ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

Cap Art FRANCISCO GUILHERME DE MENDONÇA LEITE

A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO PARA A ARTILHARIA DE CAMPANHA

Rio de Janeiro
2009

Cap Art FRANCISCO GUILHERME DE MENDONÇA LEITE

A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO PARA A ARTILHARIA DE CAMPANHA

Trabalho apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre Profissional em Operações Militares.

Orientador: **Cap Art José Evânio Cavalcante de Brito Junior**

Rio de Janeiro
2009

Cap Art FRANCISCO GUILHERME DE MENDONÇA LEITE

A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO PARA A ARTILHARIA DE CAMPANHA

Trabalho apresentado à Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre Profissional em Operações Militares.

Aprovado em: 06/ Novembro/ 2009

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

_____

MARCELO ANDRÉ HOLANDA DA SILVA – Maj – Presidente
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército

_____

EDUARDO BORBA NEVES– Maj – 1º Membro
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército

_____

JOSÉ EVÂNIO CAVALCANTE DE BRITO JUNIOR – Cap – 2º Membro
Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército

À Deus.

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio.

Ao Maj Art Ricardo Santos Taranto, ex-Cmt BC AD/5, meus sinceros agradecimentos pelas orientações. Ao Cap Art Ignacio Eduardo Merino Ballart, do Exército Chileno, ao 1º Ten Art Juan Ignacio Basabe, do Exército Argentino, ao 3º Sgt Art Luiz Octávio Moraes Lara, Ch Tu Lev Meteo BC AD/5 e ao Sr Raimundo Bento da Silva, Coordenador do Setor de Ar Superior da Hobeco Sudamericana Ltda., meus sinceros agradecimentos pelo suporte documental e informações técnicas.

Ao meu Orientador, Cap Art José Evânio Cavalcante de Brito Junior, meus sinceros agradecimentos pela orientação objetiva e apoio na realização deste trabalho.

E a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para que este projeto fosse concluído.

Só se luta pelo que se ama, só se ama o que se respeita, só se respeita o que pelo menos se conhece.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**.....	8
2	**METODOLOGIA**.....	9
3	**RESULTADOS**.....	12
3.1	GENERALIDADES SOBRE O LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO NA ARTILHARIA DE CAMPANHA.....	12
3.1.1	**Generalidades**.....	12
3.1.2	**Constituição da atmosfera**.....	12
3.1.3	**A atmosfera padrão de artilharia**.....	14
3.1.4	**A sondagem meteorológica**.....	16
3.2	O EQUIPAMENTO UTILIZADO NA OBTENÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS.....	18
3.2.1	**O levantamento visual**.....	18
3.2.2	**O levantamento Computadorizado**.....	18
3.2.3	**Metodologia**.....	21
3.2.4	**Manutenção e ressuprimento do material**.....	22
3.3	A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO.....	23
3.3.1	**Os equipamentos utilizados por outros países**.....	23
3.3.2	**Os reflexos da adoção de um equipamento mais moderno**.....	28
4	**DISCUSSÃO**.....	29
5	**CONCLUSÕES**	33
	REFERÊNCIAS.....	34

A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO PARA A ARTILHARIA DE CAMPANHA

Francisco Guilherme de Mendonça Leite[a]

Resumo: O campo de batalha moderno caracteriza-se por uma elevada fluidez e fugacidade dos objetivos destinados a serem batidos com fogos letais e, dentro destes, ganham particular premência os destinados à artilharia de campanha. Por meio da técnica de pesquisa bibliográfica, do método de abordagem dedutivo e de uma pesquisa exploratória foram selecionadas e analisadas fontes de dados referentes ao material utilizado pelo Exército Brasileiro e pelos Exércitos Argentino, Chileno, Português e Americano. O emprego por esses Exércitos de equipamentos de sondagem meteorológica mais modernos permite-os desfrutar de uma gama de possibilidades tecnológicas que vão desde a sondagem sem a utilização do sistema GPS até a sondagem remota, com o posto meteorológico em movimento. Estas modernizações tecnológicas possibilitam a obtenção de dados mais precisos e mais abrangentes (precipitação radioativa, perfis atmosféricos para lançamento de VANT, tropas e cargas aerotransportadas) que representam vantagens táticas significativas no campo de batalha. A influência dos efeitos meteorológicos na balística do projétil é manifesta por meio de variações do vento horizontal, densidade do ar e temperatura. Da análise das fontes, pode-se observar que sob condições climáticas estáveis pode haver uma variação em alcance e direção da ordem de 5 a 10 %[1]. Assim, um rápido e preciso levantamento meteorológico das condições de momento, é um dos fatores que podem produzir uma significativa vantagem tática no emprego judicioso de todos os meios de apoio de fogos letais, garantindo uma maior precisão, surpresa, segurança e conseqüente diminuição do consumo de munições.

PALAVRAS-CHAVE: fogos, artilharia, sondagem meteorológica, modernização, vantagem tática.

Abstract: The modern battlefield is characterized by high fluidity and elusiveness of the targets to be hit with lethal fires, and within these, the gain particular urgency for the field artillery. Through the art of literature, the method of deductive approach and an exploratory study selected data sources for the material used by the Brazilian Army and the armies of Argentina, Chilean, Portuguese and American. Employment by these armies of sounding devices latest weather allows them to enjoy a range of technological possibilities ranging from the probe without the use of GPS to the remote sensing, with the weather station on the move. These technological upgrades possible to obtain more precise data and more comprehensive (fallout, atmospheric profiles for launching UAVs, airborne troops and cargo) that represent significant tactical advantages on the battlefield. The influence of weather effects in the ballistic missile is manifested by changes in May of horizontal wind, air density and temperature. An analysis of the sources can be observed that under stable weather conditions there may be a change in scope and direction of the order of 5 to 10%. Thus, a rapid and accurate assessment of meteorological conditions at the moment is one of the factors that can produce a significant tactical advantage in the judicious use of all means of support of lethal fires, offering greater precision, surprise, security and consequent reduction in consumption ammunition.

KEY WORDS: **fires, artillery, sounding meteorological modernization, tactical advantage.**

[a,] Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais

A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO PARA A ARTILHARIA DE CAMPANHA

1 INTRODUÇÃO

O campo de batalha moderno caracteriza-se por uma elevada fluidez e fugacidade dos objetivos destinados a serem batidos com fogos letais e, dentro destes, ganham particular premência os destinados à artilharia de campanha.

A partir da primeira Guerra Mundial, a ciência da meteorologia tem evoluído significativamente. Na segunda Guerra Mundial, segundo dados estatísticos, metade das missões cumpridas pela artilharia foram sobre alvos não observados. Na Guerra da Coréia, houve situações onde o efeito meteorológico representou 25% do alcance, tornando primordial a aplicação de correções meteorológicas até para missões de tiros observados[1].

As condições meteorológicas podem afetar de forma decisiva o desenvolver do combate. Dessa forma, há uma necessidade urgente de informações meteorológicas para as tropas em combate.

Para a artilharia de campanha, a missão da meteorologia balística é aferir os parâmetros da atmosfera, compará-los com as condições padrão, e introduzir as variações encontradas sob a forma de correções, alcance e direção do tiro, para que os tiros atinjam os objetivos com precisão, principalmente nas situações onde não é permitida a regulação prévia do tiro [1].

A meteorologia representa um dos oito subsistemas da artilharia de campanha, sendo responsável pelo fornecimento dos dados sobre as condições atmosféricas, possibilitando compensar sua influência nas trajetórias [2]. Dessa forma, os efeitos do tempo sobre o projétil em vôo devem ser considerados e os elementos de tiro precisam compensar esses efeitos[3].

Na Artilharia Divisionária (AD), em virtude de grande parte de seus fogos, particularmente os de aprofundamento do combate, ser “não observados”, é importante a utilização de boletins meteorológicos, a fim de realizar preparações teóricas precisas e, conseqüentemente, obterem-se as correções necessárias ao desencadeamento de missões tipo “eficácia” [4] .

Mesmo nos fogos ajustados, essas correções proporcionam uma economia de munição, reduzem o tempo de ajustagem e, portanto, produzem maior efeito de

surpresa, garantindo uma importante vantagem tática no campo de batalha[3].

