

**ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS**

**ACADEMIA REAL MILITAR (1811)**

**FÁBIO GUILHERME RIBEIRO**

**A PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ARTILHARIA DE CAMPANHA:  
um estudo de caso com utilização do método AHP para escolha de posições de  
bateria de obuses**

**Resende**

**2016**

**FÁBIO GUILHERME RIBEIRO**

**A PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ARTILHARIA DE CAMPANHA:  
um estudo de caso com utilização do método AHP para escolha de posições de  
bateria de obuses**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Academia Militar das  
Aguilhas Negras como parte dos  
requisitos para a Conclusão do Curso  
de Bacharel em Ciências Militares, sob  
a orientação do TC Inf Cleidinei  
Augusto da Silva.

**Resende  
2016**

**FÁBIO GUILHERME RIBEIRO**

**A PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ARTILHARIA DE CAMPANHA:  
um estudo de caso com utilização do método AHP para escolha de posições de  
bateria de obuses**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Academia Militar das  
Agulhas Negras como parte dos  
requisitos para a Conclusão do Curso  
de Bacharel em Ciências Militares, sob  
a orientação do TC Inf Cleidinei  
Augusto da Silva.

**COMISSÃO AVALIADORA**

---

**Cleidinei Augusto da Silva, Tenente-Coronel de Infantaria – Orientador**

---

**Avaliador**

---

**Avaliador**

## RESUMO

RIBEIRO, Fábio Guilherme. **A PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ARTILHARIA DE CAMPANHA:** um estudo de caso com utilização do método AHP para escolha de posições de bateria de obuses. Resende: AMAN, 2016. Monografia.

Este trabalho buscou analisar a Pesquisa Operacional (PO) como ferramenta de apoio à decisão no âmbito da Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro. O principal objetivo do trabalho foi testar, em ambiente militar, a viabilidade da aplicação da PO em decisões de comandantes no nível tático dentro dos GAC da Força Terrestre. Para isto, foi feita pesquisa bibliográfica, buscando esclarecer as principais características da Pesquisa Operacional. Em seguida, um estudo de caso utilizando metodologia fundamentada no método Analytic Hierarchy Process (AHP) demonstra técnicas que podem ser usadas para obter as melhores soluções para um problema militar. Uma situação hipotética com três alternativas foi analisada por um especialista a fim de avaliar o emprego dos procedimentos fundamentados no AHP em apoio à decisão de um comandante durante operações de guerra convencional. Os resultados mostraram-se coerentes com o que prega a doutrina militar vigente e com os mais modernos paradigmas para o emprego da Artilharia de Campanha. Obteve-se a percepção de que a utilização de recursos advindos de soluções fundamentadas na Pesquisa Operacional pode favorecer atividades no âmbito de diversos escalões do Exército Brasileiro, inclusive no nível subunidade de Artilharia, dada a sua utilidade, eficiência e acessibilidade.

**Palavras-chave:** Artilharia de Campanha. Pesquisa Operacional. Analytic Hierarchy Process. Bateria de Obuses.

## **ABSTRACT**

**RIBEIRO, Fábio Guilherme. A PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À ARTILHARIA DE CAMPANHA:** a case study applying the AHP method to a howitzer position selection. Resende: AMAN, 2016. Monograph.

The present work aims to know the applicability of the Operations Research in the Field Artillery of the Brazilian Army. The main objective of the work was to test the feasibility of the Operations Research in the military, to analyze decisions made by tactical commanders in the Field Artillery Groups of the Brazilian Army. Thus, a bibliographic research was made aiming to clarify the main characteristics of the Operation's Research. Next, a case study using the AHP process demonstrates techniques that could be used to help the decision-making concerning a military problem. The results indicates that the Operations Research could support activities in the Brazilian Army, including in the level of the Artillery batteries, because of its utility, efficiency and accessibility.

**Key words: Field Artillery. Operations Research. AHP. Analytic Hierarchy Process. Howitzer Battery.**

"A dificuldade não reside nas ideias novas, senão em fugir às antigas, que se insinuam pelos escaninhos do entendimento daqueles que, como quase todos nós, receberam a mesma formação".

(John Maynard Keynes)

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, por me apoiarem em todos os momentos e possibilitarem a realização de meu potencial.

Ao Sr TC Cleidinei pela paciência dispensada, por não ter medido esforços em me orientar e direcionar neste trabalho, abrindo minha mente a novas percepções e conhecimentos.

Aos amigos da caserna e da vida, pela fraterna convivência, risadas e aprendizados.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Antecedentes do Problema .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Apresentação do Problema da Pesquisa .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Estrutura.....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 A Artilharia de Campanha .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 A Pesquisa Operacional.....</b>	<b>22</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Método de Pesquisa .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Classificação da Pesquisa .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Coleta de Dados e Procedimentos.....</b>	<b>36</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Descrição do Estudo de Caso .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Identificando os Fatores da Decisão.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Identificando as Alternativas .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4 Priorização das alternativas.....</b>	<b>42</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>62</b>



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Organização do Grupo de Artilharia de Campanha .....	18
Figura 2 – Organização da Bia O .....	19
Figura 3 – Etapas para implementação de um método de PO .....	24
Figura 4 – Etapas para a aplicação do método AHP .....	28
Figura 5 – Estrutura de uma decisão genérica em 3 níveis hierárquicos.....	29
Figura 6 – Fotografia aérea da região de Três Morros .....	39
Figura 7 – Extrato da Carta Topográfica Resende mostrando a região de Três Morros .	39
Figura 8 – Fotografia aérea da região de Três Morros enquadrando o CB/1 .....	41
Figura 9 – Fotografia aérea da região de Três Morros enquadrando o CB/2 .....	41
Figura 10 – Fotografia aérea da região de Três Morros enquadrando o CB/3 .....	42
Figura 11 – Hierarquia de decisão de escolha da melhor posição de Bia O. ....	43
Figura 12 – Tabela para comparação das posições .....	44
Figura 13 – Tabela para comparação dos critérios .....	44
Gráfico 1 – Prioridades das alternativas julgadas pelo especialista .....	52
Gráfico 2 – Prioridades dos critérios julgados pelo especialista .....	53
Figura 14 – Cálculo de prioridades no Smartphone .....	56
Figura 15 – Multiplicação de Matrizes no Smartphone .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - A escala fundamental de Saaty.....	29
Tabela 2 - Comparação entre os pares de critério .....	31
Tabela 3 - Comparação entre os pares de critério completa.....	31
Tabela 4 - Índice de consistência aleatório.....	33
Tabela 5 - Comparação entre os pares de fatores de decisão .....	45
Tabela 6 - Prioridades relativas da seleção de Posição de Bia O .....	45
Tabela 7 – Consistência dos julgamentos do especialista .....	47
Tabela 8 - Comparação com relação ao fator Segurança .....	48
Tabela 9 - Comparação com relação ao fator Deslocamento .....	48
Tabela 10 - Comparação com relação ao fator Circulação.....	48
Tabela 11 - Comparação com relação ao fator Dispositivo da Tropa Apoiada.....	48
Tabela 12 - Comparação com relação ao fator Continuidade do Apoio de Fogo .....	48
Tabela 13 - Comparação com relação ao fator Coordenação .....	49
Tabela 14 - Consolidação das prioridades.....	49
Tabela 15 - Agregação das prioridades .....	50

## **ABREVIATURAS**

AMAN	Academia Militar das Agulhas Negras
Bia C	Bateria de Comando
Bia O	Bateria de Obuses
Cmt Bia O	Comandante de Bateria de Obuses
EB	Exército Brasileiro
GAC	Grupo de Artilharia de Campanha
QC	Quociente de Consistência
PO	Pesquisa Operacional
REOP	Reconhecimento, Escolha e Ocupação de Posição
RPP	Região de Escolha de Posições
UT	Unidade de Tiro

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o tema Pesquisa Operacional (PO) tem adquirido importância, pois a crescente complexidade do mundo exige que as pessoas tomem decisões cada vez mais complexas e a PO, como ferramenta de apoio à tomada de decisão, vem contribuir para que decisores façam seu trabalho de maneira cada vez mais acertada, considerando ao máximo as múltiplas variáveis que cercam uma escolha e suas implicações no futuro.

Faz-se necessário a definição de alguns conceitos considerados fundamentais para o desenvolvimento do assunto.

Segundo Moreira (2010), a Pesquisa Operacional é uma disciplina que:

Por meio de uso de técnicas como a modelagem matemática para analisar situações complexas, dá aos executivos o poder de tomar decisões mais efetivas e de construir sistemas mais produtivos, baseados em dados mais completos, considerações de todas as alternativas possíveis, previsões cuidadosas de resultados e estimativas de risco e nas mais modernas ferramentas e técnicas de decisão. (MOREIRA, 2010, p.3).

