucos metros. (<<http://www.slate.com/id/2079667/>> acesso em 26 jun.2011)

Ainda de acordo com a *Slate Magazine*, encontrada no sítio acima, podemos constatar a tendência do Pentágono de utilização de munições com diâmetros menores. Com as ogivas menores têm-se menores danos não intencionais, e permite-se o transporte de maiores quantidades de munições para as missões.

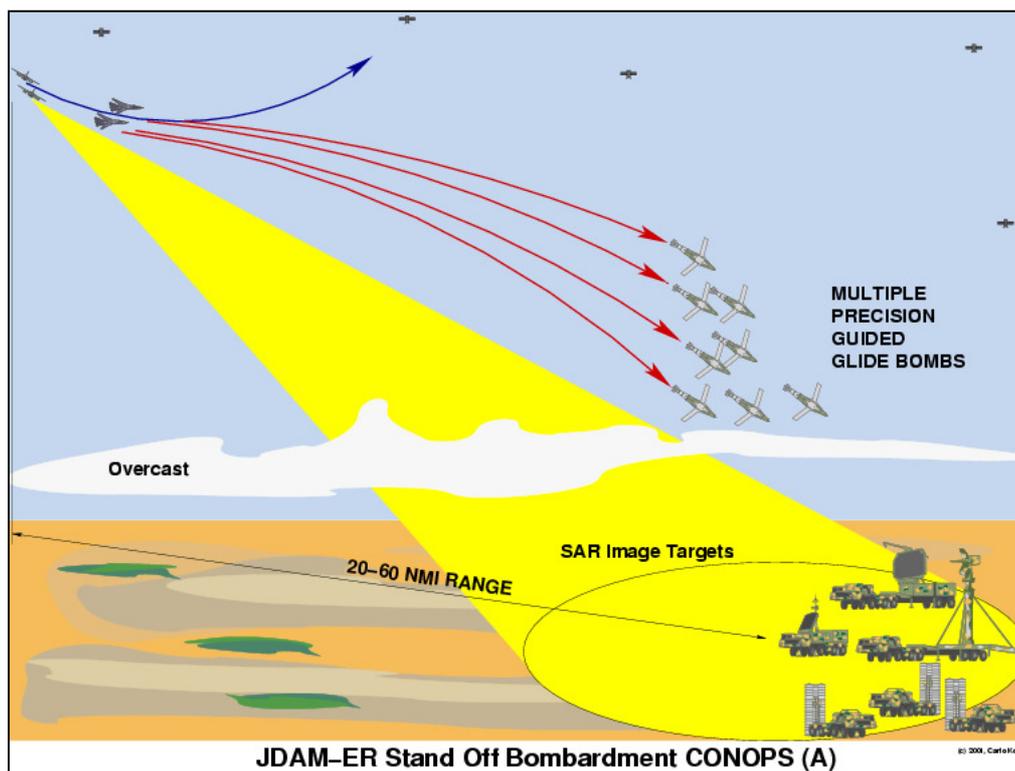


Figura 6: A Precisão das munições guiadas
Fonte: <http://www.ausairpower.net>

3. FOGUETES GUIADOS EM UTILIZAÇÃO NO MUNDO

Este capítulo tem por finalidade apresentar alguns sistemas de mísseis guiados em utilização no mundo. Serão apresentados dois modelos de mísseis com guiamento final e um modelo com voo pré-programado demonstrando seu funcionamento geral e possibilidades de emprego em campanha.

3.1 Guiamento Final

Este item apresentará o míssil *Army Tactical Missile System* (ATACMS), “Sistema de Míssil Tático” (tradução nossa), equipado com submunição *Brilliant Anti-armor Technology* (BAT), “Tecnologia Anti-carro Super Inteligente” (tradução nossa), e a submunição BLU 108.

3.1.1 ATACMS equipado com Submunição BAT

Encontraram-se inúmeras informações e características abaixo relacionadas de acordo com o seguinte sítio (<<http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/atacms-bat.htm>> acesso em 15 JUN 2011).

