

# RELATO DE EXPERIÊNCIA SOBRE A UTILIZAÇÃO DO GNSS RTK NO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA ARTILHARIA DIVISIONÁRIA

#<sup>1</sup>

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o relato de experiência da utilização do aparelho GNSS RTK no levantamento topográfico da Artilharia Divisionária/5 durante a Operação Santa Bárbara, realizada no Campo de Instrução General Moacyr Araújo Lopes (CIGMAL), no ano de 2019. Neste contexto, se buscou analisar a aplicabilidade deste equipamento na artilharia de campanha do Exército Brasileiro, sob a ótica do que prescreve a Doutrina Militar vigente e do que vem sendo feito no mundo. Dessa forma, verificou-se que este equipamento potencializa a capacidade operacional da artilharia de campanha, em especial no que se refere ao tempo para obtenção e grau de precisão dos dados topográficos, e na integração com sistemas digitais de controle e direção de tiro.

**Palavras-Chaves:** GNSS. RTK. Topografia. Artilharia. GPS.

## 1 INTRODUÇÃO

É notável o desenvolvimento dos processos de georreferenciamento utilizados no mundo a partir da década de 80, em especial dos sistemas globais de navegação por satélite, chamados Global Navigation Satellite Systems ou GNSS (CHOUDHARY, 2019).

Inicialmente, os GNSS (GPS, GLONASS, BeiDou e Galileo) eram capazes de realizar medições de coordenadas com precisão de 5 a 10 metros (GMV NSL, 2018, 2018a, 2020, 2021). Porém, visando aumentar a precisão desses dispositivos, combinou-se mais de um sistema GNSS em um mesmo equipamento, o que permitiu a obtenção de coordenadas com erros próximos a 4 metros. Esses erros advêm, em sua maioria, da constelação de satélites disponível no céu visível, das condições atmosféricas no momento da medição e do relevo e vegetação na região do receptor (FOREST GIS, 2018)

Para extirpar tais erros da medição, foram criadas técnicas de correção como DGPS (ou DGNSS), que mede a pseudodistância entre uma base fixa e os satélites disponíveis, e o RTK (Real-Time Kinematics), que mede a fase da onda portadora emitida pelo satélite e recebida por uma base fixa, transmitindo estas medições, em

<sup>1</sup> Capitão da Arma de Artilharia da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN/2013). Bacharel em Ciências Militares. Foi instrutor de Técnica de Tiro de Artilharia na Escola de Sargentos das Armas em 2016 e 2017. Serviu na Bateria de Comando da AD/5 de 2019 a 2021, onde pode travar contato com o GNSS RTK. Atualmente, é aluno da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO).

forma de correções, para aparelhos móveis (*rovers*) que são utilizados para realizar medições de coordenada com precisão centimétrica (NOVATEL INC, 2015).

Assim, este estudo relata a experiência, deste autor, no uso do GNSS RTK no contexto do levantamento topográfico da Artilharia Divisionária (AD), buscando responder a seguinte questão: qual a aplicabilidade de tais técnicas e equipamentos na artilharia de campanha nos dias atuais?

Portanto, o objetivo deste trabalho é propor o aperfeiçoamento dos trabalhos no subsistema de topografia, no contexto da artilharia de campanha do Exército Brasileiro (EB), com a incorporação do GNSS RTK.

Neste contexto, este trabalho alinha-se ao interesse do EB, previsto no Plano Estratégico do Exército 2020-2023, de obter e/ou modernizar Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) para o Projeto Artilharia de Campanha (BRASIL, 2019). Consonante a isto, observa-se o uso crescente de aeronaves remotamente pilotadas (ARP), dotadas de tecnologia RTK, utilizadas para levantamento preciso de alvos e condução de fogos de artilharia na Guerra da Ucrânia (AXE, 2022).

A partir desta premissa, as hipóteses deste estudo buscam responder os seguintes questionamentos: é viável o uso da GNSS RTK para os trabalhos topográficos da artilharia de campanha do EB? Se sim, como seria sua utilização?