A Artilharia de Campanha, por sua vez, consiste do principal meio de apoio de fogo do Exército Brasileiro e o Manual de Campanha C 6-1 assim a descreve:

Capaz de atuar contra o inimigo a grande distância, a qualquer momento, sob quaisquer condições meteorológicas, propiciando volume e potência de fogo nos locais decisivos ao êxito da manobra da força - assim é a ARTILHARIA". Tendo por missão síntese "apoiar a força pelo fogo, destruindo ou neutralizando os alvos que ameacem o êxito da operação. (Brasil, p 1-1, 1997).

Tomada de decisão é definido como:

A necessidade de escolher uma ou algumas entre muitas alternativas para as ações a serem realizadas em diversas situações que poderão surgir de forma inesperada. E a decisão - de acordo com muitos artigos escritos e que refletem a realidade - pode ser tomada a partir de muitas probabilidades, possibilidades e alternativas. (TOMADA..., 2009).

### 1.1 Antecedentes do Problema

A PO tem suas origens e se desenvolveu muito no meio militar quando, na Segunda Guerra Mundial, foi largamente empregada no apoio às decisões quantitativas dos comandantes. A disciplina surgiu quando métodos matemáticos apoiaram "a Força britânica para a tomada de decisão sobre o posicionamento de radares da Artilharia Antiaérea" (CRUZ, 2014, p. 12).

Com o passar do tempo, o tema foi se adaptando aos setores civis, em especial à administração e às ciências gerenciais. Contudo, observou-se que a PO foi se afastando do ambiente militar, sendo cada vez menos empregada e, principalmente no Exército Brasileiro (EB). Na Força Terrestre do Brasil, ela se restringe "aos trabalhos com jogos de guerra dentro

do COTER” (PASSOS, 2007 p. 70) e, na área de ensino, está restrita à pós-graduação no Instituto Militar de Engenharia. (PASSOS, 2007).

É importante ressaltar a importância do tema proposto neste trabalho. O foco é direcionado às operações militares conduzidas no âmbito do EB. Cabe ressaltar que outras pesquisas foram conduzidas recentemente buscando-se implementar metodologias fundamentadas na PO para auxiliar decisões de comandantes de forças armadas. De uma maneira geral verifica-se certo emprego de métodos de PO, em especial do método AHP nas Forças Armadas, do Brasil e estrangeiras. Porém, exclusivamente voltadas a aquisição de material, sem aproveitar a oportunidade de empregá-lo em operações de combate.

Exemplo disso é o trabalho desenvolvido por Ribeiro, Passos e Teixeira (2012) que propõem a seleção de tecnologias de Comunicações no EB utilizando métodos de análise multicritério. Além desses, há outros exemplos conduzidos por militares da Força Aérea Brasileira (FAB), como o de Silva (2013) que desenvolve metodologia com vistas a seleção de tecnologias de Guerra Eletrônica para helicópteros de combate, e, também, o trabalho de Santos, Quintal e Leal (2014), que busca a seleção do melhor caça para a FAB. No Corpo de Fuzileiros Navais Estadunidense, Tabar (2013) emprega o AHP para selecionar as melhores opções de compras de viaturas de transporte.

## **1.2 Apresentação do Problema da Pesquisa**

A ausência de aplicação nos dias de hoje desta ferramenta tão útil ao apoio à decisão e planejamento dos comandantes do Exército Brasileiro conduz à formulação do seguinte problema: Face a evolução da Doutrina Militar Terrestre, estaria a PO obsoleta e ultrapassada para apoiar a decisão dos comandantes dos escalões de Artilharia de Campanha ou existe espaço para os métodos de PO dentro das decisões feitas em combate?

Parte-se da hipótese de que a Pesquisa Operacional pode ser utilizada para apoio às decisões feitas em combate e se propõe a utilização desta para auxiliar os oficiais intermediários e subalternos dos GAC nas decisões que estes devem tomar. Desta forma, pretende-se testar a viabilidade desta hipótese por meio de um estudo de caso, que objetiva exemplificar o apoio a uma decisão face a incertezas frequentemente presentes no combate convencional.

Logo, trabalhou-se com as seguintes variáveis: Decisões feitas pelos oficiais de um GAC, fatores que influenciam na sua decisão e métodos que podem auxiliar na tomada da decisão.

### 1.3 Objetivos

O objetivo geral do trabalho foi testar, em ambiente militar, a viabilidade da aplicação da PO em decisões de comandantes no nível tático dentro dos GAC do Exército Brasileiro.

Os objetivos específicos foram:

a) Realizar pesquisa bibliográfica acerca dos assuntos Artilharia de Campanha e Pesquisa Operacional (aprofundando-se nos métodos multicritério) a fim de conhecer os processos decisórios na Artilharia de Campanha e obter embasamento teórico para desenvolvimento de estudo de caso.

b) Realizar Estudo de Caso dentro de situação específica relativa a um Reconhecimento, Escolha e Ocupação de Posição de Bateria valendo-se de Métodos Multicritério de Apoio à Decisão para verificar se é viável a aplicação da PO nas situações previstas na doutrina vigente no Exército Brasileiro.

c) Avaliar a implementação do método AHP com a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicações para tornar mais dinâmico e célere o processo decisório e de estudo de situação dos referidos comandantes de nível tático.

O estudo do tema deste trabalho é relevante para o meio militar, uma vez que as operações militares acompanham a tendência mundial de aumento de complexidade dos cenários vividos e é função inerente ao comandante militar decidir a todo tempo. (ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS, 2010).

As decisões de um comandante afetam grande número de pessoas e podem influenciar de maneira significativa o curso das operações, podendo causar, inclusive, perda de vidas humanas. Nos dias atuais, operações de amplo espectro, conflito de quarta geração e combate assimétrico são termos recorrentes no ambiente militar, o que denota o real crescimento da complexidade das operações, grande aumento de atores e variáveis de decisão que vêm a influenciar no processo decisório e interferir, inevitavelmente, nos resultados das decisões. Além disso, as Forças Armadas, lamentavelmente, sofrem fortes cortes orçamentários para o atual ano de 2016 (GALANTE, 2015), o que demanda que os chefes militares, mais do que nunca, decidam a melhor maneira como empregar os já escassos recursos face às necessidades ilimitadas do Exército de um país de dimensões continentais como é o Brasil.

A presente pesquisa busca tratar do tema sob a perspectiva da Análise Multicritério da Decisão, uma subdisciplina da PO, que tem base em estudos da Psicologia e Matemática e “se propõe a superar limitações cognitivas dos tomadores de decisão.” (TORRES, 2014, p.42).

O foco desta pesquisa foi delimitado às decisões tomadas em operações de combate convencional pelos Oficiais Subalternos e Intermediários dos Grupos de Artilharia de Campanha (GAC), relativas ao Reconhecimento, Escolha e Ocupação de Posições de Bateria (REOP). Estas atividades indicam a existência de decisões complexas com multiplicidade de fatores de decisão. Portanto, não devem ser decididas sem que haja uma apreciação adequada do assunto, levando em conta o maior número possível de critérios.

#### **1.4 Estrutura**

A presente monografia está assim estruturada:

No primeiro capítulo, o tema Pesquisa Operacional é introduzido, expondo a motivação de sua importância e a relevância da PO no meio militar. Além disso, foram expostos os objetivos gerais e específicos da pesquisa, além do problema e da hipótese do trabalho.

Para a elaboração deste capítulo, utilizou-se como fontes principais os manuais de campanha C6-1 e C 6-20. Além disso, o livro Pesquisa Operacional: curso introdutório, de Daniel Augusto Moreira e a Dissertação Desenvolvimento Metodológico para Apoio à Tomada De Decisão de Cássia Juliana Fernandes Torres.

O segundo capítulo traz a revisão da literatura onde foi possível conhecer mais a fundo aspectos da Artilharia de Campanha, da Pesquisa Operacional e, mais especificamente, do método AHP. As principais fontes utilizadas foram os trabalhos de Tabar (2013), Santos e Quintal (2014), Ribeiro et al. (2012), e Silva (2013) e o livro de Colin (2007).

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia utilizada durante o trabalho e os procedimentos adotados durante a pesquisa e elaboração do relatório. São ressaltados os fatos mais importantes para a operacionalização da pesquisa.

No quarto capítulo, é mostrado um estudo de caso que emprega a Pesquisa Operacional no ambiente militar, integrando as duas partes principais abordadas na revisão da literatura. As principais fontes utilizadas foram o livro de Colin (2007), e os trabalhos de Tabar (2013) e Silva (2013).

No quinto capítulo, Resultados e Discussão, são apresentados os resultados obtidos durante a pesquisa por meio de textos e gráficos e são indicadas as origens destes resultados. Além disso, os resultados são discutidos, mostrando coerências e incoerências entre os resultados e a teoria apresentada na revisão da literatura e entre os próprios resultados.

Por fim, no sexto capítulo, são mostradas as conclusões, onde o desenvolvimento é relacionado ao problema e à hipótese do trabalho. Apresenta-se, também, sugestões para elaboração de futuras pesquisas acerca da PO.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O tema de pesquisa insere-se na linha de pesquisa Pesquisa Operacional e na área de estudo Economia.

