



ACADEMIA MILITAR

Evolução Histórica dos procedimentos do Tiro de Artilharia de Campanha

Autor: Aspirante de Artilharia Luis Miguel Filipe Gonçalves

Orientador: Major de Artilharia Humberto Miguel Rodrigues Gouveia

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada

Lisboa, maio de 2020



ACADEMIA MILITAR

Evolução Histórica dos procedimentos do Tiro de Artilharia de Campanha

Autor: Aspirante de Artilharia Luis Miguel Filipe Gonçalves

Orientador: Major de Artilharia Humberto Miguel Rodrigues Gouveia

Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada

Lisboa, maio de 2020

EPÍGRAFE

“Na guerra só pode dar bons resultados o que é simples e foi muito bem aprendido e exercitado durante o tempo da paz.”

Manoel Bougard de Castro e Silva

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmãs, namorada, camaradas e amigos,
por toda a educação, ajuda e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Investigação não teria sido possível sem o apoio de todos aqueles, que de uma maneira ou de outra, me ajudaram na realização do mesmo. Desta forma, não poderia deixar passar esta oportunidade para lhes agradecer.

Começo por agradecer às funcionárias civis Paula Franco e Natividade Silva da Biblioteca da Academia Militar por me terem prontamente ajudado na pesquisa bibliográfica relacionada com o tema.

Aproveito para agradecer ao Sr. Luís Amaro, funcionário civil da Biblioteca do Exército, por toda a paciência que teve durante a minha pesquisa bibliográfica e pela ajuda prestada durante toda a investigação.

Quero também agradecer ao Coronel Silva António, Comandante do Regimento de Artilharia n.º 5 por ter permitido a minha pesquisa bibliográfica na Biblioteca do Regimento, assim como ao Sargento Chefe Agostinho que me ajudou na mesma.

Não posso deixar de agradecer ao Coronel Freire da Silva, diretor da Biblioteca do Exército, por toda a ajuda prestada ao longo da investigação, que mesmo com as restrições causadas pelo vírus COVID-19 permitiu que a investigação prosseguisse.

Por fim, queria deixar um agradecimento especial ao Major de Artilharia Humberto Gouveia, um exemplo como pessoa e militar que nos inspira como Artilheiros. Desde o início deste percurso pelo mundo da Artilharia, como professor regente das Unidades Curriculares Sistemas de Armas de Artilharia e Tiro I e II e como Diretor de Curso, soube incutir-nos a exigência e rigor característicos da arma, moldando-nos não só como militares, mas também como Homens, sempre com o objetivo de nos preparar para a realidade que nos espera. Queria também agradecer por ter aceitado orientar este trabalho, mostrando-se sempre disponível para apoiar em todas as áreas necessárias.

Não posso deixar de agradecer à minha família, namorada, camaradas e amigos, por todo o apoio e compreensão que me disponibilizaram durante os últimos cinco anos.

A todos um sincero, Muito Obrigado.

RESUMO

Este trabalho de investigação tem como tema a “Evolução Histórica dos procedimentos do Tiro de Artilharia de Campanha”. Apresenta como objetivo geral a análise da evolução dos procedimentos inerentes ao cálculo do tiro de Artilharia de Campanha, destacando, sobre o prisma doutrinário, a forma como eram determinados os Elementos de Tiro.

A fim de atingir o objetivo geral estabeleceu-se como objetivos específicos a análise das principais escolas internacionais que influenciaram a evolução dos procedimentos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal, assim como as principais mudanças tecnológicas que mais contribuíram para a evolução dos procedimentos de determinação dos Elementos de Tiro.

O método utilizado nesta investigação foi o método histórico, procurando através de fontes primárias analisar cronologicamente como se deu a evolução da temática em estudo. Desta forma, concluiu-se que a mudança de paradigma do Tiro Direto para o Tiro Indireto no início do século XX aumentou a dificuldade do cálculo do Tiro de Artilharia de Campanha, o qual, até à entrada de Portugal na Organização do Tratado do Atlântico Norte, foi influenciado pela escola francesa. A determinação dos Elementos de Tiro era realizada através de métodos analíticos, o que requeria um grande dispêndio de tempo sem compensar significativamente a precisão do Tiro. Com a entrada de Portugal na Organização do Tratado do Atlântico Norte passou a ser seguida a escola americana. Esta implementou a utilização dos instrumentos gráficos para a determinação dos Elementos de Tiro em detrimento dos analíticos, sendo este o método utilizado desde então e que ainda vigora nos dias de hoje. Com a adoção da doutrina americana simplificou-se a determinação dos Elementos de Tiro mantendo uma precisão capaz de surtir os efeitos desejados e simultaneamente garantindo tempos de resposta que permitiam assegurar a oportunidade dos fogos em apoio às operações de combate e garantir maiores efeitos sobre os objetivos.

Palavras-chave: Tiro de Artilharia de Campanha, Elementos de Tiro, Evolução.

ABSTRACT

The subject of this research is the "Historical Evolution of Field Artillery Fires procedures". Presents as primary goal the evolution's analysis of the procedures inherent to the Field Artillery Fires calculation, highlighting the doctrinaire perspective and the way the Elements of Firing Data were determined.

In order to achieve the primary goal the focus was to analyse the main international schools that influenced the evolution of the Field Artillery Fires procedures in Portugal, as well as the principal technological changes that have contributed the most to the evolution of the procedures for determination of the Elements of Firing Data.

The method used in this research was the historical method, attempting to analyse chronologically, through primary sources, how the evolution of the subject under study occurred. Thus, it was concluded that the paradigm shift from Direct Fire to Indirect Fire in the early twentieth century increased the difficulty of calculating the Field Artillery Fires, which until the entry of Portugal into the North Atlantic Treaty Organization was influenced by the French school. The determination of the Elements of Firing Data was carried out through analytical methods, which became very time-consuming without significantly compensating the precision of Fires. With the entry of Portugal into North Atlantic Treaty Organization, the American school was followed. They have implemented the use of the graphical instruments for the determination of the Elements of Firing Data to the detriment of the analytical ones, which has been the method used until then, and which is still in force today. With the adoption of the American doctrine the determination of the Elements of Firing Data was simplified, maintaining a precision capable of bringing the intended effects while ensuring response times that would allow the opportunity of fires in support of combat operations, and ensure greater impact on the objectives.

Keywords: Field Artillery Fires, Elements of Firing Data, Evolution.

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1 - ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	3
1.1. Enquadramento Histórico.....	3
1.2. Elementos da Trajetória.....	4
1.3. Tábuas de Tiro.....	6
1.4. Elementos de Tiro	8
1.5. Preparação Topográfica.....	9
1.6. Impresso do Registo de Tiro	10
1.7. Outras formas de determinar os Elementos de Tiro	13
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA	14
CAPÍTULO 3 - CÁLCULO DO TIRO DE AC - SEGUNDA METADE DO SÉC. XVIII	
ATÉ AO FINAL DA 1ª GM.....	16
3.1. As primeiras Tábuas de Tiro	16
3.2. Distância.....	17
3.3. Direção	18
3.4. Elevação	22
3.5. Graduação de Espoleta ou Corretor.....	23
3.6. Evolução do Tiro de AC até ao final da 1ª GM.....	24
3.7. Síntese Conclusiva	25
CAPÍTULO 4 - CÁLCULO DO TIRO DE AC - 1ª GM ATÉ À ADESÃO DE	
PORTUGAL À NATO	27
4.1. Operações de preparação do tiro	27
4.2. Escolha da granada, carga e espoleta	28
4.3. Direção	29
4.4. Elevação	32
4.5. Graduação de Espoleta	38

4.6. Síntese Conclusiva	38
CAPÍTULO 5 - CÁLCULO DO TIRO DE AC - ADESÃO DE PORTUGAL À NATO ATÉ AO SÉC. XXI.....	41
5.1 Operações de preparação do tiro	41
5.2 Escolha da granada, carga e espoleta	44
5.3 Direção	45
5.4 Elevação	45
5.5 Graduação de Espoleta	47
5.6 Síntese Conclusiva	48

CONCLUSÕES

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1 – Elementos intrínsecos da trajetória	5
Figura n.º 2 – Elementos particulares do Tiro de Tempos	6
Figura n.º 3 – Impresso do RT.....	11
Figura n.º 4 – Excerto de um RT com espoleta T.....	12
Figura n.º 5 – Excerto de um RT com espoleta VT do tipo M728 ou M732	12
Figura n.º 6 – Processo das duas estações	19
Figura n.º 7 – Processo das paralaxes.....	20
Figura n.º 8 – Ângulo de Incidência	29
Figura n.º 9 – Medição do Ângulo de Sítio à frente da bateria.	35
Figura n.º 10 – Preparação da Prancheta de Tiro.....	42
Figura n.º 11 – Impresso do RT de área com espoleta T.....	I
Figura n.º 12 – Impresso do RT de área com espoleta VT do tipo M728 ou M732.....	II
Figura n.º 13 – Impresso do RT utilizado atualmente	IV
Figura n.º 14 – TTN da Peça BEM 7cm m/1882.....	V
Figura n.º 15 – TTN da Peça A.E. (M.K.) 9 cm m/1875 (1).....	VI
Figura n.º 16 – TTN da Peça A.E. (M.K.) 9 cm m/1875 (2).....	VII
Figura n.º 17 – TTN da Peça 7,5c T.R. m/904 de 1908	VIII
Figura n.º 18 – Impresso do RT utilizado em 1936 (1).....	IX
Figura n.º 19 – Impresso do RT utilizado em 1936 (2).....	X
Figura n.º 20 – Tabela I da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904	XI
Figura n.º 21 – Tabela V da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904.....	XII
Figura n.º 22 – Tabela III da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904.....	XIII
Figura n.º 23 – Tabela VI da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904	XIV
Figura n.º 24 – Tabela IV da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904	XV
Figura n.º 25 – Tabela II da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904.....	XVI

Figura n.º 26 – Impresso do RT utilizado em 1979 com espoleta VT	XVII
Figura n.º 27 – Tabela F da Carga 4 da TTN do Obus M101A1 105mm/22	XVIII
Figura n.º 28 – Tabela G da Carga 4 da TTN do Obus M101A1 105mm/22.....	XVIII

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela n.º 1 – Elevações e respetivos alcances em 1744	17
Tabela n.º 2 – Métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro desde a segunda metade do Séc. XVII até à 1ª GM.....	26
Tabela n.º 3 – Métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro desde a 1ª GM até à adesão de Portugal à NATO	39
Tabela n.º 4 – Métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro após a adesão de Portugal à NATO.....	48
Tabela n.º 5 – Possíveis combinações Granada-Espoleta.....	III

LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES

APÊNDICE A – Impresso do RT de área com espoleta T	I
APÊNDICE B – Impresso do RT de área com espoleta VT do tipo M728 ou M732.....	II
APÊNDICE C – Possíveis combinações Granada-Espoleta	III
ANEXO A – Impresso do RT utilizado atualmente	IV
ANEXO B – TTN da Peça BEM 7cm m/1882.....	V
ANEXO C – TTN da Peça A.E. (M.K.) 9 cm m/1875.....	VI
ANEXO D – TTN da Peça 7,5c T.R. m/904 de 1908	VIII
ANEXO E – Impresso do RT utilizado em 1936	IX
ANEXO F – TTN da Peça 7,5c T.R. m/904 de 1934.....	XI
ANEXO G – Impresso do RT utilizado em 1979 com espoleta VT	XVII
ANEXO H – TTN do Obus M101A1 105mm/22	XVIII

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

Δd	Variação da densidade do ar
AC	Artilharia de Campanha
AP	Autopropulsado
BEM	Bronze Estriada de Montanha
bf	boca de fogo
Calc	Calculador
CB	Centro de Bateria
CCAS	Correção Complementar do Ângulo de Sítio
Ch/PCT	Chefe do Posto Central de Tiro
CCUAS	Correção Complementar Unitária do Ângulo de Sítio
Cmdt Btr	Comandante de Bateria
EME	Estado Maior do Exército
EP	Exército Português
EPA	Escola Prática de Artilharia
FASCAM	<i>Family of Scatterable Mines</i> (Família dos Projéteis Lançadores de Minas Dispersáveis)
FM	<i>Field Manual</i> (Manual de Campanha)
GEp	Graduação de Espoleta
GM	Guerra Mundial
HC	<i>Hexachloroethane</i> (Projétil de Fumos)
HE	<i>High Explosive</i> (Projétil Explosivo)
ICM	<i>Improved Conventional Munitions</i> (Projétil Convencional Melhorado)
IGTA	Instruções Gerais sobre o Tiro de Artilharia

LG	Light Gun
mils	milésimos
MPO	Mensagem Para o Observador
MTR	Montanha Tiro Rápido
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organization</i> (Organização do Tratado do Atlântico Norte)
OAv	Observador Avançado
Op/Pl	Operador Planimétrico
PCT	Posto Central de Tiro
PDE	Publicação Doutrinária do Exército
RT	Registo de Tiro
RTelef	Radiotelefonista
Séc.	Século
T	Tempos
TDD	Transferidor de Direções e Distâncias
T.R.	Tiro Rápido
TTN	Tábua de Tiro Numérica
TTG	Tábua de Tiro Gráfica
(u.g.e.)	Unidades de Graduação de Espoleta
VT	<i>Variable Time</i> (Espoleta de Aproximação)
WP	<i>White Phosphorus</i> (Fósforo Branco)

INTRODUÇÃO

O presente Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada concorre para a conclusão do Mestrado Integrado em Ciências Militares na especialidade de Artilharia, que representa o apogeu de toda a formação inicial de um Oficial dos Quadros Permanentes do Exército Português, culminando com a sua entrada para os mesmos.

Assim, dada a importância da investigação para o desenvolvimento das ciências, este Trabalho de Investigação Aplicada tem como tema a “Evolução Histórica dos procedimentos do Tiro de Artilharia de Campanha”.

A origem e evolução do ensino superior militar em Portugal passou pela necessidade de se cultivar a transmissão de conhecimentos militares ao nível da Arma de Artilharia. Contudo, a doutrina e os procedimentos adotados na Artilharia em Portugal sofreram alterações ao longo dos tempos, fruto da própria história do nosso país, assim como da evolução tecnológica e das diferentes escolas a nível internacional que deram o seu contributo para o progresso da Arma.

O Século (Séc.) XIX trouxe o culminar da evolução científica aplicada aos materiais e à formação intelectual dos quadros. Assim reuniram-se as condições que permitiram a elevação do papel da Arma de Artilharia para o combate, cada vez com maior alcance, potência e precisão. O Séc. XX, repleto de conflitos armados, inicia-se com a primeira guerra à escala global. É nesta que a Artilharia de Campanha (AC) assume um papel fundamental. O volume de fogos e os grandes alcances passam a ser determinantes para o comandante influenciar o desenrolar do combate. É também neste conflito que Portugal empenha a sua Artilharia não só junto dos seus aliados nos Teatros de Operações Europeus, como em África.

O período entre guerras é caracterizado pela instabilidade política vivida a nível nacional, assim como pelas reduções financeiras no orçamento destinado à defesa, resultado do empenhamento na guerra vivida anteriormente. Tais factos tornam impossível o investimento em novos materiais de Artilharia. Contudo, é neste período temporal que se dá o desenvolvimento de algumas ciências que concorrem para a evolução da Artilharia, entre elas a Topografia e a Meteorologia.

É com o fim da primeira metade do século que se dá a instituição da Organização do Tratado do Atlântico Norte (NATO) e com ela surge o princípio da defesa coletiva. Esta permite a evolução significativa não só nos materiais, como do conhecimento científico no

meio Artilheiro, trazendo consigo a corrente doutrinária seguida até aos dias de hoje, a Escola Americana.

Visto que atualmente as operações militares requerem uma elevada eficiência do tiro de Artilharia, e que esta depende diretamente do rigor e velocidade do seu cálculo, torna-se oportuno estudar como se deu a evolução deste cálculo. Assim, este Trabalho de Investigação tem como objetivo geral fazer a análise da evolução dos procedimentos inerentes ao cálculo do tiro de AC, focando sobre o prisma doutrinário a forma como eram determinados os Elementos de Tiro. Como cada época impôs diferentes variáveis ao cálculo do tiro, a melhor maneira de acompanhar esta evolução é abordar o tema por Elemento de Tiro. Esta abordagem permite analisar a forma definida doutrinariamente para calcular cada Elemento de Tiro ao longo dos tempos, com o objetivo de manter um fio condutor transversal a toda a investigação. Portanto, os objetivos específicos do trabalho são, compreender quais as principais escolas internacionais que influenciaram esta evolução e quais as mudanças tecnológicas que mais alteraram a determinação dos Elementos de Tiro.

Este Trabalho de Investigação Aplicada tem como Questão Central “Como evoluíram os procedimentos utilizados na determinação dos Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal?” e encontra-se dividido em 5 capítulos. O capítulo 1 apresenta uma breve evolução histórica sobre o tiro de AC e também explica a forma como se calcula o tiro de AC atualmente, com o foco sobre a determinação dos Elementos de Tiro em situações de Tiro de Área com munição explosiva convencional, tendo como suporte a doutrina em vigor. Este capítulo permite enquadrar a investigação assim como servir de ponto de chegada para a análise das épocas compreendidas nos capítulos seguintes. O capítulo 2 trata da Metodologia, apresenta a forma como o tema é abordado, assim como a Questão Central e as Questões Derivadas. O capítulo 3 analisa a evolução do cálculo do tiro de AC em Portugal até ao final da 1ª Guerra Mundial (GM). O capítulo 4 recai sobre a evolução do cálculo de tiro de AC em Portugal entre a 1ª GM e a adesão de Portugal à NATO. O capítulo 5 incide sobre a evolução do cálculo do tiro de AC após a adesão de Portugal à NATO. No final, apresenta-se as conclusões da investigação, para responder à Questão Central, assim como as principais dificuldades sentidas no mesmo e a bibliografia utilizada.

CAPÍTULO 1 - ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1. Enquadramento Histórico

A Artilharia nasce da necessidade do Homem, como animal racional, se defender dos restantes animais. Utilizando a inteligência, que o distingue dos restantes animais, desenvolveu técnicas para poder não só defender-se, como também para se sobrepor aos confrontos, ou perigos causados por outras espécies. Desde o início da civilização, os confrontos deixaram de ser interespecies para ser intraespecie, pela constante luta pelo poder. Assim, “os exércitos detidos por obstáculos que não podiam transpor, como os muros de uma cidade ou as muralhas de uma fortificação, construíram e empregaram máquinas apropriadas à destruição desses obstáculos” (Lopes, 2001, p. 14). Estas máquinas tinham o objetivo de lançar todo o tipo de objetos, através do uso da força centrífuga, contrapeso ou materiais elásticos, para produzir efeitos tais que a força do Homem por si só não era capaz de conseguir. Desta forma, antes do aparecimento da pólvora, considerava-se como Artilharia todo o “conjunto de engenhos e máquinas destinadas a lançar todo o tipo de projéteis.” (Lopes, 2001, p. 8).

Com o aparecimento da pólvora tornou-se possível o lançamento de objetos através da deflagração desta, principalmente esferas maciças de ferro, capazes de atingir com eficácia as formações inimigas. Associada a esta utilização surgiu a arte da preparação da pólvora, assim como a da determinação da quantidade adequada de pólvora a utilizar. Desta forma os bombardeiros, além de serem o principal alvo do inimigo pelos efeitos causados neste, corriam também perigo de morte pelos danos provocados nos próprios engenhos quando a ação da deflagração da pólvora produzia pressões superiores às que a rigidez dos materiais suportava. A evolução do emprego das pólvoras deu-se através da observação experimental do efeito causado nas diferentes combinações realizadas, sem quaisquer conhecimentos teóricos, custando muitas vezes a vida dos seus utilizadores.

Mais tarde, nomes como Tartaglia e Galileu desenvolveram o estudo teórico das trajetórias descritas pelos projéteis de Artilharia. Lombard, em 1798, saiu do campo teórico e criou as primeiras Tábuas de Tiro aplicáveis às peças e obuses em França. Neste mesmo século, em França, com o sistema Gribeauval, a Artilharia adquire definitivamente a sua posição de arma de fogos violentos e brutos (Supico, 1947). É com as Tábuas de Tiro de Lombard que se consegue relacionar, pela primeira vez, as cargas a empregar e as graduações

de alça para obter os efeitos desejados. Desta forma a execução do tiro de Artilharia atingiu definitivamente um caráter científico.

No Séc. XIX, fruto do progresso industrial, a potência da Artilharia aumenta consideravelmente. As Tábuas de Tiro passam a ser rigorosas e, fruto dos estudos matemáticos, chega-se à conclusão de que a dispersão é algo inevitável e que tem de ser sempre considerada. Cada vez mais era exigido ao oficial de Artilharia um elevado conhecimento técnico e tático, fazendo deste um homem dinâmico e violento, mas ao mesmo tempo “doseado por uma grande ponderação, filha da influência das bases científicas da técnica da arma, tornou o artilheiro um homem de ação, não ação desequilibrada e insensata, mas calma e serena embora capaz de ser violenta” (Supico, 1947, p.41).

Com a 1ª GM surgem no cálculo dos Elementos de Tiro as correções para colmatar as alterações sofridas na trajetória, por variadas causas perturbadoras. O cálculo destes Elementos de Tiro constitui o principal foco deste trabalho, pretendendo-se analisar a sua aplicação e a sua influência nos efeitos do tiro.

1.2. Elementos da Trajetória

Para fazer a análise dos Elementos de Tiro torna-se importante abordar algumas questões teóricas sobre o tiro de AC, sobre balística externa e trajetória. Importa compreender quais são os elementos constituintes de uma Tábua de Tiro Numérica (TTN) e como estes contribuem para a obtenção dos Elementos de Tiro necessários para atingir objetivos com precisão, sob quaisquer condições atmosféricas. Por forma a poder comparar a evolução destes conceitos, estes serão inicialmente explanados neste subtítulo, com base na doutrina atual, tendo como principal fonte a Publicação Doutrinária do Exército (PDE) 3-38-13 Tiro de Artilharia de Campanha (Estado Maior do Exército [EME], 2012).

A Balística Externa é a ciência que estuda o movimento do projétil após a saída do tubo-canhão até atingir o objetivo. Como tal, dedica-se essencialmente ao estudo da trajetória do projétil, “...curva descrita pelo centro de gravidade do projétil, desde que abandona a boca do tubo-canhão, até ao ponto de impacto (chegada), ou de rebentamento.” (EME, 2012, p. 2-6). Caso o projétil se deslocasse no vácuo a trajetória seria fácil de prever, pois iria descrever uma parábola. Contudo o projétil está constantemente sob a ação da atmosfera e da gravidade, tornando a trajetória do projétil uma curva complexa.

Os elementos da trajetória dividem-se em elementos intrínsecos da trajetória, elementos da origem, elementos do ponto de queda e elementos particulares do tiro de

tempos. Através da Figura n.º 1 passa-se a explicar os elementos intrínsecos da trajetória, elementos da origem e elementos do ponto de queda com maior relevância para o assunto em estudo.

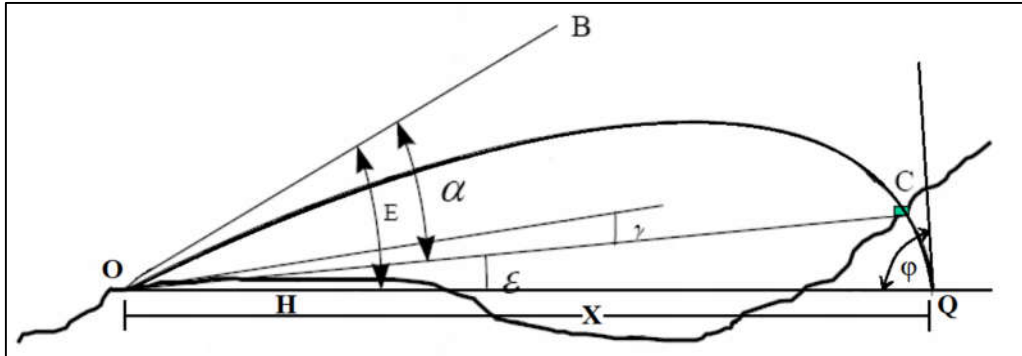


Figura n.º 1 – Elementos da Trajetória

Fonte: Adaptado de PDE 3-38-13 (2012)

Segundo a PDE 3-38-13 Tiro de Artilharia de Campanha (2012) a Origem (O) é a localização do centro de gravidade do projétil quando este abandona o tubo, o Horizonte da Arma (H) é o plano horizontal que contém a Origem, o ponto oposto à origem de interseção entre a trajetória e o horizonte da arma é o Ponto de Queda (Q). Por fim, o Alcance (X) representa a Distância horizontal entre a Origem e o Ponto de Queda.