No sentido de aprimorar a sondagem meteorológica e obter dados de alta precisão, faz-se necessário estudar equipamentos que possam estar à altura da evolução do combate moderno.

A bibliografia revisada neste estudo é unânime em enfatizar que o levantamento meteorológico é uma peça importante para a precisão do tiro de artilharia, a economia de munição e o sigilo, nas situações que o exijam, assegurando, conseqüentemente, a vantagem tática no campo de batalha.

Dessa forma, como a modernização do levantamento meteorológico pode influenciar para as aplicações táticas na artilharia de campanha, particularmente na precisão, na segurança (fogos de contrabateria), e na economia de munição?

Algumas questões de estudo podem ser formuladas no entorno deste questionamento:

a) Quais as formas de levantamento meteorológico na artilharia e quais suas vantagens relativas?

b) Quais as características e possibilidades do equipamento eletrônico atualmente utilizado para o levantamento meteorológico?

c) Qual o custo de operação e manutenção desse equipamento?

d) Como é realizado o ressuprimento e a manutenção do equipamento de levantamento meteorológico?

e) Quais os equipamentos de levantamento meteorológicos utilizados em outros países, suas possibilidades e limitações?

f) Quais os reflexos táticos da adoção de um equipamento mais moderno?

Apesar do Exército Brasileiro possuir uma doutrina de levantamento meteorológico, o presente estudo se justifica por promover uma discussão embasada em pesquisa bibliográfica acerca da importância e influência do sistema de sondagem meteorológica para as aplicações táticas na Artilharia de Campanha de tubo.

2 METODOLOGIA

Por meio da técnica de pesquisa bibliográfica, do método de abordagem dedutivo e de uma pesquisa exploratória foram obtidos dados e informações necessários para a execução da pesquisa.

Quanto à natureza, o presente estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa do tipo aplicada, por ter por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução do problema proposto, qual seja, como a modernização do levantamento meteorológico pode influenciar nas aplicações táticas da artilharia de campanha, particularmente na precisão, na segurança (fogos de contrabateria), e na economia de munição.

A seleção das fontes de pesquisa foi baseada em manuais de campanha e em manuais técnicos dos equipamentos em estudo, impressos e/ou em mídia eletrônica. Além disso, a presente pesquisa fundamentou-se em relatórios, publicações e estudos de organizações e instituições internacionais que utilizam esses equipamentos.

O delineamento de pesquisa contemplou as seguintes fases: levantamento e seleção da bibliografia, com base nos equipamentos utilizados pelos Exércitos Brasileiro, Americano (estado da arte), Argentino, Chileno (referências na América do Sul) e Português (membro europeu da OTAN); coleta de dados, em mídia e/ou impressos; crítica dos dados; leitura analítica e fichamento das fontes; argumentação, discussão dos resultados e conclusão.

O estudo foi limitado à artilharia de campanha de tubo, por ser este material o mais empregado pela Artilharia Brasileira.

Para se obter a fundamentação científica imprescindível à determinação de termos, redação do referencial teórico e estruturação de um modelo teórico, foi realizada uma revisão literária da seguinte forma:

a. Fontes de busca – realizou-se uma exaustiva pesquisa bibliográfica, utilizando como fontes de busca:

- Manuais de campanha dos Exércitos Brasileiro, Americano, Argentino, Chileno e Português, publicações das Baterias de Comando das AD/5 e AD/6, fundamentadas em manuais do Exército Americano (FM 6-14 e FM 6-16), e artigos científicos publicados pelas Artilharias dos Exércitos acima citados. O material relativo aos Exércitos Argentino e Chileno, mais especificamente, foi obtido por intermédio dos alunos, ONA, do Curso de Artilharia da EsAO;

- Manuais técnicos e relatórios de testes realizados com estações meteorológicas e radiossondas pelas empresas Vaisala (finlandesa) e Hobeco (brasileira), fabricante e distribuidora, respectivamente. Este material foi obtido após contato telefônico e e-mail com a Hobeco e Vaisala, sendo posteriormente

complementado após visita à LAAD 2009, no Rio Centro; e

- Relatórios, publicações e estudos de organizações e instituições internacionais que utilizem esses equipamentos (Meteorology Division of Target Acquisition Department, USAFAS; U.S. Naval Postgraduate School; AVIBRAS; World Meteorological Organization).

b. Estratégia de busca para as bases de dados eletrônicas – foram utilizados os seguintes termos descritores: *"levantamento meteorológico na artilharia (15.500 resultados), sondagem meteorológica (14.900 resultados), estação de levantamento meteorológica (207.000 resultados), radioteodolito RT20 (1 resultado), Marwin MW-12 (7.888 resultados), radiossonda RS 80 e 92 (433 resultados)",* respeitando as peculiaridades de cada base de dados. Sendo, em todas as pesquisas, aplicados os filtros descritores de forma que o material de pesquisa selecionado estivesse focado no tema em pauta. Os sítios pesquisados foram: Google (conforme resultados acima descritos), Google acadêmico (0 resultado), Scielo (0 resultado), Pergamum (0 resultado), Portal domínio público (0 resultado), banco de dados da biblioteca da EsAO (0 resultado) e banco de dados da biblioteca da ECEME (1 resultado).

Após a pesquisa eletrônica, as referências bibliográficas dos estudos considerados relevantes foram revisadas, no sentido de encontrar artigos não localizados na referida pesquisa.

c. Critérios de inclusão:

- Estudos qualitativos publicados em português, inglês, ou espanhol.

- Estudos publicados de 1970 até 2009.

- Estudos que descrevem as características, possibilidades e limitações das estações meteorológicas e radiossondas.

d. Critérios de exclusão:

- Estudos cujo foco central seja outros equipamentos meteorológicos que não os utilizados pelos exércitos em estudo.

- Estudos com desenho de pesquisa pouco definido e explicitado.

Dessa forma, após a depuração de todos os dados obtidos, foi possível fundamentar as conclusões acerca dos aspectos técnicos e doutrinários da modernização do levantamento meteorológico para a artilharia de campanha de tubo.

3 RESULTADOS

3.1 GENERALIDADES SOBRE O LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO NA ARTILHARIA DE CAMPANHA

3.1.1 Generalidades

Os ventos, as variações de temperatura, a densidade do ar e os demais fenômenos meteorológicos influenciam as operações militares[5].

Na área do emprego específico da artilharia de campanha, a meteorologia abrange as técnicas e procedimentos utilizados para determinar as condições atmosféricas de momento, como elementos base para determinação das correções necessárias à trajetória que possam compensar as perdas de precisão[6]. Mesmo sob condições climáticas estáveis, um erro meteorológico pode representar um desvio de 5 a 10% do ponto de impacto[7].

3.1.2 Constituição da atmosfera

3.1.2.1 Composição

A atmosfera terrestre é uma mistura de gases transparentes estendendo-se desde a superfície da Terra até o alto. A composição dessa massa de ar, que se adere à superfície terrestre, devido à força da gravidade, é quase uniforme em todos os lugares do mundo, com exceção da umidade que contém[1].

3.1.2.2 Estrutura vertical da atmosfera

A atmosfera é normalmente representada graficamente como sendo dividida em camadas, cada uma das quais possuindo características térmicas distintas. Para fins de estudo, essas camadas foram divididas de acordo com o interesse para a artilharia. Dessa forma, algumas camadas não serão apresentadas tendo em vista que para a artilharia os dados relevantes são coletados até 30 km[6].

a. Troposfera – é a camada turbulenta e a mais próxima da superfície terrestre, na qual, praticamente ocorrem todas as nuvens e tempestades [3]. Possui a

espessura de 18 km, 8 km nos pólos. Três quartos do ar da atmosfera estão comprimidos nessa camada, onde a mudança de temperatura em relação à altura é relativamente grande[1, 6]. A velocidade de queda da temperatura em relação à altura, velocidade de lapse, é de 6,5º C/km[1].

b. Estratosfera – Esta camada tem uma extensão aproximada de 50 km e se caracteriza por uma quase completa ausência de nuvens e uma pequena turbulência[3, 8].