ATACMS é uma das mais recentes gerações de mísseis guiados por GPS e *Inertial Navigation System* (INS), “Sistema de Navegação Inercial” (tradução nossa) da Lockheed-Martin Vought Systems, que também é responsável pelo *Multiple Launcher Rocket System* (MLRS), “Sistema de Lançamento Múltiplo de Foguetes” (tradução nossa), o principal concorrente do ASTROS II. Nessa geração, os mísseis podem ser lançados de plataformas MLRS ou *High-mobility Artillery Rocket System* (HIMARS), “Sistema de Artilharia de Foguetes de Alta Mobilidade” (tradução nossa), e podem abrigar diversos tipos de cabeça de guerra. Dependendo da cabeça de guerra empregada, possui diferentes características.

Em particular, quando equipado com submunições BAT, da empresa Northrop-Grumman, em sua cabeça de guerra, o ATACMS BlockII apresenta características de foguete com guiamento final.

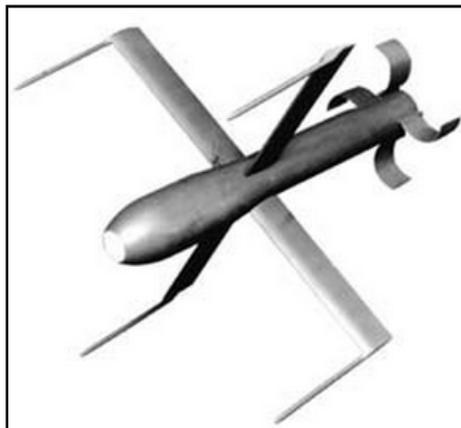


Figura 7: ATACMS Block II

Fonte: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/atacms-bat.htm>

Ainda de acordo com o sítio supracitado observamos que o ATACMS BlockII/BAT, cujo custo unitário é em média US\$1,46 milhões, é uma arma de engajamento de precisão. Ela integra precisão na liberação da carga da cabeça de guerra, por ter voo guiado por GPS/INS, com submunição eficiente para destruir colunas de carros de combate em movimento no fundo das zonas de combate. Essa capacidade de engajar alvos distantes assegura a dominância na manobra e permite às Forças Armadas Americanas e aliados interditar a formação de tropas para o combate do inimigo.

Cada ATACMS BlockII/BAT é equipado com 13 (treze) submunições BAT. O míssil é programado para voar até uma posição vários metros acima da zona de alvos e então liberar as submunições.

A BAT é uma submunição rastreadora não-propulsada aerodinâmica. Possui duas formas de rastreamento: acústico e infravermelho. Após ser liberada do foguete (velocidade supersônica), utiliza sua capacidade aerodinâmica e sistema inteligente de voo para diminuir sua velocidade até ser capaz de rastrear. Inicialmente rastreia padrões de assinatura acústica, emite um sinal de infravermelho e voa até as imediações do seu alvo. Cada BAT seleciona apenas um alvo e um sistema impede que mais de um BAT escolha o mesmo alvo. Durante o voo, o BAT se estabiliza e se posiciona de tal modo que atinja seu alvo verticalmente, proporcionando maior dano e assegurando a baixa ou destruição total do alvo.

A grande capacidade de busca de padrões de assinatura acústica e de desvio em voo após a ejeção do foguete lhe garantem uma flexibilidade que minimiza o erro da incerteza da localização precisa de alvos distantes a tal ponto que o ATACMS BlockII/BAT dispensa controle de aquisição de alvos em voo. (<<http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/atacms-bat.htm>> acesso em 15 JUN 2011).



Figura 8: Munição guiada atingindo um blindado
Fonte: www.fas.org/man/dod-101/sys/land/atacms-bat.htm

3.1.2 Submunição BLU 108

O sitio (<<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-108.htm>> acesso em 15 jun. 2011), afirma que a submunição BLU 108 é produzida pela Força Aérea Americana em parceria com a empresa Textron Systems, em produção desde 1992. Inicialmente produzida para a aviação, ganhou capacidade de ser adaptada a vários tipos de mísseis, tais como: Tomahawk, ATACMS, *Joint Air-to-surface Standoff Missile* (JASSM) e *Standoff Land Attack Missile Expanded Response* (SLAMER). Teve sua eficiência comprovada com mais de 200 (duzentos) testes reais e pelo uso continuado pela Força Aérea e Marinha Americana. Sua versatilidade e letalidade fazem dela uma poderosa ferramenta contra uma variedade de veículos de combate estáticos ou móveis. Seus dispositivos de auto-destruição permitem que, no caso de não encontrar alvo para atingir verticalmente, exploda próximo ao solo, causando danos em pessoal, veículos ou construções próximas; e atender aos novos tratados de guerra que são contra munições do tipo *cluster* para impedir a “criação de campos minados pós-guerra”.