A Linha de Tiro (OB) é a linha definida pelo prolongamento do eixo do tubo, imediatamente antes do disparo. A Linha de Sítio (OC) é a linha reta que une a origem ao ponto de queda. O Ângulo de Sítio (ε) é o ângulo agudo entre a linha de sítio e o horizonte da arma. A Correção Complementar do Ângulo de Sítio (γ) (CCAS) é o valor angular que deve ser somado algebricamente ao Ângulo de Sítio para compensar a não rigidez da trajetória. O Sítio ($\varepsilon + \gamma$) é a soma do Ângulo de Sítio com a CCAS. O Ângulo de Tiro é a inclinação à qual se deve colocar o tubo para bater um objetivo situado no horizonte da arma, em condições balísticas e aerológicas padrão. Este valor é obtido através das Tábuas de Tiro. O Ângulo de Alça (α) é o ângulo agudo vertical entre a Linha de Sítio e a Linha de Tiro. Este pode ser chamado apenas de Alça. A Elevação (E) é o ângulo agudo vertical entre a Linha de Tiro e o horizonte da arma e resulta da soma entre o Ângulo de Alça e o Sítio. A Derivação é o ângulo horizontal formado entre o plano de projeção e um outro plano vertical que contenha a Origem e um outro ponto da trajetória.

Passando à explicação dos planos, o Plano de Tiro é o plano vertical que contém a Linha de Tiro. O Plano de Direção é o plano vertical que contém a linha de Sítio e por fim o Plano de Sítio é o plano perpendicular ao Plano de Direção e que contém a Linha de Sítio.

O Ponto de Chegada (C) é o ponto onde o projétil atinge o objetivo. Se este ocorrer no horizonte da arma, o Ponto de Chegada e o Ponto de Queda são coincidentes. O Ângulo de Queda (φ) é o ângulo agudo vertical formado pela tangente à trajetória no Ponto de Queda e a base da trajetória.

Por fim, segue-se a explicação dos elementos particulares do tiro de tempos, com o auxílio da Figura n.º 2.

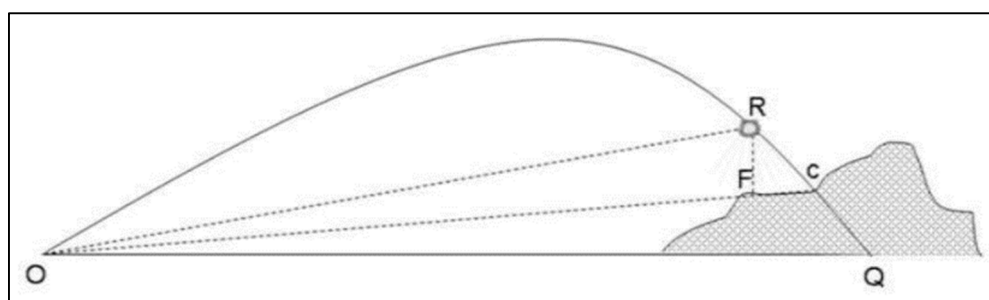


Figura n.º 2 – Elementos particulares do Tiro de Tempos

Fonte: Adaptado de PDE 3-38-13 (2012)

O Ponto de Rebentamento (R) é o ponto da trajetória onde ocorre a explosão do projétil. A Distância de Rebentamento (OF) é a Distância entre a Origem e a projeção do Ponto de Rebentamento sobre a linha de Sítio. A Altura de Rebentamento (RF) é a Distância do Ponto de Rebentamento à Linha de Sítio e é expressa em metros. A Altura Tipo é a Altura de Rebentamento que proporciona a máxima eficácia à granada. Esta varia com o tipo de espoleta.

1.3. Tábuas de Tiro

As Tábuas de Tiro têm como principal finalidade “fornecer os Elementos de Tiro necessários para bater objetivos com precisão, em quaisquer condições” (EME, 2012, p. 2-14). Os valores das Tábuas de Tiro são obtidos através de sucessivas experiências com os disparos de uma boca de fogo (bf) com diferentes elevações. Os valores resultantes destes disparos são tabulados. As Tábuas de Tiro são construídas em determinadas condições, consideradas padrão, sendo estas de natureza balística, aerológica e geográfica. Estas “refletem a média anual das condições atmosféricas na Zona Temperada do Norte.” (EME,

2012, p. 2-14). Quando as condições no momento do tiro são diferentes das condições para as quais as Tábuas de Tiro foram construídas, os valores a retirar das mesmas têm de ser corrigidos.

As Tábuas de Tiro podem ser TTN ou Tábuas de Tiro Gráficas (TTG). A diferença entre elas está na apresentação, na quantidade de informação fornecida e na rapidez e precisão com que cada uma delas é capaz de fornecer os elementos necessários ao cálculo dos Elementos de Tiro. Enquanto que na TTN a obtenção destes pode ser mais demorada, mas com valores mais precisos, na TTG conseguimos obter os Elementos de Tiro mais rapidamente, mas os valores podem não ser tão precisos. Cada material tem as respetivas Tábuas de Tiro.

As TTN estão organizadas da mesma forma independentemente do material e são divididas em várias partes. A primeira parte é uma parte introdutória. Esta "... fornece um conjunto de informações necessárias ao correto entendimento da TTN." (EME, 2012, p. 5-1). A parte seguinte contempla os Elementos de Tiro e as devidas correções que se devem aplicar aos projéteis *High Explosive* (HE), *Hexachloroethane* (HC) e *White Phosphorus* (WP). Está dividida por cargas (as cargas suportadas pelo material) e por sua vez cada carga está dividida por tabelas. As tabelas contêm valores para tiro mergulhante e tiro vertical. Posteriormente, surge a parte correspondente ao cálculo dos Elementos de Tiro para tiro iluminante. Por fim, os apêndices apresentam "as várias trajetórias padrão possíveis a traçar pelos projéteis para cada carga e com diferentes elevações." (EME, 2012, p. 5–21). Estes gráficos são de elevada importância para verificar a não interseção da trajetória com cristas intermédias.

De seguida explicam-se as tabelas mais importantes para o cálculo elementar dos Elementos de Tiro (tabela F/6 e 7 e tabela G/8¹). As TTN contêm igualmente outras tabelas cujos dados não considerados nesta investigação, dado serem utilizadas noutras técnicas de tiro (Ex: Regulação de Precisão) e irrelevantes para o Tiro de Área que delimita este estudo.

A tabela F ou as tabelas 6 e 7 apresentam 19 colunas no total, sendo que para o cálculo dos Elementos de Tiro os valores essenciais encontram-se nas primeiras oito colunas. A primeira coluna representa a Distância entre a bateria e o objetivo, e está numerada de 100 em 100 metros. Esta é a coluna de entrada para obter os valores das restantes colunas. Para obter valores com Distâncias arredondadas aos 10 m é necessário interpolar. A coluna 2 tem os valores das Alças, que consiste na inclinação do tubo da bf para, em condições padrão,

¹ As TTN do Obus M109 Autopropulsado (AP) e do Obus M114A1 são ordenadas alfabeticamente. As TTN do Obus M119 Light Gun (LG) são ordenadas numericamente.

bater um objetivo situado no horizonte da arma. De notar que, no tiro mergulhante, o aumento da Alça corresponde ao aumento da Distância, enquanto que no tiro vertical o aumento da Alça corresponde à diminuição da Distância. A coluna 3 apresenta os valores de Graduação de Espoleta (GEp) para, em condições padrão, detonar a espoleta sob o ponto pretendido. Os valores são apresentados em Unidades de Graduação de Espoleta (u.g.e.). A coluna 4 expõe os valores do ΔFS^2 , que representam o número necessário de u.g.e. com que deve ser afetada a GEp para fazer variar a altura de rebentamento em 10 m ao longo da trajetória. A coluna 7 contém os valores da Duração do Trajeto, em segundos, ou seja, o tempo que o projétil demora a percorrer a trajetória desde a Origem até ao Ponto de Queda. Esta coluna também serve para obter a GEp para espoletas de Aproximação (VT). Por fim, a coluna 8 corresponde à Derivação. Esta serve para compensar o afastamento horizontal que o projétil produz em relação ao plano de tiro, produzido pelo movimento de rotação do projétil.

Passando às tabelas G e 8, as suas duas primeiras colunas apresentam os mesmos dados que as duas primeiras colunas das tabelas explicadas anteriormente. Contudo, os valores de entrada são expressos aos 500 m em vez de aos 100 m. As 5 colunas seguintes apresentam os valores relativos aos erros prováveis³. As colunas 12 e 13 são as de maior importância, nestas tabelas, para o cálculo dos Elementos de Tiro. Estas representam a Correção Complementar Unitária do Ângulo de Sítio (CCUAS), para cada milésimo de Ângulo de Sítio. A coluna de onde se retira este valor depende do Ângulo de Sítio, ou seja, quando o Ângulo de Sítio é positivo utiliza-se a coluna 12, quando é negativo a coluna 13.

1.4. Elementos de Tiro

Sendo a Artilharia uma arma de tiro indireto, o principal problema do tiro de AC consiste em determinar quais os valores que devemos introduzir na luneta e mecanismos de pontaria da bf (elevação e direção) e na munição para produzir os efeitos desejados no objetivo. Estes são calculados no Posto Central de Tiro (PCT), a partir dos elementos provenientes da Prancheta de Tiro e são chamados de Elementos de Tiro. Os Elementos de Tiro “englobam a Carga, a GEp, quando necessária, a Direção ou o Rumo e a Elevação com que se executa o tiro” (EME, 2012, p. 6-1).

² Esta abreviatura surge na TTG como $\Delta FS/\Delta 10M$ HOB, por significar a variação na GEp correspondente a uma variação de 10 m na altura de rebentamento, o que acaba por representar melhor a sua definição.

³ Erro provável em alcance, erro provável em direção, erro provável em altura de rebentamento, erro provável em tempo de rebentamento e erro provável para o alcance de rebentamento.

A Carga é a quantidade de pólvora que vamos empregar para a propulsão das munições. A GE_p é calculada quando for utilizada uma espoleta de Tempos (T) ou de VT, para garantir que esta inicia a cadeia de fogo capaz de detonar o projétil no ponto da trajetória desejado, e proporcionar assim os efeitos pretendidos no objetivo. A Direção a transmitir à bf é a soma da Direção Topográfica com a Correção Total em Direção. A Direção Topográfica é o ângulo formado, a partir do Centro de Bateria (CB) entre a Direção de Vigilância e o Rumo do objetivo. A Correção Total em Direção é a soma da correção em Direção para a TTG com a correção de Derivação, tendo em conta a Distância Topográfica. A Elevação é a soma algébrica do Sítio com a Alça. A Alça obtém-se através da TTN. O Sítio é calculado somando o Ângulo de Sítio à CCAS.

1.5. Preparação Topográfica

A Preparação Topográfica permite determinar de forma gráfica, através de um conjunto de instrumentos específicos, a Distância e Direção Topográficas, tendo a localização da bateria, do objetivo ou de outros elementos específicos (EME, 2012).

De uma forma sucinta, para se obter os Elementos Topográficos de Tiro, o Operador Planimétrico (Op/Pl) começa por graduar a Quadrícula de Tiro da forma que o Chefe de PCT (Ch/PCT) determinar, escolhendo um canto inferior esquerdo que permita o movimento do Transferidor de Direções e Distâncias (TDD) sobre esta, tendo em conta a Zona de Ação ou Setor da unidade apoiada. De seguida são implementados os pontos relevantes na Quadrícula de Tiro, entre eles a posição das baterias e dos Observadores Avançados (OAv), pontos de regulação, posições de radares e outros pontos julgados necessários. Posteriormente são construídas as referências para os pontos implantados, nomeadamente para as baterias, OAv e radares. Desta forma obtém-se uma Quadrícula de Tiro pronta para determinar os Elementos Topográficos de Tiro.

Para se obter estes elementos basta implantar nesta quadrícula a localização do objetivo pedido pelo OAv, colocar o vértice do TDD no alfinete de marcação localizado na posição da bateria e encostar o bordo esquerdo do TDD ao alfinete de marcação localizado na posição do objetivo. Assim pode ler-se a Distância Topográfica na escala do bordo esquerdo do TDD, em função da posição do alfinete do objetivo, com precisão de 10 m. A Direção Topográfica é lida na escala do bordo circular do TDD, face à referência da bateria empregue, com precisão de 1 milésimo (mils).

Estes dados são transmitidos ao Calculador (Calc) com supervisão do ChPCT.

1.6. Impresso do Registo de Tiro

O impresso do Registo de Tiro (RT) é o documento utilizado para realizar o cálculo dos Elementos de Tiro⁴ e o seu registo, bem como para registar o pedido de tiro do observador. O impresso do RT está dividido em várias secções, estando estas separadas umas das outras. No impresso existem também campos a sombreado para realçar os dados que devem ser transmitidos às Secções de bocas de fogo, chamados Comandos de Tiro.

De seguida, apresenta-se a forma de preenchimento do impresso do RT em vigor no Exército Português (EP) (Figura n.º 3), segundo a PDE 3-38-13 Tiro de Artilharia de Campanha (2012).

Inicialmente, preenche-se a caixa do pedido de tiro, no topo esquerdo do impresso. O Radiotelefonista (RTelef) circunda ou preenche os respetivos campos segundo o pedido recebido do OAv.

Seguidamente, o Ch/PCT elabora a Ordem de Tiro que reflete a sua intenção de como bater o objetivo, considerando o pedido de tiro efetuado e o PCT inicia a determinação do comando de tiro inicial. Após os Operadores determinarem a Distância e Direção Topográficas, bem como o Sítio, o Calc irá produzir o Comando de Tiro Inicial.

Antes da execução do tiro, o RTelef envia a Mensagem para o Observador (MPO) que reflete a decisão do Ch/PCT de como bater o objetivo. Nesta mensagem é enviada a identificação da bateria que irá responder ao pedido de tiro, todas as alterações ao pedido de tiro e qual o número de tiros na eficácia⁵.

Depois de se iniciar o tiro o RT apresenta quatro secções a preencher. Mais à esquerda a secção das correções subsequentes, onde o Calc regista as correções subsequentes enviadas pelo OAv. Ao centro a secção dos comandos de tiro subsequentes, onde o Calc determina e regista os comandos de tiro subsequentes⁶. À direita encontra-se a secção do consumo de munições, utilizada para o PCT controlar o consumo cumulativo das munições, por tipos. Por baixo destas três secções existe um espaço próprio para o Calc efetuar cálculos auxiliares. No final do impresso do RT existe uma linha destinada ao registo dos dados administrativos e da remarcação de objetivos.

⁴ Anexo A.

⁵ Pode também ser enviado o ângulo de observação caso seja maior ou igual a 500 milis, o desvio provável em Alcance caso seja maior ou igual a 38 m no Tiro de Área ou maior ou igual a 25 m no Tiro de Precisão, ou a Duração do Trajeto em missões de ataque a objetivos móveis, em missões com observação aérea, no Tiro Vertical ou quando pedido.

⁶ Os dados que estiverem entre parênteses indicam que apesar de terem sido calculados, não são enviados às secções, pois são iguais aos dados anteriores. Contudo, a Elevação é o único elemento que se envia sempre às secções mesmo que se mantenha inalterado, pois esta representa a ordem de carregar a bf.

corrigir. Se for pedido um aumento da altura de rebentamento, o resultado anterior é subtraído, caso contrário, o mesmo é somado.

OBJ	LOCALIZ	PRIORID	UN. EXEC	COMANDOS DE TIRO SUBSEQUENTES											MUNIÇÃO	
RUMO, Mec Tr, Gr, Ep	CORR DÇ	CORR DIST	CORR ALT	Mec Tr, Gr, Cg, Ep	CORR Ep	GEp	DÇ TOP	CORR DÇ (E6)	DÇ	DIST TOP	CORR ALT REB	Si (- 8)	ALÇA	ELEV	GASTA	TIPO
Rumo 1240	D80	+ 200					3497	E6	3503	5100		-8	302	294	(2)	
		- 100					3480	E6	3486	5040		-8	298	290	(3)	HE/P ✓
Tempos		+50		Tempos		18,1	3485	E6	3491	5070	+ 4	-4	300	296	(1)	
				Ac 40	-0,5	17,6			(3491)					296	(2)	
				Ab10, Ef	+0,1	17,7			(3491)					296	(14)	HE/T ✓
				FM												
Estimadas 10% de baixas																
4 x 0,12 = 0,48																

Figura n.º 4 – Excerto de um RT com espoleta T⁸

Fonte: Elaboração própria, com base em (EME, 2012)

Caso o OAv peça uma eficácia com Espoleta VT, o procedimento é diferente. Estas espoletas funcionam através da emissão e receção de ondas rádio. Esta espoleta é graduada para que este sistema só inicie 3 a 5,5 segundos antes de atingir o objetivo. As graduações são em segundos completos e representam a Duração do Trajeto (EME, 2011). Assim, para este tipo de espoletas, a GEp é retirada da coluna 7 da tabela F ou 6 da respetiva TTN que corresponde à Duração do Trajeto, sendo utilizada apenas a parte inteira do valor. Caso a Espoleta utilizada seja do tipo M728 ou M732⁹, o valor da GEp é obtido sem corrigir a altura de rebentamento com o fator 20/R, como apresenta a Figura n.º 5.

OBJ	LOCALIZ	PRIORID	UN. EXEC	COMANDOS DE TIRO SUBSEQUENTES											MUNIÇÃO	
RUMO, Mec Tr, Gr, Ep	CORR DÇ	CORR DIST	CORR ALT	Mec Tr, Gr, Cg, Ep	CORR Ep	GEp	DÇ TOP	CORR DÇ (E6)	DÇ	DIST TOP	CORR ALT REB	Si (- 8)	ALÇA	ELEV	GASTA	TIPO
Rumo 1240	D80	+ 200					3497	E6	3503	5100		-8	302	294	(2)	
		- 100					3480	E6	3486	5040		-8	298	290	(3)	HE/P ✓
VT		+50	Eficácia	Btr P/2 . VT		18,0	3485	E6	3491	5070		-8	300	292	(12)	HE/T ✓
				FM												
Estimadas 40% de baixas																

Figura n.º 5 – Excerto de um RT espoleta VT do tipo M728 ou M732¹⁰

Fonte: Elaboração própria, com base em (EME, 2012)

⁸ Impresso de RT completo no Apêndice A.

⁹ Estas rebentam a 7 m do solo.

¹⁰ Impresso de RT completo no Apêndice B.

Apesar de serem ainda referidas na PDE 3-38-13 Tiro de Artilharia de Campanha (2012) as espoletas M513 e M514, estas deixaram de ser fabricadas há muitos anos tendo sido substituídas pelas espoletas M728 e M732 (EME, 2011).

1.7. Outras formas de determinar os Elementos de Tiro

A forma apresentada anteriormente permite empenhar uma bateria em missões de Tiro de Área. Esta apenas seria eficaz sem precisar de regular o tiro caso ocorresse nas condições balísticas, aerológicas e geográficas consideradas padrão, segundo as quais foram construídas as TTN, isto sem considerar os efeitos da dispersão do tiro. Como estas condições nunca se verificam, é necessário corrigir os Elementos de Tiro.

Através de uma Preparação Experimental é possível determinar as correções a empregar no cálculo dos Elementos de Tiro para compensar as diferenças entre as condições de momento e as condições padrão.

Contudo, a Preparação Experimental apresenta uma validade em Distância e Direção. A execução de Preparação Teórica permite, tendo consciência do tempo necessário para tal e dispondo de uma Mensagem Meteorológica válida, calcular as correções que permitem atualizar a mensagem de aferição e anular as restrições de validade da Preparação Experimental. Estas correções variam consoante a temperatura e densidade do ar, a velocidade e direção do vento, a temperatura da carga, o peso do projétil, a velocidade inicial, a derivação e a rotação da terra (EME, 2012).

Existem também formas de determinar os Elementos de Tiro de forma automática, digitalmente, que não são abordadas por esta investigação.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA

Neste capítulo pretende-se apresentar a orientação metodológica utilizada nesta investigação. O método utilizado para a realização deste trabalho foi o método histórico. Através da utilização de ferramentas de análise científica, a Heurística e a Crítica Histórica, pretendeu-se analisar como se deu a evolução dos procedimentos de tiro de AC desde a segunda metade do Séc. XVIII até à atualidade.

A investigação assentou sobre uma análise qualitativa realizada a fontes primárias, com vista a compreender como era calculado o Tiro de AC em Portugal ao longo dos anos, através de uma análise profunda à doutrina nacional. Todavia, foram também analisadas outras obras auxiliares, como livros e artigos publicados em revistas, com o fim de clarificar pormenores menos explícitos nas fontes primárias analisadas. Foi realizado um levantamento bibliográfico, essencialmente na Biblioteca do Exército, herdeira do património bibliográfico da Direção da Arma de Artilharia, assim como na Biblioteca da Academia Militar e na Biblioteca do Regimento de Artilharia n.º 5.

A investigação foi dividida cronologicamente em três períodos, sendo o primeiro desde a segunda metade do Séc. XVIII até ao final da 1ª GM, o segundo entre a 1ª GM e a entrada de Portugal na NATO e o terceiro posterior a esse momento, até ao Séc. XXI. Esta divisão deveu-se aos diferentes métodos utilizados para o cálculo do tiro de AC em cada um deles. Procurando seguir o mesmo método de análise entre os diferentes períodos foi feita uma análise transversal por Elemento de Tiro. Em cada período procurou-se definir como era determinado cada Elemento de Tiro, de acordo com a doutrina em vigor, confirmando a sua execução através de obras auxiliares.

Para alcançar os objetivos propostos anteriormente, construiu-se uma Questão Central e três Questões Derivadas. Como farol desta investigação, a Questão Central escolhida foi a seguinte: “Como evoluíram os procedimentos utilizados na determinação dos Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal?”. Desta forma, o principal foco foi analisar como ocorreu a evolução dos procedimentos do cálculo do Tiro de AC em Portugal, abordando esta análise sob o prisma doutrinário. Pretendeu-se com esta investigação focar esta evolução na determinação dos Elementos de Tiro.

Uma vez definida a Questão Central, procurou-se então responder às seguintes Questões Derivadas:

Questão Derivada n.º 1: “Como eram determinados os Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal desde a segunda metade do Séc. XVIII até à 1ª Guerra Mundial?”. Para responder a esta questão, focou-se a pesquisa sobre os regulamentos das bocas de fogo utilizadas durante este período, devido à não existência de regulamentos que, à época, definissem doutrina sobre esta temática.

Questão Derivada n.º 2: “Que alterações se verificaram na determinação dos Elementos de Tiro entre a 1ª Guerra Mundial e a adesão de Portugal à NATO?”. A análise deste período assentou sobre as obras redigidas para lecionar a Unidade Curricular de Tiro de AC na Academia Militar, antiga Escola Militar e Escola do Exército.

Questão Derivada n.º 3: “Qual foi a evolução ocorrida na determinação dos Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha desde a adesão de Portugal à NATO até ao início do Séc. XXI?”. Neste período a investigação recaiu sobre os regulamentos em vigor nomeadamente as IGTA (Instruções Gerais sobre o Tiro de Artilharia) e sobre o Regulamento de Campanha que definiam todos os procedimentos a adotar na determinação dos Elementos de Tiro, independentemente do material utilizado.

A investigação foi limitada no que diz respeito aos procedimentos da AC, procurando investigar apenas sobre os procedimentos do cálculo do tiro. Foi também restrita ao cálculo do tiro de área com munições explosivas convencionais, excluindo os procedimentos nas preparações experimental e teórica, regimagem, remarcação de objetivos, missões de tiro vertical, correções de posição e especiais, missões de tiro com munições especiais, e ainda procedimentos do PCT em situações especiais. Estas restrições deveram-se ao fato de se pretender que o trabalho incidisse sobre a evolução de uma determinada técnica de cálculo permitindo uma investigação objetiva em detrimento de uma investigação demasiado vasta e pouco incisiva.

Este Trabalho de Investigação rege-se pelo modelo definido pela Norma de Execução Permanente número 522/1. ^a que regula a redação dos Trabalhos de Investigação na Academia Militar, datada de 20 de janeiro de 2016.