Para responder estes questionamentos, este estudo baseou-se em artigos sobre GNSS e georreferenciamento nas línguas portuguesa e inglesa, em manuais de campanha, cadernos de instrução e outras publicações do Exército Brasileiro (sobre topografia e artilharia de campanha), bem como na experiência profissional do autor, que nos anos de 2019 a 2021, na Bateria de Comando da Artilharia Divisionária/5 (Curitiba-PR) utilizou o equipamento GNSS RTK, de forma experimental, para realizar o levantamento topográfico do escalão Artilharia Divisionária, na Operação Santa Bárbara.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 PREMISSAS DO LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO NA ARTILHARIA DIVISIONÁRIA

No parágrafo 7-3 do manual C 6-199 Topografia do Artilheiro, aprovado em 1986, período anterior à popularização do uso do GPS, constam as atribuições da topografia da artilharia divisionária. Dentre elas constam levantar as coordenadas dos seguintes pontos: RPG dos grupos orgânicos e em reforço e brigadas isoladas, PO/AD, posições de radar (contrabateria), posições de projetores (antiaéreos), os AA da AD e postos meteorológicos (BRASIL, 1986).

Conforme o C 6-199, o levantamento das coordenadas no escalão artilharia divisionária deve ser feito na precisão 1/3000 (BRASIL, 1986), devendo os controles iniciais serem fornecidos pela Artilharia de Exército (A Ex) ou obtidos por meio da inspeção de uma carta de escala 1:25000 ou superior, nesta ordem de prioridade.

Assim, tomando por base o erro gráfico de uma carta de escala 1:25000, que é 5 metros (BRASIL, 1980), pode-se presumir que as coordenadas horizontais (E e N) dos controles topográficos iniciais devem ter precisão mínima de 5 metros. As coordenadas dos pontos levantados a partir dos controles iniciais recebidos, para estarem dentro da mesma trama topográfica, podem ter um erro de até 0,33 metros a cada quilômetro distante dos controles iniciais.

Mesmo não havendo determinação da precisão em direção para o levantamento topográfico da AD, o erro máximo tolerado, em direção, é de 2", pois representa o requisito mínimo para a obtenção da Prancheta de Tiro Precisa (PTP) (BRASIL, 2005).

Quanto ao tempo para realizar este levantamento topográfico, não há determinação de tempo para a realização dos trabalhos topográficos no escalão AD. Entretanto, o C 6-199/1 determina que o levantamento topográfico, utilizando sistema de posicionamento automático, deve durar até 2 horas (BRASIL, 2005).

## 2.2 O GNSS RTK

Com a finalidade de reduzir os erros embutidos nas coordenadas obtidas através de sistemas GNSS, foi desenvolvido o GNSS RTK, com capacidade de obter coordenadas com precisão de unidades de centímetros (NOVATEL INC, 2015). Neste sistema, uma base, instalada em um ponto de coordenadas conhecidas, usa sua posição para calcular a fase de batimento da onda portadora do satélite na região onde se encontra, e assim tem a capacidade de transmitir este dado para receptores, em forma de correções (MOREIRA, 2011).

É formado por uma base de correções, responsável por obter e transmitir as correções, e por receptores, chamados *rovers*, utilizados para a obtenção da coordenada precisa de determinado local. Há um enlace rádio UHF permanente da base com os receptores, transmitindo as correções calculadas pela base. Este enlace geralmente atinge distâncias até 8 km em campo aberto, podendo ser aumentado com a utilização de antenas de maior ganho, um aparelho de rádio externo ou uma repetidora de sinal (FISHER, 2021).

Na falta de pontos de coordenada conhecidas, é possível instalar a base de correções sobre em um ponto arbitrário; ao ligar a base de correções ela irá obter sucessivas coordenadas de sua posição através do satélite, ao longo de alguns minutos, calculando a coordenada média de sua posição e utilizando-a como base de correções para as demais medições. Os pontos levantados utilizando as correções desta base não terão coordenadas absolutas precisas, entretanto, estarão todos na mesma trama topográfica, suas coordenadas terão o erro de até 10 mm, inerente ao equipamento, e um acréscimo de 1 mm de erro para cada quilômetro de distância da base de correções (MOREIRA, 2011).

Caso haja o interesse na obtenção de coordenadas absolutas dos pontos levantados, será possível fazer o pós-processamento dos dados obtidos, através de software específico, fazendo a mudança desta trama topográfica para coordenadas absolutas. Em território nacional, a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), gerenciada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fornece os dados necessários ao pós-processamento diariamente (MOREIRA, 2011).