A título de introdução ao assunto, mostrou-se conveniente apresentar a seguinte passagem da história da Guerra da Indochina, para demonstrar a importância das decisões feitas em combate e da necessidade de se considerar ao máximo a maior quantidade de fatores que poderão influir no curso das operações a fim de tomar decisões ponderadas.

Em Dien Bien Phu, 1954, o Exército Colonial Francês, na tentativa de cortar as linhas de suprimento Vietminh para o Laos, selecionou posições de Artilharia, até então, considerada fortemente defensáveis. As posições eram cercadas por elevações cobertas por uma selva densa. Os franceses assumiram que estas elevações seriam inacessíveis à Artilharia Vietminh, uma vez que não havia rede logística no local para mover canhões e obuseiros pesados ao topo dos morros. O que eles não consideraram era a habilidade Vietminh de dividir as peças e transportá-las através de trilhas nas selvas do entorno. Isto, em última análise, permitiu aos Vietminh subjugar a Artilharia Francesa em número, levando a França à derrota em Dien Bien Phu. Essa foi uma derrota histórica, uma vez que uma pequena, mal equipada e mal treinada força foi capaz de derrotar uma força de poder militar muito superior. (TABAR, 2013).

A derrota histórica da França em Dien Bien Phu foi resultado de um planejamento mal executado por parte dos chefes militares franceses, que não souberam decidir pelo melhor local para posicionar suas baterias. Sem dúvida, se fosse feito um estudo de caso criterioso, atentando para os múltiplos fatores da decisão, não teriam decidido pela posição que os levou à derrota. Tal derrota se deve ao fato de ter-se tomado uma decisão simplesmente intuitiva em uma situação onde se exigia ponderação.

Métodos de Pesquisa Operacional que se prestam ao apoio da decisão multicritério como o AHP, que é discutido neste trabalho (inclusive com um estudo de caso para seleção de posições de Artilharia), poderiam ter ajudado os franceses a considerar todos os fatores nesta ocasião e, talvez, evitar este revés histórico.

A partir de agora, será apresentada a base teórica para o desenvolvimento do estudo de caso.

## 2.1 A Artilharia de Campanha

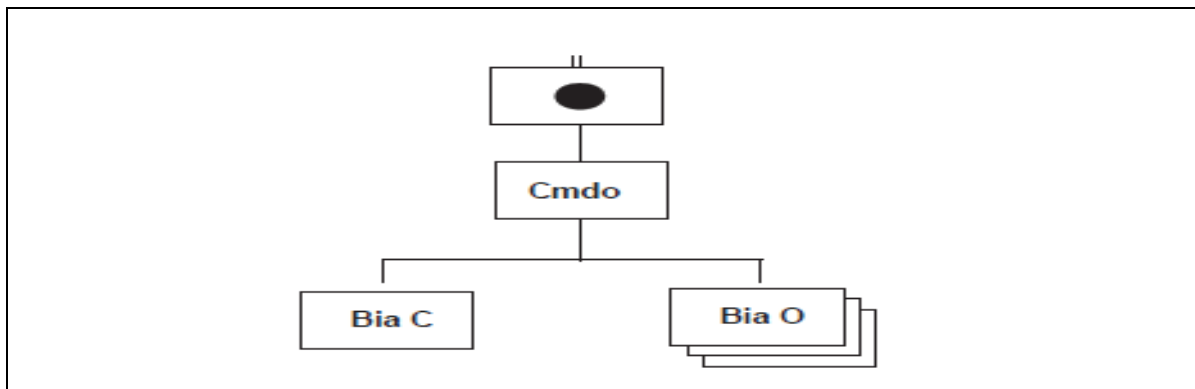
Para melhor compreensão, faz-se necessário conhecer melhor as atividades desenvolvidas pela Artilharia de Campanha. O Manual de Campanha C 6-1 esclarece mais a fundo a missão e as ações realizadas por esta arma do Exército Brasileiro:

A Artilharia de Campanha tem por missão apoiar força pelo fogo, destruindo ou neutralizando os alvos que ameacem o êxito da operação. Ao cumprir essa missão, a Artilharia de Campanha realiza as seguintes ações:

- apoia os elementos de manobra com fogos sobre os escalões avançados do inimigo;
- realiza fogos de contrabateria dentro do alcance de suas armas.
- dá profundidade ao combate, pela aplicação de fogos sobre instalações de comando, logísticas e de comunicações, sobre reservas e outros alvos situados na zona de ação da força. (BRASIL, 1997, p. 1-2).

### 2.1.1 O Grupo de Artilharia de Campanha

Com a finalidade de apoiar pelo fogo a manobra da arma base, a Artilharia de Campanha está difundida pelo território nacional nos 27 Grupos de Artilharia de Campanha (GAC), que são as unidades responsáveis por executar a missão síntese da Artilharia de Campanha, cumprindo as missões táticas a eles atribuídas por meio de suas Baterias, que consistem de subunidades com suas missões específicas. Observa-se, na Figura 1, como está estruturado doutrinariamente o GAC, com suas Baterias de Obuses (Bia O) e uma Bateria de Comando (Bia C).



**Figura 1 – Organização do Grupo de Artilharia de Campanha**

**Fonte:** BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. C 6-20 O Grupo de Artilharia de Campanha. 4. ed. Brasília: EGGCF, 1998. p. 1-2.

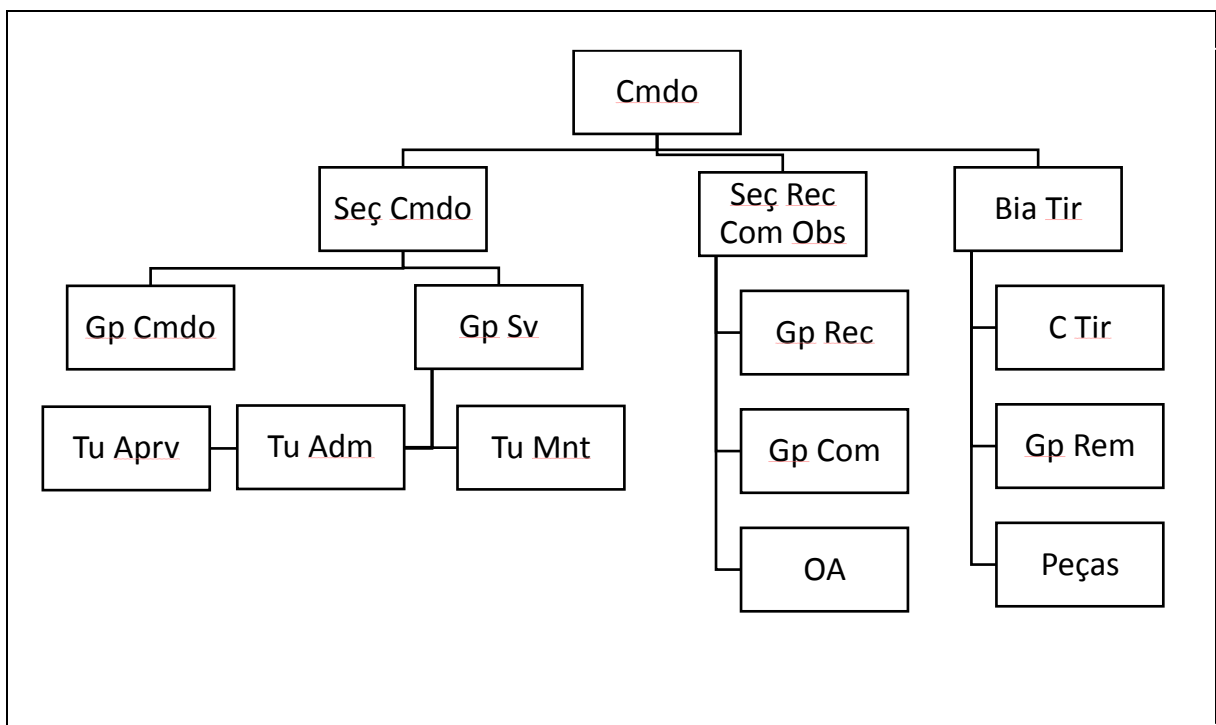
Como se observa na figura 1, os GAC são compostos de um Comando, uma Bateria de Comando e três Baterias de Obuses. Este estudo está focado nas Bia O.

Os GAC realizam o apoio às ações da Força Terrestre a partir de locais que são denominados áreas de posição. Segundo o Manual de Campanha C 6-20:

A expressão “área de posição” define a parte do terreno onde um GAC desdobra suas Baterias de Obuses, abrangendo uma área elipsoidal da ordem de 1.600 m x 800 m, com o eixo menor na direção geral de tiro. Esta área não representa um limite para a instalação dos demais elementos da Unidade, constituindo, no entanto, importante fator para a seleção de seus locais de desdobramento. Dentro dessa área são selecionadas as regiões para as posições de troca das Baterias. Dependendo da situação, as Baterias podem se posicionar fora da área de posição do Grupo. (BRASIL, 1998, p. 7-2).