CAPÍTULO 3 - CÁLCULO DO TIRO DE AC - SEGUNDA METADE DO SÉC. XVIII ATÉ AO FINAL DA 1ª GM

Este capítulo procura responder à Questão Derivada n.º 1 “Como eram determinados os Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal desde a segunda metade do Séc. XVIII até à 1ª Guerra Mundial?”. Desta forma, procurou-se descobrir a origem do cálculo do tiro da AC em Portugal. Tal tarefa torna-se difícil devido ao facto de, neste período, o cálculo do tiro ser muito empírico e possuir pouca natureza científica. Fatores como a necessidade de existência de linha de vista entre arma e objetivo, a diversidade de materiais utilizados na construção das bocas de fogo ou a composição irregular das pólvoras, motivavam o domínio do material em detrimento da ciência. “Porém aconselho aos novos Artilheiros que sigam o parecer daqueles, que têm experiência das peças; porque vale mais hum pouco de uso, e experiência de Artilheiro, que sabe, do que todas quantas esquadras há” (Alpoim, 1744, p. 159). Desta forma, este período da investigação tem como ponto de partida a regularização dos calibres de 1760 estabelecida pelo Tenente General Bartolomeu da Costa (Catálogo do Muséu da Artilharia, 1926).

Para compreender como eram determinados os Elementos de Tiro neste período, apresenta-se a análise dos regulamentos de quatro peças de AC diferentes. A Peça A.E. (M.K.) 9 cm m/1875, de origem alemã (Krupp), a Peça Bronze Estriada de Montanha (BEM) 7cm m/1882, a Peça 7,5cm Tiro Rápido (T.R.) m/1904 e a peça 7,5 cm Montanha Tiro Rápido (MTR) m/906-911 ambas de origem francesa (Schnider-Canet).

É importante referir que neste período toda a ação da bateria se encontrava concentrada num único ator, o Capitão, Comandante de Bateria (Cmdt Btr). Este “era responsável por definir os objetivos, determinar os Elementos de Tiro e comunicá-los às secções” (Gouveia, 2020, p. 72).

3.1. As primeiras Tábuas de Tiro

É na obra de José Fernandes Pinto Alpoim (1744) que se encontra a primeira referência à inclinação que era necessário imprimir à bf para atingir um objetivo a uma determinada Distância. Nesta obra o autor refere a relação entre a Elevação necessária para bater o Alcance máximo da bf e a Elevação necessária para bater metade desse Alcance. Este conclui que independentemente do material, atingia-se o Alcance máximo com uma

Elevação de 45° e metade desse Alcance com a Elevação de 15°. O autor estabeleceu também uma relação entre tiro vertical e tiro mergulhante.

“O tiro feito pela elevação de quarenta e cinco graus, alcança o dobro do tiro feito por quinze: os tiros igualmente distantes de quarenta e cinco graus, são iguais, como o tiro feito por trinta e cinco graus alcança o mesmo, que o tiro feito por cinquenta e cinco graus, porque de trinta e cinco graus, a quarenta e cinco vão dez, e de cinquenta e cinco graus a quarenta e cinco vão os mesmos dez graus de diferença; Porque são igualmente distantes de quarenta e cinco graus.” (Alpoim, 1744, p. 157).

Tabela n.º 1 – Elevações e respectivos Alcances em 1744

Elevação Material	0°		15°		45°	
	Braças	Metros	Braças	Metros	Braças	Metros
33 Libras	225	495	1125	2475	2250	4950
24 Libras	225,5	496,1	1125	2475	2250	4950
16 Libras	300	660	1500	3300	3000	6600
12 Libras	168,75	371,25	937,5	2062,5	1875	4125
8 Libras	150	330	937,5	2062,5	1875	4125
4 Libras	112,5	247,5	562,5	1237,5	1125	2475
2 Libras	55,25	121,55	276,25	607,75	552,5	1215,5

Fonte: Elaboração própria, com base em (Alpoim, 1744)

A Tabela n.º 1 mostra a relação entre o Alcance¹¹ e a Elevação, para cada material, dados que segundo Alpoim (1744), foram obtidos experimentalmente.

3.2. Distância

Segundo o Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.) (1882) e o Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Montanha BEM 7cm m/1882 (1885), a primeira preocupação do Capitão quando chegava ao terreno era determinar a Distância entre a posição da bateria e o objetivo. Esta Distância podia ser determinada através da carta topográfica, do telémetro, de instrumentos de avaliação de distâncias através da velocidade de propagação do som, ou, como na maioria das vezes, por estimativa à vista.

¹¹ Os Alcances obtidos na obra apenas estão expressos na medida antiga Braça. A equivalência para metros foi obtida através da obra de Rocha (1888) onde estabelece que uma Braça equivale a 10 Palmos sendo que um Palmo equivale a 22 cm. Desta forma uma Braça equivale a 2,2 m.

A Distância servia simplesmente como argumento de entrada para as TTN por forma a determinar outros elementos como o ângulo de tiro. Contudo, alguns materiais tinham o mecanismo de elevação da bf graduado em metros e não em medidas angulares (Ramos da Costa, 1906). Por este motivo alguns regulamentos consideravam-na Elemento de Tiro.

Com a adoção do material francês a Distância passou a ser determinada por outros métodos, sendo eles a régua de milésimos, o método das paralaxes e o óculo da bateria, ou ainda através de informações conseguidas por tropas de reconhecimento ou por baterias que se encontravam em posições próximas.

Porém, a opinião sobre qual dos métodos devia ser utilizado preferencialmente não era consensual. Segundo Guimarães (1906) e Pellen (1911) o tempo gasto nestes processos não compensava os efeitos obtidos, pelo que a Distância era preferencialmente determinada à vista. Esta tornava-se mais vantajosa sobre instrumentos mais rigorosos e morosos, pois tendo em conta que a regulação era um fenómeno inevitável, este dava primazia à velocidade na determinação deste elemento em detrimento da precisão. Segundo Silva (1907), a utilização de telémetros leves, de fácil utilização e rigorosos era o método de eleição, fundamentando-se em inúmeros artigos da imprensa russa no pós-guerra. Já o Regulamento para a Instrução de Artilharia de Montanha – Material 7cm MTR m/906 m/911 (1918) definia que se devia dar primazia à determinação da Distância através de métodos rigorosos e só quando não estivesse disponível nenhum dos recursos a cima descritos é que se deveria determinar a Distância à vista.

3.3. Direção

A pontaria da bf podia ser direta ou indireta. A pontaria direta era utilizada quando o objetivo era visível da posição das bf e era a mais comum na AC (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Montanha BEM 7cm m/1882, 1885). O apontador tinha só de apontar com a linha de mira natural¹² para o objetivo e introduzir a Derivação, retirada da TTN.

A pontaria indireta era realizada quando o objetivo não era visível da posição das bf. Quando este era de difícil observação, devido à existência de fumo ou de nevoeiro, era procurado um ponto de referência fixo na direção do objetivo, para que após a execução do tiro, ao voltar a colocar a bf na posição inicial, fosse possível realizar a pontaria como no

¹² Linha reta que passa pela ranhura da mira da Alça e o vértice do ponto de mira colocado no munhão do mesmo lado da Alça, sendo que a Alça se encontra no zero das suas graduações, ficando paralela com o eixo da peça.

exemplo anterior. Quando não era possível visualizar o objetivo devido à existência de uma dobra no terreno entre a bf e o objetivo, eram enviados dois serventes devidamente instruídos até à crista da dobra no terreno. Estes colocavam-se em linha com o objetivo, o mais distantes possível entre si, e voltados um para o outro, mas de modo em que ambos conseguissem ver o objetivo e a bf. Colocavam-se assim em linha com o objetivo e com a bf mutuamente. Assim que estivessem devidamente alinhados era dado o sinal para a posição e a bf apontava sobre estes. De seguida era encontrado um ponto de referência, como referido anteriormente, tornando-se possível apontar a bf em Direção sempre que necessário (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.), 1882).

Com o emprego do material francês, a Direção a dar às bf ganhou outra ciência. No caso da pontaria indireta, podia-se determinar a Direção a dar a cada bf através de dois métodos, o método de convergência e o método de paralelismo (Guimarães, 1906). O primeiro consistia em fazer convergir as linhas de tiro das peças no extremo direito do alvo e após isso reparti-las pela frente do mesmo. Para tal podiam-se utilizar dois processos, o processo das duas estações ou o processo das paralaxes. Para adotar o processo das duas estações, tinha-se de escolher uma posição onde duas das bf conseguissem ter linha de vista com o extremo direito do alvo, e escolher um ponto de pontaria visível a todas as peças, na direção do objetivo e sempre mais distante que 1500 m, como se pode ver na Figura n.º 6.

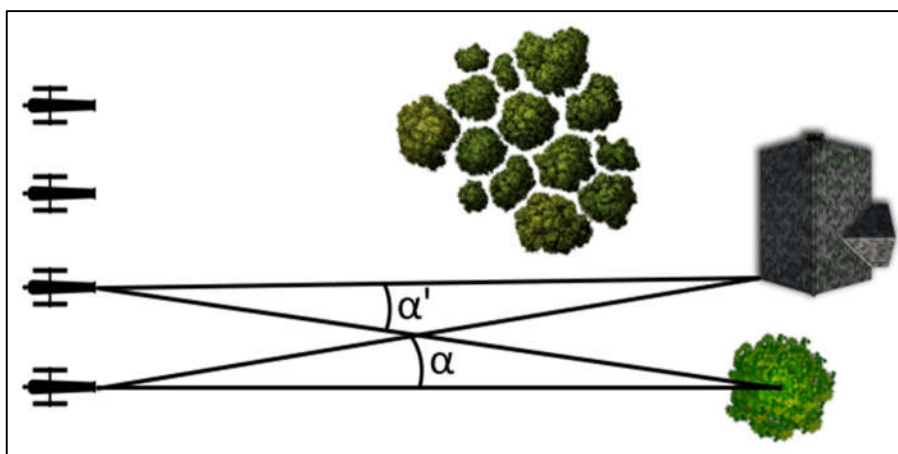


Figura n.º 6 – Processo das duas estações

Fonte: Elaboração própria, com base em (Guimarães, 1906)

De seguida, era medido o ângulo α através da régua de milésimos, do óculo da bateria ou do goniómetro da peça. Este ângulo era chamado de Derivação ou Deriva, tradução do termo francês *dérive*. Posteriormente era medido o ângulo α' e subtraindo α a α' , obtendo-

se a correção de convergência. A título de exemplo, se $\alpha = 400$ mils e $\alpha' = 405$ mils, a correção de convergência era 5 mils. Assim a derivação das 3ª e 4ª peças seria 410 mils e 415 mils respectivamente. Desta forma todas as bf da bateria se encontravam apontadas sobre o ponto A. Para repartir a pontaria das peças pela frente do objetivo, bastava medir o valor angular desta frente e dividi-lo por 4. Este valor chamava-se escalonamento de repartição. Se a frente do objetivo tivesse uma medida angular de 32 mils, obtinha-se um escalonamento de repartição de 8 mils. A soma do escalonamento de repartição com a correção de convergência era chamada de escalonamento total. Assim, a Direção a dar às bf seria, ordenadamente, 400 mils, 413 mils, 426 mils e 439 mils, respectivamente.

O processo das paralaxes era utilizado quando as Distâncias aos pontos A e P eram obtidas com precisão. Com este processo conseguia-se obter a correção de convergência sem medir os ângulos α e α' , mas através das tangentes dos ângulos x e y (Figura n.º 7).

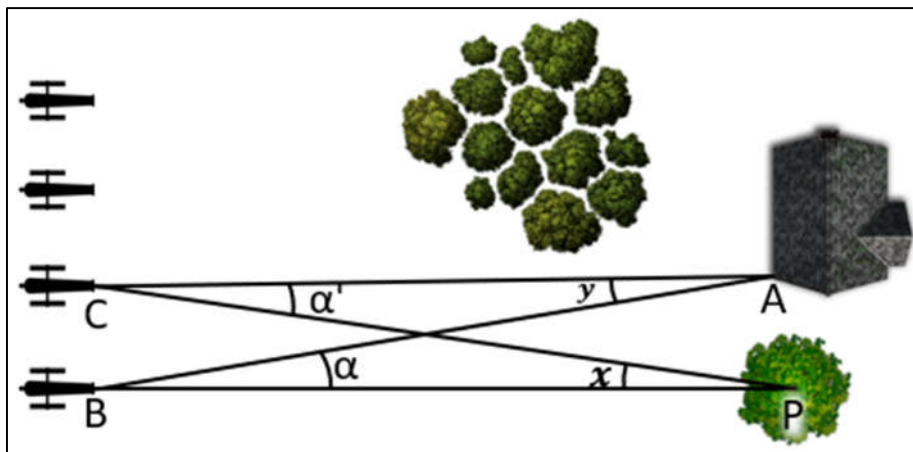


Figura n.º 7 – Processo das paralaxes

Fonte: Elaboração própria, com base em (Guimarães, 1906)

Através de semelhança de triângulos era assumido o seguinte:

$$y + \alpha' = x + \alpha \Leftrightarrow \alpha' - \alpha = x - y \quad (1)$$

Substituindo x e y pelas suas tangentes tinha-se:

$$\alpha' - \alpha = \frac{BC}{BP} - \frac{BC}{BA} \quad (2)$$

Sabendo que as bf tinham intervalos de 16 m entre si e determinando de forma precisa as Distâncias ao ponto de pontaria e ao objetivo conseguia-se obter a correção de

convergência. A determinação do escalonamento de repartição e do escalonamento total era feita da mesma forma que se explicou anteriormente.

O método de paralelismo tratava de apontar uma das bf com a linha de mira natural para o objetivo e colocar o goniómetro da peça a 1000 mils¹³. De seguida apontava-se para o goniómetro de cada uma das outras bf, lia-se o valor e este era enviado às mesmas. Estas apontavam por pontaria recíproca para a bf que observava o objetivo, ficando os tubos paralelos entre si. Caso nenhuma das bf tivesse linha de vista para o objetivo, era utilizado o óculo da bateria para conseguir ter linha de vista com o objetivo e com as bf. Através do mesmo raciocínio conseguia-se ter as bf paralelamente apontadas ao objetivo. Caso a frente do objetivo fosse superior à frente da bateria, bastava dividir por quatro o valor angular da frente do objetivo que excedia a frente da bateria. Este valor, denominado escalonamento complementar, era enviado a cada bf (Guimarães, 1906).

Com a adoção do material francês deixou de ser vantajoso determinar a Direção sempre para a 1ª bf, como até então, mas sim para a bf mais conveniente, aquela que melhor se conseguisse observar na posição do Cmdt Btr. Esta passou a ser chamada peça-guia ou diretriz (Silva, 1907).

A Derivação servia não só para corrigir o movimento de rotação das estrias sobre o projétil, como também para corrigir a influência do vento, o desnível das rodas do reparo e o movimento transversal do objetivo, se necessário (Regulamento para a Instrução de Artilharia de Montanha – Material 7cm MTR m/906 m/911, 1918). Para corrigir a influência do vento, o Cmdt Btr acrescentava ou diminuía 5 mils à Derivação, para vento médio ou forte, estando o objetivo a uma Distância média de combate¹⁴. Em situações de vento muito forte ou estando o objetivo a grandes Distâncias aplicava-se o valor de 10 mils, conforme a direção do vento fosse da esquerda para a direita ou vice-versa, em relação à frente da bateria. Para corrigir o desnível das rodas, a cada 15 cm que a roda esquerda se encontrasse acima da roda direita eram acrescentados 5 mils à Derivação. Caso o desnível fosse ao contrário, eram retirados os 5 mils à Derivação. Para corrigir o movimento transversal do objetivo somavam-se 5 mils à Derivação, caso o alvo se deslocasse da direita para a esquerda em relação à frente da bateria. Caso o deslocamento fosse em sentido contrário, subtraía-se o mesmo valor. Isto nas situações em que o objetivo se mantinha a uma Distância média de combate, tendo em conta a velocidade do passo do infante.

¹³ Era escolhido este valor para evitar obter ângulos negativos, caso o alvo estivesse à esquerda do objetivo.

¹⁴ Tendo em conta a TTN deste material considera-se uma Distância média de combate entre 2000 m e 4000 m.

Com a adoção do material francês, as definições sobre o tiro e sobre a trajetória sofreram alterações relativamente às definidas nos regulamentos dos materiais anteriores, o que dificulta a compreensão de termos intrínsecos à determinação dos Elementos de Tiro. Disso são exemplo alguns termos traduzidos do francês que passaram a ter designações que já tinham significado próprio, tal como a Derivação, que até então representava o deslocamento horizontal que o plano de tiro faz em resultado do movimento de rotação das estrias sobre o projétil, sendo a correção de Derivação o valor angular que era necessário imprimir à bf para colmatar esse deslocamento. Com a adoção do material francês, a Derivação ou Deriva passou a significar o ângulo formado entre o ponto de pontaria e o objetivo, ou seja, a Direção. Segundo o *Règlement Provisoire de manoeuvre de l'Artillerie de Campagne*, aplicável a todas as baterias de AC armadas com o canhão de 75mm, eram elementos iniciais do tiro a *dérive*, que resulta na Direção de cada peça (1902).

3.4. Elevação

A inclinação a dar à bf era obtida através de dois mecanismos. Num era introduzida a Distância ou a Alça (retirada das TTN¹⁵), no outro o Ângulo de Sítio (Senna, 1905).

O conceito de Ângulo de Sítio utilizado atualmente era denominado de ângulo terreno, ou ângulo de elevação ou de abaixamento, “quando o alvo está superior à boca de fogo” (Azevedo & Perdigão, 1889, p. 20) ou abaixo da bf. Para medir este ângulo de terreno, bastava apontar sobre o objetivo com a linha de mira natural e colocar o quadrante sobre a culatra. Após calar o nível do quadrante, o ângulo medido era o ângulo de terreno (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Montanha BEM 7cm m/1882, 1885).

Mais tarde, o Ângulo de Sítio passou a ser determinado de outros modos. Entre eles através do óculo da bateria, do eclímetro *Aubry*, de aparelhos de pontaria das peças ou através da carta. Com o óculo da bateria, bastava apontar com o zero do micrómetro para a base do objetivo, calar o nível do aparelho e ler o valor apresentado. Com o Eclímetro *Aubry*, tinha-se de olhar pela ocular do aparelho e colocar o zero no centro da bolha do mesmo, para confirmar que estava nivelado. De seguida procurava-se ver qual das divisões da face direita do aparelho coincidia com a base do objetivo, sendo essa a correspondente ao Ângulo de Sítio. Com os aparelhos de pontaria das peças bastava apontar uma delas para a base do objetivo e ler o respetivo valor depois de ter o nível calado. Por fim, podia-se medir o Ângulo de Sítio através da carta, dividindo a diferença de cotas entre a bateria e o objetivo pela

¹⁵ Anexos B e C.

Distância entre os mesmos, sendo o resultado positivo se o objetivo se encontrasse em cota superior à da bateria ou negativo no caso contrário (Regulamento para a Instrução de Artilharia de Montanha – Material 7cm MTR m/906 m/911, 1918).

3.5. Graduação de Espoleta ou Corretor

Nos materiais de 1875 e de 1882 o termo utilizado era Graduação de Espoleta. Com o aparecimento do material francês este conceito começou a ser denominado de Corretor, fruto da tradução do francês *Correcteur* remetendo para a altura de rebentamento (Ministere de la Guerre, 1902). Para empregar granadas com balas¹⁶ era necessário utilizar a GEp, devendo a sua aplicação ser antecedida, preferencialmente, por uma regulação com granada ordinária (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Montanha BEM 7cm m/1882, 1885). A Distância já estava determinada sendo apenas necessário retirar da TTN o valor da GEp e regulá-la até obter a altura de rebentamento mais conveniente, tendo sempre o cuidado de empregar uma GEp inferior ao valor da Duração do Trajeto (Azevedo & Perdigão, 1889).

Com a adoção do material francês passou-se a ter o cuidado de graduar as espoletas de forma a que as granadas de balas detonassem à altura que correspondia à máxima eficácia do rebentamento. Esta altura era denominada de altura-tipo, com o intuito de “antecipar o rebentamento em relação ao ponto de queda por modo que ele se produza a diferentes alturas” (Pellen, 1911, p. 525). Dependendo do material utilizado, a graduação do Corretor para que este fenómeno acontecesse também variava, assim como a altura-tipo.

O material T.R. m/1904 possuía um regulador de espoletas, que continha uma graduação de Distâncias e uma outra graduação que correspondia ao Corretor. O valor do Corretor inicial era o 50 (Senna, 1905), para Distâncias entre 1500 m e 3000 m (Guimarães, 1906). A altura-tipo considerada era 3 mils acima do solo, observada a partir da posição da bateria. Quando não fosse possível regular com granada ordinária antes de utilizar granada com balas, o valor do corretor que se devia empregar era o Corretor 48 para a espoleta detonar a 1 mils do solo e não a 3 mils. Era mais fácil observar e regular o tiro desta forma do que com a altura tipo (Guimarães, 1906). Caso se quisesse fazer aumentar ou diminuir a altura de rebentamento, retirava-se da TTN o valor que se devia afetar na Distância e no Corretor da espoleta.

¹⁶ Estas possuíam no seu interior esferas de chumbo. Eram acionadas através de uma Espoleta que permitia a sua detonação num dos pontos da trajetória antes de atingir o solo, originando maiores danos sobre objetivos a descoberto.

Para o material MTR m/906 m/911 a altura-tipo correspondia a 4 mils. O valor do Corretor que correspondia a estes 4 mils era o corretor 40. Todavia, aconselhava-se, sempre que possível, que fosse utilizado o Corretor correspondente à altura de explosão obtida numa regulação realizada anteriormente, de preferência no mesmo dia e em condições de pontaria inicial idênticas. O Corretor era altamente influenciado por uma incorreta determinação do Ângulo de Sítio. “O erro cometido na avaliação do Ângulo de Sítio, (...), influi também na altura de explosão, diminuindo-a ou aumentando-a de uma quantidade igual ao número de milésimos desse erro” (Regulamento para a Instrução de Artilharia de Montanha – Material 7cm MTR m/906 m/911, 1918, p. 69).

3.6. Evolução do Tiro de AC até ao final da 1ª GM

Foi neste período temporal que se deu uma significativa mudança do tiro de AC. A Artilharia deixou de executar tiro direto e adotou o tiro indireto. Foi na guerra russo-japonesa (1904-1905) que o tiro indireto se afirmou. Como tal, para além das alterações na forma de apontar a bateria, alterou-se também a forma de preparar o tiro, sendo necessário neste tipo de tiro “primeiro que tudo uma preparação de tiro conscienciosa” (Silva, 1907, p. 94).

É no Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.) que se encontram referências ao facto de até então apenas serem construídas TTN para tiro raso de peças de AC, sendo este o tiro que era executado na maioria das vezes, com a carga máxima que a bf podia empregar, havendo uma única trajetória para cada Alcance, sendo esta a mais tensa possível. Este tipo de tiro de trajetória tensa era considerado mais preciso, mais fácil e mais destruidor. (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.), 1882).

Sobre o tiro mergulhante, o problema prendia-se com o facto de que, para atingir um objetivo a determinada Distância, com cargas diferentes, tinham-se Elementos de Tiro diferentes, pois para cada distância existiam tantas trajetórias quantas as cargas que se detivesse (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.), 1882). Com isto constata-se que, até à época, não existiam cargas padronizadas para a execução do tiro mergulhante de AC. Ao não estarem definidas cargas padrão, não eram elaboradas Tábuas de Tiro para outras cargas, apenas eram construídas para a carga máxima suportada pelo material, a única que estava bem definida. Este facto confirma-se ao verificar os valores padrão relativos aos cartuchos¹⁷ destas munições, tendo

¹⁷ Dispositivo que armazena a carga.

como valor de quantidade de pólvora o mesmo utilizado para construir as TTN para tiro raso, ou seja, a carga máxima suportada pelo material. As únicas TTN encontradas para tiro mergulhante até à época foram para peças de Artilharia de Praça.

3.7. Síntese Conclusiva

Na fase inicial do período analisado o cálculo do Tiro de AC era algo que dependia muito da experiência do utilizador do material. As desigualdades existentes na constituição das pólvoras e dos materiais utilizados para construir as bf originavam disparidades consideráveis entre os valores previstos pelas TTN e os necessários para bater determinados objetivos, sendo assim mais compensatório confiar na experiência dos utilizadores da bf do que nas TTN.