3.1.2.3 Variantes[3]

As variações atmosféricas têm como principais fatores contribuintes:

- Densidade do ar

A densidade é diretamente proporcional a variação de pressão e inversamente proporcional a variação de altura[3].

- Nebulosidade

Uma nuvem é um conjunto visível de partículas de água, gelo ou de ambas, em suspensão na atmosfera. As nuvens se diferenciam das neblinas por estas últimas estarem em contato com a superfície terrestre[3, 8].

- Pressão atmosférica

A pressão atmosférica diminui sempre com o aumento da altitude e vice-versa. A velocidade de mudança de pressão com a altitude é diretamente proporcional à densidade do ar (equação hidrostática) [1,6,8].

- Temperatura do ar

De uma forma geral, o ar de superfície das altas latitudes é frio e o das baixas é quente. Sendo assim, a temperatura normalmente diminui com a altura[1].

A mudança de temperatura com a altura é denominada de velocidade de lapse. Entretanto, sob certas condições, pode ocorrer um aumento de temperatura com a altura (inversão) [1].

- Umidade

É a quantidade de vapor de água contida no ar [6]. Quando a temperatura do ar úmido aumenta e a umidade permanece constante, a umidade relativa diminui, uma vez que a capacidade do ar para conservá-la torna-se maior[1].

- Ventos

É motivado pela diferença de pressão e temperatura entre as camadas atmosféricas. Quanto maior a diferença de pressão e menor a distância que separa as camadas, maior será a velocidade do vento[1, 8]. Tanto a velocidade como a direção do vento podem variar drasticamente à medida que aumenta a altura[1, 8].

3.1.3 A atmosfera padrão de artilharia

3.1.3.1 Definições

A atmosfera considerada como atmosfera padrão de artilharia apresenta as seguintes características: estende-se até 20 km de altura sobre o nível do mar, atmosfera seca, sem vento, temperatura de superfície de 15ºC (com uma velocidade de lapse de 6,5º C por 1000 m até uma altura de 11000 m e uma temperatura de –56,5ºC entre 11000 e 25000 m), pressão de superfície de 1013,25 mb (diminuindo com a altura) e densidade de superfície de 1225 g/m^3, todas variando com a altura [1,6,8].

Para conveniência de cálculo, transmissão e aplicação das correções, a atmosfera padrão é melhor identificada por zonas ou camadas atmosféricas. Estas zonas estão divididas em número de 16 e possuem espessura variada[3]. Essas camadas foram selecionadas de tal forma que os vértices de um largo número de trajetórias estão dentro dos limites de cada zona. Um projétil deve, durante o seu vôo, passar através de todas as zonas, desde a primeira até a que contém a ordenada máxima do tiro executado[1]. Dessa forma, o efeito balístico dos valores de todas essas zonas especificadas deve ser determinado.

3.1.3.2 Efeitos meteorológicos balísticos

As condições meteorológicas afetam as trajetórias balísticas e os foguetes, podendo provocar desvios relativos ao ponto de impacto previsto, que podem variar de 5% a 10 % em relação ao efeito tabelado, tendo em consideração as características dos materiais[1, 6]. Por exemplo: testes no sudoeste da Ásia mostraram que atirando com a artilharia em seu alcance máximo em situações de extrema

temperatura e baixa densidade do ar resultam em correções meteorológicas de até 4700 m (foguetes) [6] .

Os efeitos das variações aparecem nas tabelas de tiro como correções, e incluem correções para o vento horizontal (com seus dois componentes: vento longitudinal e vento transversal), velocidade inicial, temperatura do ar, densidade do ar e peso do projétil.

- Efeitos do vento horizontal – o vento pode fazer com que um projétil em vôo se desvie de sua trajetória inicial. A grandeza desse efeito depende, sobretudo, da direção e velocidade do vento, das propriedades balísticas do projétil e da direção e duração do trajeto. Considerando a direção e velocidade do vento comparada com a direção do vôo, o efeito do vento é avaliado em forma de duas componentes: vento longitudinal (aumentará ou diminuirá o alcance do projétil) e vento transversal (deslocará o projétil para a direita ou para a esquerda do alvo) [1, 3, 6, 8]. Por exemplo: considerando, isoladamente, um vento de 37, 04 km/h (20 nós) atuando sobre um projétil disparado a uma distância de 11000 m (Cañón CITER 155 mm, carga sete). Um vento de popa (longitudinal), nessas condições, provocaria um aumento no alcance do projétil de cerca de 222 m. Em se tratando de um vento transversal, o efeito seria um deslocamento lateral do projétil de cerca de 112 m[8].
- Efeitos da densidade – a densidade do ar através da qual um projétil passa, cria uma fricção que afetará a distância por ele percorrida. Isto é, um aumento de densidade acima do padrão provoca um aumento de fricção sobre a superfície do projétil, que resulta em perda do momento do avanço e diminuição do alcance. A densidade é inversamente proporcional ao alcance do projétil. Uma diminuição da densidade tem o efeito oposto. Cabe ressaltar que a densidade do ar diminui rapidamente com a altura[1, 3, 6, 8]. Por exemplo: considerando, isoladamente, uma variação de 10% (122,5 g/m^3) da densidade padrão atuando sobre um projétil disparado a uma distância de 11000 m (Cañón CITER 155 mm, carga sete). Uma variação de densidade, nessas condições, provocaria uma variação modular em alcance de cerca de 5% (390 m) [8].
- Efeitos da temperatura – As variações de temperatura que afetam a trajetória do projétil são provenientes de três fontes: da temperatura da

pólvora (uma variação de 1º C pode acarretar em uma alteração da velocidade inicial do projétil de até 1 m/s), da temperatura do ar (compensado quando os efeitos da densidade do ar são considerados) e da resistência do ar[8]. Os efeitos relacionados por esta última fonte dependem da relação entre a velocidade do projétil e a velocidade das ondas de compressão do ar que atuam na frente ou por trás dele[6]. A temperatura elevada afasta as moléculas e facilita a passagem do projétil. Temperaturas mais baixas produzem o efeito contrário. Por exemplo: considerando, isoladamente, uma variação de 5% da temperatura padrão atuando sobre um projétil disparado a uma distância de 11000 m (Cañón CITER 155 mm, carga sete). Uma variação positiva de temperatura, nessas condições, provocaria um aumento do alcance em 60m. Em se tratando de uma variação negativa da temperatura, haveria uma redução do alcance em 48m [6, 8].

Em relação às munições inteligentes, as condições meteorológicas do local do alvo também influenciam sua precisão. Estas munições sofrem o mesmo efeito do vento, da temperatura e da umidade. Entretanto, estes efeitos são amenizados pela habilidade dessas munições de auto-correção em vôo pela utilização de métodos passivos de guiamento. O grande efeito dos dados meteorológicos nas munições inteligentes é a influência das condições do momento na hora da escolha de alvos por este tipo de munição. Estas munições que adquirem alvos pelo meio visual podem ter dificuldade para identificá-los quando a área dos alvos está obscurecida por nuvens, tempestades de areia ou outras condições adversas[6].

3.1.4 A sondagem meteorológica

Sondagem meteorológica é o conjunto de operações realizadas com o objetivo de determinar os elementos atmosféricos que interessam ao tiro[3].

3.1.4.1 O boletim meteorológico

É um conjunto de dados simplificado das condições atmosféricas que enfrentará o projétil ao ser disparado. Estes dados são fornecidos às unidades de artilharia da Artilharia Divisionária (AD) e às brigadas subordinadas sob a forma de

uma mensagem de redação padronizada[3]. O boletim contém as condições de momento relativas a temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, densidade, velocidade e direção do vento nas diversas camadas[3]. Além desses dados pode ser incluída a velocidade do som, a fim de ser utilizado pela seção de localização pelo som da bateria de busca de alvos. De uma forma geral, o tempo necessário para a produção de um boletim meteorológico é da ordem de 30 minutos[3].