### 2.3 O USO DO GNSS RTK NA ARTILHARIA DIVISIONÁRIA/5

A Bateria de Comando da Artilharia Divisionária/5 (Bia C AD/5) apoiou as OM de artilharia da 2ª Divisão de Exército, realizando o levantamento topográfico nível Artilharia Divisionária, durante a Operação Santa Bárbara, realizada no Campo de Instrução General Moacyr Araújo Lopes (CIGMAL), na guarnição de São Thomé das Letras-MG, nos anos de 2019 a 2021. Para tal, contou com o apoio de um sargento topógrafo que operou um aparelho GNSS RTK, da CRO/5, no levantamento das Referências de Posição dos Grupos (RPG), Postos de Observação (PO), Centros de Bateria (CB) e Pontos Afastados do exercício.

A coleta dos dados foi realizada em 22 de setembro de 2019 e consistiu na obtenção das coordenadas de onze pontos, necessários para realizar o levantamento topográfico da AD, por meio do GNSS RTK, como amostra a ser analisada. Os dados obtidos foram pós-processados via software, utilizando os dados da RBMC/IBGE, sendo as coordenadas obtidas consideradas o grupo de controle deste estudo.

A equipe que realizou o experimento era composta por um oficial de Artilharia, responsável por conduzir o levantamento topográfico de acordo com as necessidades da artilharia de campanha; um sargento topógrafo, responsável por operar o GNSS RTK; um cabo da Qualificação Militar 06-15 (Pessoal de Levantamento), que auxiliou nas atividades; e um soldado motorista de viatura ¾ ton.

O GNSS RTK utilizado foi o Topcon GR-3, capaz de operar com as constelações de satélites do GPS, GLONASS e GALILEO. O equipamento é composto por uma base e um receptor, visualmente idênticos, com duas baterias e uma antena de rádio UHF de 1W em cada. A base é montada sobre um tripé nivelante de alumínio e pode ser ligada à rede elétrica. O *rover* é montado sobre um bastão de fibra de carbono, que pode ser acoplado a um bipé para mantê-lo em pé durante a coleta das coordenadas.

A operação da base e do *rover* é feita através de uma unidade coletora de dados, que consiste em um *palmtop* rodando o Windows CE 6.0 e operado através de alguns botões de navegação e uma caneta *touch*. O software da Topcon é em inglês, porém outros equipamentos podem utilizar softwares traduzidos para

português ou rodar em outras plataformas, como o *Android*. A comunicação entre a base, o *rover* e a coletora de dados é feita através de *bluetooth*.

Após montar fisicamente a base e o receptor, deve ser realizada a sua sincronização com a coletora de dados através do software da Topcon; neste momento é estabelecido o enlace rádio UHF da base com a coletora. Após isso deve ser feita a configuração do trabalho a ser executado, como sistema de coordenadas, datum, zona UTM em que se encontra e outros que o usuário julgar necessário.

Antes de realizar o levantamento topográfico, devem ser definidas as coordenadas da base. Para isso, ela pode ser instalada em um ponto de coordenadas conhecidas, sendo estas inseridas manualmente, ou pode ser definido que a base obtenha suas coordenadas através dos satélites, arbitrando assim sua posição. Neste caso, a base faz a leitura de suas coordenadas, a cada um segundo, por um determinado tempo; o sistema exclui as leituras julgadas anômalas, através do tratamento estatístico, e considera a média das demais coordenadas obtidas como sua posição real, com a qual irá calcular as correções enviadas aos receptores.

Para o levantamento topográfico deste estudo, a base de correções do GNSS RTK foi instalada no topo do Ponto Cotado 1161 ( $501-7611$ ), na porção Norte do CIGMAL. Tal posição apresenta dominância sobre toda a área do campo de instrução, facilitando o enlace rádio entre a base e o *rover* ao longo de toda a atividade.

Tendo em vista a ausência de marcos trigonométricos próximos à região do CIGMAL, optou-se pela obtenção dos controles topográficos iniciais com a base de correções, pelo método do ponto médio de sucessivas coordenadas, sendo realizada a leitura por 30 minutos.

Durante o levantamento topográfico pode ser observado que a operação do material é simples, desde que o operador domine conhecimentos intermediários de topografia e tenha conhecimentos básicos de inglês. A obtenção das coordenadas, após chegar aos pontos, não passou de 30 segundos após ligar o *rover*, tempo necessário para reestabelecer o enlace rádio, receber as correções da base e

calcular suas coordenadas. Com distâncias maiores, o tempo para fixar a posição e obter as correções é maior, pois o rádio UHF é mais suscetível a interferências.