Cada BLU-108 pesa 29 quilos e possui 4 cabeças de guerra *Skeet Smart Projectile*, “Projétil Inteligente tipo *Skeet*” (tradução nossa), sistema de orientação e estabilização, radar-altímetro, motor-foguete, sistema e lógica de auto-detonção. As cabeças de guerra possuem sistema duplo de sensores de infravermelho para localizar e direcionar a carga para o alvo detectado. (<<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-108.htm>> acesso em 15 jun. 2011)



Figura 9: Munição BLU 108

Fonte: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-108.htm>

Ainda de acordo com o sítio citado, o míssil que transporta a submunição BLU-108 é programado para liberá-las numa determinada posição próxima à área de alvos. Após a liberação, um paraquedas cruciforme radial híbrido de Nylon/Kevlar efetua a sua desaceleração, re-orientação para os alvos e posicionamento vertical. Um motor-foguete é acionado fazendo com que o BLU-108 gire até atingir determinada rotação e altitude para então liberar as cabeças de guerra nos ângulos corretos. As cabeças de guerra possuem sistema duplo de sensores de infravermelho: ativo e passivo. O ativo promove o posicionamento em relação ao alvo e o passivo busca a assinatura termal do alvo. Quando encontra um alvo válido e posição correta, a cabeça de guerra dispara o *Explosively Formed Penetrator* (EFP), “Penetrador Formado por Explosão” (tradução nossa) de 1 (uma) libra (aproximadamente 450 gramas) de cobre que atinge o alvo a velocidades hipersônicas, causando o mínimo efeito colateral.



Figura 10: Munições BLU

Fonte: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-108.htm>>

3.2 Voo pré-programado

3.2.1 ATACMS Block 1A

O ATACMS, já citado anteriormente, possui uma versão chamada Block 1A, que é produzida pelo mesmo fabricante e pode ser lançado das mesmas plataformas.



Figura 11: ATACMS

Fonte: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-108.htm>>

O ATACMS Block 1A é um míssil guiado por GPS/INS que pode operar sob quaisquer condições climáticas. Seu custo unitário é de aproximadamente US\$ 750 mil. É considerado um míssil de voo pré-programado porque uma vez lançado voará até tão próximo quanto possível da coordenada programada.

O sistema de guiamento do ATACMS Block 1A guia o míssil até o alvo seguindo uma trajetória cuja fase descendente final é de quase 90° em relação ao solo. Sendo assim, trata-se de uma arma capaz de sobrevoar obstáculos verticais, tais como montanhas ou prédios, e atingir exatamente o alvo desejado. Seu risco de dano colateral é muito baixo. Por isso pode ser empregada inclusive em ambiente urbano. Atingir alvos verticalmente também lhe proporciona a capacidade de promover máximo dano, inclusive em estruturas extremamente duras, bem como atingir alvos que estejam abaixo do ponto de impacto. (<http://www.deagel.com/Ballistic-Missiles/ATACMS-Block-IA-Unitary_a001106003.aspx> acesso em 14 jun. 2011).



Figura 12: Fase Final do míssil ATACMS
Fonte: <http://defense-update.com/products/a/atacms.htm>

A empresa LockheedMartin, fabricante do sistema, afirma em seu sítio (<http://www.lockheedmartin.com/data/assets/mfc/PC/MFC_ATACMS_pc.pdf> acesso em 14 jun 2011), que durante a Operação Tempestade do Deserto, o ATACMS Block 1A destruiu ou tornou inoperante todos os alvos que engajou e que mais de 540 mísseis já foram lançados em combate, o que prova a sua eficiência e credibilidade. O ATACMS Block 1A também foi amplamente empregado na Operação *Iraq Freedom* em 2003.