Existem dois tipos de mensagens meteorológicas: a mensagem meteorológica balística 2 (MET B 2), empregada pela artilharia antiaérea, que contém apenas as últimas seções da trajetória do projétil; e a mensagem meteorológica balística 3 (MET B 3), empregada pela artilharia de campanha e seções de morteiro, cálculo de balística terra-terra, que considera toda a trajetória do projétil[8]. Ambas as mensagens são desenvolvidas a partir dos mesmos dados. Cabe destacar ainda, que de acordo com o método utilizado, a mensagem meteorológica pode se apresentar sob a forma de 10 colunas (método visual) ou de 12 colunas (método computadorizado) [3].

3.1.4.2 A validade do boletim[3]

A mensagem meteorológica apresenta validade tanto no espaço quanto no tempo. A validade em espaço segue, de modo geral, as seguintes regras: planícies ou grandes espaços planos (32 km, sendo de 20 km para o posto meteorológico Marwin MW-12), terreno montanhoso ou com elevações (16 km) [3].

Já a validade temporal comporta-se de acordo com as características da atmosfera, a saber: tempo estável (4 horas) e tempo instável (até 2 horas) [3].

Cabe ressaltar, ainda, que a cada mudança abrupta de temperatura ou das condições climáticas, a mensagem meteorológica perde sua validade, tornando-se necessário o lançamento de mais um balão de sondagem.

Quanto à precisão, devem ser observadas as seguintes referências: vento balístico (1 m/s), densidade balística (0,1 %) e temperatura balística (1ºC) [3].

Admitem-se, após a execução da sondagem, as seguintes variações: pressão atmosférica (1 mb -1 mm/mercúrio), temperatura relativa (0,9 ºC), umidade relativa (10%), velocidade do vento (1 m/s) e direção do vento (25 milésimos) [3].

3.2 O EQUIPAMENTO UTILIZADO NA OBTENÇÃO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

Para a realização da sondagem meteorológica a Tu meteorológica da Bia Cmdo AD e da Bia BA conta com equipamentos visual e computadorizado[4]. O equipamento visual satisfazia as necessidades básicas, mas, no entanto, apresentava limitações ao nível da precisão e rapidez de resposta, fato que, de certa forma, limitava o emprego dos meios de apoio de fogos, no contexto das exigências operacionais modernas. A utilização da estação meteorológica automática MARWIN MW12, veio trazer uma melhoria substancial no cálculo, e difusão da informação meteorológica, possibilitando nomeadamente o processamento automático de dados.

3.2.1 O levantamento visual

3.2.1.1 O equipamento [1, 3]

O conjunto de observação meteorológica SCM-12 contém todo equipamento necessário para obter e avaliar elementos meteorológicos balísticos. Os principais componentes do conjunto SCM-12 são: equipamento de insuflação, bolsa de material de conservação e reparação e equipamento de observação no solo (teodolito ML-247 ou ML-474/GM, psicômetro ML-24 ou ML-224, barômetro ML-102 ou ML-332/TM, cronômetro PH-29 ou FM-19, anemômetro ML-433/PM, conjunto de locação do vento NA/TMA-1 e equipamento de comunicações).

3.2.2 O levantamento Computadorizado

O posto meteorológico computadorizado (AV-MET) foi projetado pela AVIBRAS Indústria Aeroespacial S/A, para se constituir em um posto meteorológico móvel capaz de efetuar o levantamento das condições meteorológicas nas altas camadas da atmosfera, visando a utilização destas informações para a direção do tiro de artilharia[9]. Possui como componente principal o computador Marwin MW-12, produzido pela empresa finlandesa Vaisala.

A entrada ao serviço da estação meteorológica automática MARWIN MW12[3, 10], em 1999, veio trazer uma melhoria substancial no cálculo, e difusão da informação meteorológica, possibilitando nomeadamente o processamento automático de dados.

3.2.2.1 O posto meteorológico Marwin MW-12[3,10]

Esta estação permite com grande rapidez e confiabilidade, fornecer valores em tempo real de temperatura, umidade do ar, direção e velocidade do vento, nas várias camadas da atmosfera até cerca dos 30 km em altitude[10].

O posto meteorológico Marwin MW-12 é composto pelo seguinte material[3]:

a. Vtr ¾ ton, modelo Ford F-1000 com baú;
b. Equipamento Marwin MW-12: computador Marwin MW-12 e impressora;
c. Sensores de superfície (mastro com tripé): indicador de direção do vento WAV 151, anemômetro WAA 151, barômetro analógico PTB 100 e coletor de dados QLI 50;
d. Antena UHF e antena GPS (mastro com tripé)
e. Acessórios externos: radiossondas RS 80 e RS 92 (repotencialização ocorrida em 2008), balões meteorológicos, recipientes para carregamento de bateria, manômetro com regulador, presilha, mangueira, bico de enchimento, e dois cilindros de gás (6 m^3, cada);
f. Maleta do verificador de superfície: suporte para radiossonda e verificados de superfície, pote de sílica gel, equipamento de verificação de superfície e chave para radiossonda;
g. Equipamento rádio

3.2.2.2 Radiossonda RS 80 [11,12]

A radiossonda RS 80, produzida pela Vaisala, encontra-se no mercado desde 1980 e tem sido empregada pelas Tu Meteorológicas para a realização das sondagens aerológicas. A RS80 consagrou-se como a base do dispositivo de observação meteorológica das camadas superiores em todo o mundo, definindo os padrões de precisão e confiabilidade para sua época. As radiossondas da série Vaisala RS 80-15G medem pressão atmosférica, temperatura, umidade e sinais

requeridos para calcular a velocidade do vento, utilizando sinais de radio navegação de GPS.

A RS 80 possui algumas desvantagens sobre a RS 92-SGP como a utilização da fita de calibração e a existência de apenas um sensor de umidade que, em altas altitudes, congelava e prejudicava seu desempenho. Era fácil perder o sinal de GPS em determinadas altitudes, principalmente com o início da operação do Sistema GALILEO. Com isto, perdiam-se dados de direção e velocidade do vento em determinadas altitudes. Além disso, RS 80 não dispunha de dispositivo de programação do tempo de emissão de sinal.

Com o desenvolvimento tecnológico e as exigências do campo de batalha cada vez mais elevadas e específicas, tornou-se imperativo a obtenção de uma maior precisão na obtenção de dados meteorológicos.

3.2.2.3 Radiossonda RS 92 [11, 12, 13]

A RS 92 foi introduzida no mercado mundial em 2003. Com a introdução da atual geração de radiossondas RS92, o cenário está definido para uma nova era na observação meteorológica[11].

A transmissão de dados totalmente digital é uma importante vantagem sobre a transmissão analógica. A disponibilidade de dados durante a sondagem é excelente e os erros de telemetria são sempre detectados. O transmissor digital consome menos energia que o analógico e possui mais canais disponíveis na banda de freqüência meteorológica, o que lhe permite, também, a seletividade do sistema de navegação[11].

A radiossonda Vaisala RS92-SGP tem um código confiável correlacionando o receptor com o GPS. O receptor tem um motor de busca muito rápido, que garante que todos os satélites em vista sejam rastreados. O sinal GPS filtra e amplifica o sinal, produzindo um excelente sinal-ruído, razão pela qual o RS92-SGP é, em grande medida, imune ao radar ou de outras fontes de interferência de radio freqüência[12]. O tempo de emissão de sinal pode ser programado, reduzindo, com isso, o tempo para rastreamento. A RS92-SGP possibilita este tipo de opção, onde o tempo de funcionamento da radiossonda em vôo pode ser programado (o tempo de autonomia da bateria da RS92-SGP é de apenas 135 minutos). Esta opção poderá ser adotada para evitar um possível rastreamento do sinal emitido pela radiossonda

ou quando várias sondagens devem ser feitas num curto intervalo de tempo por outros postos meteorológicos, a fim de se evitar possíveis interferências de sinal entre os mesmos e com as radiossondas que estão emitindo sinal em vôo[11, 12].

Se ocorrer uma avaria, uma função independente reinicializa instantaneamente a radiossonda para minimizar o monitoramento da lacuna[12]. O resultado é um contínuo recebimento de dados do vento com alta resolução[11, 12].