Na segunda metade do Séc. XIX as TTN passaram a ser utilizadas e a preparação do Tiro de AC passou a ser devidamente regulamentada. Através da Distância eram retirados das TTN a respetiva Alça, Derivação e GEp. A pontaria em Direção baseava-se no princípio de apontar diretamente a bf para o objetivo, já que na AC era predominante o tiro direto, sendo considerado o valor da Derivação. A Elevação da bf era dividida por dois mecanismos, onde se introduzia a Alça ou Distância, dependendo do material, e o Ângulo de Sítio. Apesar de já existir a perceção de que outros fatores influenciavam o tiro, como as condições da atmosfera, a força e direção do vento, a diferença de cota entre a bateria e o objetivo e o desnível entre as rodas, estes eram ignorados. Optava-se por executar o tiro rapidamente e colmatar todos estes fatores com a regulação do tiro, pois permanecia a ideia que ganhava mais vantagem no combate aquele que primeiro efetuasse o tiro sobre o inimigo.

A adoção do material francês e a utilização da sua doutrina, conjugada com o abandono do tiro direto na AC, aumentou o pormenor no cálculo dos elementos iniciais do Tiro de AC. A Direção passou a ser determinada através dos métodos de convergência e de paralelismo, assim como passou a ser afetada das correções devidas à influência do vento, ao desnível das rodas do reparo e ao movimento transversal do objetivo. As Espoletas passaram a ser graduadas através de dois mecanismos, do Corretor e da Distância. Todos estes pormenores elevaram a determinação dos Elementos de Tiro para um patamar muito mais científico do que era até então.

De seguida, apresenta-se na Tabela n.º 2 uma síntese dos métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro ao longo deste período.

Tabela n.º 2 – Métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro desde a segunda metade do Séc. XVIII até à 1ª GM

Elemento de Tiro	Métodos	
Direção	<ul style="list-style-type: none"> • Pontaria direta + Derivação • Pontaria sobre dois serventes alinhados com o objetivo + Derivação • Método de convergência + Derivação <ul style="list-style-type: none"> ▪ Processo das duas estações ▪ Processo das paralaxes • Método do paralelismo + Derivação 	
Elevação	• Distância ou Alça + Ângulo de Sítio	
	Determinação da Distância: <ul style="list-style-type: none"> • Carta topográfica • Telémetro • Propagação do som • Régua de milésimos • Método das paralaxes • Óculo da bateria • Reconhecimentos • Baterias Vizinhas • À vista 	Determinação do Ângulo de Sítio: <ul style="list-style-type: none"> • Quadrante • Óculo da Bateria • Eclímetro <i>Aubry</i> • Aparelhos de pontaria • Carta topográfica
Graduação de Espoleta	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada da TTN em função da distância de regulação, tendo em atenção que devia ser sempre inferior à Duração do Trajeto • Corretor + Distância 	

De seguida, mostra-se um exemplo da determinação dos Elementos de Tiro usando os métodos empregues para a Peça 7,5c T.R. m/904 com a TTN de 1908 (Anexo D).

1. Circunstâncias do combate	
- Distância (avaliada à vista)	2000 m
- Diferença de cotas (Carta topográfica)	+ 20 m
- Vento	Fraco
- Declive na posição da bateria	≈ 0°
- Movimento transversal do objetivo	Estático
2. Direção Total	1001 mils
- Direção obtida pelo método do paralelismo	1000 mils
- Derivação (Coluna 3 Anexo D)	1 mils
3. Alça (Coluna 2 Anexo D)	55 mils
4. Ângulo de Sítio (Carta topográfica)	10 mils
5. Corretor (Distância entre 1500 m e 3000 m / Eficácia imediata)	48
6. Distância	2000 m

CAPÍTULO 4 - CÁLCULO DO TIRO DE AC - 1ª GM ATÉ À ADESÃO DE PORTUGAL À NATO

O presente capítulo pretende responder à segunda Questão Derivada “Que alterações se verificaram na determinação dos Elementos de Tiro entre a 1ª Guerra Mundial e a adesão de Portugal à NATO?”, através da análise das principais obras utilizadas para lecionar a Unidade Curricular de Tiro de Artilharia na Academia Militar, assim como as primeiras IGTA de 1941.

Durante o interregno entre a 1ª GM e a 2ª GM houve uma grande evolução nos materiais. Aumentou-se o campo de tiro horizontal para evitar conteirar durante o tiro. Aumentaram-se também os Alcances. Contudo no âmbito do tiro “... acaba o tempo áureo das intervenções oportunas e fulgurantes (...) vale mais uma grande precisão técnica nos resultados do que rapidez e oportunidade nas ações” (Resende, 1954, p. 35).

Este período caracterizou-se pelo predomínio da escola francesa. A determinação dos Elementos de Tiro passou a ser feita com o maior rigor possível. Apesar de se saber que as diferenças entre as condições de momento e as condições padrão podiam ser supridas com a regulação do tiro, a determinação dos Elementos de Tiro era feita como se o tiro não devesse ser regulado (Escola Militar [EM], 1933). Os Elementos de Tiro considerados neste período eram “a direção e elevação a dar à boca de fogo, eventualmente, a graduação da espoleta a empregar” (Ministério da Guerra, 1941, p. 313).

O Cmdt Btr devia iniciar os trabalhos pela preparação expedita do tiro. Contudo, por saber que esta não permitia obter a precisão suficiente se não fosse sucedida de regulação, sempre que dispunha de mais tempo do que aquele que necessitava para efetuar essa preparação, o Cmdt Btr melhorava-a introduzindo as correções devidas aos agentes aerológicos e balísticos (Ferreira & Miranda, 1936).

4.1. Operações de preparação do tiro

Neste período foi definida uma sequência de ações que o Cmdt Btr devia desenvolver de forma a evitar erros ou omissões, conseguindo bater o objetivo com a maior precisão possível. A sua primeira preocupação era a escolha da posição. Este escolhia a melhor posição a ocupar dentro da zona que lhe era atribuída pelo respetivo Comandante de Grupo. Esta escolha deveria ter em conta o desenfiamento de observatórios terrestres e aéreos do inimigo e a possibilidade de bater o limite curto da zona de ação atribuída à bateria. De

seguida o Cmdt Btr preocupava-se em escolher a combinação granada, carga e espoleta capaz de provocar o efeito desejado no objetivo, tendo em conta a natureza do mesmo e a situação tática do momento. Seguidamente o Cmdt de Btr determinava a Direção a dar às bf da bateria. Se necessário, determinava o feixe e repartia os planos de tiro pelo objetivo, tendo em conta a sua dimensão. Continuamente determinava a Elevação a dar às bf e, se necessário, a correspondente GEp. Por fim, determinava as correções a executar na Direção, Elevação e GEp, tendo em conta as condições atmosféricas e balísticas do momento. O seguimento desta ordem não era de caráter obrigatório, pois o combate podia não o permitir, sendo apenas uma orientação que devia ser seguida pelos Cmdt Btr (Supico, 1944).

De seguida apresentam-se os procedimentos realizados em cada uma das ações supracitadas¹⁸.

4.2. Escolha da granada, carga e espoleta

A escolha da granada, carga e espoleta era normalmente da responsabilidade do Comandante de Grupo. Contudo, estando a bateria isolada, esta escolha podia ser tomada pelo Capitão, Cmdt Btr (Ferreira & Miranda, 1936). Apesar de nenhuma destas ser, à altura, considerada Elemento de Tiro, considere-se importante a sua análise.

No decorrer do combate podiam surgir diversas situações que levavam a uma nova escolha de combinação granada-espoleta, por forma a tirar maior partido dos meios da AC¹⁹. A granada explosiva podia ser combinada com espoletas de percussão, espoletas com atraso e espoletas de T. A granada com balas era combinada com espoleta T e a granada de fumos era combinada com espoleta de percussão (EM, 1933).

O Cmdt Btr devia ser capaz de analisar as circunstâncias e decidir qual a carga mais vantajosa para bater o objetivo com eficácia. Os fatores mais importantes eram a Distância ao objetivo, as cotas intermédias, a Distância entre as tropas amigas e o objetivo, a natureza do objetivo tendo em conta o ângulo de queda mais vantajoso e a utilização de uma carga que permitisse para fazer correções dos Elementos de Tiro sem ter de a alterar.

Em relação ao ângulo de queda, importava realçar que, para evitar ricochetes, devia ser calculado o ângulo de incidência (i na Figura n.º 8). Era possível obter este valor com

¹⁸ Ver Anexo E (exemplo de um impresso de um RT).

¹⁹ Apêndice C. Tabela adaptada de Mena (1929), com possíveis combinações granada-espoleta e circunstâncias a empregar.

base na seguinte expressão, sendo ω o ângulo de chegada²⁰, ε o Ângulo de Sítio e α a inclinação do terreno.

$$i = \omega - \varepsilon + \alpha \quad (3)$$

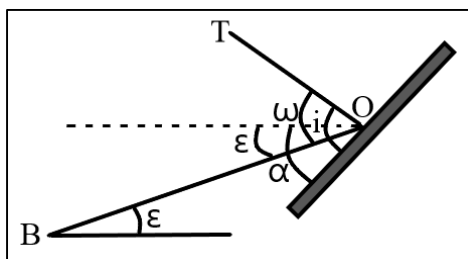


Figura n.º 8 – Ângulo de Incidência

Fonte: Elaboração própria, com base em (Ministério da Guerra, 1941)

Para evitar ricochetes, “i” deveria ser superior a 15°. Se a superfície de incidência fosse de alvenaria, i deveria ser superior a 30° (Ministério da Guerra, 1941). Contudo estes eram apenas valores de referência, pois podiam variar com o material. Por exemplo, com a Peça 7,5 cm T. R. m/917, bastava i ser superior a 10° para evitar o ricochete.

Por fim, caso várias cargas satisfizessem de igual forma a missão, devia ser empregue a carga mais baixa para se poupar a bf (Supico, 1944).

A análise das TTN deste período temporal permite constatar que ainda eram utilizados materiais que empregavam apenas uma carga, a carga máxima que o material era capaz de suportar. Ou seja, o tipo de tiro realizado por estes materiais era tiro raso e não tiro mergulhante. Um exemplo disso é a Peça 7,5c T.R. m/904, como se pode observar na TTN da mesma (Direção da Arma de Artilharia, 1934). Contudo, a análise das TTN do material que entrou ao serviço na década de 1940 permite verificar que nestes já existiam diferentes cargas devidamente padronizadas e definidas. Entre os materiais desta década, encontram-se TTN contendo até 5 cargas, com partes específicas para diferentes tipos de granadas, entre elas a granada explosiva, a granada de rotura, a granada de gás e a granada de fumo.

4.3. Direção

As Baterias de AC podiam ocupar três tipos de posições. Posição para abrir imediatamente fogo, onde os Elementos de Tiro eram determinados de forma expedita e o

²⁰ Podia ser considerado 3/2 do ângulo de tiro para as Peças e 4/3 para os Obuses e Morteiros (Ministério da Guerra, 1941).

fogo era realizado no menor tempo possível. Posição de vigilância, onde o Cmdt Btr estudava a zona atribuída à bateria e determinava os Elementos de Tiro para bater possíveis posições do inimigo e pontos notáveis. Podiam também ocupar uma posição de espera, onde o Cmdt Btr estudava posições que pudesse vir a ocupar, analisando assim as possíveis zonas de ação atribuídas (Ministério da Guerra, 1928).

Assim, estando a Bateria em posição de vigilância, procurava-se dirigir a boca de fogo diretriz numa Direção no centro da zona atribuída, chamada Direção de Vigilância. Esta Direção podia ser definida por uma linha entre a bf diretriz e um ponto afastado e notável do terreno ou podia ser definida por um rumo, chamado Rumo de Vigilância.

Após a bf diretriz estar apontada segundo o Rumo de Vigilância, pretendia-se saber qual era o desvio angular horizontal que se deveria dar à mesma para o seu plano de tiro ser deslocado sobre o plano que continha o objetivo. Este ângulo era chamado de Ângulo de Transporte. Sobre ele era ainda necessário introduzir correções correspondentes à derivação, à componente transversal do vento e, eventualmente, à inclinação dos munhões, passando a chamar-se de Ângulo de Transporte Correto (EM, 1933).

O Ângulo de Transporte poderia ser medido diretamente no terreno, determinado graficamente na carta ou determinado rigorosamente pelo cálculo. A medição do Ângulo de Transporte no terreno podia ser feita de forma aproximada através de um “micrómetro dum binóculo, da régua de milésimos, do sito goniómetro e ainda por meio da mão, dos dedos ou de objetos de algibeira se tiver havido o cuidado de os graduar.” (Supico, 1944, p. 76). A medição rigorosa deste ângulo no terreno era feita através do goniómetro-bússola ou do óculo da bateria. Para conceder mais rigor a este ângulo, fazia-se a medição do mesmo várias vezes e determinavam-se a média dos valores obtidos.

Para determinar o Ângulo de Transporte na carta bastava marcar na mesma a Direção de Vigilância sobre a posição estimada da bateria e a Direção entre esta posição e a localização do objetivo. Para medir o ângulo bastava aplicar um transferidor. A precisão deste método dependia da precisão da localização dos pontos e direções na carta.

A determinação do Ângulo de Transporte através do cálculo fazia-se calculando a diferença de rumos entre o Rumo de Vigilância e o Rumo Bateria-Objetivo. Ao conseguir-se calcular o Rumo Bateria-Objetivo e dispor do Rumo de Vigilância, para obter o Ângulo de Transporte bastava subtrair um pelo outro.

O cálculo do Rumo Bateria-Objetivo era realizado conhecendo as coordenadas precisas destes dois pontos. As coordenadas da Bateria eram determinadas no decurso da preparação topográfica. As coordenadas do Objetivo eram fornecidas à Bateria pelo escalão

superior, pois eram determinadas rigorosamente por secções de referenciação através de observação terrestre ou secções de referenciação pelo som (EM, 1933).

Assim, tendo as coordenadas da Bateria B (X_b, Y_b) e as coordenadas do Objetivo O (X_o, Y_o), calcula-se o seguinte:

$$\text{tang } r = \frac{X_o - X_b}{Y_o - Y_b} \quad (4)$$

Sendo que “r” seria o menor dos ângulos formado pela interseção da Direção bateria-objetivo com o norte cartográfico. Para obter o rumo bastava identificar o quadrante em que se encontrava o objetivo em relação à bateria e caso este se encontrasse no 1º quadrante o rumo era o valor de “r”. Caso se encontrasse no 2º quadrante obtinha-se o rumo subtraindo “r” a 3200 mils. Caso se encontrasse no 3º quadrante o rumo era obtido somando 3200 mils a “r”. Por fim, caso se encontrasse no 4º quadrante subtraía-se “r” a 6400 mils.

É de realçar que estas operações exigiam “alguma prática e a utilização da tábua de logaritmos” (EM, 1933, p. 104). Era também aconselhada a determinação deste ângulo pelo processo gráfico, de uma forma sumária, como forma de verificar erros grosseiros.

Após obter-se o Ângulo de Transporte, era ainda necessário corrigi-lo. No que toca à correção de Derivação, esta era retirada da respetiva TTN em função da Distância Topográfica²¹. A correção da componente transversal do vento era também retirada da TTN. Ao observar-se a TTN da Peça 7,5c T.R. m/904 elaborada pela Direção da Arma de Artilharia (1934), constata-se que era necessário calcular o valor da componente transversal do vento em relação ao plano de tiro. Ou seja, se o vento soprasse com um ângulo de incidência de 45º e com uma velocidade de 10 m/s, bastava consultar a tabela V²² da respetiva TTN e verificar que apenas 7,1 m/s correspondiam à componente transversal do vento. Com este valor, seguia-se para a tabela III²³, onde nas colunas 16 a 20 se encontravam os valores angulares em milésimos desta correção para 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s, 8 m/s, e 10 m/s, respetivamente, em função da Distância. Caso fosse um valor intermédio, este era obtido por interpolação. O sinal do valor dependia da direção do vento. Caso o vento soprasse da esquerda para a direita em relação ao plano de tiro, o sinal da correção era positivo, no caso contrário era negativo.

²¹ Figura n.º 20 do Anexo F.

²² Figura n.º 21 do Anexo F.

²³ Figura n.º 22 do Anexo F.

A correção devida à inclinação dos munhões podia ser igualmente retirada da respetiva TTN, ou podia ser calculada, tendo sempre em conta que o seu sinal dependia do declive já que “A trajetória desvia-se para o lado do munhão mais baixo” (EM, 1933, p. 105). No caso da TTN referida anteriormente, este valor estava contido na coluna 22 da tabela III, que apresentava o valor angular a corrigir, em milésimos, para uma inclinação de 1 grau dos munhões. O cálculo desta correção podia ser obtido também pela fórmula abaixo descrita.

$$C = i \operatorname{tang} E^{24} \quad (5)$$

Após a obtenção do Ângulo de Transporte Corrigido, faltava repartir os planos de tiro da bateria convenientemente pelo objetivo. Se a pontaria utilizada fosse pontaria direta, os próprios apontadores dividiam o objetivo pelo número de bf da bateria e cada um apontava para o seu respetivo ponto de pontaria no objetivo. Se a pontaria utilizada fosse pontaria indireta, tornava-se necessário “adaptar o feixe à frente do objetivo, isto é, repartir o tiro” (EM, 1933, p. 107). Neste caso, o feixe podia ser regular ou irregular, caso as bf tivessem intervalos regulares ou irregulares entre si. Sendo feixe regular podia ainda ser paralelo, divergente ou convergente.

Caso a Direção de Vigilância tivesse sido definida por um rumo, o feixe formado pela bateria seria paralelo. Desta forma, ao aplicar-se o ângulo de transporte corrigido a todas as bf, obtinha-se um feixe paralelo sobre o objetivo. Ao contrário do que acontecia caso a Direção de Vigilância fosse definida por um ponto afastado. Neste caso o feixe formado pela bateria seria convergente. Após a bateria adotar o ângulo de transporte corrigido, o feixe mantinha-se convergente o que tornava mais “difícil e morosa a adaptação do feixe ao objetivo” (Supico, 1944, p. 158).

4.4. Elevação

A Elevação a dar a uma bf era fornecida pela TTN do respetivo material. Obtinha-se o Ângulo de Tiro correspondente a uma determinada trajetória em função da Distância entre a bf e o objetivo. Contudo, as Tábuas de Tiro eram construídas para determinadas condições padrão, condições estas de ordem topográfica, aerológica e balística, que não se verificavam no momento do combate. À Distância entre a bateria e o objetivo chamava-se Distância

²⁴ C representa a correção, i a inclinação dos munhões em mils e E a elevação em graus.

Topográfica. A diferença entre as condições ideais e as condições aerológicas e balísticas de momento originavam correções nesta Distância que se passava a chamar Distância Corrigida. Era em função desta que se obtinha o chamado Ângulo de Tiro Corrigido. Sobre este ângulo ainda se aplicava o Ângulo de Sítio Total que representava a diferença entre as condições topográficas ideais e as condições topográficas de momento. Assim obtinha-se a Elevação Inicial.

A determinação da Distância podia ser realizada por processos telemétricos, estadimétricos, graficamente, à vista, através do som, percorrendo-a a pé ou pelo método mais rigoroso, pelo cálculo. Os processos telemétricos eram divididos em bistáticos e monostáticos. Estes diferiam no número de estações utilizadas para determinar a Distância. Os telémetros monostáticos eram divididos em telémetros de base vertical ou de depressão, principalmente utilizados na artilharia de costa, ou em telémetros de base horizontal ou de coincidência. O desenvolvimento da ciência de determinação de Distâncias por processos telemétricos não era relevante pois "... as baterias de artilharia de campanha não dispõem de Telémetros, pois êstes só fazem parte da dotação dos grupos ou unidades superiores" (Supico, 1944, p. 233).

Os processos estadimétricos tinham por base a semelhança de triângulos. Ao conhecer-se a medida do comprimento do braço utilizado para empregar a régua de milésimos e as médias das frentes dos objetivos mais comuns era possível calcular-se a Distância. Assumindo que A representava a frente ou a altura de um Objetivo a uma Distância B que se pretende calcular e sabendo que "a" representava a grandeza aparente do mesmo objeto a uma Distância "b" conhecida, obtinha-se B através da dedução seguinte:

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} \quad (6)$$

Era esta a base para a determinação de Distâncias através de binóculos ou régua de milésimos, bastando ter em mente as alturas ou frentes médias de objetos que pudessem definir o objetivo, como viaturas ou casas (EM, 1933).

Ao possuir-se uma carta onde fosse possível identificar a localização dos dois pontos entre os quais se pretendia determinar a Distância, bastava através de uma escala determinar esta Distância e multiplicá-lo pelo denominador desta escala, obtendo a Distância desejada. Este método dependia do rigor de execução da carta, da escala utilizada e da localização dos pontos. Pontos localizados em cartas diferentes aumentavam o erro deste método, tornando-o impraticável quando se tratava da determinação de grandes Distâncias, sendo necessário a

utilização de mais de duas cartas. Este processo gráfico servia como forma de verificar a determinação de Distâncias pelo cálculo, ou quando por falta de tempo não fosse possível empregar esse método (Supico, 1944).

A determinação de Distância à vista era utilizada apenas em situação de urgência, ou quando não havia nenhum outro meio a empregar (Ministério da Guerra, 1928). Esta dependia da prática e percepção do avaliador.

Para determinar Distâncias através do som, bastava contar o número de segundos entre o momento em que se avistava o rebentamento ou um clarão e o momento em que se ouvia a respetiva detonação. Ao multiplicar-se este número pela velocidade do som obtinha-se a Distância pretendida.

Quando se percorria uma Distância que posteriormente se quisesse medir, podia-se determiná-la através da passada, caso esta estivesse aferida, multiplicando o número de passos dados pelo comprimento médio da passada, ou através do tempo gasto a percorrer esta Distância, multiplicando-o com a velocidade média do meio utilizado para percorrer a Distância.

A determinação da Distância através do cálculo era o método mais rigoroso e o que devia ser empregue por eleição. Para adoção deste método, tal como na determinação do Ângulo de Transporte pelo cálculo, eram necessárias as coordenadas precisas da bateria. Considerando as coordenadas da Bateria B (X_b, Y_b), as coordenadas do Objetivo O (X_o, Y_o) e o Rumo Bateria-Objetivo (R_{bo}), como calculado anteriormente, podia-se obter a Distância (D) através de uma das seguintes fórmulas:

$$D = \frac{X_o - X_b}{\text{sen } R_{bo}} \quad (7)$$

$$D = \frac{Y_o - Y_b}{\text{cos } R_{bo}} \quad (8)$$

Como forma de confirmação, a Distância devia ser calculada utilizando as duas fórmulas. Após determinada a Distância com rigor, conseguia-se retirar da TTN o valor do ângulo de tiro correspondente a essa Distância²⁵. Seguiam-se as correções a empregar a este valor para colmatar as diferenças entre as condições de momento e as condições padrão.

Iniciando pelas correções de ordem topográfica, calculava-se o Ângulo de Sítio, pois as Tábuas de Tiro eram construídas em condições de Ângulo de Sítio nulo, e a CCAS, pois

²⁵ Figura n.º 20 do Anexo F.

a partir de certos limites não se podia admitir o princípio da rigidez da trajetória. O Ângulo de Sítio podia ser medido no terreno ou determinado pelo cálculo. A determinação do Ângulo de Sítio no terreno era feita preferencialmente com o óculo da bateria ou com o goniómetro bússola. Caso estes aparelhos não estivessem disponíveis podia ser feita com a régua de milésimos ou com os binóculos, embora só muito excepcionalmente se admitia o emprego destes instrumentos tendo em conta a necessidade de rigor desta determinação (EM, 1933). Caso na posição da Bateria se avistasse o objetivo ou outro ponto à mesma Distância e com a mesma cota, fazia-se essa leitura na posição da bateria, caso contrário o Cmdt Btr tinha de se deslocar para um ponto à frente ou à retaguarda da bateria. Através da Figura n.º 9 pode observar-se o ponto X onde se podiam medir os ângulos β e θ , representando os pontos B e O, a Bateria e o Objetivo respetivamente. D representa a Distância de X a O e d a Distância de X a B.