Dados técnicos gerais aproximados:

Altura	4 m
Diâmetro	610 mm
Peso Total	1670 kg
Peso da Cabeça de guerra	500kg
Alcance Mínimo	100 km
Alcance Máximo	300 km
Erro no Alcance Máximo	< 100m

Tabela 1

Fonte:http://www.missilethreat.com/missiles-of-the-world/id.73/missile_detail.asp

4 Transformação de Foguetes em Mísseis

Este capítulo descreve a transformação de alguns foguetes em mísseis em utilização, suas características e vantagens. Finalizando, apresenta uma proposta de atualização do foguete AVIBRAS Solo-Solo-30 (SS-30) utilizado pelo sistema ASTROS II.

4.1 Projeto *Advanced Precision Kill Weapon System* (APKWS)

O Projeto APKWS, “Sistema de Armas de Matar de Precisão Avançada” (tradução nossa) foi uma iniciativa da Força Aérea Americana aprovado em 1996. O projeto consiste em desenvolver *kits* de guiamento para foguetes Hydra-70 para serem utilizados no lugar dos mísseis Hellfire nos helicópteros de ataque. Um dos grandes motivos para o desenvolvimento do projeto era a necessidade de diminuição do efeito colateral em combate urbano.

Segundo o sítio (<<http://sistemasdearmas.com.br/pgm/foguetesguiados.html>> acesso em 16 jun. 2011):

[...] A tecnologia já demonstrada inclui sensor de laser semi-ativo (SAL) de baixo custo para adquirir a energia refletida; canards ou vetoramento de empuxo para controle aerodinâmico e estabilidade e navegação inercial de baixo custo. O sistema de guiamento será instalado no foguete Hydra-70 aproveitando o motor foguete Mk66 Mod IV, a ogiva auto-explosiva M151 e a espoleta M423.[...]

O *kit* é feito pela empresa *British Aerospace Systems* (BAe) e passou a ser utilizado a partir de 2009. Ele é instalado entre a cabeça de guerra e o motor foguete, em nada alterando seu foguete e tubo lançador. A modificação adiciona 3,8kg e 38cm ao foguete. O sistema de guiamento é o mesmo utilizado pelo míssil Hellfire, ou seja, o alvo é iluminado por elementos em terra e o “míssil” Hydra-70 persegue o alvo até o impacto.