#### 2.1.1.1 A Bateria de Obuses

Para cumprir sua missão, o GAC se vale, principalmente, de suas Bia O desencadeando fogos. Pode-se afirmar que as Bia O são, portanto, o braço forte dos GAC e elementos essenciais ao apoio de fogo, sem os quais se torna impossível qualquer atuação da Artilharia de Campanha nas operações convencionais. Na Figura 2, pode-se conferir a organização da Bia O.



**Figura 2 – Organização da Bia O**

**Fonte:** BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. C 6-140 Baterias do Grupo de Artilharia de Campanha. 4. ed. Brasília: EGGCF, 1995. p. 2-4.

O manual de campanha C 6-1 mostra que:

A bateria é a menor unidade administrativa da Artilharia. As Baterias de Obuses (Bia O) são as unidades de tiro (UT) do GAC, não devendo ser fracionadas, mas podendo ser empregadas independentemente pois são dotadas do pessoal e material necessários à condução e execução do tiro, comunicações, suprimento, manutenção e transporte. (BRASIL, 1997).

O mesmo manual faz ainda uma importante consideração ao dizer que “o grau de eficiência de uma bateria reflete as qualidades de chefe e o valor profissional de seu comandante.” (BRASIL, 1995, p. 2-1).

Da eficiência de uma Bia O, portanto, depende o sucesso do comandante e o próprio cumprimento da missão. Adotando as melhores linhas de ação, o Cmt Bia O confere à sua bateria maior eficiência, conquista credibilidade e multiplica seu poder de combate, contribuindo efetivamente com o Apoio de Fogo e, conseqüentemente, com o êxito das operações.

#### *2.1.1.2 O Reconhecimento Escolha e Ocupação da Posição da Bia O*

Para apoiar pelo fogo os elementos de manobra, ou seja, atirar com as Baterias de Obuses, faz-se necessário a ocupação de determinadas áreas. Estas são, conforme o manual de campanha C 6-140, chamadas de posição de Bia O, rigorosamente definidas como a “Área ocupada pela linha de fogo e demais órgãos e instalações, quando desdobrados no terreno.”. (BRASIL, 1995 p. 5-1).

O manual C 6-140 explica que o Reconhecimento Escolha e Ocupação de Posição (REOP) é um procedimento que visa possibilitar o deslocamento de uma Bia O de uma área de posição, para uma posição da qual possa desencadear fogos necessários ao cumprimento de sua missão. Se entende por posição de Bateria a “Área ocupada pela linha de fogo e demais órgãos e instalações, quando desdobrados no terreno.”. (BRASIL, 1995).

Adicionalmente, o manual de campanha C 6-40 esclarece a quem cabe a decisão quanto à escolha da área a ser desdobrada a Bia O: “A região de procura de posição (RPP) de um grupo é escolhida de modo a permitir, dentro das características técnicas do material, o cumprimento da missão. Nessa região, cada comandante de bateria recebe uma área onde deve escolher uma posição[...]” (BRASIL, 2001, p. 3-1).

Ao ser determinado que o GAC deverá ocupar uma área de posições, o comandante de Bateria de Obuses (Cmt Bia O) recebe informações quanto à área de posições escolhida para ser desdobrado o Grupo e realiza reconhecimentos *in loco*. Dentro desta área, o Cmt Bia O deverá escolher a posição ideal para sua Bateria, baseando-se em determinados fatores de decisão.

Conforme o C 6-140, os mesmos fatores observados pelo Cmt GAC quando do reconhecimento no escalão grupo são observados pelo Cmt Bia O, porém estes devem ser observados mais minuciosamente. (BRASIL, 1995). Daí a necessidade de se empregar um método que apoie a decisão.

Os seguintes fatores de decisão são determinados pelo manual C 6-1 (1997):

- a. Deslocamento - Condições de trafegabilidade (estradas, movimento através do campo e dos obstáculos acaso existentes) e segurança para o acesso às áreas de posição selecionadas.
- b. Circulação - Possibilidades de movimentação no interior da área de posição (natureza do solo e obstáculos acaso existentes) e prováveis efeitos das mudanças nas condições meteorológicas sobre a consistência do terreno.
- c. Segurança - Avaliação do desenfiamento, da camuflagem, do espaço para a dispersão, dos obstáculos interpostos entre a área de posição e o inimigo, da facilidade de ocupação das posições selecionadas, da distância da linha de contato e da proximidade da reserva.
- d. Coordenação - Necessidade de coordenar a escolha de qualquer posição com unidades vizinhas, escalão superior e outras unidades e instalações da força apoiada. (BRASIL, 1997, p. 3-12).

O manual C 6-1 data do ano de 1997. Porém, posterior a essa publicação, foi editado o manual C 6-20 O Grupo de Artilharia de Campanha no ano de 1998. Que apresenta, em vez de 4 fatores da decisão, 6 fatores de decisão que são enumerados a seguir:

- (a) Quanto à segurança - Desenfiamento, camuflagem, espaço para dispersão, obstáculos interpostos entre a posição e o inimigo, facilidade para ocupação de posição de troca, distância da LC e proximidade da reserva.
- (b) Quanto aos deslocamentos - Condições de trafegabilidade, obstáculos, segurança para acesso à área de posição e desta para a posição de manobra.
- (c) Quanto à circulação na posição - Condições de circulação no seu interior, natureza do solo e efeitos das condições meteorológicas.
- (d) Quanto ao dispositivo da força apoiada - Amplitude do setor de tiro (direção) e orientação da parte mais importante da frente.
- (e) Quanto à continuidade de apoio de fogo - Alcance e orientação do deslocamento.
- (f) Quanto à coordenação - Necessidade de coordenação com o escalão superior, unidades vizinhas e outras. (BRASIL, 1998, p. 6-8).

Apesar de o manual de campanha C 6-140 determinar que sejam observados os fatores constantes no C 6-1 Emprego da Artilharia de Campanha (BRASIL, 1995), neste trabalho, optou-se por contrariar esta recomendação durante o estudo de caso, objetivando utilizar a informação mais atualizada da documentação em vigor no Exército Brasileiro relativa a este assunto.

A partir da lista apresentada no manual de campanha C 6-20 (1998), observa-se a existência de 6 fatores chaves com quantidade variável de subfatores em cada um. A complexidade imposta pelas recomendações destes manuais evidencia que a seleção de uma área de posição para Bia O não é uma decisão simples e que, dentro da Área designada pelo Cmt GAC, o Cmt Bia deverá decidir pela melhor posição.

Por não ser uma decisão simples e envolver considerável quantidade de fatores de decisão, tal escolha não deve ser realizada apenas intuitivamente. Assim, fica demonstrada a necessidade de um processo que apoie a decisão do Cmt Bia O no REOP.

### **2.1.2 O Processo Decisório na Artilharia de Campanha**

O comandante militar, nos diversos níveis, deve ponderar suas decisões para escolher, dentre as linhas de ação disponíveis, aquela que melhor se encaixa à situação tática vivida naquele momento.

Entrando na seara da Artilharia de Campanha, os problemas tornam-se ainda mais complexos uma vez que este sistema se divide em diversos subsistemas. (BRASIL, 1997, p. 1-1). Tal subdivisão decorre da necessidade de estruturar melhor o sistema, distribuindo as missões visando a maior eficiência, mas por outro lado acrescenta complexidade ao processo.

Segundo Baraças e Machado “o ambiente complexo em que se vive, hoje em dia, exige novas lógicas, novas formas de enfrentar a variedade múltipla de factores que intervêm na realização dos nossos objetivos.” (2006, p. 3).

Decidir em combate não é tarefa fácil, principalmente quando se fala sobre os cenários dos combates modernos. Quando se trata do sistema Artilharia de Campanha não é diferente. Grande quantidade de fatores influencia as decisões. Além disso, a grande centralização das decisões, inerente à Artilharia de Campanha (BRASIL, 1998, p. 1-2), demanda que o comandante tome, a todo tempo, decisões rápidas que afetarão o sistema como um todo. Porém, Academia Militar das Agulhas Negras (2010) demonstra que:

Não é suficiente decidir. É preciso escolher uma linha de ação que conduza a resultados. A decisão equivocada tomada sem informações suficientes ou quando não foi realizado um estudo de situação adequado, mina a credibilidade do líder militar por seus efeitos nocivos ao cumprimento da missão. ( 2010, p. 65) .

Schmidt define tomada de decisão como “um esforço para a resolução de dilemas oriundos de objetivos conflitantes” (1995, apud. TORRES, 2014, p. 38). O processo decisório em situações simples acontece intuitivamente, porém, obter a “melhor solução” nos conflitos modernos que são inerentemente voláteis, incertos, complexos e ambíguos. (WHAT VUCA..., 2014) requer tratamento adequado de todos os dados disponíveis.

## **2.2 A Pesquisa Operacional**

Anteriormente, foi mostrado um exemplo histórico de como uma decisão baseada apenas na intuição de um comandante pode ser potencialmente perigosa para o curso de uma operação. Uma maneira de superar as limitações de uma decisão baseada apenas na intuição ou na experiência prévia do decisor é utilizar métodos de Pesquisa Operacional.