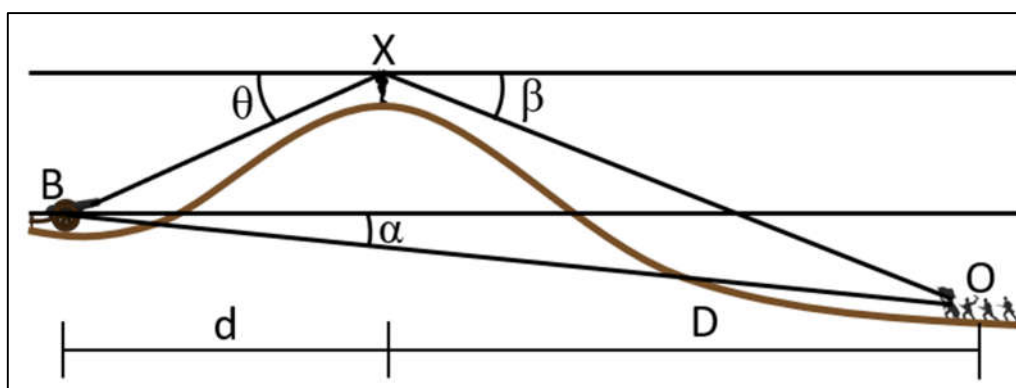


Figura n.º 9 – Medição do Ângulo de Sítio à frente da bateria

Fonte: Elaboração própria, com base em (EM, 1933)

Obtinha-se assim o Ângulo de Sítio com a fórmula (9), sendo que se os ângulos fossem medidos em milésimos podia aplicar-se a fórmula (10)²⁶ (EM, 1933).

$$\tan \alpha = \frac{D \tan \beta - d \tan \theta}{D \pm d} \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{D \beta - d \theta}{D \pm d} \quad (10)$$

²⁶ No denominador de cada fórmula considerava-se $D+d$ quando X estivesse entre B e O e $D-d$ quando X estivesse à retaguarda de B.

A determinação do Ângulo de Sítio pelo cálculo era feita dividindo a diferença de cotas em metros pela Distância em quilómetros²⁷.

Uma vez calculado o Ângulo de Sítio, calculava-se a CCAS, que somados resultam no Ângulo de Sítio Total. A CCAS era somada ou subtraída ao Ângulo de Sítio²⁸ para compensar o facto de a trajetória do projétil não corresponder de forma rígida à amplitude dada à bf. Este princípio só era considerado para valores de ângulo de tiro superior a 10° e de Ângulo de Sítio superior a 30'. Este valor era retirado da TTN em função do Ângulo de Tiro e do Ângulo de Sítio²⁹.

Em relação às correções de ordem aerológica, as Tábuas de Tiro eram construídas em certas condições de temperatura e pressão atmosférica que podiam ou não se verificar no terreno. Apesar de ser possível medir estes valores com instrumentos ou através de formas expeditas na bateria, "... é ilusória qualquer apreciação da direção e velocidade do vento em altitude, baseada exclusivamente nos dados obtidos no solo" (Supico, 1944, p. 304) devido às diferenças de valores entre camadas atmosféricas. Assim, a forma mais segura de obter estas correções era através dos boletins meteorológicos para a artilharia designados *Meteo Artia*. Estes eram obtidos pelos postos meteorológicos e transmitidos às unidades de Artilharia em forma de código em que cada algarismo tinha o seu significado. Os dados mais relevantes eram a cota do posto meteorológico³⁰, a temperatura, a pressão atmosférica e as direções e velocidades do vento para diferentes altitudes atmosféricas.

Através da pressão atmosférica e da temperatura obtinha-se a variação da densidade do ar (Δd) com a tabela IV³¹ da TTN. Quando a densidade do ar era maior ou menor que a das condições padrão, obtinha-se uma diminuição ou um aumento na Distância, respetivamente. Assim, na coluna 21 da tabela III da respetiva TTN retirava-se a variação em Alcance devida a uma Δd em 0,1 no peso relativo do metro cúbico de ar normal. Com uma regra de três simples calculava-se a correção em Distância respetiva a esta Δd .

Na coluna 11 da tabela II³² da TTN, em função da Distância Topográfica identificava-se a Flecha da trajetória. A linha do boletim meteorológico com altitude atmosférica mais próxima da Flecha da trajetória era a considerada para retirar a direção e

²⁷ Quando a diferença de cotas fosse muito grande e o Ângulo de Sítio passasse os 200 mils, devia utilizar-se a seguinte fórmula: $\tan \alpha = \frac{\Delta Z}{D}$. Com as grandezas da fração expressas na mesma unidade.

²⁸ A CCAS tem o mesmo sinal do Ângulo de Sítio.

²⁹ Figura n.º 23 do Anexo F.

³⁰ Segundo regras bem definidas nas TTN de cada material deve corrigir-se os valores da pressão e temperatura tendo em conta a diferença de cotas entre a bateria e o posto meteorológico.

³¹ Figura n.º 24 do Anexo F.

³² Figura n.º 25 do Anexo F.

velocidade do vento. Da mesma forma que se deduzia a componente transversal do vento, como explicado anteriormente, deduzia-se o valor da velocidade do vento correspondente à sua componente longitudinal. Esta servia para retirar a correção em Distância das colunas 11 a 15 da tabela III da TTN, em função da Distância Topográfica.

Por fim, as correções de ordem balística podiam dever-se a uma diferença na velocidade inicial, a uma diferença no peso do projétil, ou ao emprego de uma espoleta diferente da utilizada para a construção da TTN.

A diferença de velocidade inicial deve-se principalmente a três fatores. O gastamento da alma da bf, a vivacidade da pólvora empregue e a temperatura das cargas. Com os tiros efetuados ao longo da vida de uma bf a alma desta deteriora-se, o que provoca um aumento do diâmetro da mesma. Desta forma aumenta o espaço para o fenómeno da expansão dos gases, diminuindo a pressão exercida na base do projétil durante a translação deste ao longo do eixo do tubo, o que provoca uma diminuição no Alcance para uma determinada elevação, em comparação com o Alcance previsto pela TTN. A variação da velocidade inicial de uma bf ordinária em comparação com uma bf padrão chamava-se regime absoluto. Este era determinado, periodicamente, em campos de tiro especiais e por pessoal especializado (EM, 1933). A bf submetida a este processo tornava-se a bf de referência para a restante bateria e com processos mais simples determinava-se o regime relativo de cada bf. Isto permitia ao Cmdt Btr seguir para o combate com o regime de cada bf.

A vivacidade da pólvora originava uma variação da velocidade inicial em comparação com a tabular. Esta variação chamava-se tara do lote e era determinada com uma bf padrão, em campos de tiro especiais e por pessoal especializado, em data próxima de ser empregue.

A temperatura das cargas também influenciava a velocidade inicial do projétil. Esta era considerada igual à temperatura do meio ambiente. A diferença de velocidade inicial causada por este fenómeno era determinada pela seguinte expressão³³:

$$dV_0 = \frac{K V_0}{1000} (T - t) \quad (11)$$

Estas três correções somadas permitiam obter a correção em Alcance que devia ser aplicada através das colunas 2 a 6 da tabela III da TTN, em função da Distância Topográfica.

³³ K é um coeficiente numérico variável com a natureza da pólvora, não o tendo pode considerar-se igual a 0,6 (Direção da Arma de Artilharia, 1934). V₀ é a velocidade inicial tabular. T é a temperatura da carga no momento e t é a temperatura da carga tabular.

A diferença do peso do projétil podia ser corrigida através das colunas 6 a 10 da tabela III da TTN, em função da Distância Topográfica. Os materiais que possuíam espoletas com peso e forma diferentes às utilizadas para a construção das respectivas TTN possuíam tabelas específicas para aplicar a devida correção em Distância. A soma destas três correções permitia obter a correção de ordem balística.

Ao aplicar as correções de ordem aerológica e balística na Distância Topográfica e as correções topográficas no Ângulo de Sítio Corrigido obtinha-se a Elevação Inicial.

4.5. Graduação de Espoleta

As TTN forneciam a GEp que produzia maior efeito sobre um determinado objetivo. Esta devia ser lida em função da Distância Topográfica ou da Distância Corrigida, consoante o material (EM, 1933). Algum material deste período ainda funcionava com o Corretor. A graduação do mesmo era executada da forma que foi explicado no capítulo anterior.

Contudo, as variações atmosféricas e balísticas influenciavam a velocidade de combustão do misto da espoleta, pelo que “as tábuas de tiro permitem determinar as correções correspondentes” (Ministério da Guerra, 1941, p. 128). A GEp é assim influenciada pelas variações de velocidade inicial do projétil, pressão atmosférica, temperatura do ar e temperatura da carga. Contudo, mesmo atendendo a todas as correções possíveis, nunca devia ser realizada uma eficácia de tempos sem ser precedida da devida regulação, pois “Para garantir a eficácia do tiro de tempos a graduação da espoleta deverá, em todos os casos, ser determinada experimentalmente” (Supico, 1944, p. 341).

4.6. Síntese Conclusiva

Durante este período aumentou-se o rigor e o pormenor da preparação do tiro de AC, características dominantes na doutrina francesa, seguida em Portugal. O Cmdt Btr, ciente que podia usufruir da regulação para depurar o seu tiro, preparava-o como se não o pudesse regular. Apenas em emergências eram admitidos os métodos expeditos de determinação dos Elementos de Tiro, caso contrário, o método de eleição era a determinação pelo cálculo. A preparação do tiro passou a considerar a influência devida às alterações topográficas, aerológicas e balísticas entre as condições padrão e as condições de momento. Em comparação com os dias de hoje, apenas não eram consideradas as correções devidas ao movimento de rotação da Terra.

É de realçar também que foi neste período que se constituíram diferentes cargas devidamente definidas para cada material e por conseguinte eram produzidas as respetivas TTN para cada uma delas.

De seguida é apresentada a Tabela n.º 3 que resume os métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro e as devidas correções que são aplicadas a cada um deles, durante o período analisado.

Tabela n.º 3 – Métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro desde a 1ª GM até à adesão de Portugal à NATO

Elemento de Tiro	Métodos	
Direção	<ul style="list-style-type: none"> • Ângulo de Transporte Correto = Ângulo de Transporte + Correções 	
	Ângulo de Transporte: <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo • Carta Topográfica • Medido no Terreno através de: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Goniómetro Bússola ▪ Óculo da Bateria ▪ Binóculos ▪ Régua de milésimos ▪ Sito goniómetro ▪ Mão/Dedos 	Correções: <ul style="list-style-type: none"> • Derivação • Influência da componente transversal do vento • Inclinação do eixo dos munhões
Elevação	<ul style="list-style-type: none"> • Ângulo de Tiro Corrigido + Ângulo de Sítio Total <ul style="list-style-type: none"> ▪ Distância Topográfica + Correções = Distância Corrigida ▪ Distância Corrigida → Ângulo de Tiro Corrigido ▪ Ângulo de Sítio + CCAS = Ângulo de Sítio Total 	
	Determinação da Distância: <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo • Carta topográfica • Telémetro • Processos estadimétricos • Propagação do som • Percorrendo a pé 	Correções: <ul style="list-style-type: none"> • Variação da densidade do ar • Influência da componente longitudinal do vento • Variação da velocidade inicial <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gastamento do tubo ▪ Vivacidade da pólvora ▪ Temperatura das cargas • Variação do peso do projétil
	Determinação do Ângulo de Sítio: <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo • Óculo da bateria • Goniómetro Bússola • Régua de Milésimos • Binóculos 	
Graduação de Espoleta	<ul style="list-style-type: none"> • Corretor + Distância • Graduação de Espoleta + Correções 	
	Correções: <ul style="list-style-type: none"> • Variação da velocidade inicial • Variação da densidade do ar • Variação da Temperatura do ar • Variação da temperatura da carga 	

Com a TTN da Peça 7,5c T.R. m/904 de 1934 (Anexo F) executou-se um exemplo da determinação dos Elementos de Tiro utilizando os métodos analisados neste período.

1. Circunstâncias do combate	
- Coordenadas do CB/Cota	29SND1326029380 / 122
- Coordenadas do Objetivo/Cota	29SND1530030200 / 045
- Rumo de Vigilância	800 mils
- Distância Topográfica ($D = \frac{X_{\text{objetivo}} - X_{\text{bateria}}}{\text{sen}(\text{Rumo bateria-objetivo})}$)	2200 m
- Incidência do vento sobre o plano de tiro (esquerda para a direita)	90°
- Velocidade do vento	8 m/s
- Altura barométrica	760 mm
- Temperatura do ar	22°C
- Declive na posição da bateria	≈ 0°
2. Valores de construção da TTN	
- Temperatura	15° C
- Velocidade Inicial	500 m/s
3. Ângulo de Transporte Correto	
- Ângulo de Transporte ($(\text{tang } r = \frac{X_o - X_b}{Y_o - Y_b}) - \text{Rumo de Vigilância}$)	417 mils
- Derivação (Coluna 4 Figura n.º 20)	411 mils
- Influência da componente transversal do vento (Coluna 19 da Figura n.º 22)	1 mils
4. Elevação	
- Distância Topográfica	5 mils
Δd (Figura n.º 24)	66 mils
A 2200 m uma Δd de 0,1 → variação de alcance de 59 m (Coluna 21 da Figura n.º 22)	
- Correção devida à Δd	2200 m
- Influência da componente longitudinal do vento	77 m
Diferença de V_0 causada pela diferença de temperaturas ($dV_0 = \frac{K V_0}{1000} (T - t)$)	
- Correção causada pela diferença de temperaturas (Coluna 2 Figura n.º 22)	2,1 m/s
- Distância Corrigida	12 m
- Ângulo de Tiro Corrigido (Interpolado da coluna 3 da Figura n.º 20)	2289 m
- Ângulo de Sítio Total = Ângulo de Sítio (CCAS = 0)	67 mils
5. Corretor (Distância entre 1500 m e 3000 m / Eficácia imediata)	
	-35 mils
6. Distância	
	48
	2200 m

CAPÍTULO 5 - CÁLCULO DO TIRO DE AC - ADESÃO DE PORTUGAL À NATO ATÉ AO SÉC. XXI

Este capítulo tem como objetivo responder à terceira Questão Derivada “Qual foi a evolução ocorrida na determinação dos Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha desde a adesão de Portugal à NATO até ao início do Séc. XXI?”. Desta forma, focou-se a análise sobre as IGTA publicadas ao longo da década de 1960, assim como o Regulamento de Campanha de 1992.

É com o final da 2ª GM e com a entrada de Portugal na NATO, como um dos países fundadores desta aliança, que se dá a mudança de paradigma nos métodos de cálculo do Tiro de AC em Portugal. Com a criação da aliança, começou-se a beber da doutrina americana. Isto proporcionou o desenvolvimento do ensino e treino que construiu o “verdadeiro salto de modernização” (Espírito Santo, 2005, p. 120) técnico da arma desde a segunda metade do Séc. XX, que nos acompanha até aos dias de hoje.

A secção técnica da Escola Prática de Artilharia (EPA) começou a desenvolver estudos sobre os métodos de tiro americanos com base nos seus *Field Manual* (FM). Em 1952 publicaram o seu primeiro produto de estudo intitulado “O P.C.T. e os Métodos Americanos de Tiro” (EPA, 1952). Dois anos depois publicaram um segundo trabalho mais completo intitulado “Elementos de Estudo dos Métodos de Tiro Americanos” (EPA, 1954). Ambos tinham como principal referência o FM 6-40 *Field Artillery Gunnery* (Department of the Army, 1957). Até que em 1962 surgiram as IGTA com o título III – Preparação do Tiro (Ministério do Exército, 1962), as anteriores eram datadas de 1941, inspiradas na doutrina francesa anterior à 2ª GM e altamente desatualizadas (Andrada, 1954). A temática dos métodos de tiro americanos foi amplamente difundida e debatida em vários artigos da Revista de Artilharia, tendo sido esta uma das formas de passar os novos conhecimentos entre os artilheiros.

Mais tarde, em 1992 foi publicado o RC 20-110 – Tiro de Artilharia de Campanha (EME, 1992), que veio substituir a doutrina anterior, mantendo-se até 2012 quando foi publicado o PDE-3-38-13 Tiro de Artilharia de Campanha, doutrina atualmente em vigor.

5.1 Operações de preparação do tiro

Nas IGTA de 1962 ainda não era utilizado o conceito de Tiro de Área, apesar de no FM 6-40 (Department of the Army, 1957) haver referência ao mesmo. Estas consideravam

como Elementos de Tiro a Direção, a Elevação e a Graduação de Espoleta, no caso de tiro de tempos. Definiam também duas formas de determinar os Elementos de Tiro. A Preparação Topográfica ou a correção dos elementos obtidos através desta com a Preparação Teórica ou Experimental (Ministério do Exército, 1962).

A determinação dos Elementos de Tiro assentava, em ambas as técnicas, na Preparação Topográfica. O desenvolvimento de instrumentos gráficos, que tornaram possível manter o rigor exigido no tiro de Artilharia, levou à afirmação dos métodos gráficos no tiro de AC. Surgiu então o TDD, a TTG, a Régua de Sítios, a Grade de Objetivos e, mais tarde, uma “maravilha da tecnologia para os nossos Infantes” (Espírito Santo, 2005, p. 124) o calculador M/10.

Para se poder iniciar uma missão de tiro havia a necessidade de preparar a prancheta de tiro, onde era necessário implantar a posição da Bateria numa área da quadrícula que permitisse manobrar o TDD e retirar os Elementos Topográficos. Assim o Ch/PCT determinava as coordenadas do canto inferior esquerdo e a direção das linhas de maior comprimento e mandava graduar a quadrícula. De seguida eram colocadas duas agulhas de marcação, uma nas coordenadas do CB e a segunda num ponto ao longo de um dos eixos Norte-Sul ou Este-Oeste imediatamente anterior, no sentido dos ponteiros do relógio, tendo em conta a linha imaginária do Rumo de Vigilância. Sobre esta segunda agulha de marcação traçava-se provisoriamente uma referência de rumo. Observe-se o exemplo da Figura n.º 10.

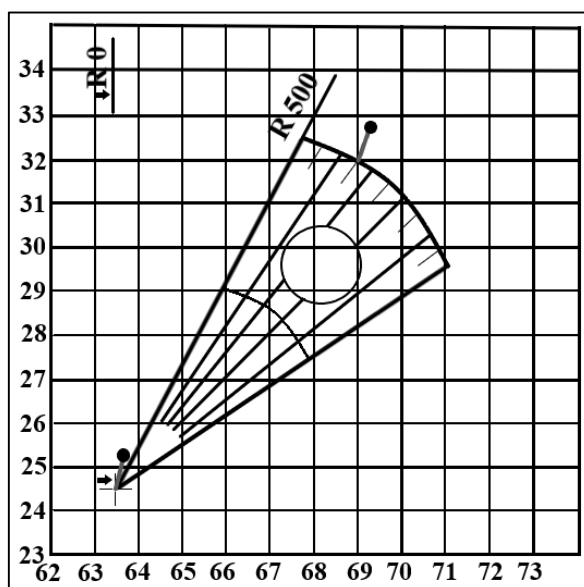


Figura n.º 10 – Preparação da Prancheta de Tiro

Sendo o Rumo de Vigilância 650 mils, era marcada a referência provisória de rumo 0 mils. Como o bordo circular tinha uma amplitude de 500 mils era necessário marcar uma segunda referência provisória de rumo 500 mils. Colocava-se o vértice do TDD na agulha de marcação que representava o CB e encostava-se o bordo esquerdo do TDD sobre esta última referência traçada. Assim bastava colocar a agulha de marcação no respectivo ponto do bordo circular que representava o Rumo de Vigilância, neste caso 650 mils. Por fim, traçava-se uma linha chamada Referência de Direção, no alinhamento da última agulha de marcação, com 4 cm de comprimento e centrada no bordo circular do TDD. Esta era identificada com a letra da respectiva bateria na extremidade superior.

Foi também neste período que se constituiu um organismo responsável pelo comando eficiente do tiro, o PCT. Este dispunha de pessoal, material e meios de transmissões capazes de exercer a direção do tiro (EPA, 1952). O PCT do Grupo tinha como missão converter em ordens de tiro devidamente adequadas, as informações sobre objetivos e as missões de tiro transmitidas pelos OAv ou pelo escalão superior (EPA, 1954). Para uma maior eficiência deste órgão foram bem definidas as funções de cada membro constituinte, assim como definida uma sequência na execução das mesmas. Isto permitiu a articulação das operações da preparação do tiro “numa série de operações parcelares simples, executadas por elementos diferentes, tais que o seu conjunto dá a solução dos mesmos” (Vaz, 1954, p. 702). O PCT das baterias servia apenas para substituir o PCT do Grupo caso este fosse destruído ou posto fora de ação. Desta forma cada bateria devia possuir o seu PCT. Estes deviam ser constantemente informados pelo PCT do Grupo com os dados que chegavam ao mesmo, por forma a serem capazes de, a qualquer momento, desempenharem as suas funções da melhor forma.

No Vietname os americanos passaram a separar a direção técnica da direção tática do tiro, que até então eram da total responsabilidade do PCT do Grupo, passando a descentralizar a direção técnica do tiro para os PCT das baterias (Furtado, 1972). Assim, em 1978, a Direção da Arma de Artilharia publicou uma diretiva que refletia a nova realidade americana e a adotava na nossa Artilharia, deixando sobre o PCT do Grupo a direção tática do tiro e a responsabilidade de fornecer os dados fundamentais aos PCT das baterias para que estes pudessem exercer a direção técnica do tiro (Direção da Arma de Artilharia, 1978). Em 1992 esta nova modalidade passou a ter força doutrinária e foi apresentada no RC 20-110 Tiro de Artilharia de Campanha (EME, 1992).

5.2 Escolha da granada, carga e espoleta

As combinações granada-espoleta eram escolhidas tendo em conta a natureza do objetivo. As Instruções Gerais de Tiro de Artilharia de Campanha. Título VII – Tiro de Eficácia (1964) previam as seguintes combinações: Granada Explosiva com espoletas instantâneas, T, VT, com atraso e contra betão; granada de fósforo branco com espoleta instantânea; granada com líquido fumígeno com espoleta instantânea; granada de fumos de ejeção pelo fundo com espoleta de T; granada Iluminante com espoleta de T; granada incendiária; granada de gás; granada de rotura e granada de carga oca (efeito dirigido).

O RC 20 – 110 Tiro de Artilharia de Campanha (1992) introduziu outras possibilidades para além das apresentadas na doutrina anterior, entre elas a munição convencional melhorada (ICM) e a munição da família dos projéteis lançadores de minas dispersáveis (FASCAM).

Em relação à escolha da carga, segundo a doutrina de 1964, esta era feita tendo em conta vários fatores, entre eles os seguintes: O Alcance máximo dessa carga, sabendo que a carga escolhida devia ter 10 a 20% de margem para que se pudesse regular o tiro sem ter de a alterar; as cristas intermédias, sabendo que uma carga mais fraca possuía uma trajetória mais curva que uma carga mais forte, tendo em conta a mesma Distância; o ângulo de incidência, pelos motivos referidos no capítulo anterior³⁴; a velocidade restante, tendo em conta a natureza do objetivo. Por exemplo no tiro contra blindados procuravam-se cargas elevadas, já no tiro iluminante utilizavam-se cargas mais baixas para evitar danificar os paraquedas; a dispersão, sabendo que cargas mais fortes provocam menor dispersão; a duração do trajeto, no caso do tiro contra objetivos móveis; por fim, a questão do gastamento do tubo que também devia ser considerada nesta escolha (Ministério do Exército, 1964).

Já a doutrina de 1992 não faz qualquer referência aos fatores a ter em conta na escolha da carga. Refere apenas os cuidados que se devia ter no tiro iluminante, assim como na escolha da carga no Tiro Vertical. Neste tipo de tiro a gama de alcances disponível para cada carga é menor, logo a margem que se devia ter nos limites do alcance máximo ou mínimo devia ser maior que no tiro mergulhante. Assim, criou-se a regra de escolher uma carga que permitisse uma correção de mais ou menos 500 m em relação à Distância Topográfica (EME, 1992). A carga apenas passou a ser considerada Elemento de Tiro em 1992 com o RC 20-110 Tiro de Artilharia de Campanha (EME, 1992).

³⁴ As IGTA de 1964 não referem qualquer valor de referência ou fórmula para o cálculo do ângulo de incidência.

5.3 Direção

A Direção foi definida como o ângulo formado entre a Direção de Vigilância e a Direção CB-Objetivo. Esta inicia-se na Direção de Vigilância e segue o sentido contrário do movimento dos ponteiros do relógio (Ministério do Exército, 1962). A Direção Topográfica podia ser determinada de forma analítica, ou de forma gráfica, utilizando uma carta, fotocarta, quadrícula ou excepcionalmente numa folha de papel liso. A determinação de forma analítica, assim como de forma gráfica com a utilização da carta ou fotocarta, eram realizadas da forma que foi apresentado no capítulo anterior. A determinação da Direção Topográfica através da quadrícula requeria o uso do TDD e a preparação da mesma como apresentada no início deste capítulo.