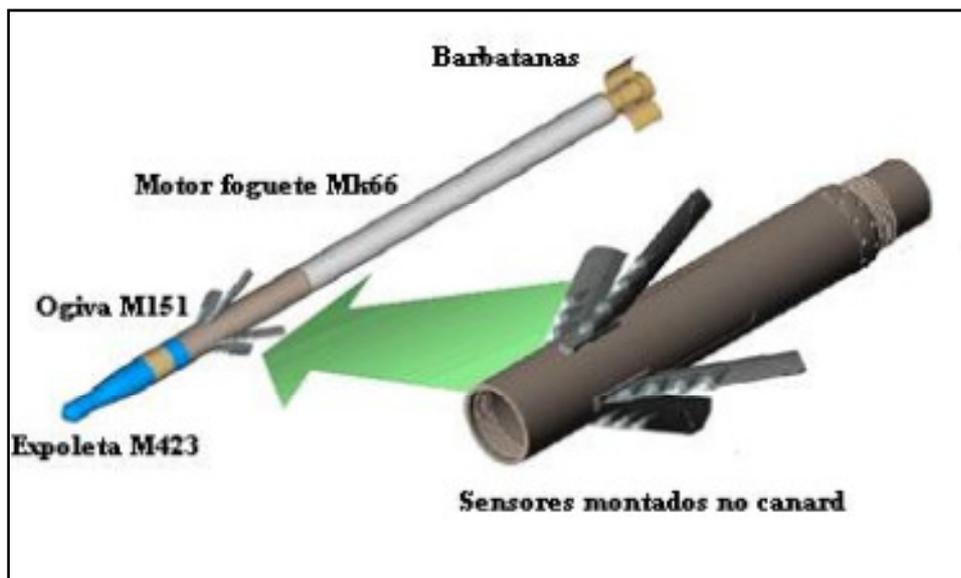


Figura 13: *Kit de guiamento*

Fonte: <http://defense-update.com/products/a/atacms.htm>

As duas principais vantagens deste projeto são a diminuição de custos e a diminuição de efeitos colaterais. Ao invés de se empregar vários foguetes Hydra-70 sem guiamento para acertar um alvo, utiliza-se apenas um, diminuindo o custo unitário e de toda a calda logística; um foguete Hydra-70 com *kit* de guiamento custa aproximadamente US\$10mil enquanto que o Hellfire custa aproximadamente US\$68mil. O efeito colateral diminui porque a aplicação do guiamento pode melhorar o CEP em até 80%. (<<http://sistemasdearmas.com.br/pgm/foguetesguiados.html>> acesso em 16 jun. 2011)

4.2 Projeto *Smart Mark Britanite* (SMKB)

O projeto SMKB foi apresentado pelas empresas brasileiras Britanite e Mectron na *Latin American Aero & Defense Exposition 2009* (LAAD 2009) e foi desenvolvido em parceria com a Força Aérea Brasileira. A idéia básica do projeto é transformar bombas não guiadas de queda livre em bombas guiadas por sistema GPS/INS. (LEONARDO JONES, 2009).

Atualmente existem dois *kits*, o SMKB-82 e o SMKB-83, feitos para as bombas Mark 82 (Mk 82) e Mk 83, respectivamente. O equipamento permite lançar as bombas de distâncias muito maiores e em condições bastante adversas garantindo um CEP de 1 a 6 metros.

O *kit* é instalado na cabeça de guerra das bombas Mk 82 e Mk 83 e provoca alterações na seção dianteira e calda da bomba. A seção dianteira possui a unidade de controle e guiamento e a calda é chamada de unidade estabilizadora.



Figura 14: SMKB-83

Fonte: <http://defense-update.com/products/a/atacms.htm>

A unidade de controle e guiamento desempenha sua função com sistema GPS/INS, sendo que pode trabalhar tanto com a rede de satélites americana GPS (americano) quanto russa *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS).

A outra grande novidade do projeto é o baixíssimo custo de integração da aeronave com a bomba, uma vez que a conexão e transmissão de dados para a localização do alvo é feita *wireless*. Apesar da grande dificuldade em efetuar essa transmissão com toda a interferência magnética dos sistemas normais da aeronave e das turbinas, as empresas conseguiram desenvolver um micro-computador dedicado que garante a operação do armamento de forma confiável e segura. Isso constitui uma grande vantagem visto que qualquer aeronave sem cabine preparada para armas inteligentes pode ser facilmente adaptada para lançar SMKB, pois o micro-computador é pequeno e leve. (LEONARDO JONES, 2009).

Segundo Leonardo Jones (2009):

[...] O sistema brasileiro possui algumas peculiaridades como, por exemplo, o método de comunicação entre a aeronave e a bomba, que ocorre através de uma conexão *wireless*. Isso permite o uso da arma em uma gama enorme de aeronaves e com baixíssimo custo de integração, já que não existem conexões físicas entre a plataforma e a arma.[...]

4.3 Atualização do SS-30

Para melhor compreender essa parte do trabalho é necessário que se tenha conhecimento prévio do Sistema ASTROS II, suas características, possibilidades e composição. Sugerimos àqueles que não o tenham que o estudem, pois não faz parte do escopo deste trabalho detalhá-lo.

Um sistema de foguetes precisa ter guiamento, para ser utilizado em combate urbano de forma satisfatória, segura e que atenda aos mais recentes tratados de guerra. No combate em campanha, o guiamento também é muito interessante por uma série de fatores que podem ser enumerados, dentre os quais ressaltamos os fatores psicológicos e econômicos. Psicológicos porque, sabendo o inimigo que pode ser atingido precisamente em qualquer lugar cuja localização seja conhecida, certamente seu moral é abalado; sabendo a tropa aliada que pode solicitar apoio de fogo em posições mesmo bastante próximas à sua própria, certamente isso lhe aumenta sua moral e confiança na vitória. Econômicos porque toda a logística que envolve a manutenção do combate com foguetes não-guiados, se comparada com a necessária para foguetes guiados, é bem menor. Para garantir a destruição de um alvo com foguetes não-guiados, por vezes é necessários empregar dezenas de foguetes, devido à utilização do conceito de saturação de área, enquanto que utilizando foguetes guiados o ataque é pontual. Assim sendo, com um número bem menor de foguetes guiados, é possível ter a certeza da destruição de um alvo. Como o número de foguetes utilizados é menor, serão necessários menos repletamentos, menos remuniamentos, menos viaturas para transportar foguetes, menos pessoal empregado no controle dos foguetes (desde a aquisição até o disparo), ou seja, menos logística em todas as etapas da utilização do foguete.