Em 2008, deu-se o início da repotencialização das AV-MET a fim de permitir-lhes o uso da radiossonda RS 92, também de fabricação da Vaisala. A RS 92, além de se constituir em uma versão mais moderna de radiossondagem, apresenta como grande diferencial em relação à RS 80 a acurácia na obtenção dos dados meteorológicos, principalmente os dados de umidade e do vento, e a seletividade de operação exclusiva do sistema de posicionamento global NAVISTAR (EUA), impedindo a interferência, ocasionalmente observada, do sistema Galileu (europeu) [13]. Com a repotencialização, as unidades da AV-MET poderão realizar a radiossondagem a partir de ambas as sondas, porém estarão habilitadas a utilizar um equipamento mais moderno[14].

3.2.3 Metodologia

Apesar dos processos visuais e eletrônicos estarem bem depurados quanto à sua operacionalização, não existe um Programa Padrão de Adestramento (PPA) regulamentando essa atividade. Este fato impossibilita a homogeneidade de conhecimentos, permitindo, invariavelmente, que ocorram discrepâncias no sistema ensino-aprendizado das Tu de levantamento meteorológico das Bia Cmdo AD. A fim de tentar amenizar essa carência, foi apresentada à AD/5 em 2008, pela Bia Cmdo AD/5, uma proposta de PPA da Tu Lev Meteo[15].

3.2.3.1 Visual[1]

Pelo método visual ocorre a determinação dos seguintes elementos atmosféricos:

- direção e velocidade do vento - pelo acompanhamento, via teodolito, do balão-piloto;

- densidade na superfície – calculada em função da medida da pressão e da temperatura;
- densidade acima do solo – por meio de tabelas;
- temperatura virtual – no solo.

3.2.3.2 Eletrônico

O posto meteorológico computadorizado (Marwin MW-12) utiliza as mais refinadas técnicas para as medidas meteorológicas[11]. O método de radiossondagem empregado é o via satélite, possibilitando a realização de sondagens atmosféricas com obtenção de dados de alta precisão[11]. Por este sistema é possível medir a direção e a velocidade do vento, a pressão atmosférica, a temperatura (inclusive a de superfície) e a umidade relativa do ar dentro de cada camada. A densidade em cada camada é obtida graficamente em função da pressão, temperatura e umidade relativa fornecidas pela radiossonda.

A escolha da posição do posto meteorológico deve priorizar, dentro das possibilidades, uma região entre as Linhas de Fogo (LF) e as Centrais de Tiro (C Tir) dos GAC, em local plano e com pouca vegetação e sem obstáculos adjacentes[3]. Entretanto, torna-se imperativo que a região da sondagem meteorológica apresente elementos atmosféricos compatíveis com a região das posições de bateria (dentro da validade espacial da sondagem).

3.2.4 Manutenção e ressuprimento do material

Os órgãos supridores do material meteorológico eletrônico são a Diretoria de Material e a Diretoria de Abastecimento do Exército. Um dos grandes problemas encontrados pelo Posto Meteorológico Computadorizado é a reposição do material utilizado em operações e/ou instruções e a manutenção corretiva e, até mesmo, preventiva do material[1,16].

Por se tratar de um material de tecnologia complexa e de alto custo, sua manutenção requer pessoal especializado e habilitado a executá-la, não existente no Exército. Atualmente, a assessoria técnica e a manutenção corretiva do material tem sido realizada pelas empresas AVIBRAS e Hobeco Sudamericana Ltda (representante da Vaisala no Brasil). A impossibilidade técnica da realização de

pequenos reparos ou atualizações no equipamento ocasiona, geralmente, uma indisponibilidade prolongada do posto meteorológico, comprometendo sua operacionalidade.

A reposição do material torna-se bastante dificultada devido ao alto custo do material e à quase exclusividade das especificações técnicas requeridas. Em termos de grandeza de valor seguem abaixo alguns custos[16], de acordo com a guia de fornecimento do material e demonstrativo enviado pela Hobeco: posto meteorológico AV – MET (US $ 350.000,00), radiossonda RS 80 (US $ 300,00), RS 92 (US$ 120,00), balão meteorológico 100g (US $ 30,00), cilindro do gás hélio (US $ 300,00), cada sondagem meteorológica (US $ 380,00)[14, 15, 16].

3.3 A MODERNIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO METEOROLÓGICO

3.3.1 Os equipamentos utilizados por outros países

Após análise dos manuais dos Exércitos Argentino, Chileno, Português e Americano; dos artigos, relatórios, publicações e estudos (em mídia e/ou digitais) da Meteorology Division of Target Acquisition Department, da USAFAS, da U.S. Naval Postgraduate School, da AVIBRAS, da World Meteorological Organization, da Hobeco e da Vaisala, obtiveram-se os resultados a seguir apresentados.

3.3.1.1 Argentina[6, 8]

Os equipamentos meteorológicos em uso no Exército Argentino são: a estação meteorológica manual AN/TMQ-4, a estação computadorizada AN/TMQ-41[8] e a central meteorológica La Crosse profesional WS-3610 [17].

A estação AN/TMQ-4 permite a obtenção das mensagens meteorológicas balísticas, acústicas e para a previsão da chuva radioativa (até 18.000 m). É um equipamento muito semelhante ao utilizado pela artilharia brasileira para a obtenção dos dados meteorológicos pelo método visual. É composto pelos seguintes conjuntos de equipamentos: medição de superfície, insuflação do balão, acompanhamento visual, representação gráfica do vento e comunicações. Os instrumentos para a medição de superfície são os seguintes: anemômetro ML-433/UM, barômetro ML-102, psicômetro ML-224, termômetro ML-352 e altímetro. Os insturmentos para acompanhamento visual são: o teodolito ML-247, o cronômetro

FM-19 e o registro de dados angulares. Já o equipamento para a representação gráfica do vento é composto por: régua de traçado ML-126/A, tabela de traçado ML-122 e escala do vento ML-577. O equipamento de comunicações e o equipamento para insulflação são bastante triviais e muito similares aos brasileiros[8].

A estação meteorológica computadorizada AN/TMQ-41, semelhante à utilizada pelo Exército dos EUA, possui processamento automático de dados e aquisição de informações meteorológicas utilizando unidades de monitoramento por um balão com uma radiossonda. Este material é composto por dois principais grupos de equipamentos, o grupo do *shelter* e o grupo do *Radio Direction Finding* (*RDF*). Este sistema rastreia automaticamente a radiossonda (RS 80) na atmosfera. Ele detecta e recebe os dados da radiossonda e utiliza as informações para o cálculo do vento. A *RDF* transmite esses dados ao grupo *shelter* para processamento e divulgação. O grupo *shelter* inclui os equipamentos necessários para receber e processar dados meteorológicos transmitidos pela radiossonda. O grupo *shelter* é composto pelos seguintes equipamentos: sistema de antena de auxílio à navegação, sistema de recepção, sistema de comunicações e impressora[8].

Atualmente, todos os grupos de artilharia da Argentina contam com a estação meteorológica portátil *La Crosse profesional WS-3610*, de uso civil e adaptada ao uso militar, que fornece dados meteorológicos de superfície parcialmente satisfatórios às necessidades da artilharia de campanha. O sistema é composto basicamente por um receptor, uma antena transmissora, um sensor de chuva, um sensor de vento e uma base tubular de fixação. Em testes realizados na região de Salta (Canón CITER 155 mm, Cg 6, 10.512 m, altitude de 3.500 a 4.000 m acima do nível do mar), os dados meteorológicos provenientes dessa estação possibilitou correções entre 800 e 1100 m em alcance [17].

3.3.1.2 Chile [18,19]

O equipamento utilizado pelo Exército Chileno é o radioteodolito RT20A. É um sistema de antenas de interferômetro que, automaticamente, segue o sinal da radiossonda. Determina o ângulo de elevação e azimute feito pela radiossonda (RS 80) e remodula o sinal de temperatura, pressão e umidade. A radiossonda, por sua vez, realiza o cálculo do vento, a geração da mensagem e a transmissão de dados[18].

O sistema de radiofreqüência básico de detecção do vento está constituído pelo radioteodolito (RT 20A), pelo instrumento de sondagem, pela impressora e por uma fonte de alimentação. Esses instrumentos são montados, a exemplo do nacional, em um *shelter* sobre uma caminhoneta[18].