Para obter a Direção Topográfica bastava colocar na quadrícula uma agulha de marcação na localização do objetivo e, com o vértice do TDD centrado no CB, ler o ângulo no bordo superior do mesmo. Este ângulo nem sempre representava a Direção Topográfica, uma vez que por vezes tinha de se subtrair a 6400 mils a este ângulo para a obter, tendo em conta que a Direção era medida no sentido contrário ao movimento dos ponteiros do relógio.

A Direção Topográfica podia ser corrigida tendo em conta as alterações balísticas e aerológicas de momento. Contudo, essas correções destinavam-se às preparações Teóricas ou Experimentais. Se a determinação dos Elementos de Tiro fosse realizada com a Preparação Topográfica sem a correção dos mesmos, podia atuar-se de duas formas distintas, consoante se estivesse na presença de uma missão de tiro precedida de regulação ou de uma missão de tiro de eficácia imediata. No caso de ser uma missão precedida de regulação a Direção a enviar à bateria era a Direção Topográfica. Na execução de uma missão de eficácia imediata a Direção a enviar à bateria era a soma da Direção Topográfica com a Derivação lida na TTG ou na TTN em função da Distância (Ministério do Exército, 1962).

A doutrina de 1992 definiu a determinação deste Elemento de Tiro da forma como é determinada atualmente, como apresentado no Capítulo 1.

5.4 Elevação

Segundo Andrada (1954), a Elevação a dar às bf podia ser obtida de duas formas, dependendo do material. Podia enviar-se a Elevação³⁵, ou a Alça³⁶ e o Sítio³⁷ em separado.

³⁵ Soma do Ângulo de Tiro com o Ângulo de Sítio, CCAS e correções de momento.

³⁶ Soma do Ângulo de Tiro com a correção para compensar a diferença entre as condições de momento e as condições padrão.

³⁷ Soma do Ângulo de Sítio com a CCAS.

A graduação da Alça podia variar consoante o tipo de material, sendo enviada em medidas lineares (Distância) ou em medidas angulares.

Para se obter o Ângulo de Tiro calculava-se a Distância Topográfica. Esta podia ser obtida pelo cálculo da mesma forma que foi apresentado no capítulo anterior, ou graficamente com uma carta, fotocarta ou quadrícula. A forma mais comum era através da quadrícula. Após colocadas as agulhas de marcação nas posições relativas na quadrícula, bastava colocar o vértice no TDD na agulha que representava a bateria, encostar o bordo do TDD à outra agulha e ler o valor correspondente no seu bordo lateral (Ministério do Exército, 1962).

O Ângulo de Sítio podia ser determinado pelo cálculo, pela TTN, pela Régua de Sítios, pela carta, por transporte, no terreno ou pelo tiro, sendo os três primeiros métodos os mais utilizados. Para valores demasiado elevados deste ângulo, a sua determinação pelo cálculo devia ser feita com o arco de tangente da divisão da diferença de cotas pela Distância, ambas na mesma unidade, para obter maior precisão. Algumas TTN começaram a inserir tabelas que permitiam ler o Ângulo de Sítio em função da diferença de cotas e da Distância Topográfica, sendo por vezes necessário interpolar para obter os valores desejados, levando a um maior dispêndio de tempo desnecessário. Surgiu também uma nova forma de determinar o Ângulo de Sítio, através da Régua de Sítios. Estas possuíam instruções individuais próprias pois o seu manejo poderia diferir consoante o material. Na prática utilizava-se este instrumento pois “a determinação do Ângulo de Sítio faz-se com grande facilidade e rapidez” (Ministério do Exército, 1962, p. 16).

A Régua de Sítios servia também para determinar o Sítio, em função da diferença de cotas, da Distância Topográfica e da carga. Apesar de não ser tão prático, o Sítio podia ser determinado somando o Ângulo de Sítio e a CCAS que podia ser determinada através das TTN como apresentado no capítulo anterior.

A correção para compensar a diferença entre as condições de momento e as condições padrão podia ser obtida com a Preparação Experimental, com a Preparação Teórica ou com a exploração conjunta das duas. A Alça resultante da Preparação Topográfica era obtida com a TTG ou com a TTN em função da Distância Topográfica.

O RC20-110 Tiro de Artilharia de Campanha (1992) não acrescentou diferenças significativas no cálculo deste Elemento de Tiro, apenas restringiu a determinação do Ângulo de Sítio aos métodos do cálculo e da Régua de Sítios, aumentando o pormenor do último método.

5.5 Graduação de Espoleta

Com a nova doutrina e a adoção dos novos materiais na década de 1940 deixou-se de utilizar o Corretor para graduar espoletas. Surgiu então como novidade a espoleta VT, resultado da 2ª GM. “Depois da bomba atômica, a espoleta de aproximação constitui a maior descoberta da Segunda Guerra Mundial no campo tecnológico militar” (Vieira, 1955, p. 229).

Segundo as Instruções Gerais sobre o Tiro de Artilharia de Campanha. Título III – Preparação de Tiro, as espoletas T exigiam uma correta graduação para obter o rebentamento no ponto desejado. Já as espoletas VT “dispensam qualquer graduação prévia, no momento de serem utilizadas” (1962, p. 18). Assim, a GEp era determinada através da TTG ou da TTN, geralmente em função da Distância Corrigida ou da Alça enviada à bateria. No entanto, a TTN do respetivo material podia indicar outras formas de determinar a GEp, que deviam ser tomadas em conta.

Contudo, segundo o Manual de Tiro de Artilharia (1979), resultado do curso *Field Artillery Officer's Advance Course* frequentado por dois oficiais instrutores da EPA, verificou-se que ao emprego de espoletas VT antecedia a sua prévia graduação, ao contrário do indicado na doutrina portuguesa em vigor³⁸. Isto devia-se ao facto de as primeiras espoletas VT começarem a transmitir as ondas rádio logo após a granada abandonar a bf, o que a podia levar à detonação do projétil ao abandonar o tubo do obus por este se encontrar muito próximo do solo (EME, 2011).

A explicação da determinação da GEp apenas foi apresentada com a TTG, sendo esta obtida na devida escala de GEp. Caso se tratasse da espoleta de T (M564), a graduação era determinada com precisão à décima; no caso das espoletas VT (M514) era apenas apresentado o valor inteiro (EPA, 1979).

O RC 20-110 Tiro de Artilharia de Campanha (1992) definiu a determinação da GEp como se determina segundo a doutrina atual e apresentado no Capítulo 1. Contudo apenas definiu esta determinação através da TTG, ficando por explicar as diferentes formas de determinar a GEp para as diferentes espoletas, através da TTN.

³⁸ Anexo G.

5.6 Síntese Conclusiva

Este período foi definido pela simplificação dos métodos de cálculo do Tiro de AC. Para trás ficou a determinação dos Elementos Topográficos através do cálculo, influência da escola francesa, para se afirmar a determinação gráfica dos mesmos através do auxílio de instrumentos gráficos, influência da escola americana.

Funções bem definidas no PCT permitiram automatizar processos que resultaram numa redução do tempo despendido na obtenção dos Elementos de Tiro. A ideia da necessidade de efetuar uma Preparação Teórica sempre que se efetuava tiro foi abandonada para permitir uma maior velocidade de determinação dos Elementos de Tiro. Assim a Preparação Topográfica passou a ser o método escolhido para manter o equilíbrio entre o rigor e a oportunidade do tiro.

Por fim, apresenta-se a Tabela n.º 4 que sintetiza os métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro após a adesão de Portugal à NATO.

Tabela n.º 4 – Métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro após a adesão de Portugal à NATO

Elemento de Tiro	Métodos	
Direção	<ul style="list-style-type: none"> • Missão de Regulação → Direção Topográfica • Missão de Eficácia Imediata → Direção Topográfica + Derivação 	Direção Topográfica: <ul style="list-style-type: none"> • Prancheta Topográfica • Cálculo • Carta • Fotocarta
Elevação	<ul style="list-style-type: none"> • Elevação • Alça + Sítio <ul style="list-style-type: none"> ▪ Distância Topográfica → Alça ▪ Ângulo de Sítio + CCAS = Sítio 	
	Determinação da Distância Topográfica: <ul style="list-style-type: none"> • Prancheta Topográfica • Cálculo • Carta • Fotocarta 	Determinação do Ângulo de Sítio: <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo • TTN • Régua de Sítios
Gradação de Espoleta	<ul style="list-style-type: none"> • Retirada da TTN em função da Alça <ul style="list-style-type: none"> ▪ Espoleta T → Precisão à décima ▪ Espoleta T → Valor inteiro 	

Seguidamente apresenta-se um exemplo da determinação dos Elementos de Tiro utilizando os métodos aplicados para o Obus M101A1 105mm/22, empregando a respetiva TTN (Anexo H).

1. Circunstâncias do combate	
- Coordenadas do CB/Cota	29SND1326029380 / 122
- Coordenadas do Objetivo/Cota	29SND1530030200 / 045
- Rumo de Vigilância	800 mils
2. Produtos da Preparação Topográfica	
- Distância Topográfica	2200 m
- Direção Topográfica	410 mils
3. Direção	410 mils
4. Elevação	138 mils
- Alça (Coluna 2 da Figura n.º 27)	174 mils
- Ângulo de Sítio	- 35 mils
- CCAS (Interpolado, coluna 12, Figura n.º 28 (- 0,0308 mils × 35 mils))	-1,078 mils
- Sítio	≈ -36 mils
(Após a regulação e supondo que se manteve a Distância)	
5. Graduação de Espoleta (Coluna 4 da Figura n.º 27)	9,3 u.g.e.

CONCLUSÕES

Neste capítulo são respondidas às Questões Derivadas e à Questão Central como forma de apresentar as reflexões sobre a temática analisada. São também apresentadas as principais limitações e dificuldades encontradas ao longo da investigação.

No decorrer desta investigação analisaram-se os diferentes métodos utilizados para determinar os Elementos de Tiro no Tiro de AC desde meados do Séc. XVIII até ao início do Séc. XXI, dividindo este período temporal em três subperíodos com diferentes particularidades, com o objetivo de compreender como ocorreu a evolução do cálculo dos Elementos de Tiro de AC em Portugal.

Em resposta à primeira Questão Derivada, “Como eram determinados os Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal desde a segunda metade do Séc. XVIII até à 1ª Guerra Mundial?”, constatamos que, numa fase inicial, o Tiro de Artilharia de AC era calculado de forma muito empírica e não existem muitos registos sobre esta prática. Apesar de terem sido construídas algumas Tábuas de Tiro para alguns materiais, estas não eram utilizadas pois os resultados obtidos ficavam aquém dos desejados, devido à diversidade das pólvoras e dos metais utilizados nas peças. Assim tornava-se mais proveitoso seguir o conhecimento das guarnições, que conheciam o material e sabiam, de forma intuitiva, tirar maior partido da peça para proporcionar os resultados desejados no objetivo.

Na segunda metade do Séc. XIX começou a ser regulamentado o cálculo do tiro de AC. O Regulamento de cada peça continha a forma de calcular os Elementos de Tiro. Até ao início do Séc. XX o tiro direto era o mais comum, sendo o cálculo muito elementar e dando-se sempre primazia à velocidade em detrimento da precisão. As imprecisões do cálculo do tiro eram colmatadas com a regulação do tiro. A Distância, que era na maior parte das vezes estimada à vista, servia para obter a Alça, a Derivação e a GEp através da TTN. A bf era apontada em Direção através da linha de vista natural e a esta era adicionada a Derivação. A Elevação era composta por dois mecanismos, um onde era colocada a Alça ou a Distância e outro que onde se inseria o Ângulo de Sítio.

No início do Séc. XX o paradigma do cálculo do tiro mudou, dando-se predominância ao Tiro Indireto e à utilização do material de origem francesa. A pontaria em Direção adquiriu carácter científico com o emprego de métodos como o da Convergência e o do Paralelismo. A GEp passou a ser denominada de Corretor, sendo este graduado com um valor correspondente à altura tipo de rebentamento, que variava consoante o material, e

também com a Distância. Foi neste período que se começou a ter em conta os elementos que influenciavam a trajetória, sendo que apenas eram considerados para a Direção. Com a influência da escola francesa começou-se a dar muito mais importância à precisão na determinação dos Elementos de Tiro.

Respondendo à segunda Questão Derivada, “Que alterações se verificaram na determinação dos Elementos de Tiro entre a 1ª Guerra Mundial e a adesão de Portugal à NATO?”, pode considerar-se que este foi o período da história em que o cálculo dos Elementos de Tiro mais evoluiu. Em qualquer Missão de Tiro devia ser realizada uma Preparação Teórica para determinar os Elementos de Tiro. Só em caso de Tiro de Emergência é que estes podiam ser determinados de forma mais expedita. Assim, o tempo necessário para determinar os Elementos de Tiro aumentou consideravelmente. A Distância e Direção Topográficas passaram a ser predominantemente determinadas através do cálculo. Para qualquer missão de tiro os Elementos de Tiro eram corrigidos tendo em conta as condições atmosféricas, topográficas e balísticas. É de realçar que, das causas perturbadoras da trajetória consideradas nos dias de hoje, a única que não era considerada neste período era a rotação da terra, o que mostra os grandes avanços neste curto espaço temporal. Foi também neste período que foram definidas diferentes cargas para cada material e construídas Tábuas de Tiro correspondentes a cada carga, ao contrário do que acontecia até então, em que cada material possuía apenas Tábuas de Tiro para a carga máxima, sendo esta a única bem definida.

No que toca à terceira Questão Derivada, “Qual foi a evolução ocorrida na determinação dos Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha desde a adesão de Portugal à NATO até ao início do Séc. XXI?”, podemos afirmar que, com a adesão de Portugal à NATO, deixou-se para trás a escola francesa para seguir a escola americana e com ela simplificou-se o cálculo do Tiro de AC. Neste período a Preparação Topográfica substituiu a Preparação Teórica como método de eleição para determinar os Elementos de Tiro, por não se considerar que a precisão obtida com o emprego da Preparação Teórica em todas as Missões de Tiro fosse vantajosa tendo em conta o tempo necessário para tal. A Distância e Direção Topográficas passaram a ser determinadas através de métodos gráficos capazes de manter o rigor e de diminuir consideravelmente o tempo despendido em todo o processo de determinação dos Elementos de Tiro. As operações para o cálculo do tiro foram repartidas por diferentes indivíduos especializados na sua função, transformando o cálculo complexo em vários cálculos mais simples.

Por fim, em resposta à Questão Central, “Como evoluíram os procedimentos utilizados na determinação dos Elementos de Tiro de Artilharia de Campanha em Portugal?”, constatamos que, numa fase inicial, até metade do Séc. XIX, o cálculo do tiro de AC era algo muito empírico, fruto da predominância do Tiro Direto, e apenas na segunda metade do mesmo século surgiu a determinação, não muito complexa, dos Elementos de Tiro. Com a alteração de paradigma do Tiro Direto para o Tiro Indireto aumentou a complexidade da determinação dos Elementos de Tiro. Com o fim da 1ª GM a escola francesa prevaleceu na nossa doutrina e a complexidade na determinação dos Elementos de Tiro aumentou ao ponto de se empregar uma Preparação Teórica em qualquer Missão de Tiro, aumentando o tempo na determinação dos mesmos em prol de uma maior precisão. Com a entrada de Portugal na NATO alterou-se o paradigma e a doutrina passou a ser influenciada pela escola americana. Assim, com o desenvolvimento dos métodos gráficos e a substituição da Preparação Teórica pelo Tiro de Área, como método de eleição para determinar os Elementos de Tiro, reduziu-se a complexidade do cálculo do Tiro de AC. Com esta técnica foi possível manter uma precisão capaz de obter os efeitos desejados em função da oportunidade do combate. Técnica que se mantém até aos dias de hoje.

Como principal limitação à presente investigação pode apontar-se a pandemia causada pelo vírus COVID-19. O Estado de Emergência provocou o encerramento das principais bibliotecas que contêm a bibliografia necessária a esta investigação, o que aumentou a dificuldade em arranjar soluções para aceder a essa bibliografia. Por este facto não se exclui que tenha ficado algo por analisar.

Como proposta para uma investigação futura apresenta-se a influência do ângulo de incidência na escolha da carga. Embora esta influência seja evidente, ao longo da história da nossa doutrina, apenas as IGTA de 1941 apresentam limites que o ângulo de incidência deve cumprir para evitar o ricochete. Fica em aberto os motivos que levaram a que não se continuasse a utilizar estes valores, se por deixarem de ser importantes, se pelo simples facto de a escola americana não os considerar.

BIBLIOGRAFIA

- Alpoim, J. F. P. (1744). *Exame de Artilheiros que compreende Arithmetica, Geometria e Artilharia, com quatro apêndices: O primeiro de algumas perguntas uteis; o segundo do methodo de contar as ballas, e bombas nas pilhas; o terceiro das batarias; e o quarto dos fogos artificiaes*. Lisboa: Na nova Officina de Jozé António Plates.
- Andrada, C. V. C. (1954) *12ª Cadeira. Tiro de Artilharia. 1ª Parte – A Preparação do Tiro*. Lisboa: Escola do Exército.
- Azevedo, M. & Perdigão, A. S. T. (1889). *Manual para uso dos Officiaes Inferiores de Artilharia*. Lisboa: Typographia de Adolpho, Modesto & C.^a.
- Catálogo do Musêu da Artilharia (1926). Lisboa: Tipografia do Arsenal do Exército.
- Department of the Army (1957). *FM 6-40 Field Artillery Gunnery*. United States of America: U. S. Government Printing Office.
- Department of the Army (1961). *Firing Tables for Cannon, 105mm Howitzer, M2A1, M2A2 and M49*. Washington, D. C.: U. S. Government Printing Office.
- Direção da Arma de Artilharia (1934). *Tábua de Tiro da Peça 7,5c T.R. m/904*. Lisboa: Imprensa Nacional de Lisboa.
- Direção da Arma de Artilharia (1943). *Tábuas de Tiro do Obus 8,8 cm m/43 (Q. F. 25-PR-Guns, Marks I and II)*. Lisboa: Imprensa Nacional de Lisboa.
- Direção da Arma de Artilharia (1944). *Tábuas de Tiro do Obus 14 cm m/43 (B. L. 5.5-inch Gun, Mark III)*. Lisboa: Imprensa Nacional de Lisboa.
- Direção da Arma de Artilharia (1948). *Tábuas de Tiro da Peça 11,4 cm m/46 (B. L. 4.5-inch Guns, Marks I e II)*. Lisboa: Imprensa Nacional de Lisboa.
- Direção da Arma de Artilharia (março-abril de 1978). Diretiva para o funcionamento do PCT. *Revista de Artilharia*. (631-632), 314-324.
- Escola do Exército (1947). *Obus M. 7,5c/18 m/40. Tábuas de Tiro. Granada Explosiva e Granada Perfurante*. Lisboa: Tipografia da Escola do Exército.
- Escola Militar [EM] (1933). *Lições de Tiro de Artilharia*. Lisboa: EM.
- Escola Prática de Artilharia [EPA] (1952). *O P. C. T. e os Métodos Americanos de Tiro*. Vendas Novas: EPA.

- Escola Prática de Artilharia [EPA] (1954). *Elementos de Estudo dos Métodos de Tiro Americanos*. Vendas Novas: EPA.
- Escola Prática de Artilharia [EPA] (1979) *Manual de Tiro de Artilharia*. Vendas Novas: EPA.
- Estado Maior do Exército [EME] (1992). *RC 20-110 Tiro de Artilharia de Campanha. Volume I – Procedimentos no PCT*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME] (2011). *PTE 13-1395 Munições de Artilharia de Campanha*. Lisboa: Exército Português.
- Estado Maior do Exército [EME] (2012). *PDE 3-38-13 Tiro de Artilharia de Campanha*. Lisboa: Exército Português.
- Espírito Santo, G. A. (abril-junho de 2005). A Evolução da Artilharia Portuguesa no Século XX: Organização, Materiais, Homens, Doutrina e Campanhas. *Revista de Artilharia*. (956–958), 99–127.
- Ferreira, M. & Miranda, A. (1936). *Tiro de Artilharia (Preparação)*. Leiria: Tipografia Mendes Barata.
- Furtado, A. (janeiro-junho de 1972). A Artilharia no Vietname. *Revista de Artilharia*. (557-562), 197-234, 327-361.
- Gouveia, H. (janeiro-março de 2020). Evolução Histórica dos Procedimentos de Tiro de Artilharia Meados do Século XIX até I GM. *Revista de Artilharia*. (1133-1135), 65-73.
- Guimarães, A. J. (1906) *Notas de um Commandante d'uma bateria de campanha 7,5cm TR m/1904*. Lisboa: Papelaria – La Bécarre – Typographia.
- Lopes, V. (2001). *História da Artilharia*. Lisboa: Academia Militar.
- Mena, F. (abril de 1929). No decurso de uma instrução 1927 - 1928. *Revista de Artilharia*. (46), 430-437.
- Ministere de la Guerre (1902). *Règlement Provisoire de manoeuvre de l'Artillerie de Campagne*. Paris: Imprimerie Nationale.
- Ministério da Guerra (1928). *Regulamento para a Instrução de Artilharia Montada, Parte II, Preparação e Execução do Tiro*. Famalicão: Minerva.
- Ministério da Guerra (1941). *Instruções Gerais sobre o Tiro de Artilharia - Volume I*. Lisboa: Papelaria Fernandes.

- Ministério do Exército (1962). *Instruções Gerais sobre o Tiro de Artilharia de Campanha. Título III – Preparação de Tiro*. Mafra: Tipografia da E. P. I.
- Ministério do Exército (1964) *Instruções Gerais de Tiro de Artilharia de Campanha. Título VII – Tiro de Eficácia*. Lisboa: Serviço de Publicações do EME.
- Pellen, E. (março-julho de 1911). O Tiro de Campanha. *Revista de Artilharia*. (81-85), 447-468, 519-545, 581-597, 642-674.
- Ramos da Costa, F. S. (janeiro-junho de 1906). Obuzes de Campanha. *Revista de Artilharia*. (19-24), 356-365, 396-403, 515-524, 629-627.
- Rocha, J. A. P. R. (1888) *Carteira do Oficial de Artilheria*. Lisboa: Typographia Franco-Portugueza.
- Regulamento para a Instrução de artilharia de Montanha – Material 7cm MTR m/906 m/911 (1918). Lisboa: Imprensa Nacional.
- Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.) (1882). Lisboa: Typographia das Horas Romanticas.
- Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Montanha B. E. M. 7cm m/1882 (1885). Lisboa: Typographia das Horas Romanticas.
- Resende, J. L. (1954) *Artilharia – Passado, Presente e Futuro*. Lisboa: (s/n).
- Senna, C. (abril de 1905). O novo material da nossa Artilharia de Campanha. *Revista de Artilharia*. (10), 468-475.
- Silva, L. (setembro-outubro de 1907). Sobre o tiro de Artilharia de Campanha. *Revista de Artilharia*. (39-40), 88-97, 146-156.
- Supico, F. (1944). *Tiro de Artilharia. I – Tiro de Artilharia de Campanha. Primeira parte – Preparação de Tiro*. Lisboa: Litografia da Escola do Exército.
- Supico, F. (1947). *O Tiro de Artilharia de Campanha e os Artilheiros*. Lisboa: Tipografia Duarte.
- Tabella de Tiro da Peça 7,5c T.R. m/904 (1908). Lisboa: Typographia do Arsenal do Exército.
- Vaz, C. P. (maio-junho de 1954). Algumas considerações acerca dos Métodos de Tiro Americanos. *Revista de Artilharia*. (347-348), 701-711.
- Vieira, G. S. B. (novembro-dezembro de 1955) Espoleta de Aproximação. *Revista de Artilharia*. (363-364), 229-241.