É com esse intuito que propomos uma atualização do Sistema ASTROS II. Utilizaremos como base para analogias os sistemas APKWS e SMKB descritos acima, pois a combinação desses dois sistemas parece ser bastante eficiente e adaptável, principalmente ao foguete AV-SS-30, para transformá-lo em um foguete com voo pré-programado e em foguete com guiamento final para uso em ambiente urbano ou campanha, tudo com alterações mínimas à viatura lançadora (AV-LMU).

4.3.1 SS-30 com voo pré-programado

Nesse caso o SS-30 receberia uma combinação dos sistemas APKWS e o SMKB, sendo o primeiro responsável pelo controle de voo e o segundo pela aquisição de coordenadas e programação do foguete SS-30.

Como vimos anteriormente, o APKWS é um sistema instalado entre a cabeça de guerra e o motor foguete, e guiado por SAL. O APKWS pode ser adaptado para controlar o voo do SS-30 sem precisar mudar a sua cabeça de guerra (que é acionada pelo impacto no solo), ou seja, sem precisar mudar seu princípio de funcionamento explosivo. A adaptação do APKWS para o SS-30 seria mais fácil do que a que motivou a sua criação: adaptar o sistema de guiamento do míssil Hellfire ao Hydra-70. A BAe subestimou a dificuldade para fazer os sensores laser e controles de voo pequenos o suficiente e com peso e preço desejável. A dificuldade encontrada na transformação se deveu, principalmente, ao fato do míssil Hellfire possuir o diâmetro muito maior que o Hydra-70. Sendo assim, os sistemas deveriam ser bem menores e trabalhar da mesma forma.

Para a transformação do SS-30, que possui 127 mm de diâmetro, a adaptação seria mais fácil, uma vez que a BAe já possui experiência para diminuir seus dispositivos de guiamento. Entretanto, o foguete ficaria um pouco mais comprido e mais pesado. No caso do Hydra-70, seu comprimento foi aumentado em 380mm e seu peso em 3,8kg. Para o SS-30 é impossível estimar os valores da mudança, mas sabemos que atualmente o SS-30 pesa 66,88 kg, possui 2974,5mm de comprimento e o seu contêiner lançador possui 5500mm de comprimento. Sendo assim fica claro que o contêiner lançador pode absorver essas mudanças e que a AV-LMU também, visto que ela pode lançar foguetes de até 576,3 kg (peso do foguete AVIBRAS SS-60).

Ao mudar o peso e comprimento do foguete é de se esperar que seu comportamento balístico seja alterado e por consequência a tabela de tiro do SS-30; uma nova teria que ser feita, com alcances mínimos e máximos e suas respectivas elevações. Entretanto é impossível afirmar se os alcances mínimos e máximos aumentariam ou diminuiriam. Mas supomos que o alcance máximo aumentaria, porque sendo o foguete guiado desde a origem até o destino sua trajetória seria mais coplanar (movimento em um único plano) do que o SS-30 não guiado, visto que o sistema inteligente de voo iria corrigir as influências meteorológicas (ventos, mudanças de pressão atmosférica e etc.) e colocar o foguete o mais próximo possível da trajetória matematicamente perfeita para atingir seu objetivo. O sistema SAL, utilizado pelo Hellfire e Hydra-70 é característico de foguetes

com guiamento final, sendo assim não seria utilizado para o SS-30 com voo pré-programado.