O sistema oferece duas formas diferentes de sondagem para balística: na faixa de freqüência 1680 MHz, com acompanhamento do balão por Radioteodolito dispensando o uso do Sistema de GPS, ou na faixa de freqüência de 403 MHz, com a utilização do sistema de GPS. Ambos os sistemas são móveis de montagem fácil e rápida, eles oferecem mensagens em diversos formatos de utilização, constituindo-se nos sistemas de mais alta tecnologia e confiabilidade[19].

O radioteodolito da VAISALA foi concebido para ser utilizado em situações operacionais. O seu desempenho é bastante satisfatório mesmo em terreno difícil e em condições atmosféricas adversas. Contudo, de forma a assegurar um sinal forte da radiossonda e a livre de propagação de sinais para a precisão dos dados do vento, recomenda-se, sempre que possível, que a instalação seja realizada com 3 militares[18].

A frequência de emissão de sinais é reduzida de 1680 MHz para a banda de 400-406 MHz, e então enviada a os dois canais do receptor de 403 MHz de frequência. Esses sinais do teodolito, reduzidos em freqüência, contêm informações precisas sobre os ângulos de elevação e azimute da sonda[19].

Usando os sensores opcionais de inclinação, pode-se, automaticamente, corrigir os erros de nivelamento e os ângulos de azimute e elevação.

Os sinais do radioteodolito com freqüência reduzida transportam a modulação de dados referentes a pressão atmosférica, temperatura e umidade (PTU). Os dados de ângulo azimutal, elevação e os dados de PTU chegam ao instrumento de sondagem, onde é processado e a mensagem meteorológica é gerada. O ajuste mecânico, quando necessário, é feito na direção azimutal, direção de elevação ou ambas as direções simultaneamente[18, 19].

O radioteodolito funciona com uma unidade de alimentação de 24 Volts e com um consumo de corrente de 40 A. Para operar o radioteodolito é suficiente uma bateria de 24 volts. Alternativamente, a alimentação atual é gerada a partir de uma corrente alternada com uma unidade de fonte de alimentação separada[19].

3.3.1.3 Portugal[10,19, 20]

Desde 2001, a Escola Prática de Artilharia do Exército Português conta com a Estação Meteorológica Marwin MW-12, mesma utilizada pelo Exército Chileno. Esta estação permite com grande rapidez e confiabilidade, fornecer valores em tempo real de temperatura, umidade do ar, direção e velocidade do vento, nas várias camadas da atmosfera até cerca de 30 km de altitude, podendo monitorar a maiores distâncias, dependendo do tipo de balão utilizado[10].

O sistema base de detecção de vento consiste em uma antena radioteodolito (RT 20A), um conjunto de sondagem (MW12A), uma unidade de energia (RP20), uma impressora e uma fonte de energia[20]. O conjunto de sondagem, a unidade de energia e a impressora estão instalados em um *shelter*, onde as unidades RDF são armazenadas durante o transporte. O radioteodolito RT20A é um sistema de antena, que busca automaticamente o sinal da radiossonda. Determina os ângulos de elevação e de azimute da radiossonda e modula o sinal de pressão, temperatura e umidade. O cálculo do vento, a geração da mensagem e a transmissão, têm lugar no instrumento de sondagem[19, 20].

A precisão e oportunidade da informação fornecida pela MARWIN MW 12 permitem aumentar o nível de confiança do apoio de fogo, especificamente na sua eficácia ao primeiro tiro, o que se consubstancia numa economia de munições, para idênticos efeitos no objetivo[20].

3.3.1.4 EUA[6]

Existem dois sistemas meteorológicos básicos implantados em todo o campo da artilharia norte americana: o *Meteorological Measuring Set* (*MMS*), AN/TMQ-41, e o *Meteorological Measuring Set–Profiler* (*MMS–P*), AN/TMQ-52. Estes sistemas são altamente móveis, possuem suporte veicular e dispõem de processamento automático de dados e aquisição de informações meteorológicas. Ambos os sistemas funcionam em qualquer tipo de condições climáticas e sobre qualquer tipo de terreno onde as operações táticas exigirem.

As capacidades da seção meteorológica variam de acordo com o sistema específico em uso. O MMS é o sistema operacional mais antigo e baseia-se no

conceito de fornecer os dados provenientes das observações da radiossonda. O conceito operacional do MMS-P baseia-se no sistema de inserir uma variedade de fontes de dados meteorológicos (banco de dados) e produzir dados através de um modelo. Embora ambos os sistemas mantenham as capacidades essenciais de obtenção, processamento e divulgação dos dados, o conceito operacional do MMS-P fornece à seção meteorológica mais recursos que o sistema MMS.

O MMS-P fornece a localização por meio de programas de modelagem para avaliar as quantidades maciças de dados atmosféricos, enquanto que o MMS fornece dados meteorológicos utilizando unidades de monitoramento por um balão com uma radiosonda, que fornece os dados meteorológicos das zonas verticais da atmosfera.

O AN/TMQ-41 utiliza três formas passivas para monitorar o balão com a radiossonda que transmite os dados à estação terrestre. Elas são: o *Radio Navigational Aid* (NAVAID), o *Radio Direction Finding* (RDF), e o GPS. O NAVAID e o GPS têm uma remota capacidade de orientação (lançamento). O AN/TMQ-41 pode acompanhar a radiossonda e processar os dados enquanto ela se movimenta.

O AN/TMQ-41 é um sistema automatizado de tratamento de dados meteorológicos. É constituída por dois principais grupos de equipamentos, o grupo do *shelter* e o grupo do *Radio Direction Finding* (RDF). Quando o AN/TMQ-41 opera no modo NAVAID, as antenas NAVAID passam a receber sinais de freqüência muito baixa (VLF). Este sistema amplifica e converte sinais recebidos pelo GPS, pelo NAVAID, pelo RDF e antenas e passa-as ao processador Marwin. O processador Marwin contém um cartão GPS que processa os sinais GPS e habilita o Marwin a determinar a velocidade e direção do vento.

O AN/TMQ-52 utiliza o modelo de mesoescala. O modelo de mesoescala foi desenvolvido a fim de fornecer dados suficientes para criar exatos perfis verticais da atmosfera. Os perfis verticais podem ser gerados em qualquer lugar dentro de um raio de 60 km do local da seção meteorológica. A capacidade do modelo para gerar um perfil vertical dentro de um raio de 60 km do local do posto permite ao sistema a geração de dados meteorológicos para a área-alvo dentro do raio. O MMS-P gera dados para o ponto médio da trajetória, que se baseia na localização da arma e da localização do alvo, bem como para a zona do alvo.

O MMS está equipado para produzir sondagens eletrônicas na atmosfera até 30.000 m, de dia ou de noite e nos mais variados tipos de tempo. Um importante

fator no fornecimento de dados meteorológicos é o tempo necessário para um balão pesquisar a referida altura desejada. Geralmente, a altitude requerida para as mensagens da artilharia de campanha são baixas, 10.000 m ou menos.

O MMS-P utiliza dados de sondagem, mas requer poucas sondagens para manter a cobertura dos dados. O fator importante no fornecimento dos dados meteorológicos para o MMS-P é a disponibilidade de uma larga escala de dados atmosféricos. Esta larga escala é gerada pela *Naval Operational Global Atmospheric Prediction System* (NOGAPS) e é transmitida a cada 12 horas pela *Air Force Weather Agency* (AFWA) via satélite. Cada transmissão do NOGAPS fornece ao sistema uma larga escala de dados meteorológicos com 72 horas de validade. Essa transmissão pode ser realizada até uma distância de 500 km do local da estação MMS-P.

O MMS-P pode operar sob duas formas diferentes: modo operacional (com o sistema inicializado) e modo degradado (sem o sistema inicializado). A inicialização do sistema ocorre via satélite através da atualização do banco de dados pela *NOGAP*, com validade de 72 horas (autonomia) e contemplando toda a previsão atmosférica para o período. Quando dados suficientes da NOGAPS não estão disponíveis para inicializar este modo, o sistema MMS-P opera em modo degradado. Neste modo, a seção meteorológica deve realizar uma sondagem meteorológica a fim de gerar dados válidos. Operando no modo degradado a validade das informações meteorológicas é de 30 km de raio. O MMS-P utiliza-se, também, dos sistemas LORAN e GPS; permite ainda, à semelhança do RT20, o monitoramento remoto, quando for o caso, por um raio de 30 ou 60 km, dependendo do modo de operação.