A PO é uma disciplina surgida da necessidade encontrada no cenário da Segunda Guerra Mundial, de uma ferramenta que apoiasse a tomada de decisões a partir de um embasamento teórico, objetivando auxiliar os comandantes na seleção da linha de ação mais adequada que os levasse ao êxito no combate. (CRUZ, 2014).

O Termo Pesquisa Operacional foi cunhado às vésperas da Segunda Guerra Mundial quando pesquisadores passaram a tratar de maneira sistematizada o apoio a decisões de comandantes com base matemática. Ravindran et al. (1987) lembra que a disciplina existe há mais de 70 anos e já foi utilizada com sucesso em ambiente militar:

Os problemas de PO existem desde longa data. Somente a partir da 2ª Grande Guerra, todavia, passaram a ser tratados a partir de uma abordagem organizada, sendo organizados na forma de uma disciplina ou área do conhecimento. (RAVINDRAN et al., 1987 apud FOGLIATTO, 2009, p.1).

Como discutido na seção anterior, durante as operações militares, diversas decisões devem ser tomadas pelos comandantes nos mais variados níveis. Estas devem ser tomadas da forma mais acertada possível, pois refletem no êxito das operações como um todo e podem levar um exército de uma nação à vitória ou ao fracasso, como o dos franceses em Dien Bien Phu. Portanto, o comandante deve valer-se não só de sua experiência profissional para decidir, mas também de ferramentas que lhe forneçam base quantitativa para as decisões.

A PO, segundo Morse e Kimball (1999, apud PASSOS, 2007, p.1), é um método científico que fornece aos departamentos executivos a base quantitativa para as decisões.

Na visão de Shah (2007, apud CRUZ, 2014, p. 14), a incorporação da PO nos projetos militares teve como objetivo introduzir os conceitos matemáticos de programação linear, inteira, dinâmica e outros desenvolvimentos na arte da guerra. O principal objetivo era o auxílio na tomada de decisão, cujo processo pode ser dividido entre a formulação dos objetivos, avaliação da limitação do ambiente e das linhas de ação até a escolha daquela que produzirá um resultado otimizado.

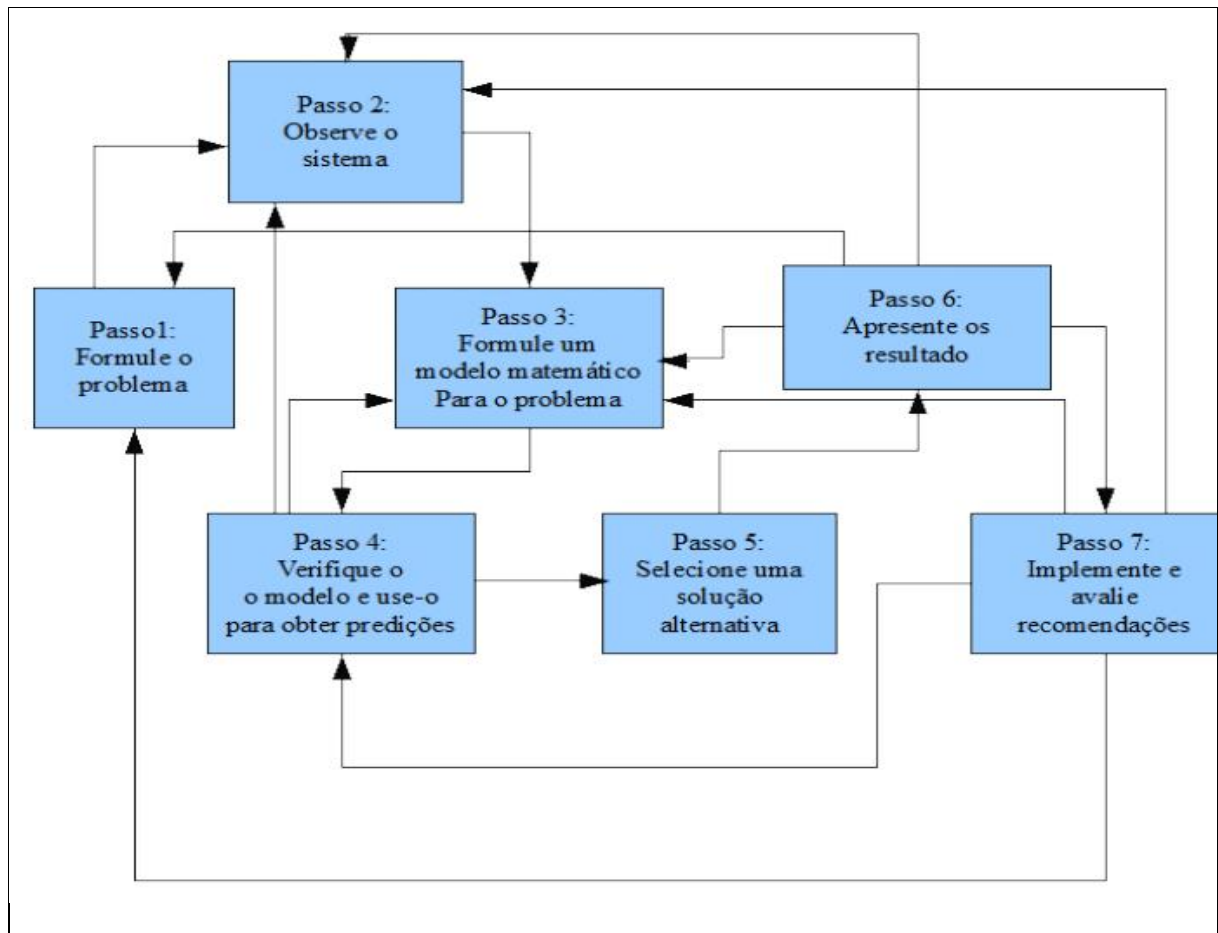
É importante ressaltar que a PO, apesar de ter sua origem em ambiente militar, devido à sua capacidade de aumentar a eficiência dos sistemas onde era aplicada, foi adaptada ao ambiente civil após a Segunda Guerra Mundial onde se consagrou dando origem a outras áreas do conhecimento que hoje recebem outras denominações como análise operacional e análise de sistemas. (PASSOS, 2007).

Buscando identificar o que de mais relevante e atualizado tem sido produzido sobre o tema Pesquisa Operacional, alguns autores foram pesquisados. Dentre eles, destacou-se Moreira (2010), que aborda o tema sob a ótica da Engenharia e Administração de Empresas, utilizando para isto exemplos do mundo empresarial.

Moreira enxerga a PO como a análise de situações complexas por meio de técnicas como a modelagem matemática que dá aos executivos o poder de tomar decisões mais efetivas e de construir sistemas mais produtivos, baseados em dados mais completos, considerando todas as

alternativas possíveis e fazendo previsões cuidadosas de resultados e estimativas de risco. (2010, p. 3).

Concordando com Moreira (2010), Colin define como “o uso de métodos matemáticos para resolver problemas”. (2007, p. vii).



**Figura 3 – Etapas para implementação de um método de PO**

**Fonte:** CRUZ, Jonas Luiz da Silva. A Pesquisa Operacional no Exército Brasileiro. 2014. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Militares) – Academia Militar das Agulhas Negras, Resende-RJ, 2014.

De uma forma geral, identifica-se, sempre, a presença de um objetivo, que, na maioria das vezes, é um problema a ser resolvido.

Dentro da PO, existem vários métodos que se destinam a finalidades diversas como apoiar uma decisão qualitativa, maximizar/minimizar o valor de uma variável, resolver problemas de designação de alvos, otimizar sistemas de transporte, entre muitas outras aplicações.

A implementação de um método qualquer de PO demanda que sejam seguidas as etapas descritas na Figura 3.



## 2.3 O Método AHP

O estudo de métodos de que apoiam a tomada de decisão estão inseridos na PO. Com o método AHP, é possível fazer com que variáveis qualitativas e quantitativas que possam ser consideradas na hora de se tomar uma decisão.

Muitas vezes, as decisões envolvem variáveis quantitativas (por exemplo uma distância, uma velocidade, um peso) e qualitativas (por exemplo, a segurança proporcionada por uma determinada área para os órgãos de uma Bia O). Caso a decisão envolvesse somente variáveis quantitativas, seria fácil chegar a uma solução ótima para o problema, uma vez que bastaria ordenar as alternativas com base nas variáveis mais favoráveis. Porém, é sabido que não é assim que a maioria dos problemas militares se apresentam, como no caso histórico citado neste trabalho.