**APÊNDICE B – IMPRESSO DO RT DE ÁREA COM ESPOLETA VT
DO TIPO M728 OU M732**

Registo de Tiro														
IDENT OBSV		OAV1		REG		EF / SUP / SUP IMD		OBU		A FS				
DESVIOS										100R				
COORDENADAS:		370 220 200		RUMO						R				
DESVIOS:		RUMO		Esq/Dit		Alg/Enc		Ac/Ab						
POLAR:		RUMO		Dist		Ac/Ab		< Si		20R				
DESCRICÃO DO OBJECTIVO: Secção de Infantaria em progressão														
MÉTODO DE ATAQUE: Espoleta VT, P/3 na eficácia														
MÉTODO DE TIRO E CONTROLO:														
CORDEM DE TIRO P/2, Espoleta VT														
COMANDO DE TIRO INICIAL (MT) MEC.TIRO Bateria Regulação														
INST. ESPEC.														
MPO A, P/2														
CORR DÇ E6														
DÇ TOPO 3486														
DÇ 3492														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
Cota do Objectivo = 200 m														
Cota da Bateria = 237 m														
$\Delta Z = -37$ m														
$< Si = \frac{-37}{4.890} * 1,0186 = -7,566$ mils														
CUAS = -0,002 mils														
CCAS = 7,566 * -0,002 = -0,015 mils														
Sitio = -7,566 - 0,015 \cong -8 mils														
< Si: 10														
CORR DÇ E6														
DÇ TOPO 3486														
DÇ 3492														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														
SI - 8														
Alfa 287														
Elev 279														
Nº TIROS 1														
MUNICÃO														
CORR ALT REB														

APÊNDICE C – POSSÍVEIS COMBINAÇÕES GRANADA-ESPOLETA

Tabela n.º 5 – Possíveis combinações Granada-Espoleta

Combinação Granada-Espoleta Situação	Explosiva - Tempos	Balas - Tempos	Explosiva – Percussão	Explosiva – com Retardamento	Fumos - Percussão
Contra pessoal a descoberto	X	X	X	X	
Contra pessoal abrigado			X	X	
Tiro de neutralização			X	X	
Barragem rolante		X	X	X	X
Barragem			X	X	
Destruição de material			X		
Destruição de redes de arame farpado e cavalos de frisa			X	X	
Destruição de abrigos de metralhadoras			X		
Destruição de trincheiras				X	
Contra carros de combate			X		
Contrapreparação	X	X	X	X	
Interdição	X	X	X	X	
Contra observação					X

Fonte: Elaboração própria. Adaptado de Mena (1929)

ANEXO B – TTN DA PEÇA BEM 7CM M/1882

Táboas de tiro para as granadas ordinarias da peça B. E. M. 7 ^o m/1882															
Nota.—As taboas de tiro d'estas granadas foram calculadas com a velocidade inicial de 282 metros, sendo o peso da granada de 3 ^k 720, e a carga 0 ^g 355 de polvora G.															
Alcances — metros	Alças — millímetros	Correcção da derivação — millímetros	Angulos de tiro — Grãos, minutos e segundos	Angulos de queda		Tangentes	millímetro de água ou "m cruzeta, desloca o ponto batido na direcção vertical ou lateral de metros	Ordendas maximas — metros	Duracão de movimento — Segundos	Velocidades medias — Metros	Zonas perigosas Cavallaria m ²	Zonas perigosas Infanteria m ²	Desvios provaveis		
				Grãos, minutos e segundos	Grãos, minutos e segundos								Em altura — Metros	Em altura — Metros	Em alcance — Metros
100	0,5	0	0 3 21,1	0 22 7	0,006	0,2	30	0,16	0,36	273	100	100	0,08	0,02	5,66
200	2,8	0	0 18 57,8	0 45 36	0,013	0,4	30	0,65	0,73	267	200	200	0,11	0,04	5,68
300	6,1	0	0 41 59,3	1 10 25	0,020	0,6	29	1,50	1,10	262	300	300	0,14	0,08	5,72
400	9,6	0	1 5 40,4	1 36 35	0,028	0,8	29	2,72	1,48	256	139,7	69,7	0,17	0,12	5,77
500	13,1	0	1 30 2,2	2 4 4	0,036	1,0	28	4,35	1,87	252	84,3	49,6	0,20	0,17	5,83
600	16,7	0	1 55 4,0	2 32 53	0,044	1,2	26	6,40	2,26	247	63,4	38,6	0,23	0,23	5,92
700	20,5	0	2 20 46,1	3 3 0	0,053	1,4	26	8,90	2,66	243	51,0	31,6	0,26	0,30	6,04
800	24,3	0	2 47 7,8	3 34 23	0,062	1,6	25	11,85	3,06	239	42,5	26,6	0,30	0,37	6,19
900	28,3	0	3 14 29,5	4 7 44	0,072	1,8	24	15,3	3,47	235	36,3	22,8	0,35	0,45	6,36
1:000	32,5	1	3 42 50,6	4 42 59	0,082	2,0	24	19,4	3,88	231	31,4	19,8	0,41	0,54	6,55
1:100	36,7	1	4 11 50,7	5 19 27	0,093	2,2	23	23,9	4,29	227	27,6	17,5	0,50	0,64	6,78
1:200	41,0	1	4 41 28,9	5 57 5	0,104	2,4	22	29,1	4,70	223	24,6	15,6	0,61	0,75	7,04
1:300	45,5	1	5 42 5,5	6 36 33	0,116	2,6	21	34,9	5,12	220	22,0	14,0	0,73	0,87	7,34
1:400	50,2	1	5 43 39,5	7 17 47	0,128	2,8	21	41,3	5,53	217	19,8	12,6	0,86	1,00	7,67
1:500	54,9	1	6 15 50,4	8 0 5	0,141	3,0	20	48,4	5,94	214	18,0	11,5	1,04	1,14	8,03
1:600	59,8	1	6 48 57,5	8 44 5	0,154	3,2	20	56,2	6,35	211	16,6	10,5	1,25	1,29	8,44
1:700	64,8	2	7 23 0,1	9 29 42	0,167	3,4	19	64,8	6,75	208	15,1	9,6	1,50	1,45	8,89
1:800	69,9	2	7 57 37,5	10 16 14	0,181	3,6	19	74,1	7,14	205	13,9	8,9	1,78	1,62	9,38
1:900	75,1	2	8 32 48,6	11 3 33	0,195	3,8	18	84,1	7,52	204	12,9	8,2	2,09	1,80	9,91
2:000	80,5	2	9 8 52,7	11 52 29	0,210	4,0	18	95,0	7,90	201	12,0	7,6	2,45	1,99	10,48
2:100	86,1	2	9 46 8,7	12 43 20	0,226	4,2	17	106,8	8,26	199	11,1	7,1	2,09	2,09	11,10
2:200	91,9	2	10 24 54,8	13 36 44	0,242	4,4	17	119,6	8,61	197	10,4	6,6	2,30	2,30	11,77
2:300	97,9	2	11 4 49,6	14 31 56	0,259	4,6	16	133,5	8,94	195	9,7	6,2	2,52	2,52	12,51
2:400	104,2	3	11 46 11,0	15 29 47	0,277	4,8	15	148,5	9,26	193	9,1	5,8	2,75	2,75	13,29
2:500	110,7	3	12 28 56,9	16 29 10	0,295	5,0	15	164,7	9,56	192	8,5	5,4	3,00	3,00	14,12
2:600	117,4	3	13 18 4,9	17 30 38	0,315	5,2	14	182,1	9,83	190	8,0	5,1	3,29	3,29	15,02
2:700	124,5	3	13 58 51,8	18 34 39	0,336	5,4	14	201,0	10,08	188	7,5	4,8	3,60	3,60	15,98
2:800	131,8	3	14 45 55,3	19 40 16	0,357	5,6	13	221,1	10,30	187	7,0	4,5	3,92	3,92	17,01
2:900	139,4	3	15 34 31,2	20 47 52	0,380	5,8	13	242,2	10,48	185	6,6	4,2	4,25	4,25	18,11
3:000	147,3	3	16 24 36,1	21 57 15	0,403	6,0	12	265,9	10,63	184	6,2	4,0	4,60	4,60	19,28

Figura n.º 14 – TTN da Peça BEM 7cm m/1882

Fonte: (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Montanha BEM 7cm m/1882, 1885)

ANEXO C – TTN DA PEÇA A.E. (M.K.) 9CM M/1875

TÁBOAS DE TIRO PROVISÓRIAS		Granadas		ordinarias				
Alcances Metros	Alças Millímetros	Correcções da derivação Millímetros	Inclinações Grãos e minutos	Inclinações Grãos e 1/16 de grão	Uma divião da Alça ou da cruzeta desloca o ponto batido na direcção vertical ou lateral de — Metros	Uma divião da Alça ou angmienta o alcance de — Metros	Duração do movimento Segundos	Velocidades restantes — Metros
100	— 2	0	.9'	3	0,1	40	0,25	441
200	+ 1	0	19'	5	0,2	38	0,50	442
300	0	0	29'	8	0,3	36	0,75	440
400	0	0	39'	11	0,4	34	1,01	389
500	0	0	49'	13	0,5	33	1,27	376
600	13	0	59 1/2'	1 ^o	0,6	31	1,54	364
700	16	0	1 ^o 10'	1 ^o	0,7	30	1,81	353
800	19	0	1 ^o 21'	1 ^o	0,8	29	2,09	343
900	23	0	1 ^o 33'	1 ^o	0,9	27	2,37	334
1000	26	0	1 ^o 45 1/2'	1 ^o , 12	1	26	2,66	325
1100	30	1/2	1 ^o 58 1/2'	2 ^o	1,1	25	2,95	317
1200	34	1/2	2 ^o 12 1/2'	2 ^o	1,2	24	3,25	310
1300	38	1/2	2 ^o 27'	2 ^o	1,3	23	3,56	303
1400	43	1/2	2 ^o 42'	2 ^o , 11	1,4	22	3,88	296
1500	47	1/2	2 ^o 57 1/2'	2 ^o , 15	1,5	22	4,20	290
1600	52	1/2	3 ^o 13 1/2'	3 ^o , 1	1,6	21	4,52	284
1700	57	1	3 ^o 30 1/2'	3 ^o , 8	1,7	20	4,85	279
1800	62	1	3 ^o 48'	3 ^o , 13	1,8	20	5,19	274
1900	67	1	4 ^o 6'	4 ^o , 2	1,9	19	5,53	269
2000	72	1 1/2	4 ^o 21'	4 ^o , 6	2	19	5,88	264
2100	78	1 1/2	4 ^o 42'	4 ^o , 11	2,1	18	6,24	261
2200	83	1 1/2	5 ^o	5 ^o , 6	2,2	18	6,60	257
2300	88	2	5 ^o 18 1/2'	5 ^o , 6	2,3	17	6,97	254
2400	94	2	5 ^o 37 1/2'	5 ^o , 10	2,4	17	7,34	251
2500	100	2 1/2	5 ^o 57'	5 ^o , 15	2,5	16	7,72	248
2600	106	3 1/2	6 ^o 17 1/2'	6 ^o , 3	2,6	16	8,11	245
2700	112	3	6 ^o 38'	6 ^o , 10	2,7	15	8,52	242
2800	118	3	6 ^o 59'	7 ^o	2,8	15	8,94	239
2900	124	3 1/2	7 ^o 21'	7 ^o , 6	2,9	15	9,37	236
3000	131	3 1/2	7 ^o 43 1/2'	7 ^o , 12	3	14	9,80	234
3100	138	4	8 ^o 7'	8 ^o , 2	3,1	14	10,24	232
3200	144	4	8 ^o 30 1/2'	8 ^o , 6	3,2	14	10,69	230
3300	151	4 1/2	8 ^o 51 1/2'	8 ^o , 15	3,3	13	11,15	228
3400	158	4 1/2	9 ^o 18 1/2'	9 ^o , 5	3,4	13	11,62	226
3500	166	5	9 ^o 43'	9 ^o , 12	3,5	13	12,10	224
3600	174	5	10 ^o 8'	10 ^o , 2	3,6	13	12,59	222
3700	182	5 1/2	10 ^o 33 1/2'	10 ^o , 9	3,7	12	13,09	220
3800	190	5 1/2	11 ^o	11 ^o , 0	3,8	12	13,60	218
3900	198	6	11 ^o 26 1/2'	11 ^o , 6	3,9	12	14,12	217
4000	207	6	11 ^o 53 1/2'	11 ^o , 14	4	12	14,65	216

DA PEÇA A. E. 9^o (M. K.)
 dáde inicial de 462m,6 e o peso do projectil de 6k,200.
 M. K., ou 1k,500 de polvora G. G.

NOTA. — As táboas de tiro d'esta peça, foram determinadas com a veloci-
 As cargas de polvora que dão estas velocidades são: 1k,570 de polvora

Figura n.º 15 – TTN da Peça A.E. (M.K.) 9 cm m/1875 (1)

Fonte: (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.), 1882)

Lanternetas		Granadas com balas					
Distancias Metros	Pontaria	Alcancas Metros	alças Milímetros	alças Graus e 1/16 de grau	1 millimetro de dif- ferença na alça em torna da explosão de	Metros	Gradação da espoleta em 1/5"
100	Pela ranhura da mira no zero, e ponto de mira.	200	2	6	0,1	2	2
200	Com o polegar por cima da Alça.	300	4	8	0,2	4	4
300		400	7	11	0,3	6	6
400		500	10	13	0,4	8	8
600		600	13	10	0,5	10	10
700		700	16	10 ₃	0,6	12	12
800		800	19	10 ₆	0,7	14	14
900		900	23	1 ^o ₉	0,8	16	16
1000		1000	27	1 ^o ₁₃	0,9	18	18
1100		1100	31	2 ^o	1,0	20	20
1200		1200	35	2 ^o ₄	1,1	22	22
1300		1300	39	2 ^o ₈	1,2	24	24
1400		1400	43	2 ^o ₁₁	1,3	26	26
1500		1500	48	3 ^o	1,4	28	28
1600		1600	53	3 ^o ₄	1,5	30	30
1700		1700	58	3 ^o ₉	1,6	32	32
1800		1800	63	3 ^o ₁₁	1,7	34	34
1900		1900	68	4 ^o ₃	1,8	36	36
2000		2000	73	4 ^o ₇	1,9	38	38
2100		2100	78	4 ^o ₁₁	2,0	40	40
2200		2200	83	5 ^o	2,1	42	42
2300		2300	88	5 ^o ₆	2,2	45	45
2400		2400	94	5 ^o ₁₀	2,3	47	47
2500		2500	100	5 ^o ₁₅	2,4	49	49
2600		2600	106	6 ^o ₅	2,5	52	52
2700		2700	112	6 ^o ₁₀	2,6	54	54

OBSERVAÇÕES

RELATIVAS ÀS GRANADAS COM BALAS

1.^a—Não deve fazer-se uso da gradação da cruzeta. Aponta-se á ala direita do inimigo (lado esquerdo em relação á peça) e fazem-se as correções mudando convenientemente o ponto visado.

2.^a—Uma divisão de gradação da espoleta ou 1/5" altera de 50 metros em bom tempo, e de 45 metros em mau tempo, o intervallo de explosão.

3.^a—O intervallo de explosão mais conveniente é de 80 a 100 metros.

4.^a—Para atirar a diferentes distancias deve mudar-se ao mesmo tempo a alça e a gradação da espoleta.

5.^a—Para mudar a altura de explosão deve mudar-se unicamente o numero de divisões da alça empregada.

Figura n.º 16 – TTN da Peça A.E. (M.K.) 9 cm m/1875 (2)

Fonte: (Regulamento para o Serviço das Bocas de Fogo de Campanha A. E. 8cm (M.P.) e A. E. 9cm (M.K.), 1882)

ANEXO D – TTN DA PEÇA 7,5C T.R. M/904 DE 1908

Alcances	Alças em ‰ do raio	Correcções de derivação em ‰ do raio	Uma divisão d'alça ($\frac{1}{1000}$ do raio) varia o alcance de:	Angulos de tiro	Angulos de queda	Velocidades restantes	Durações do trajecto	Derivações	Tiro de percussão			Tiro de tempos				
									Zonas dos 50 ‰			Intervallo de eficacia maxima	Zona dos 50 ‰		A $\frac{1}{1000}$ na altura media de explosão correspondente	
									Altura	Alcance	Direcção		Altura	Alcance	na distancia	no corrector
m.			m.	o /	o /	m.	//	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	div.
1000	23.3	0.5	36.9	1.20	1.36	390	2.2	0.5	0.4	16.8	0.4	87	1.2	28	35	1.4
1100	26.1	0.5	35.7	1.30	1.49	382	2.5	0.6	0.4	16.9	0.4	85	1.4	28	34	1.4
1200	29.0	0.6	34.5	1.40	2.2	374	2.8	0.7	0.5	17.0	0.4	83	1.6	29	33	1.4
1300	32.0	0.7	33.4	1.50	2.16	367	3.0	0.9	0.6	17.2	0.5	81	1.8	29	22	1.4
1400	35.0	0.7	32.4	2.0	2.31	360	3.3	1.0	0.7	17.4	0.5	79	2.0	29	32	1.4
1500	38.1	0.8	31.4	2.11	2.46	353	3.6	1.2	0.8	17.6	0.6	78	2.2	30	31	1.3
1600	41.3	0.9	30.4	2.22	3.2	346	3.9	1.4	0.9	17.8	0.6	77	2.4	30	31	1.3
1700	44.6	1.0	29.5	2.33	3.19	340	4.2	1.7	1.0	18.1	0.7	77	2.6	30	30	1.3
1800	48.0	1.1	28.6	2.45	3.37	335	4.5	2.0	1.1	18.4	0.7	76	2.8	31	29	1.3
1900	51.5	1.2	27.8	2.57	3.55	330	4.8	2.3	1.2	18.7	0.8	75	3.0	31	29	1.2
2000	55.2	1.3	27.0	3.10	4.14	325	5.1	2.6	1.4	19.0	0.9	74	3.2	31	29	1.1
2100	59.0	1.4	26.2	3.23	4.34	320	5.4	2.9	1.5	19.3	0.9	73	3.4	32	28	1.1
2200	62.9	1.5	25.5	3.36	4.54	315	5.7	3.3	1.6	19.6	1.0	72	3.6	32	27	1.1
2300	66.9	1.6	24.8	3.50	5.15	311	6.1	3.7	1.8	19.9	1.0	72	4.0	32	26	1.1
2400	71.0	1.7	24.2	4.4	5.36	307	6.4	4.1	2.0	20.1	1.1	71	4.4	33	25	1.1

Figura n.º 17 – TTN da Peça 7,5c T.R. m/904 de 1908

Fonte: (Tabella de Tiro da Peça 7,5c T.R. m/904, 1908)

ANEXO E – IMPRESSO DO RT UTILIZADO EM 1936

Fôlha de cálculos

Dia 21
Hora: 7^h e 30^m

3.ª Bateria 1.º Grupo
Material 7,5 T. R. m/904

Espaço reservado aos cálculos

(1) Quando o boletim não mencionar o estado barométrico, entenda-se que a temperatura foi corrigida para o nível do mar.
(2) São lidas em face da distância corrigida.
(3) A calcular se as condições aerológicas variam durante o tiro.

Elementos de posição		Objectivo		Elementos aerológicos		Munições	
Vb:	142.310 m.	V ₁ :	141.600 m.	Esp. de tiro:	334 ^m	Espolita portuguesa biarmética	
Xb:	201.000 m.	X ₁ :	206.250 m.	Velocidade:	4 ^m	Espécie: c. chala	
Zb:	50 m.	Z ₁ :	105 m.	Direcção (θ):	126 ^o	Peso médio: 6,400	
Ramo de vigilância:	220 ^o 00	Frente:	20 ^o 00	Temperatura:	25 ^o	d ₁ : -100 gr.	
Região absoluta d ₁ V ₁ :	- 5 m.	Frente total:	15 ^o 00	Pressão:	765 ^{mm}		
Frente:	60 m.	Distância topográfica:	4850 m.	Estado higrométrico (1):	3,4	Carga:	
Intervalo em m. no	20 m.	Z ₀ - Z ₁ :	55 m.	Esp. da bala (média de seis lps. ^m):	25 ^o	Especie:	
2-3:	20 m.	Angulo de sítio (θ):	11 ^o 00	Pressão na balsa (θ):	778 ^{mm}	Tiro d ₂ V ₂ : +14 ^o	
3-4:	20 m.	Correcção complementar (θ):	0	Variações de pressão dH:	10 ^o	Temperatura: 20 ^o	
		Angulo de sítio total:	11 ^o 00	Vento:	1,7	d ₂ V ₂ (θ): 3	

Correcções em direcção		Correcções		em alcance		no corrector (2)		Depuração	
Região absoluta	+12	Região absoluta	+12	Região absoluta	+12	Região absoluta	+12	Região absoluta	+12
Tiro	4	Tiro	4	Tiro	4	Tiro	4	Tiro	4
Depuração (anterior)	6	Depuração (anterior)	6	Depuração (anterior)	6	Depuração (anterior)	6	Depuração (anterior)	6
Pressão dH	20 ^o 00	Pressão dH	20 ^o 00	Pressão dH	20 ^o 00	Pressão dH	20 ^o 00	Pressão dH	20 ^o 00
Temperatura d ₁	11 ^o 00	Temperatura d ₁	11 ^o 00	Temperatura d ₁	11 ^o 00	Temperatura d ₁	11 ^o 00	Temperatura d ₁	11 ^o 00
Vento longitudinal W _x (m):	10 ^m	Vento longitudinal W _x (m):	10 ^m	Vento longitudinal W _x (m):	10 ^m	Vento longitudinal W _x (m):	10 ^m	Vento longitudinal W _x (m):	10 ^m
Piso da granada d ₂ (m):	3 ^m	Piso da granada d ₂ (m):	3 ^m	Piso da granada d ₂ (m):	3 ^m	Piso da granada d ₂ (m):	3 ^m	Piso da granada d ₂ (m):	3 ^m
Espolita:	130 ^o	Espolita:	130 ^o	Espolita:	130 ^o	Espolita:	130 ^o	Espolita:	130 ^o
Correcção total:	-130 ^o	Correcção total:	-130 ^o	Correcção total:	-130 ^o	Correcção total:	-130 ^o	Correcção total:	-130 ^o

Direcções iniciais		Elevação inicial		Corrector inicial	
Direcção de vigilância:	220	Distância topográfica:	4850 ^m	Corrector de altura zero:	-130 ^o
Angulo de transporte (θ):	-17	Correcção total:	-130 ^o	Correcções total:	-130 ^o
Correcção de excêntrismo (θ):	15	Distância corrigida:	4720 ^m	Corrector inicial:	119 ^o 00
de início da balsa (θ):	-30	Angulo de tiro corrigido (θ):	119 ^o 00	Correcção de altura tipo:	200 ^o 00
de direção actual:	218	Elevação inicial:	200 ^o 00		
Direcções provisórias:	218	Forquilha inteiros (θ):	109 ^o		
Correcção total:	2				
Direcções iniciais:	220				

Elementos aerológicos		Munições	
Coisa do ponto:	334 ^m	Espolita portuguesa biarmética	
Flecha (θ):	20 ^o	Espécie: c. chala	
Vento:	126 ^o	Peso médio: 6,400	
Ar:	25 ^o	d ₁ : -100 gr.	
Pressão:	765 ^{mm}	Carga:	
Estado higrométrico (1):	3,4	Especie:	
Esp. da bala (média de seis lps. ^m):	25 ^o	Tiro d ₂ V ₂ : +14 ^o	
Pressão na balsa (θ):	778 ^{mm}	Temperatura: 20 ^o	
Variações de pressão dH:	10 ^o	d ₂ V ₂ (θ): 3	
Vento:	1,7		

Tabela I		Tabela VI	
4800 ... 11 ^o 28'	x = 12'	4500 ... 262	x = 62
4900 ... 11 ^o 52'	x = 28' + 12' = 40'	5000 ... 351	x = 324 m.
100 = 50	x = 12'	500 = 350	x = 62
24' = x	x = 28' + 12' = 40'	89 = x	x = 324 m.
11 ^o 40' ou 12 ^o	x = 11 ^o /100	262 + 62 = 324 m.	
60' = x	x = 38'		
17,22 = 11 ^o /100			

Tabela I		Tabela VI	
4800 ... 11 ^o 28'	x = 12'	4500 ... 262	x = 62
4900 ... 11 ^o 52'	x = 28' + 12' = 40'	5000 ... 351	x = 324 m.
100 = 50	x = 12'	500 = 350	x = 62
24' = x	x = 28' + 12' = 40'	89 = x	x = 324 m.
11 ^o 40' ou 12 ^o	x = 11 ^o /100	262 + 62 = 324 m.	
60' = x	x = 38'		
17,22 = 11 ^o /100			