O AN/TMQ-41 e o AN/TMQ-52 contêm um sistema de *back up* externo para a obtenção de dados meteorológicos quando o sistema eletrônico estiver indisponível.

3.3.2 Os reflexos táticos da adoção de um equipamento mais moderno

A adoção de um equipamento mais moderno serviria de um instrumento de dissuasão, pois inseriria o país no seleto grupo de países com este tipo de tecnologia. Esta tecnologia, além de permitir a obtenção de dados meteorológicos mais depurados, e conseqüentemente, um tiro de artilharia mais preciso, possibilita o emprego de uma maior variedade de radiossondas com funções cada vez mais

específicas que vão desde a obtenção de dados meteorológicos, dados balísticos, dados para a aquisição de objetivos de localização pelo som, previsão de precipitação radioativa e, em alguns casos, as observações de superfície e de altitude[10, 11, 12, 19, 20].

Além disso, esse tipo de equipamento possibilitaria a integração e a difusão de informações entre as demais Forças Armadas, de acordo com os acessórios utilizados, principalmente com a Força Aérea[6, 11, 19].

Um equipamento mais moderno requereria um treinamento especializado para os quadros, um sistema adequado de suprimento e manutenção do material e uma contínua busca pela compreensão da tecnologia utilizada.

4 DISCUSSÃO

A bibliografia pesquisada destaca que os dados obtidos com levantamento meteorológico têm fundamental importância para a acurácia do tiro de artilharia, possibilitando uma maior economia de munição, uma maior segurança contra os tiros de contrabateria, o efeito surpresa e, conseqüentemente, uma importante vantagem tática.

Os resultados obtidos pela revisão da literatura constatam que o método de levantamento meteorológico visual apresenta as seguintes vantagens: simplicidade, pequenos problemas de manutenção e maior mobilidade[3]. Como desvantagens, apresenta as seguintes impossibilidades: determinação do vento sob condições pobres de visibilidade, confirmação da altitude do balão (a velocidade do balão é suposta como constante) e aferição direta da temperatura e da densidade nas camadas atmosféricas[3].

O levantamento eletrônico, por sua vez, apresenta as seguintes vantagens: maior precisão, não sofre limitações das condições meteorológicas (visibilidade), afere diretamente a densidade e a temperatura nas camadas atmosféricas, rapidez e possui um sistema de armazenamento computadorizado de mensagem[3]. As principais desvantagens desse método são: o alto custo do equipamento, dificuldade de manutenção e treinamento e a menor mobilidade em relação ao equipamento visual[3].

Quanto a influência dos fatores meteorológicos, testes no sudoeste da Ásia mostraram que, atirando com a artilharia em seu alcance máximo em situações de

extrema temperatura e baixa densidade do ar, as correções meteorológicas variam de 5 a 10%, podendo chegar até 4700 m (foguetes) [6]. Uma variação bastante significativa, uma vez que foram consideradas as condições atmosféricas como estáveis.

Com a repotencialização dos postos meteorológicos (AV-MET), mais especificamente a habilitação para a radiossonda RS-92, o levantamento meteorológico passou a contar com uma tecnologia mais moderna e integrativa com outras Forças Armadas (FAB), possibilitando a obtenção de dados mais completos, mais precisos e mais seguros quanto a transmissão e recepção[6, 11, 12]. Com a família da radiossonda RS-92 tornou-se possível a obtenção de uma nova categoria de dados meteorológicos que vão desde a precipitação radioativa, detecção de agentes QBN até a determinação de perfis atmosféricos para operações aeroterrestres[6, 11,12]. Esta eficiência se deve, principalmente, a algumas características especiais dessa radiossonda que a diferenciam de sua antecessora, a saber: sistema digital de alto desempenho, novos sensores de resposta rápida para medidas de PTU (pressão, temperatura e umidade), dois sensores de umidade (possibilitando o aumento da precisão e evitando a formação de gelo no sensor), seleção digital de freqüência de telemetria e programação do tempo de emissão de sinal (reduz a exposição a ações de rastreamento)[11, 12]. O sistema GPS da RS-92 possui uma maior sensibilidade à captação de sinais emitidos pelos satélites, além da opção de seletividade do sistema GPS em uso (Navistar ou Galileu), impedindo a ocorrência de interferências[11, 12]. Em relação ao custo, o valor da RS-92 (US$ 120,00) corresponde a menos da metade do valor da RS-80 (US$ 300,00) [14, 15,16].

O equipamento utilizado pelos Exércitos Argentino, Chileno e Português, é o Marwin MW-12 com o Radioteodolito (RT20). O sistema oferece como grande diferencial três formas diferentes de sondagem para balística: o sistema Navaid (exclusivo dos EUA, fraqueado a membros da OTAN), o sistema RDF (radiogoniômetro) e o sistema GPS. Além desses, é possível utilizar o sistema mecânico, com acompanhamento do balão pelo RT20[6, 19]. O RT20 possibilita, também, um aumento da região de sondagem, validando uma área de 20 km de raio, o que evita uma exposição desnecessária da estação[6]. Outra vantagem significativa diz respeito à utilização tática desse equipamento. Além de se mostrar bastante eficiente tanto em operações defensivas quanto ofensivas, tem seu emprego mais direcionado para este último tipo de operações[6]. Nas operações

ofensivas, o RT20 permite o lançamento e monitoramento remoto da radiossonda, permitindo deslocamento do posto meteorológico, dentro do raio de validade (20 km), após o lançamento da radiossonda[6]. Nas operações defensivas, utilizando o modo *Navaid*, o RT20 recebe perfis meteorológicos de estações situadas de 2.000 a 8.000 km (condições atmosféricas ideais) de distância do posto meteorológico que está realizando a sondagem. Esse sistema de envio de dados é conhecido como *Long Range Aid to Navigation (LORAN)*, exclusivo do Exército Americano, sendo franqueado, quando preciso, aos países integrantes da OTAN (Portugal) [6]. O sistema GPS do RT20 possui uma maior sensibilidade à captação de sinais emitidos pela radiossonda.

O Exército Norte Americano, por sua vez, além de utilizar o RT20, possui o sistema AN/TMQ-52 (MMS-P), o "estado da arte" em matéria de dados meteorológicos. O MMS-P se baseia na inserção de uma variedade de fontes de dados meteorológicos (banco de dados) e produção de informações, em qualquer lugar, dentro de um raio de 60 km do local da seção meteorológica, permitindo ao sistema a obtenção de dados meteorológicos para a área-alvo dentro dessa região[6]. Este sistema é totalmente dedicado às operações estáticas, possuindo pouca propensão às operações de movimento, devido às características do equipamento. Nas operações estáticas, algumas das grandes vantagens desse equipamento são a segurança e a continuidade na emissão dos dados meteorológicos, proporcionada pela capacidade de posicionamento a grande distância da LP/LC.

Ambos os sistemas oferecem mensagens em diversos formatos de utilização, constituindo-se nos sistemas de mais alta tecnologia e confiabilidade[19].

Cabe destacar que o Exército Argentino, em 2007 e 2008, visando sanar o problema da precisão do tiro de artilharia em que o projétil apresentava um freqüente erro em alcance de 800 a 1100 m, em diferentes exercícios, realizou testes para a resolução do problema. Como solução à obtenção e aplicação dos dados meteorológicos foi utilizada uma estação meteorológica portátil de uso civil (*La Crosse Profesional WS-3610*), com as devidas adaptações ao emprego militar. Em testes realizados na região de Salta (Canón CITER 155 mm, Cg 6, 10.512 m, altitude de 3.500 a 4.000 m acima do nível do mar), os dados meteorológicos provenientes dessa estação possibilitou correções entre 800 e 1100 m em alcance [17]. No início de 2009, a *La Crosse Profesional WS-3610* foi distribuída para todos os Grupos de Artilharia do Exército Argentino [17]. Apesar de fornecer apenas dados de superfície, a

La Crosse provou ser, pelo menos no ambiente operacional platino, uma solução bastante econômica e extremamente eficiente na obtenção dos dados meteorológicos elementares para a artilharia de campanha.