Segundo Baraças e Machado (2006, p. 3), o método AHP é uma “metodologia flexível e poderosa de tomada de decisão que auxilia na definição de prioridades e na escolha da melhor alternativa, quando aspectos qualitativos e quantitativos devam ser considerados.” Ao realizar o estudo de situação, para a seleção de uma área a ser ocupada pela Bia O, dentro da área de posições, o Cmt Bia O deverá considerar aspectos qualitativos e quantitativos. Dentro deste contexto, o método AHP pode ser usado para auxiliar o Cmt Bia O em sua decisão para, de forma ponderada, optar pela melhor linha de ação sem deixar de levar em consideração nenhum dos fatores previstos nos manuais de campanha que consolidam a doutrina vigente no Exército Brasileiro.

O método foi idealizado pelo professor Thomas L. Saaty que o publicou em 1980 e é utilizado fundamentalmente para a ajuda à tomada de decisão. No estudo de caso em questão, o método será utilizado para o apoio à decisão de um comandante de Bia O. Sua aplicação na seleção de posições de Bia O permite que o comandante tenha uma ferramenta específica e matemática de apoio à decisão. (VARGAS, 2010).

### 2.3.1 Vantagens do Método

Algumas vantagens do método AHP foram identificados a partir da revisão da literatura:

1. Simplificar a complexidade

Saaty procurou, ao criar o AHP, uma maneira simples de lidar com a complexidade. Simples o bastante para que pessoas sem treinamento específico (como os especialistas convidados no Curso de Artilharia da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) a participar de um

estudo de caso), pudessem entender e participar do processo. Ao realizar seu estudo, Saaty encontrou algo em comum dentre os muitos exemplos em que os seres humanos lidavam com a complexidade através dos tempos, que foi a maneira de estruturar a complexidade em grupos de fatores homogêneos. (TABAR, 2010).

## 2. Síntese da complexidade

Além de poder dividir a complexidade de uma decisão em vários fatores que constituem a decisão, o AHP oferece o benefício adicional de ser capaz de combinar a análise de diferentes especialistas. Um decisor poderá ter diversos especialistas trabalhando para ele. Por exemplo, um Comandante de GAC poderá ter todo o seu Estado-maior o assessorando, e cada componente do Estado-maior, especialista em sua área, deverá ter sua análise considerada na decisão final. O AHP possibilita que isso seja feito, combinando as análises dos especialistas em uma decisão unificada, baseado na matemática envolvendo cálculo dos pesos dos fatores. (TABAR, 2010).

## 3. Aplicabilidade

O AHP, devido a sua natureza compreensiva e capacidade de transformar grandes decisões em séries menores de decisões, tem grande potencial para aplicações no meio militar. (TORRES, 2014).

## 4. Baixa demanda por capacidade computacional

Por ser um processo simples, baseado em conceitos básicos de álgebra linear, o método demanda pouca capacidade de processamento, o que permite que seja utilizado, de forma automatizada, até mesmo em tablets e smartphones. Sendo operacionalizado de maneira simples através de planilhas eletrônicas do Microsoft Excel ou até mesmo de softwares semelhantes de código aberto.

### ***2.3.2 Definições de termos importantes usados ao longo do desenvolvimento***

Antes de passar à explicação mais detalhada do método, faz-se necessário a definição de alguns termos usados durante este capítulo e o estudo de caso e são essenciais à compreensão do Método AHP.

Hierarquia – “um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.” (GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004 p. 44).

Escala Fundamental – a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais.

Fatores – As partes constituintes que se combinam para fazer a decisão, aqui e no manual C 6-1 (BRASIL, 1997, p. 3-12) chamadas de fatores da decisão. Por vezes, chamados também critérios.

Subfatores – Ou fatores secundários são as partes dos fatores que são subdivididas em partes menores. Os Subfatores estão para os fatores, assim como os fatores estão para a decisão. Dependendo da profundidade que o decisor deseja dar ao seu estudo, os fatores podem ser subdivididos em partes cada vez menores.

Correlação Binária – “ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro. ” (GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004 p. 44).

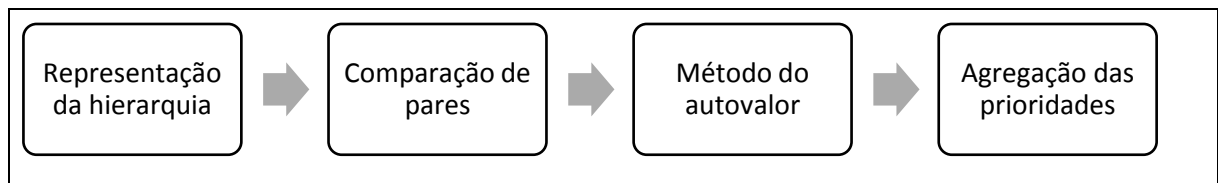
Pesos- é a interpretação numérica de quão importante é um fator para a decisão, normalmente representado por um decimal. Todos os fatores na decisão deverão somar mais de 1. Os subfatores, se for o caso, também terão pesos, representando a importância deste para seu fator enquadrante.

Consistência- a medida de quanto uma matriz está próxima de obedecer a regra da consistência, que diz que se A tem duas vezes a importância de B, e B duas vezes a importância de C, então A deve ser quatro vezes mais importante que C.

n- o número de fatores e subfatores usados ao final da construção da hierarquia.

### 2.3.3 O Processo

Para aplicar o método AHP, objetivando tomar uma decisão de maneira organizada para gerar prioridades, Saaty (2008) preconiza em seu trabalho que o processo deve ser dividido em oito passos. Por outro lado, Colin (2007) divide, para melhor entendimento, em quatro partes, representadas na Figura 4:



**Figura 4 – Etapas para a aplicação do método AHP**

Fonte: o autor.

Por apresentar maior simplicidade em sua metodologia, optou-se por utilizar, predominantemente, os procedimentos propostos por Colin (2007), porém apoiado por outros autores citados ao longo do desenvolvimento.

Segundo Colin, o processo se desenvolve passando pelas seguintes etapas:

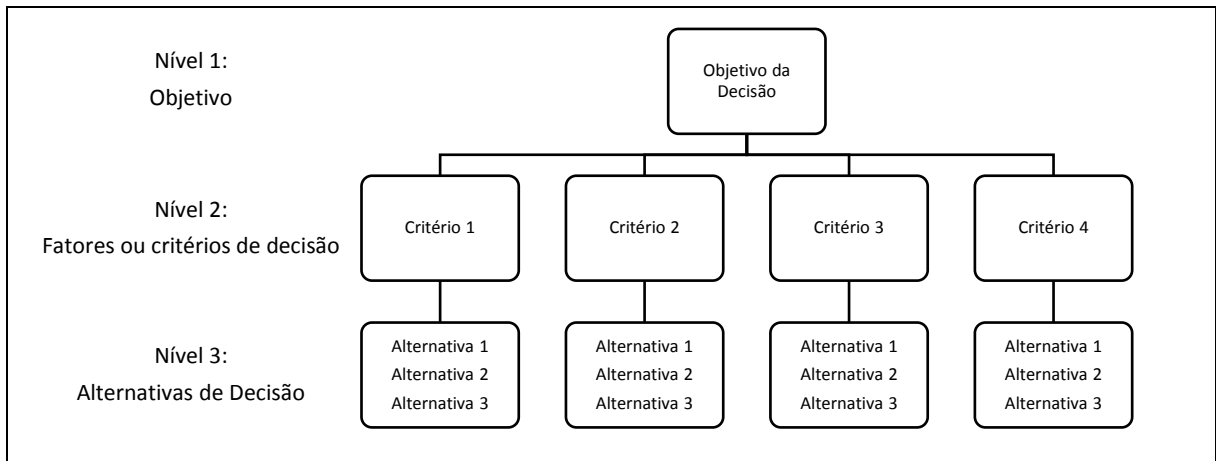
1. Representação da hierarquia: desenvolvimento da hierarquia de decisão associada aos vários níveis de elementos inter-relacionados.
2. Comparação de pares: Avaliação de preferências com relação a cada elemento de decisão em um dado nível da hierarquia.
3. Método do autovalor: uso do método do autovalor para estimar os pesos relativos dos elementos de decisão em um dado nível e avaliar a consistência das preferências estabelecidas nas comparações de pares.
4. Agregação das prioridades: agregação das prioridades relativas de modo a avaliar o resultado referente ao objetivo. (Colin, 2007, p. 488).

#### 3.3.1 Representação da Hierarquia da Decisão

Os problemas que, inicialmente, apresentam complexidade podem ser simplificados à medida que são divididos em diversos níveis hierárquicos. Cada nível podendo ser relacionado com o próximo nível através de seus elementos.

No método do AHP, a hierarquia é representada pelo objetivo, pelos fatores de decisão e pelas alternativas de decisão. O momento em que o analista modela seu problema, de acordo com uma hierarquia de elementos da decisão dependentes entre si, é considerada a parte mais importante da aplicação do método. (COLIN, 2007).

O objetivo ficará no primeiro nível da hierarquia. O último nível será ocupado pelas alternativas possíveis para atender o objetivo do problema analisado. Entre o primeiro e o último nível temos os fatores de decisão. O método considera que deve haver  $k$  níveis, em que  $k \geq 3$ . (COLIN, 2007). Como pode ser conferido na Figura 5, no estudo de caso deste trabalho existem 3 níveis.