O sistema SKMB é guiado por GPS/INS. Inovou ao criar um sistema de guiamento por satélites GPS e GLONASS e por permitir a programação do sistema *wireless*. Essas duas características são muito vantajosas para o SS-30. Além delas, o fato do SKMB ser de empresas brasileiras também, pois, além de fortalecer a indústria nacional poderíamos ter um sistema todo em português. Ser guiado por satélites de posicionamento GPS e GLONASS nos colocaria entre possuidores do que há de mais moderno em guiamento de foguetes e mísseis. Poder usar dois sistemas de satélites dobra as possibilidades de aquisição de coordenadas em voo. O erro máximo atual do SKMB é de 6m, não sabemos se isso será possível para o SS-30, mas mesmo que seja 30 vezes maior que isso ainda será menor que o erro do lançamento do SS-30 no seu menor alcance possível (192m) que tende a ser o menor erro, visto que sofre menos influências atmosféricas. Além disso, apresentamos que o ATACMS Block1A, foguete com voo pré-programado com guiamento por INS/GPS pode atingir alvos à 300km de distância com 100m de erro, o que nos leva a acreditar que o SS-30 poderá ter erro menor que isso, uma vez que seu alcance máximo também será menor.

A adaptação do SMKB ao Mk teve como consequência mudanças na sua espoleta e nas aletas. Essas mudanças não poderiam acontecer no SS-30, pois teriam como consequência mudanças na viatura lançadora, o que não seria vantajoso. Logo o sistema de guiamento terá que ser instalado dentro dos *canards* do APKWS no lugar do sistema SAL e, conseqüentemente, não seria necessário modificar as aletas do SS-30 por causa do SMKB já que ele não seria responsável pelo controle do voo (função do APKWS), apenas pela aquisição de coordenadas.

Poder programar o foguete *wireless* é outra possibilidade bastante vantajosa e muito mais fácil de ser feita numa viatura lançadora do que numa aeronave. Como já citamos anteriormente o grande desafio das empresas Mectron e Britanite foi realizar essa transmissão apesar de toda a interferência provocada pelos sistemas da aeronave e turbinas, como a viatura é bem mais simples que uma aeronave e não possui turbinas, logo possui bem menos interferências próprias para a transmissão, sendo assim a Mectron e Britanite já possuem tecnologia para implementar essa transmissão. A cabina das lançadoras do SS-30 é grande o suficiente para receber um computador dedicado para a programação do SS-30 guiado. Sendo assim o custo da adaptação da viatura para lançar foguetes inteligentes seria mínimo.

4.3.2 SS-30 com guiamento final

Utilizando a combinação dos dois sistemas já citados também é possível transformar o SS-30 num foguete com guiamento final. Bastaria utilizar além de todas as possibilidades já citadas no item anterior e incluir o guiamento SAL já existente no APKWS e equipar as tropas com o equipamento para iluminar o alvo.

5 CONCLUSÃO

A decisão de atacar ou defender uma zona urbana pode se revelar bastante cara em termos de perdas humanas e materiais. É de esperar restrições severas à utilização dos meios de apoio de fogo de forma a minimizar os danos colaterais que eventualmente possam acontecer. As operações podem ser fortemente condicionadas pela presença de populações civis. O sucesso da operação pode ser medido não só verificando se a missão foi ou não cumprida, mas também se foi com mínimos danos causados à população e respectivas zonas urbanas.

Seria ideal que nossos foguetes, tivessem características de guiamento, ou seja, dotados de um sistema que possibilitasse a definição das coordenadas de um alvo (voo pré-programado) e/ou a manipulação das direções dos mesmos durante seu trajeto (voo em guiamento final).

Conforme apresentado durante o trabalho, percebemos a importância da possível adaptação de um *kit* de guiamento nos nossos foguetes, tendo em vista que a precisão e a pontualidade para alvejar um alvo é fator primordial para que se evitem danos a inocentes.

A Artilharia Brasileira se mostra atualmente como a mais poderosa da América Latina, tornando o Brasil o país mais capacitado em termos de apoio de fogo. É importante que tenhamos destaque em âmbito mundial, e não apenas na América latina.

O Sistema ASTROS II, genuinamente brasileiro, é um sistema com enorme poder de fogo para saturação de área. O poder do mesmo é extremamente dissuasório e eficaz para destruição e neutralização de alvos inimigos. Porém, com o atual contexto do teatro de operações, necessita-se que o sistema e principalmente suas munições sofram adaptações para continuar cumprindo a contento sua capacidade de eliminação do inimigo nos campos de batalha urbanos.