No Exército Chileno, por sua vez, a utilização do equipamento meteorológico encontra-se totalmente inserida na doutrina de emprego de sua Artilharia de Campanha.

Em Portugal, a opção pelo *shelter* como forma de acondicionamento foi fruto de uma experimentação doutrinária que revelou ser esse tipo de acondicionamento para transporte o mais eficiente[20].

Comparado com os equipamentos acima descritos, o sistema de levantamento meteorológico do Exército Brasileiro, o Marwin MW-12[3], apesar de ser um equipamento moderno e eficaz para a finalidade a que se destina, não reúne todas as possibilidades técnicas e potencialidades desses sistemas. Outro fator que merece destaque é que esse equipamento ainda não está totalmente inserido na doutrina de emprego da Artilharia de Campanha do EB, como ocorre nos países analisados.

Cabe ressaltar uma diferença marcante entre a doutrina brasileira do emprego da seção meteorológica e a doutrina dos países estudados. Enquanto nestes países, principalmente nos EUA e Argentina, a sondagem meteorológica tem uma finalidade mais ampla, produzindo e difundindo dados cada vez mais precisos para os mais diversos sistemas (manobra, comunicações, logística) [6,8,17] e subsistemas (localização pelo som, VANT, inteligência) [6,8,17], no Brasil, a obtenção e utilização dos dados meteorológicos ficam restritos à Artilharia de Campanha.

Em se tratando de levantamento meteorológico para a artilharia, conclui-se que, a utilização de equipamentos com tecnologia cada vez mais moderna e refinada, revela o alto grau de importância conferido pelos Exércitos analisados à precisão do tiro e seus efeitos conseqüentes, em consonância com o combate moderno. Além disso, representa uma importante capacidade de integração entre os mais variados sistemas e subsistemas do campo de batalha, à medida que a amplitude de emprego desse tipo de equipamento é cada vez mais abrangente e ao mesmo tempo específica para cada caso, conferindo a esses países um relativo poder dissuasório em suas regiões.

5 CONCLUSÕES

A modernização do material e o emprego dos dados meteorológicos são extremamente vitais para o aumento das possibilidades da artilharia de campanha no campo de batalha.

As informações meteorológicas adquiridas por equipamentos cada vez mais modernos são utilizadas para cálculos balísticos, possibilitando obter correções mais precisas para a eficiência e eficácia do tiro. Correções estas que permitirão, ainda, a diminuição no tempo de ajustagem, a economia de munição, a obtenção do efeito surpresa, uma maior segurança contra os tiros de contrabateria, devido a um menor tempo de permanência na posição, a redução da possibilidade de fratricídio, dentre outros. A obtenção de tiros cada vez mais precisos e eficazes trás consigo a necessidade de uma contínua modernização tecnológica e intenso aprofundamento metodológico.

Neste sentido, recomenda-se que seja explorada nos exercícios de artilharia conduzidos pelas AD, a utilização dos dados meteorológicos a fim de ratificar ou retificar sua influência para os elementos de tiro. Por exemplo: cumprimento de missões de tiro tipo eficácia, sem a prévia regulação, valendo-se somente de dados teóricos, oriundos das sondagens meteorológicas e das linhas de fogo, para serem utilizados como base de correções. Outro tópico que merece atenção é a necessidade de adoção de uma medotologia de adestramento comum à todas as Tu de levantamento meteorológico.

Recomenda-se, ainda, o estudo das possibilidades de aquisição de um equipamento moderno (o Radioteodolito RT20, por exemplo) que em conjunto com o Marwin MW-12, já existente, possa potencializar a capacidade de emprego dos dados meteorológicos. Além disso, a adoção de um equipamento complementar, comum aos equipamentos utilizados pelas Forças Armadas, possibilitaria uma maior integração na obtenção e difusão de dados, adestramento de pessoal e uma maior economia na aquisição do material. Outra vantagem seria a possibilidade de emprego de uma maior variedade de radiossondas com funções cada vez mais específicas que vão desde a obtenção de dados meteorológicos, dados balísticos, dados para a aquisição de objetivos de localização pelo som, previsão de precipitação radioativa e, em alguns casos as observações de superfície e de altitude. Um outro fator de grande relevância é o poder dissuasório emprestado por

esse tipo de tecnologia, empregada pelos principais exércitos do mundo e cada vez mais presente na América do Sul.

Concluindo, ressalta-se que as informações meteorológicas são de crucial importância para a precisão, surpresa e segurança do tiro de artilharia. O emprego de equipamentos mais modernos para a aquisição dos dados meteorológicos possibilita a obtenção de correções mais precisas para a realização dos tiros, em harmonia com as exigências do combate moderno.

AUTOR

Cap Art Francisco Guilherme de Mendonça Leite. Possui o Curso de Formação de Oficiais de Artilharia (AMAN, 2001). Atualmente é aluno do Curso de Artilharia da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais – RJ.

REFERÊNCIAS

1. BATERIA DE COMANDO DA AD/5. **Pub O levantamento meteorológico na Artilharia**. Curitiba, [S.l.:1991?] 75 f ;

2. BRASIL. Estado-Maior do Exército. **C 6-1**: Emprego da Artilharia de Campanha. 3. ed. Rio de Janeiro: 1997;

3. BRASIL. Estado-Maior do Exército. **C 6-40**: Técnica de Tiro de Artilharia de Campanha, Vol I e II, 5. ed. Rio de Janeiro: 2001.

4. BRASIL. Estado-Maior do Exército. **C 6-21**: Artilharia da Divisão de Exército, 2. ed. Rio de Janeiro: 1994;

5. KURTZ, ANTHONY D. **Army Meteorology.** Meteorology Division, Target Acquisition Department, USAFAS: 25-29, 1970;

6. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Manual de Campanha nº 3-09.15 – Tactics, techniques, and procedures for Field Artillery Meteorology.** Headquarters, Departament of the US Army, 2007;

7. STIPE, GARY L. **A comparison of the AN/GMD-1 rawinsonde with the AN/TPQ-37 Radar (windfinder) as they affect ballistic artillery.** U.S. Naval Postgraduate School: 9-10, 1987;

8. ARGENTINA. **Manual de Campanha RFP-03-02 -Meteorologia para la artillería**.

Departamento de Doctrina del Ejército Argentino, 1994;

9. AVIBRAS. **Manual de operação da viatura posto meteorológico (AV-MET)**. [S.l.:1999?];

10. VAISALA. **DigiCORA® MW 11A/MW12A, Service Manual, Vol I e II**. [S.l.: 1998];

11. VAISALA. **New Vaisala Radiosonde RS92: Testing and Results from the Field.** [S.l.:2003] 7 f;

12. VAISALA. **Performance of the Vaisala Radiosonde RS92-SGP and Vaisala DigiCORA® Sounding System MW31 in the WMO Mauritius Radiosonde Intercomparison**. [S.l.:2005] 44 f;

13. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION**. Informal Planning Meeting on The Voluntary Co-Operation Programme (VCP) and Related Technical Co-Operation Programmes.** Tokyo, Japan, Março 2005;

14. HOBECO. **Guia de operação do equipamento MARWIN – MW- 12, utilizando a RS-92**. Rio de Janeiro, 2008;

15. BATERIA DE COMANDO DA AD/5. **Proposta da matéria 31. Meteorologia ao Programa –Padão de Adestramento de Artilharia.** Curitiba, [S.l.:2008] 7 f;

16. BATERIA DE COMANDO DA AD/6. **Pub Estágio de Meteorologia**. São Leopoldo, 2006;

17. SANTA BÁRBARA. **La Artillería Del Ejército Argentino (1818-2010)**, Revista nº 35, Junho, 2009;

18. CHILE. **Cartilla CDO-80205 – Estación Meteorológica Vaisala**. División de Doctrina del Ejército Del Chile, 2009;

19. VAISALA**. Vaisala Radiotheodolite RT20.** [S.l.:2006?] 6 f;

20. ESCOLA PRÁTICA DE ARTILHARIA DE PORTUGAL. **A estação meteorológica Marwin MW-12A**, Revista 959-961, 2005.