**Figura 5 – Estrutura de uma decisão genérica em 3 níveis hierárquicos**

Fonte: o autor.

### 2.3.3.2 Comparação de pares

“Depois de construir uma hierarquia, o decisor deve fazer uma comparação para a par, de cada elemento em nível hierárquico dado, criando-se uma matriz de decisão quadrada.” (GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004 p. 42). Desta forma, o decisor determinará a importância dos fatores de decisão em cada um dos níveis da hierarquia, isto é, determinar a importância dos fatores em relação ao objetivo e das alternativas possíveis em relação aos fatores de decisão por meio de uma correlação binária de forma que os elementos do nível considerado sejam avaliados com relação ao(s) elemento(s) do nível superior. Por exemplo, os elementos do Nível 3, Alternativas de Decisão, sejam avaliados com relação aos do Nível 2, Fatores ou critérios de decisão. Estes, por sua vez, são avaliados com relação aos do Nível 1.

Para tanto, o método AHP utiliza a comparação de importância entre pares de critérios, segundo a escala Saaty (2008), que varia de 1 a 9, conforme Tabela 1.

**Tabela 1 - A escala fundamental de Saaty**

Valor	Julgamento
1	Igual importância
2	Entre igual e moderada importância
3	Moderada importância
4	Entre moderada e forte importância
5	Forte importância
6	Entre forte e muito forte importância
7	Muito forte importância
8	Entre muito forte e extrema importância
9	Extrema importância

Fonte: SAATY, Thomas Lorie. Decision making with the analytic hierarchy process. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2008. p. 86.

As comparações feitas por meio da escala de Saaty geram matrizes que organizam os julgamentos realizados pelo especialista, de maneira que, para cada critério, haja uma matriz. Portanto, quanto maior a quantidade de critérios e alternativas, maior será o número de matrizes.

Silva esclarece que “Saaty percebeu que, ao se realizar comparações com mais de dois pares de critérios, possivelmente surgirão inconsistências entre os graus de importância relativos.” (2013, p. 33). A análise deve ser consistente, ou seja, se o critério A é preferível a B, e B é preferível a C, A deve ser preferível a C. Como a consistência não é fácil de ser avaliada, deve ser utilizado um método para avaliá-la. (COLIN, 2007)

Para preencher as matrizes, o decisor deve ser perguntado quanto à importância de uma alternativa considerando um determinado critério. “Portanto, o decisor deverá fazer  $\frac{n(n-1)}{2}$  comparações, sendo  $n$  o número de elementos do nível analisado.” (GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004 p. 43).

Exemplificando isto, é possível ver uma tabela usada para ordenar as preferências entre as alternativas de decisão na Figura 12 no capítulo sobre o estudo de caso.

Preenchendo estas tabelas no questionário, pode-se ordenar as preferências no preenchimento da matriz. “A partir dessa comparação é definida a importância relativa de cada critério para o objetivo específico do processo decisório.” (TORRES, 2014, p.67).

Como exemplo pode-se usar uma decisão quanto à compra de um carro. Supondo que uma pessoa queira comprar um carro, baseado em 3 critérios, conforto, economia e segurança. A Tabela 2 apresenta uma matriz que compara os três pares de decisão associados ao problema. Neste nível, onde se tem 3 elementos a serem analisados, são necessárias 3 comparações, pois  $n = 3$ , logo, número de comparações =  $\frac{3(3-1)}{2} = 3$ .

**Tabela 2 - Comparação entre os pares de critério**

Critério	Conforto	Economia	Segurança
Conforto			
Economia	4		
Segurança	6	2	

**Fonte:** O autor.

O elemento Economia igual a 4 indica que a Economia é moderadamente a fortemente preferível ao conforto. Assim como a segurança é muito fortemente a extremamente preferível ao conforto. E a Segurança (igual a 2) é moderadamente preferível à economia.

A matriz é finalizada levando em conta duas observações. As diagonais comparam os critérios com eles mesmos, portanto podemos concluir que eles são igualmente preferíveis a todos os elementos são iguais a 1. Se economia é quatro vezes preferível ao conforto, é razoável supor que o conforto seja  $\frac{1}{4}$  preferível à economia. A matriz na sua forma completa é apresentada na Tabela 3. (COLIN, 2007).

**Tabela 3 - Comparação entre os pares de critério completa**

Critério	Conforto	Economia	Segurança
Conforto	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$
Economia	4	1	$\frac{1}{2}$
Segurança	6	2	1

**Fonte:** O autor.

### 2.1.1.3 Método do Autovetor

Várias metodologias foram propostas para obter o valor de prioridades da matriz de comparação par a par. Porém, Saaty (1980, apud. Gomes, Araya e Carignano, 2004) diz que o melhor processo é o método do autovetor direito, que permite estimar o vetor de prioridades com bastante consistência.

Nessa etapa, as matrizes de comparações são manipuladas para a obtenção das prioridades relativas de cada um dos critérios. As prioridades deverão ser números entre 0 e 1, e sua soma deve ser 1.

#### 2.1.1.3.1 Medida da Inconsistência

A ideia fundamental dessa parte é considerar que, se o analista soubesse os pesos relativos de cada um dos critérios de uma matriz de n elementos, então a matriz de comparação dos pares deveria ser equivalente a Equação 1, em que

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

“A matriz A é uma matriz recíproca tal que a igualdade  $a_{ji} = 1/a_{ij}$  se apresentaria caso os juízos fossem perfeitos. Em todas as comparações seria possível verificar que  $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$  para qualquer i, j, k.” (GOMES, ARAYA E CARIGNANO, 2004). Desta forma, a matriz A seria perfeitamente consistente.

Para  $w_i$  o peso relativo do critério i. Nesse caso, os pesos relativos podem ser facilmente obtidos de qualquer uma das n linhas de A, conforme a equação 2

$$A\mathbf{w} = n\mathbf{w} \quad (2)$$

Para  $\mathbf{w} = (w_1 \ w_2 \ \cdots \ w_n)^T$ . Em álgebra linear n e w são chamados respectivamente de autovalor e autovetor direito da matriz A.

Saaty (1980, apud. Gomes, Araya e Carignano, 2004) demonstra que, sendo A a matriz de valores, deverá ser encontrado o vetor que satisfaça a equação:

$$A\mathbf{w} = \lambda_{max} \mathbf{w} \quad (3)$$

Em que A é a matriz de comparação observada (ou sugerida pelo analista),  $\lambda_{max}$  é o maior autovalor de A e w é o seu valor direito.

Gomes, Araya e Carignano (2004) determina que, para obter o autovetor a partir da equação anterior, tem-se:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \frac{[A\mathbf{w}]_i}{w_i} \quad (4)$$

O valor de  $\lambda_{max}$  sempre será maior do que o número de fatores do nível em análise representado por n. Quanto mais próximo o valor de  $\lambda_{max}$  estiver do número de fatores, maior a consistência da matriz de comparação de pares  $\hat{A}$ . Essa propriedade permite o uso de um índice de consistência representado por IC e calculado como

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

e do quociente de consistência QC que é calculado como

$$QC = \frac{IC}{ICA} \quad (6)$$



em que ICA é o índice de consistência aleatório. O ICA é obtido fazendo comparações dos pares de forma aleatória. Como regra prática geral,  $QC \leq 0,1$  é considerado valor aceitável. Se  $QC > 0,1$  recomenda-se que o analista reavalie (obtendo mais informações a respeito, sendo mais coerente e cuidadoso no estabelecimento das preferências) suas comparações de pares na matriz  $\hat{A}$ , pois elas estão muito inconsistentes. (COLIN, 2007).

Para matrizes de ordem  $n$ , os ICAs em função da ordem da matriz  $\hat{A}$  são definidos de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4 - Índice de consistência aleatório**

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ICA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

**Fonte:** GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos:** introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

Há vários métodos para se calcularem os autovalores e os autovetores. Alguns deles, mais exatos, usam cálculo numérico para identificação dos autovetores e autovalores. (COLIN, 2007). O estudo de caso deste trabalho usou um método mais simples, que oferece soluções aproximadas, denominado método da prioridade relativa aproximada. O método normaliza os valores de cada uma das colunas da matriz e calcula a média das linhas.

#### 2.1.1.4 Agregação das Prioridades e Escolha Final

Esta parte agrega as prioridades relativas dos vários níveis obtidos na parte 3 com o intuito de produzir um vetor de prioridades compostas que serve como prioridade das alternativas de decisão na busca do principal objetivo do problema. Em termos operacionais, são criadas outras matrizes de comparações para cada uma das alternativas de decisão no nível  $i+1$  com relação a todos os critérios do nível  $i$ . Posteriormente, o tomador de decisões deve agregar as prioridades resultantes com as prioridades encontradas no nível  $i$  de modo a obter a melhor decisão para o objetivo do problema. (COLIN, 2007).