O alcance pode ser aumentado com a utilização de um rádio externo, basta que ele seja capaz de transmitir dados através do protocolo RTCM. Entretanto, conforme a experiência do sargento topógrafo, a utilização de rádios externos é difícil e pouco confiável, pois estes equipamentos demandam o uso de uma fonte de energia externa e por vezes superaquecem.

Neste escopo, uma preocupação constante ao realizar o levantamento topográfico, com o GNSS RTK, é de que a base de correções desligue por algum motivo, pois é necessário retornar a ela para ligá-la novamente. Da mesma forma, caso o enlace rádio entre a base e o *rover* pare de funcionar, será necessário retornar à base com o *rover* para reconfigurar sua conexão. Ambas as situações não ocorreram durante o experimento, porém o sargento topógrafo alegou que tais situações podem acontecer. Uma boa prática no uso deste tipo de equipamento, é manter um militar junto à base com um rádio, podendo ser acionado caso seja necessário intervir em seu funcionamento.

Os dados obtidos podem ser observados nas tabelas abaixo:

Tabela 1 – Coordenadas (E e N) obtidas através do método RTK e sua acurácia horizontal

Ponto	Coordenadas obtidas pelo RTK		Coordenadas pós-processadas através da RBMC (Controle)		Acurácia Horizontal	
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Absoluta (m)	Ref Base (m)
Base	501898,034	7611096,506	501898,219	7611095,700	0,827	-
1	472264,504	7595551,883	472264,692	7595551,089	0,816	0,011
2	502401,773	7608625,804	502401,973	7608624,996	0,832	0,016
3	471344,027	7600450,915	471344,213	7600450,121	0,815	0,017
4	472160,727	7590528,620	472160,915	7590527,817	0,825	0,009
5	500740,599	7609301,239	500740,794	7609300,443	0,820	0,005
6	503267,887	7609190,724	503268,084	7609189,933	0,815	0,004
7	471147,819	7599289,265	471148,006	7599288,468	0,819	0,003
8	471147,816	7599289,272	471148,009	7599288,469	0,826	0,007
9	500679,523	7609683,837	500679,721	7609683,046	0,815	0,010
10	500527,749	7609910,001	500527,940	7609909,211	0,813	0,003
11	502400,649	7608884,199	502400,842	7608883,396	0,826	0,013

12	502400,645	7608884,201	502400,834	7608883,405	0,818	0,008
13	500565,661	7609898,604	500565,850	7609897,797	0,829	0,011
14	501870,696	7611146,102	501870,881	7611145,303	0,820	0,009
15	471570,832	7590544,831	471571,025	7590544,025	0,829	0,009
16	501898,034	7611096,506	501898,232	7611095,709	0,821	0,008
17	472264,504	7595551,883	472264,695	7595551,093	0,813	0,008
Média					0,821	0,009

Tabela 2 – Coordenadas (H) obtidas através do método RTK e sua acurácia vertical

Ponto	Coordenadas obtidas pelo RTK (m)	Coordenadas pós-processadas através da RBMC (Controle) (m)	Acurácia Vertical	
			Absoluta (m)	Ref Base (m)
Base	1145,457	1145,813	0,356	-
1	932,704	933,063	0,359	0,003
2	993,919	994,263	0,344	0,015
3	838,632	838,972	0,340	0,004
4	963,298	963,645	0,347	0,007
5	968,217	968,584	0,367	0,020
6	1037,871	1038,227	0,356	0,011
7	888,319	888,659	0,340	0,016
8	888,326	888,703	0,377	0,037
9	960,338	960,701	0,363	0,014
10	962,521	962,866	0,345	0,018
11	980,638	980,987	0,349	0,004
12	980,644	981,018	0,374	0,025
13	962,518	962,888	0,370	0,004
14	1151,460	1151,818	0,358	0,012
15	956,998	957,368	0,370	0,012
16	1145,457	1145,817	0,360	0,010
17	932,704	933,078	0,374	0,014
Média			0,358	0,013

Conforme pode ser observado na Tabela 1, que trata sobre o grau de precisão do GNSS RTK para levantar coordenadas horizontais (E e N), a acurácia – que é a medida estatística do quão próximo a coordenada obtida está da coordenada absoluta – da coordenada da base é de 0,827 metros, pois foi medida através da média das coordenadas obtidas por satélite ao longo de 30 minutos. Como as coordenadas dos demais pontos foram medidas utilizando este erro como base para correções, esta medida deve ser subtraída de suas acurácias, para assim ser possível verificar se atentem os requisitos para comporem a mesma trama topográfica.