Tabela I		Tabela VI	
4800 ... 11 ^o 28'	x = 12'	4500 ... 262	x = 62
4900 ... 11 ^o 52'	x = 28' + 12' = 40'	5000 ... 351	x = 324 m.
100 = 50	x = 12'	500 = 350	x = 62
24' = x	x = 28' + 12' = 40'	89 = x	x = 324 m.
11 ^o 40' ou 12 ^o	x = 11 ^o /100	262 + 62 = 324 m.	
60' = x	x = 38'		
17,22 = 11 ^o /100			

Figura n.º 18 – Impresso do RT utilizado em 1936 (1)

Fonte: (Ferreira & Miranda, 1936)

ANEXO F – TTN DA PEÇA 7,5C T.R. M/904 de 1934

TABELA I

Alcances — Metros	Ângulos de tiro		Deriva- ções — Milési- mos	Alcances — Metros	Ângulos de tiro		Deriva- ções — Milési- mos
	Graus e minutos	Milési- mos			Graus e minutos	Milési- mos	
—	—	—	—	3:000	5° 36'	98	2
100	0° 7'	2	0	3:100	5 52	102	3
200	0 14	4	0	3:200	6 9	107	3
300	0 21	6	0	3:300	6 26	112	3
400	0 29	8	0	3:400	6 43	117	3
500	0 37	11	0	3:500	7 0	122	3
600	0 45	13	0	3:600	7 18	127	3
700	0 53	15	0	3:700	7 37	133	4
800	1 2	18	0	3:800	7 56	138	4
900	1 11	21	0	3:900	8 15	144	4
1:000	1 20	23	0	4:000	8 35	150	4
1:100	1 30	26	1	4:100	8 56	156	4
1:200	1 40	29	1	4:200	9 17	162	5
1:300	1 50	32	1	4:300	9 38	168	5
1:400	2 0	35	1	4:400	9 59	174	5
1:500	2 11	38	1	4:500	10 20	181	5
1:600	2 22	41	1	4:600	10 42	187	6
1:700	2 33	45	1	4:700	11 5	194	6
1:800	2 45	48	1	4:800	11 28	200	6
1:900	2 57	51	1	4:900	11 52	207	6
2:000	3 10	55	1	5:000	12 17	214	7
2:100	3 23	59	1	5:100	12 42	221	7
2:200	3 36	63	1	5:200	13 8	229	7
2:300	3 50	67	2	5:300	13 34	236	8
2:400	4 4	71	2	5:400	14 1	244	8
2:500	4 19	75	2	5:500	14 29	252	8
2:600	4 34	79	2	5:600	14 57	261	9
2:700	4 49	84	2	5:700	15 26	270	9
2:800	5 4	88	2	5:800	15 57	279	10
2:900	5 20	93	2	5:900	16 28	288	10
—	—	—	—	6:000	17 0	297	10

Figura n.º 20 – Tabela I da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904

Fonte: (Direção da Arma de Artilharia, 1934)

TABELA V

Valor das componentes longitudinal e transversal do vento

Inclinação do vento sobre o plano de tiro — Graus	Velocidade do vento										Inclinação do vento sobre o plano de tiro — Graus
	1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m	9 ^m	10 ^m	
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	85
10	1	2	3	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9	80
15	1	1,9	2,9	3,9	4,8	5,8	6,8	7,7	8,7	9,7	75
20	0,9	1,9	2,8	3,8	4,7	5,6	6,6	7,5	8,5	9,4	70
25	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,4	7,2	8,2	9,1	65
30	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,7	60
35	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,7	6,5	7,4	8,2	55
40	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,3	6,1	6,9	7,7	50
45	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,4	7,1	45
50	0,6	1,3	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4	40
55	0,6	1,1	1,7	2,3	2,9	3,4	4	4,6	5,2	5,7	35
60	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	30
65	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	3	3,4	3,8	4,2	25
70	0,3	0,7	1	1,4	1,7	2,1	2,4	2,7	3,1	3,4	20
75	0,3	0,5	0,8	1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	15
80	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,7	10
85	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	5
	1 ^m	2 ^m	3 ^m	4 ^m	5 ^m	6 ^m	7 ^m	8 ^m	9 ^m	10 ^m	
	Velocidade do vento										

Ler a inclinação do vento :

Na coluna da *esquerda* para obter a componente *longitudinal*.

Na coluna da *direita* para obter a componente *transversal*.

Figura n.º 21 – Tabela V da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904

Fonte: (Direção da Arma de Artilharia, 1934)

TABELA VI

Correcção complementar do ângulo de sitio¹

Ângulos de sitio positivos

Ângulo de sitio, em graus	Ângulos de tiro, em graus							
	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°
+ 0° 30'	+ 1'	+ 1'	+ 2'	+ 2'	+ 2'	+ 3'	+ 3'	+ 3'
1	2	2	3	3	4	5	5	6
1 30	3	4	5	5	6	7	8	9
2	4	5	6	7	8	9	11	13
2 30	5	6	7	8	10	11	13	16
3	6	7	8	10	12	14	16	19
3 30	7	8	10	12	14	16	19	22
4	8	10	12	14	16	19	22	26
4 30	9	11	13	16	18	22	25	29
5	10	12	15	18	21	25	29	33
5 30	11	13	16	20	23	27	32	37
6	12	15	18	22	26	30	35	41
6 30	13	16	19	23	28	32	38	44
7	14	17	21	25	30	35	41	48
7 30	15	18	22	27	32	38	44	52
8	16	20	24	29	35	41	48	56
8 30	17	21	26	31	37	44	51	1° 0
9	18	23	28	33	40	47	55	1° 4
9 30	19	24	30	35	42	50	58	1° 8
10	21	26	32	38	45	53	1° 2	1° 13

Ângulos de sitio negativos

Ângulo de sitio, em graus	Ângulos de tiro, em graus							
	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°
- 0° 30'	- 1'	- 1'	- 1'	- 2'	- 2'	- 3'	- 3'	- 4'
1	2	2	3	3	4	4	5	6
1 30	3	4	5	5	6	6	7	9
2	4	5	6	7	8	9	10	12
2 30	5	6	7	8	10	11	13	15
3	6	7	8	10	12	14	16	18
3 30	6	8	9	11	13	16	18	20
4	7	9	11	13	15	18	20	23
4 30	8	10	12	14	17	20	22	26
5	9	11	13	16	19	22	25	29
5 30	10	12	14	17	20	24	27	32
6	11	13	16	19	22	26	30	35
6 30	12	14	17	20	24	28	32	37
7	-	16	19	22	26	30	35	40
7 30	-	-	20	23	28	32	37	42
8	-	-	-	25	29	34	40	45
8 30	-	-	-	-	31	36	42	47
9	-	-	-	-	33	38	44	50
9 30	-	-	-	-	-	40	46	52
10	-	-	-	-	-	42	48	55

¹ Esta correcção tem sempre o mesmo sinal do ângulo de sitio.

Figura n.º 23 – Tabela VI da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904

Fonte: (Direção da Arma de Artilharia, 1934)

TABELA IV

Valores de Δh

Temperatura Graus centigrados	Altura barométrica — milímetros								
	700	710	720	730	740	750	760	770	780
-10	-0,25	-0,39	-0,54	-0,69	-0,83	-0,98	-1,13	-1,27	-1,42
-9	-0,21	-0,35	-0,50	-0,65	-0,79	-0,94	-1,08	-1,23	-1,38
-8	-0,17	-0,31	-0,46	-0,61	-0,75	-0,90	-1,04	-1,19	-1,33
-7	-0,13	-0,28	-0,42	-0,56	-0,71	-0,85	-1,00	-1,14	-1,29
-6	-0,09	-0,24	-0,38	-0,52	-0,67	-0,81	-0,96	-1,10	-1,25
-5	-0,05	-0,20	-0,34	-0,48	-0,63	-0,77	-0,92	-1,06	-1,20
-4	-0,02	-0,16	-0,30	-0,45	-0,59	-0,73	-0,87	-1,02	-1,16
-3	+0,02	-0,12	-0,26	-0,41	-0,55	-0,69	-0,83	-0,98	-1,12
-2	+0,06	-0,08	-0,22	-0,37	-0,51	-0,65	-0,79	-0,94	-1,08
-1	+0,10	-0,04	-0,19	-0,33	-0,47	-0,61	-0,75	-0,89	-1,04
0	+0,13	-0,01	-0,15	-0,29	-0,43	-0,57	-0,71	-0,85	-0,99
1	+0,17	+0,03	-0,11	-0,25	-0,39	-0,53	-0,67	-0,81	-0,95
2	+0,21	+0,07	-0,07	-0,21	-0,35	-0,49	-0,63	-0,77	-0,91
3	+0,24	+0,11	-0,03	-0,17	-0,31	-0,45	-0,59	-0,73	-0,87
4	+0,28	+0,14	0,00	-0,14	-0,28	-0,41	-0,55	-0,69	-0,83
5	+0,32	+0,18	+0,04	-0,10	-0,24	-0,38	-0,51	-0,65	-0,79
6	+0,35	+0,22	+0,08	-0,06	-0,20	-0,34	-0,48	-0,61	-0,75
7	+0,39	+0,25	+0,11	-0,02	-0,16	-0,30	-0,44	-0,57	-0,71
8	+0,42	+0,29	+0,15	+0,01	-0,12	-0,26	-0,40	-0,53	-0,67
9	+0,46	+0,32	+0,19	+0,05	-0,09	-0,22	-0,36	-0,50	-0,63
10	+0,50	+0,36	+0,22	+0,09	-0,05	-0,19	-0,32	-0,46	-0,59
11	+0,53	+0,39	+0,26	+0,12	-0,01	-0,15	-0,28	-0,42	-0,55
12	+0,57	+0,43	+0,30	+0,16	+0,02	-0,11	-0,25	-0,38	-0,52
13	+0,60	+0,47	+0,33	+0,20	+0,06	-0,07	-0,21	-0,34	-0,48
14	+0,64	+0,50	+0,37	+0,23	+0,10	-0,04	-0,17	-0,31	-0,44
15	+0,67	+0,54	+0,40	+0,27	+0,13	0,00	-0,13	-0,27	-0,40
16	+0,70	+0,57	+0,44	+0,30	+0,17	+0,04	-0,10	-0,23	-0,36
17	+0,74	+0,61	+0,47	+0,34	+0,21	+0,07	-0,06	-0,19	-0,32
18	+0,77	+0,64	+0,51	+0,38	+0,24	+0,11	-0,02	-0,15	-0,29
19	+0,81	+0,68	+0,54	+0,41	+0,28	+0,15	+0,02	-0,12	-0,25
20	+0,84	+0,71	+0,58	+0,45	+0,32	+0,18	+0,05	-0,08	-0,21
21	+0,88	+0,75	+0,61	+0,48	+0,35	+0,22	+0,09	-0,04	-0,17
22	+0,91	+0,78	+0,65	+0,52	+0,39	+0,26	+0,13	0,00	-0,13
23	+0,94	+0,81	+0,68	+0,55	+0,42	+0,29	+0,16	+0,03	-0,10
24	+0,98	+0,85	+0,72	+0,59	+0,46	+0,33	+0,20	+0,07	-0,06
25	+1,01	+0,88	+0,75	+0,62	+0,50	+0,37	+0,24	+0,11	-0,02
26	+1,05	+0,92	+0,79	+0,66	+0,53	+0,40	+0,27	+0,14	+0,02
27	+1,08	+0,95	+0,82	+0,70	+0,57	+0,44	+0,31	+0,18	+0,05
28	+1,11	+0,99	+0,86	+0,73	+0,60	+0,47	+0,35	+0,22	+0,09
29	+1,15	+1,02	+0,89	+0,77	+0,64	+0,51	+0,38	+0,26	+0,13
30	+1,18	+1,06	+0,93	+0,80	+0,67	+0,55	+0,42	+0,29	+0,17
31	+1,22	+1,09	+0,96	+0,84	+0,71	+0,58	+0,46	+0,33	+0,20
32	+1,25	+1,12	+1,00	+0,87	+0,75	+0,62	+0,49	+0,37	+0,24

Temperatura Graus centigrados	Altura barométrica — milímetros								
	700	710	720	730	740	750	760	770	780
33	+1,28	+1,16	+1,03	+0,91	+0,78	+0,65	+0,53	+0,40	+0,28
34	+1,32	+1,19	+1,07	+0,94	+0,82	+0,69	+0,57	+0,44	+0,32
35	+1,35	+1,23	+1,10	+0,98	+0,85	+0,73	+0,60	+0,48	+0,35
36	+1,39	+1,26	+1,14	+1,01	+0,89	+0,76	+0,64	+0,52	+0,39
37	+1,42	+1,30	+1,17	+1,05	+0,93	+0,80	+0,68	+0,55	+0,43
38	+1,46	+1,33	+1,21	+1,09	+0,96	+0,84	+0,71	+0,59	+0,47
39	+1,49	+1,37	+1,24	+1,12	+1,00	+0,88	+0,75	+0,63	+0,50
40	+1,53	+1,40	+1,28	+1,16	+1,04	+0,91	+0,79	+0,67	+0,54
41	+1,56	+1,43	+1,31	+1,19	+1,07	+0,94	+0,82	+0,70	+0,58
42	+1,60	+1,47	+1,35	+1,23	+1,11	+0,98	+0,86	+0,74	+0,61
43	+1,63	+1,50	+1,38	+1,26	+1,14	+1,01	+0,89	+0,77	+0,65
44	+1,66	+1,53	+1,41	+1,29	+1,17	+1,05	+0,93	+0,81	+0,69
45	+1,69	+1,56	+1,44	+1,32	+1,20	+1,08	+0,96	+0,84	+0,72
46	+1,72	+1,60	+1,48	+1,36	+1,24	+1,12	+1,00	+0,88	+0,76
47	+1,76	+1,64	+1,52	+1,40	+1,28	+1,16	+1,04	+0,92	+0,80
48	+1,80	+1,68	+1,56	+1,44	+1,32	+1,20	+1,08	+0,96	+0,84
49	+1,84	+1,72	+1,60	+1,48	+1,36	+1,24	+1,12	+1,00	+0,88
50	+1,88	+1,76	+1,64	+1,52	+1,40	+1,28	+1,16	+1,04	+0,92

Correcção da altura barométrica

(Caso de a cota da bateria diferir da do ponto onde foi determinada a pressão)

$$x^{mm} = 0,09 \times h$$

em que h é a cota da bateria em relação ao ponto onde foi determinada a pressão expressa em metros, e x o número de milímetros a subtrair (h positivo) ou a somar (h negativo) à pressão indicada.

Correcção da temperatura

(No caso anterior e quando não possa ser avaliada na posição)

$$x^\circ = 0,015 h$$

em que h conserva a mesma significação e x° é o número de graus a diminuir (h positivo) ou aumentar (h negativo) à temperatura indicada.

Figura n.º 24 – Tabela IV da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904

Fonte: (Direção da Arma de Artilharia 1934)

TABELA II

Alcance — Metros	Forquilha mínima		Ângulo de queda	Tan- gente do ângulo de queda	Variação de alcance		Deslo- camento do ponto de empate em altura para a varia- ção de 5' no ângulo de tiro	Dura- ção do tra- jecto	Deriva- ção	Flecha da traec- tória	Velocidade restante		Tiro de percussão			Tiro de tempos			A 1 ^o / ₁₀₀ na altura média de explosão corresponde		
	Em minu- tos	Em metros			Hori- zontal	Verti- cal					Tan- gencial	Desvio pro- vável em al- teira canco	Desvio pro- vável em di- rec- ção	Aber- tura do feixe má- xima	Inter- vato de ed- cação	Desvio provável	Em altura	Em al- teira canco		No dis- tân- cia	Na correc- tor
500	4	49	0° 40'	0,01	43m	62m	0,6	1 1	0m,1	1m	440m	0m,1	8m,2	0m,1	11° 22'	69m	0m,4	13m	49m	49m	1m,5
600	4	49	0 50	0,01	42	60	0,8	1 3	0,1	2	429	0,1	8,2	0,1	11 37	96	0,4	14	40	40	1,5
700	4	50	1 01	0,02	41	58	0,9	1 5	0,2	3	418	0,1	8,3	0,1	11 51	94	0,5	14	39	39	1,5
800	5	50	1 12	0,02	39	57	1,1	1 7	0,3	4	408	0,2	8,3	0,2	12 05	91	0,5	14	37	37	1,5
900	5	50	1 24	0,03	38	55	1,3	2 0	0,4	5	399	0,2	8,4	0,2	12 19	89	0,5	14	36	36	1,5
1:000	5	51	1 36	0,03	37	53	1,5	2 2	0,5	6	390	0,2	8,4	0,2	12 32	87	0,6	14	35	35	1,4
1:100	5	51	1 49	0,03	36	51	1,6	2 5	0,6	8	382	0,2	8,5	0,2	12 45	85	0,7	14	34	34	1,4
1:200	5	52	2 02	0,04	35	49	1,8	2 8	0,7	10	374	0,3	8,5	0,2	12 58	83	0,8	15	33	33	1,4
1:300	6	52	2 16	0,04	33	48	1,9	3 0	0,8	12	367	0,3	8,6	0,3	13 11	81	0,9	15	32	32	1,4
1:400	6	53	2 31	0,04	32	47	2,1	3 3	1,0	14	360	0,4	8,7	0,3	13 23	79	1,0	15	32	32	1,4
1:500	6	53	2 46	0,05	31	45	2,2	3 6	1,2	16	353	0,4	8,8	0,3	13 34	78	1,1	15	31	31	1,3
1:600	6	54	3 02	0,05	30	44	2,3	3 9	1,4	18	346	0,5	8,9	0,3	13 46	77	1,2	15	31	31	1,3
1:700	6	55	3 19	0,05	30	43	2,4	4 2	1,7	21	340	0,5	9,1	0,4	13 56	77	1,3	15	30	30	1,3
1:800	7	55	3 37	0,06	29	41	2,5	4 5	2,0	24	335	0,6	9,2	0,4	14 08	76	1,4	16	30	30	1,3
1:900	7	56	3 55	0,06	28	40	2,7	4 8	2,3	28	330	0,6	9,4	0,4	14 18	75	1,5	16	29	29	1,2
2:000	7	57	4 14	0,07	27	39	2,8	5 1	2,6	32	324	0,7	9,5	0,5	14 29	74	1,6	16	29	29	1,2
2:100	8	58	4 34	0,07	26	38	2,9	5 4	2,9	37	319	0,8	9,7	0,5	14 38	73	1,7	16	28	28	1,1
2:200	8	59	4 54	0,08	26	37	3,1	5 7	3,3	42	315	0,8	9,8	0,5	14 48	72	1,8	16	27	27	1,1
2:300	8	60	5 15	0,09	25	36	3,2	6 1	3,7	47	310	0,9	10,0	0,5	14 56	72	2,0	16	26	26	1,1
2:400	9	61	5 36	0,10	24	35	3,4	6 4	4,1	52	306	1,0	10,1	0,6	15 05	71	2,2	17	25	25	1,0
2:500	9	62	5 58	0,10	24	34	3,5	6 7	4,5	57	302	1,1	10,2	0,6	15 15	71	2,3	17	24	24	1,0
2:600	9	63	6 20	0,11	23	33	3,6	7 1	4,9	63	298	1,2	10,5	0,6	15 23	70	2,5	17	23	23	0,9
2:700	10	64	6 43	0,12	23	32	3,8	7 4	5,4	69	297	1,3	10,8	0,7	15 31	70	2,6	17	22	22	0,9
2:800	10	66	7 07	0,13	22	31	3,9	7 7	5,9	75	290	1,4	11,1	0,7	15 39	69	2,8	17	22	22	0,9
2:900	11	68	7 32	0,14	22	31	4,1	8 1	6,5	82	287	1,5	11,4	0,8	15 47	69	3,0	17	21	21	0,8
3:000	11	70	7 58	0,14	21	30	4,2	8 4	7,1	90	287	1,6	11,7	0,8	15 56	68	3,2	18	21	21	0,8
3:100	11	72	8 24	0,15	21	29	4,3	8 8	7,8	98	284	1,7	12,0	0,8	16 04	68	3,4	18	21	21	0,8
3:200	12	74	8 50	0,16	20	28	4,5	9 1	8,5	107	281	1,9	12,3	0,9	16 11	68	3,6	18	20	20	0,8
3:300	13	76	9 17	0,17	20	28	4,6	9 5	9,3	116	278	2,0	12,6	0,9	16 19	67	3,8	18	20	20	0,8
3:400	13	78	9 45	0,17	19	27	4,7	9 8	10,1	125	275	2,2	13,0	1,0	16 26	67	4,0	19	20	20	0,8

Figura n.º 25 – Tabela II da TTN da Peça 7,5c T.R. m/904

Fonte: (Direção da Arma de Artilharia, 1934)

ANEXO H – TTN DO OBUS M101A1 105MM/22

1		2		3		4		5		6		7		8		9	
GROUND DATA																	
CARTRIDGE, HE, M1 FUZE, PD, M51 MODS MUZZLE VELOCITY, 860 F/S																	
PART 2-4 TABLE F																	
R	m	EL	mil	C	mil	FS	F	TF	sec	Azimuth Corrections		Dft	mil	W-D	mil	knot	of 1
										Drift (correct to the left)							
										Cross Wind							
0		0.0		7.3		0.0	14	1	0.0		0.0		0.0		0.00		
100		7.3		7.3		0.5	14	1	0.4		0.1		0.00				
200		14.6		7.4		0.9	14	1	0.8		0.2		0.01				
300		22.0		7.4		1.3	13	1	1.2		0.3		0.01				
400		29.5		7.5		1.7	13	1	1.5		0.4		0.02				
500		37.0		7.5		2.1	13	1	1.9		0.5		0.02				
600		44.5		7.6		2.5	13	1	2.3		0.6		0.03				
700		52.1		7.6		2.9	13	1	2.7		0.7		0.03				
800		59.7		7.7		3.4	13	1	3.1		0.8		0.03				
900		67.4		7.7		3.8	13	1	3.5		0.9		0.04				
1000		75.2		7.8		4.2	13	1	3.9		1.0		0.04				
1100		83.0		7.9		4.6	13	2	4.3		1.1		0.05				
1200		90.9		7.9		5.0	13	2	4.7		1.2		0.05				
1300		98.9		8.0		5.4	13	2	5.1		1.3		0.06				
1400		106.9		8.1		5.8	12	2	5.5		1.4		0.06				
1500		115.0		8.1		6.3	12	2	5.9		1.5		0.07				
1600		123.2		8.2		6.7	12	2	6.4		1.7		0.07				
1700		131.4		8.3		7.1	12	2	6.8		1.8		0.08				
1800		139.8		8.4		7.6	12	2	7.2		1.9		0.08				
1900		148.2		8.5		8.0	12	3	7.6		2.0		0.09				
2000		156.7		8.6		8.4	12	3	8.1		2.2		0.09				
2100		165.3		8.7		8.9	12	3	8.5		2.3		0.10				
2200		174.0		8.8		9.3	11	3	8.9		2.5		0.10				
2300		182.9		8.9		9.8	11	3	9.4		2.6		0.10				
2400		191.8		9.0		10.2	11	3	9.8		2.7		0.11				

Figura n.º 27 – Tabela F da Carga 4 da TTN do Obus M101A1 105mm/22

Fonte: (Department of the Army, 1961)

98												SUPPLEMENTARY DATA												FT 105-H-6															
CARTRIDGE, HE, M1 FUZE, PD, M51 MODS MUZZLE VELOCITY, 860 F/S																																							
PART 2-4 TABLE G																																							
R	m	PE _T	m	PE _d	m	PE _H	m	PE _T	sec	PE _R	m	e	mil	Cot	ε	V _ε	f/s	MO	m	Complementary Angle of Site for		CAS	mil	CAS	mil														
																				Probable Error in Fuze M520												+1 mil		-1 mil					
																				Deflection												of Site		of Site					
0	3	0	0	0	0.07	17	0										860	0	0.000		0.000																		
500	3	0	1	0.07	19	37	27.2	842	5	0.002	-0.001																												
1000	5	1	2	0.08	21	77	13.2	824	19	0.006	-0.005																												
1500	6	1	3	0.09	22	120	8.5	806	43	0.013	-0.013																												
2000	8	1	4	0.10	24	166	6.1	790	80	0.026	-0.024																												
2500	10	1	6	0.11	26	215	4.7	774	129	0.044	-0.041																												

Figura n.º 28 – Tabela G da Carga 4 da TTN do Obus M101A1 105mm/22

Fonte: (Department of the Army, 1961)