O fator logístico é sem dúvida, um dos fatores mais importantes quando tratamos de munições guiadas, isto é, pode-se economizar grandes quantidades de recursos (munições, combustível, pessoal, etc.), com a utilização das mesmas, já que o engajamento do alvo se dará pontualmente, necessitando de uma menor quantidade de munição.

Qualquer destas inovações representa um progresso enorme no que diz respeito ao apoio de fogo às operações em ambiente urbano. A precisão destas armas permite um menor risco de fratricídio, bem como as baixas provocadas na população civil, o que, em termos políticos, é fundamental. (REVISTA DE ARTILHARIA, 2009)

REFERÊNCIAS

AGM -114 Hellfire. Disponível em <<http://www.middleeastexplorer.com>>. Acesso em: 16 de junho de 2011.

BRASIL. Ministério da Defesa. 6º GLMF/CIF – CIArtFgt. **Apostila de Foguetes do Estágio de Operação do Sistema ASTROS II**. 5º ed. 2011.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército brasileiro. C 6-16 Bateria de lançadores múltiplos de foguetes. **Tabela de Tiro AV-SS-30**. 2º ed. 1999.

BRITANITE – IBQ INDÚSTRIA QUÍMICA. **Bombas de Fins Gerais**. Disponível em <http://www.ibq.com.br/defesa_MK.html>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

CASTRO, Fábio. **Kit de guiamento para foguetes**. Disponível em <<http://sistemasdearmas.com.br/pgm/foguetesguiados.html>>. Acesso em: 16 de junho de 2011.

DEAGEL. **ATACMS**. Disponível em <http://www.deagel.com/Ballistic-Missiles/ATACMS-Block-IA-Unitary_a001106003.aspx>. Acesso em: 14 de junho de 2011.

FEDERATION OF AMERICAN SCIENTISTS. **ATACMS Block II/ Brilliant Anti-armor Technology (BAT)**. Disponível em <<http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/atacms-bat.htm>>. Acesso em: 15 de junho de 2011.

GLOBAL SECURITY. **BLU-108/B Submunition**. Disponível em <<http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/blu-108.htm>>. Acesso em: 15 de junho de 2011.

HARRIS, Tom. **Como funcionam as bombas inteligentes**. Disponível em <ciencia.hsw.uol.com.br/bombas-inteligentes.htm>. Acesso em: 26 de junho de 2011.

JDAM-ER Stand Off Bombardment CONOPS. Disponível em <<http://www.ausairpower.net>>. Acesso em: 26 de junho de 2011.

JONES, Leonardo. **Bomba guiada nacional**. 2009. Disponível em <http://defesabrasil.com/laad2009/index.php?option=com_content&view=article&id=68:melectron-e-britanite-apresentam-primeira-bomba-guiada-nacional&catid=39:noticias&Itemid=78>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

LOCKHEED MARTIN. **ATACMS Block IA Unitar**. Disponível em <http://www.lockheedmartin.com/data/assets/mfc/PC/MFC_ATACMS_pc.pdf>. Acesso em: 14 de junho de 2011.

MILITARY SUPPLIERS & NEWS. **Hellfire II Anti-Armour Missile**. Disponível em <http://www.armedforces-int.com/projects/hellfire_ii_anti_armour_missile.html>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

MISSILE THREAT. **MGM-140A Block 1**. Disponível em <http://www.missilethreat.com/missiles-of-the-world/id.73/missile_detail.asp>. Acesso em: 16 de junho de 2011.

MONTEIRO, Luís Nuno da Cunha Sardinha. **O GPS na guerra**. Disponível em <<http://www.revistamilitar.pt/modules/articles/article.php?id=197>>. Acesso em: 02 de julho de 2011.

PODER AÉREO. **Ensaios em primeira bomba nacional**. 2010. Disponível em <<http://www.aereo.jor.br/2010/07/26/iae-realiza-ensaios-em-primeira-bomba-guiada-nacional/>>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

REVISTA DE ARTILHARIA. 2009. Disponível em <<http://www.revista-artilharia.net/index.php>>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

SLATE. **JDAM the torpedos**. Disponível em <<http://www.slate.com/id/2079667/>>. Acesso em: 26 de junho de 2011.