Assim, ao excluir o erro de acurácia das coordenadas da base, as coordenadas dos demais pontos foram levantadas com acurácia de 0,009 metros, suficiente para que a precisão de 1:3000 fosse obtida em qualquer ponto mais distante que 27 metros da base. Portanto, todos os pontos levantados encontram-se numa mesma trama topográfica, no que se refere a coordenadas.

Da mesma maneira, para a determinação de uma direção de referência inicial (DR $\emptyset$ ), é possível realizar a medição da coordenada de um ponto afastado e determinar sua direção pelo cálculo, como descrito no parágrafo 4-15 do C 6-199 Topografia do Artilheiro, utilizando a “Ficha Topo 3”. Ao utilizar este método, mesmo que se utilize um ponto afastado na distância mínima, de 300 metros, conforme parágrafo 7-5 do C 6-199 (BRASIL, 1986), a precisão em direção será de 0,03”, muito superior à precisão mínima de 2”.

Quanto ao grau de precisão vertical do GNSS RTK, contido na Tabela 2, o princípio de exclusão do erro da coordenada da base, de 0,358 metros, também deverá ser aplicado. Assim as coordenadas H dos pontos foram levantadas com acurácia de 0,013 metros, dentro da tolerância de 10 metros prevista para a PTP.

O levantamento topográfico em questão foi realizado em 3 horas e 30 minutos, sendo em sua maior parte gasto com deslocamentos entre os pontos levantados. O CIGMAL encontra-se em região montanhosa, com estradas de pedra solta e com um terreno muito acidentado, desta forma, o deslocamento precisou ser feito em velocidade reduzida, para que se mantivesse a segurança da atividade. Assim, caso fosse realizado em um terreno de mais fácil trafegabilidade, este tempo provavelmente seria inferior a duas horas, respeitando o tempo limite para realização do levantamento topográfico com meios eletrônicos, conforme previsto no CI 6-199/1 (BRASIL, 2005).

#### 2.4 A APLICABILIDADE DO GNSS RTK NA ARTILHARIA DE CAMPANHA

Antes de propor a utilização do GNSS RTK na artilharia de campanha, se faz necessário explicar como este equipamento é empregado nas viaturas do ASTROS Mk6 para realizar os trabalhos topográficos no Grupo de Mísseis e Foguetes (GMF).

As viaturas Lançadora Múltipla Universal (AV-LMU) e Posto de Comando e Controle (AV-PCC) contam com uma unidade de navegação (AV-NAV), composta por um navegador inercial, com a finalidade de obter direções com precisão de 1”, bem como recobrir a navegação nos locais com baixa recepção dos satélites do GNSS, e

o sistema GNSS Trimble SPS852, com capacidade RTK, ambos conectados à Unidade do Processador de Comunicação (AV-PCO I) que permite que os dados sejam exibidos no Console de Operação (AV-COP) (GIANNOTTI; JUNIOR; SILVA, 2014)

O GNSS RTK das AV-PCC utiliza o sistema de rádio da viatura para transmitir as correções para as AV-LMU, para que o receptor RTK destas viaturas possa realizar a obtenção de sua coordenada precisa por ocasião do tiro (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2016). Mesmo que as correções transmitidas não tenham uma boa acurácia, pois a AV-PCC provavelmente não se encontrará sobre um ponto de coordenadas conhecidas, as AV-LMU, utilizando suas correções, estarão em uma mesma trama topográfica, permitindo assim a centralização do tiro.

A aplicação deste equipamento na artilharia de campanha pode se dar de forma semelhante ao que se observa no ASTROS Mk6, porém com algumas adaptações relativas ao material, ao emprego e às distâncias entre as unidades e subunidades.

Numa primeira fase de implantação, tendo em vista o custo elevado de cada unidade do GNSS RTK, de aproximadamente R\$ 80 mil por par de aparelhos (ambos podem ser base ou *rover*), seriam distribuídos para as Baterias de Comando das Artilharias Divisionárias (Bia C AD) dois conjuntos, um para transmitir as correções e um para realizar o levantamento de outra RPG, e um rádio externo VHF com alcance para ao menos 20 km, permitindo que esta base transmita correções em toda frente da DE. Da mesma forma os Grupos de Artilharia de Campanha (GAC) receberiam um conjunto completo de GNSS RTK, com base e *rover*, a ser utilizado pela Turma de Observação e Topografia da Bateria de Comando, permitindo que recebessem as correções da AD e atuassem de forma isolada.

Numa segunda fase, as Baterias de Obuses (BO) receberiam um conjunto de GNSS RTK, dando capacidade semelhante à do GAC, de receber correções topográficas e atuar isoladamente, bem como a Bateria de Comando (Bia C) dos GAC receberia um segundo conjunto de aparelhos, permitindo que realizasse um levantamento topográfico enquanto transmite correções.

Na última fase de implementação, cada peça seria dotada de uma unidade de navegação semelhante à do ASTROS Mk 6, com uma unidade de navegação inercial, para obtenção de direção precisa, e um receptor GNSS RTK, conectado a um sistema de rádio e ao Sistema Gênesis, permitindo que a peça recebesse as correções da

base RTK – seja da Bia C AD, da Bia C ou da própria BO – através do rádio, obtivesse suas coordenadas precisas e as enviasse pelo rádio para o Sistema Gênesis, para que este possa calcular os elementos de tiro com dados precisos de georreferenciamento das peças.

Estas bases de correções podem também fornecer correções para drones dotados de RTK, hoje utilizados para o georreferenciamento de áreas ermas, propriedades rurais e modelagem em três dimensões de construções e terrenos; mas que vêm sendo utilizados para o levantamento de alvos e condução de tiro de artilharia na Guerra da Ucrânia (KOSSOV, 2022).

Estas mudanças de doutrina e material permitem que as turmas topográficas da Bia C AD, Bia C e BO do GAC sejam reduzidas consideravelmente, consonante assim com a determinação de redução de 10% do efetivo do Exército Brasileiro até 2030 (BRASIL, 2021). Entretanto, tais ações esbarram em diversos fatores, sendo os principais deles o custo para a aquisição dos aparelhos GNSS RTK e dos rádios, a dificuldade de se treinar pessoal para operar estes equipamentos e, num segundo momento, a compatibilidade destes aparelhos com o Sistema Gênesis.

A implementação de um sistema de georreferenciamento eficaz, moderno e integrado a um bom sistema de controle e direção de tiro, é uma ação necessária para trazer a artilharia de campanha brasileira para a Era Informacional. Conforme FERREIRA (2022), ao analisar o emprego da artilharia de campanha na guerra entre Rússia e Ucrânia em 2022, concluiu que o investimento na modernização dos meios de apoio de fogo, em especial de artilharia de campanha, é uma necessidade urgente para a garantia da soberania nacional e da manutenção da prontidão operacional do Exército Brasileiro.

Assim, sem a capacidade de prover dados topográficos confiáveis aos sistemas de direção de tiro e munições inteligentes, é impossível a realização de fogos com precisão adequada para a neutralização do inimigo com o mínimo de danos colaterais, em especial em áreas humanizadas.

### **3. CONCLUSÃO**

É notável que o GNSS RTK, utilizado como sistema de georreferenciamento pelas viaturas ASTROS Mk 6, é capaz de fornecer dados topográficos extremamente precisos em pouco tempo, permitindo que a artilharia de campanha brasileira possa desencadear fogos eficazes e com baixa ocorrência de danos colaterais; especialmente se combinado com um sistema informatizado de controle e direção de tiro, como o Gênesis, e munições de artilharia modernas.

Assim, dentro do contexto do Projeto Estratégico de Modernização da Artilharia de Campanha, o investimento na compra e implantação destes equipamentos, mesmo que represente um grande gasto inicial, irá trazer um alto grau de eficiência no apoio do fogo de artilharia, com o retorno positivo da redução dos efetivos das turmas topográficas.

## REFERÊNCIAS

AXE, David. **With big old artillery and tiny new drones, ukrainian gunners take aim at regrouping russians**. [S. l.]: Forbes, 23 maio 2022. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/05/23/big-old-guns-tiny-new-drones-ukrainian-gunners-disrupt-regrouping-russians/?sh=63a43f455e22>. Acesso em: 11 set. 2022.

BRASIL. Exército Brasileiro. **EB10-P-01.007 – Plano Estratégico do Exército 2020-2023**. Brasília, DF, 2019.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Diretriz do Comandante do Exército 2021- 2022**. Brasília, DF, 2021.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **C 6 – 199 – Topografia do Artilheiro**. 3ª Edição. Brasília, DF, 1986.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **CI 6 – 199/1 – O Levantamento Topográfico Eletrônico**. 1ª Edição - Experimental. Brasília, DF, 2005.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **C 21 – 26 – Leitura de Cartas e Fotografias Aéreas**. 2ª Edição. Brasília, DF, 1980.

CHOUHARY, Mahashreveta. **What are various GNSS systems?**. [S. l.]: Geospatial World, 20 nov. 2019. Disponível em: <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-are-the-various-gnss-systems>. Acesso em: 11 set. 2022.

FISHER, Brian. **Geodesia today: RTK radio secrets**. [S. l.]: The American Surveyor, 8 fev. 2021. Disponível em: <https://amerisurv.com/2021/02/08/geodesia-today-rtk-radio-secrets-part-1/>. Acesso em: 11 set. 2022.

FOREST GIS. **Acurácia GPS: O que são PDOP, HDOP, GDOP, multicaminho e outros?**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://forest-gis.com/2018/01/acuracia-gps-o-que-sao-pdop-hdop-gdop-multi-caminho-e-outros.html/>. Acesso em: 11 set. 2022.

GIANNOTTI, Guilherme Venturi; JUNIOR, Carlos Alberto Raimundo; SILVA, Matheus Monteiro. **A utilização e o emprego da topografia no sistema ASTROS modelo Mk6**. Orientador: Raphael Nobrega dos Santos. 2014. 25 p. Trabalho de Conclusão de Estágio (Operação do Sistema ASTROS) - Centro de Instrução de Artilharia de Foguetes, Formosa-GO, 2014. Disponível em: <http://www.epex.eb.mil.br/images/pdf/A-UTILIZAO-E-O-EMPREGO-DA-TOPOGRAFIA-NO-SISTEMA-ASTROS-MODELO-MK6.pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.

GMV NSL (Reino Unido). **GPS performances**. [S. l.]: European Space Agency - Navipedia, 2020. Disponível em: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Main\\_Page](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Main_Page). Acesso em: 11 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **Galileo performances**. [S. l.]: European Space Agency - Navipedia, 2021. Disponível em: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_Performances](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Performances). Acesso em: 11 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **GLONASS performances**. [S. l.]: European Space Agency - Navipedia, 2018. Disponível em: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS\\_Performances](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GLONASS_Performances). Acesso em: 11 set. 2022.

\_\_\_\_\_. **BeiDou performances**. [S. l.]: European Space Agency - Navipedia, 2018a. Disponível em: [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/BeiDou\\_Performances](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/BeiDou_Performances). Acesso em: 11 set. 2022.

KOSSOV, Igor. **A game of drones: Ukraine builds up UAV fleet**. [S. l.]: Kyiv Independent, 26 jul. 2022. Disponível em: <https://kyivindependent.com/national/a-game-of-drones-ukraine-builds-up-uav-fleet>. Acesso em: 11 set. 2022.

MOREIRA, Antão Leonir Langendolff. **Precisão do posicionamento RTK usando correções diferenciais transmitidas pelo sistema NTRIP (RBMC-IP)**. Orientador: Elódio Sebem. 2011. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/9547/MOREIRA%2C%20ANTAO%20LEONIR%20LANGENDOLFF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 set. 2022.

NOVATEL INC (Canadá). **An introduction to GNSS: GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo and other Global Navigation Satellite Systems**. 2ª Edição. ed. Calgary, Alberta, Canadá: NovAtel N.E., 2015. 91 p. ISBN 978-0-9813754-0-3. *E-book* (100p).

OLIVEIRA, Renan Soares da Silva Martins de; RODRIGUES, Diogo da Silva. **Consolidação da trama topográfica das viaturas ASTROS Mk6**. 2016. 7 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Operação do Sistema de Mísseis e Foguetes para Oficiais e Sargentos) - Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes, Formosa-GO, 2016. Disponível em: <http://www.epex.eb.mil.br/images/pdf/CONSOLIDAO-DA-TRAMA-TOPOGRFICA-DAS-VIATURAS-ASTROS-MK6.pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.