“As prioridades compostas das alternativas de decisão devem ser calculadas levando em consideração os níveis  $i$  e  $i+1$ ; Para isto, deve-se multiplicar as matrizes de prioridade dos níveis  $i+1$  e  $i$ .” (COLIN, 2007, p. 450).

Para  $p_i$  e  $P_{i+1}$ , respectivamente o vetor de prioridades relativas do nível  $i$  e a matriz de prioridades relativas do nível  $i+1$ , podemos dizer que o vetor de prioridades compostas  $p_c$  é definido por

$$p_c = P_{i+1} p_i \quad (7)$$

A seleção da melhor alternativa de decisão é feita de acordo com elemento de com maior valor.

A melhor maneira de demonstrar todos os passos do método é utilizar um exemplo. Para ilustrar a que se propõe o método, utilizamos um exemplo de uma decisão a ser tomada durante operações militares.

### **3 METODOLOGIA**

A seguir, apresentar-se-á a metodologia utilizada para desenvolver o trabalho, evidenciando-se os seguintes tópicos: método de pesquisa, classificação da pesquisa, instrumentos de coleta de dados e procedimentos.

#### **3.1 Método de Pesquisa**

Nesta pesquisa foi empregado o método hipotético-dedutivo. Trata-se da solução de um problema por meio de tentativas (hipóteses) e eliminação de erros. (ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS, 2008).

Seguindo a metodologia proposta pelo Manual de Metodologia da Pesquisa Científica elaborado pela AMAN, o trabalho foi desenvolvido à luz do método hipotético-dedutivo, por meio de 3 etapas. Primeiro, formulou-se o problema apresentado no Capítulo 1 Introdução que trata da defasagem no emprego de valiosos métodos de PO no Exército Brasileiro em relação a outras instituições que costumam emprega-los. Então, buscou-se uma solução para este problema, por meio da formulação de uma hipótese. Por fim, procedeu-se a testes de falseamento onde a hipótese foi corroborada, sendo utilizada uma metodologia de PO em estudo de caso relativo a situação de combate.

#### **3.2 Classificação da Pesquisa**

Segundo a taxionomia de Vergara (2009 apud Academia Militar das Agulhas Negras, 2008), essa pesquisa classifica-se como descritiva e explicativa. Descritiva por que aborda as características e funcionamento do Sistema Artilharia de Campanha, bem como apresenta a metodologia empregada no estudo de caso, a AHP. E explicativa porque teve a pretensão de esclarecer como se pode empregar este método a uma situação de combate prevista na doutrina vigente no Exército Brasileiro.

Com relação aos procedimentos utilizados para a coleta de dados, a pesquisa é classificada como bibliográfica, porque tem sua fundamentação teórica na revisão da literatura especializada nos assuntos abordados e estudo de caso, pois foi aplicado um questionário a especialista no assunto a fim de realizar análise relativa a uma situação de combate específica (seleção de posição de Bia O).

Além disso, a abordagem dada à pesquisa é a qualitativa, uma vez que na análise do problema procurou-se conhecer como se comportam os métodos de PO quando aplicados à Artilharia de Campanha, ou seja, analisar a interação entre estes dois elementos.

### **3.3 Coleta de Dados e Procedimentos**

Com o propósito de operacionalizar a pesquisa, adotou-se os seguintes procedimentos metodológicos.

Primeiramente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, com vistas a rever a literatura que nos fornecesse o estofamento teórico necessário. Desse levantamento, destacam-se (Saaty, 1980), (Moreira, 2011), Colin (2007) e Gomes, Araya e Carignano (2004).

Constatou-se inicialmente que, até o momento, foram editados vários títulos sobre o assunto. Quanto à qualidade das fontes sobre PO encontradas, pode-se dizer que são confiáveis, uma vez que foram publicadas por editoras de renome e seus autores já são consagrados no tema. Destaca-se, pela qualidade, pertinência e atualidade, a obra Pesquisa Operacional - 170 Aplicações em Estratégia (Colin, 2007), que traz uma visão ampla do tema, contextualizando os métodos de pesquisa operacional com exemplos práticos utilizados por grandes empresas como AT&T, Petrobrás, Merrill Lynch, entre outras.

No tocante às fontes de pesquisa relativas à Artilharia de Campanha, foram encontradas algumas incoerências entre os manuais. Este problema foi resolvido adotando-se a linha de ação proposta pelo manual mais atualizado, ainda que este não revogasse as determinações do manual mais antigo.

Além destas obras, artigos científicos sobre PO foram especialmente úteis na elaboração de estudo de caso, os trabalhos de Tabar (2013) e Silva (2013), voltados para aplicação do método AHP em ambiente militar, e que serviram como apoio para a elaboração do estudo de caso e estruturação do presente trabalho.

Tabar (2013) produziu uma tese de doutorado com o tema AHP aplicado a decisões no Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos da América, no qual buscava explorar a seleção de materiais de emprego militar a serem adquiridos por aquela Força. De maneira semelhante, Silva (2013) usa o método AHP para delinear uma metodologia para auxiliar na fase de concepção de um sistema de Guerra Eletrônica para autodefesa de helicópteros de combate.

Foi adotado como instrumento de coleta de dados o fichamento da bibliografia referente à metodologia da PO, quando se realizou a leitura sistemática de livros e artigos científicos

sobre o assunto. Também foi realizado fichamento da bibliografia referente à Artilharia de Campanha, onde utilizou-se principalmente manuais de campanha. Há muitas fontes de consulta disponíveis sobre estes assuntos estando elas referenciadas ao fim deste trabalho.

O objetivo do trabalho foi conhecer o processo de aplicação da PO, especificamente o Método AHP, para poder empregar estas ferramentas a um estudo de caso no meio militar.

Partindo-se da base teórica estudada na primeira parte do trabalho, foi desenvolvido estudo de caso aos moldes do que preconiza Colin (2007). Junto a elementos desta metodologia, utilizou-se, também, a obra de Gomes, Araya e Carignano (2004).

Adotou-se como instrumento de coleta de dados, para a realização do estudo de caso, o questionário que foi aplicado a um especialista no assunto REOP de Bia O, tendo este sido instrutor de matéria relativa a esta disciplina no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Artilharia na Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército Brasileiro. O questionário foi entregue para que o especialista o preenchesse levando em consideração o tempo em que este responderia às questões, e foi solicitado que este informasse quanto demorou para responder por completo o instrumento. Um exemplo do questionário utilizado segue no Apêndice A.

No tratamento dos dados coletados, foi utilizada uma planilha eletrônica para realizar tabelamentos através do Software Microsoft Excel®, por permitir que se trabalhe de uma forma simples com os dados. Permitindo, ainda, que se realize as operações matemáticas necessárias à aplicação do método AHP como multiplicação de matrizes e a normalização dos vetores.

Os resultados da aplicação do método AHP a uma situação hipotética forneceu diversos resultados, os quais são apresentados no capítulo 4. Desta forma, realizou-se a comparação do apresentado na revisão da literatura e do obtido como produto da aplicação do processo. Além disso, os próprios resultados, os esperados e os que ocasionalmente surgiram mostrando-se interessantes a esta pesquisa são discutidos neste capítulo.

## 4 ESTUDO DE CASO

Para demonstrar como se pode obter informações valiosas analisando os resultados dados pela aplicação do Método AHP e apresentar a implementação propriamente dita deste método, trabalhou-se com um estudo de caso do mundo real. Trata-se da escolha de uma posição de Bia O em uma região já consagrada em exercícios de Artilharia do Exército Brasileiro, uma vez que o campo de instrução da AMAN é largamente utilizado, tanto pelo Curso de Artilharia da AMAN, como por outras unidades de Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro, que se valem deste espaço para se adestrar.

### 4.1 Descrição do Estudo de Caso

Designada a RPP pelo Comando do GAC, o Cmt Bia O deverá escolher, dentro desta, uma área para posicionar sua Bia O, conforme os critérios para escolha da posição.

Fica caracterizado, então, o objetivo da decisão que é escolher, dentro da Área que coube à 1ª Bia O, a melhor posição para bateria conforme os fatores de decisão preconizados no Manual de Campanha C 6-1.

Na situação particular vivida, a RPP escolhida é a de Três Morros, localizada nas coordenadas (54582-16631-437) da Carta Topográfica Resende. A RPP tem seu eixo menor voltado para a direção geral Oeste. Dentro da área destinada ao 51º GAC 105 AR, coube à 1ª Bia O, uma área em que é viável o desdobramento de uma Bia O em 3 posições diferentes. Ou seja, há 3 alternativas para a solução do problema apresentado, às quais o Cmt Bia O deverá dar a melhor resposta a fim de atender o objetivo que é decidir pela melhor posição de Bia O.

É importante destacar, também, o sentido do Deslocamento e a direção em que as baterias serão apontadas. Nesta situação, considerou-se que o sentido do deslocamento da tropa apoiada era o Oeste, sendo realizado, principalmente, pela Rodovia BR-116 Presidente Dutra, que pode ser verificada na Figura 7, e que as baterias estavam apontadas, também, para Oeste.

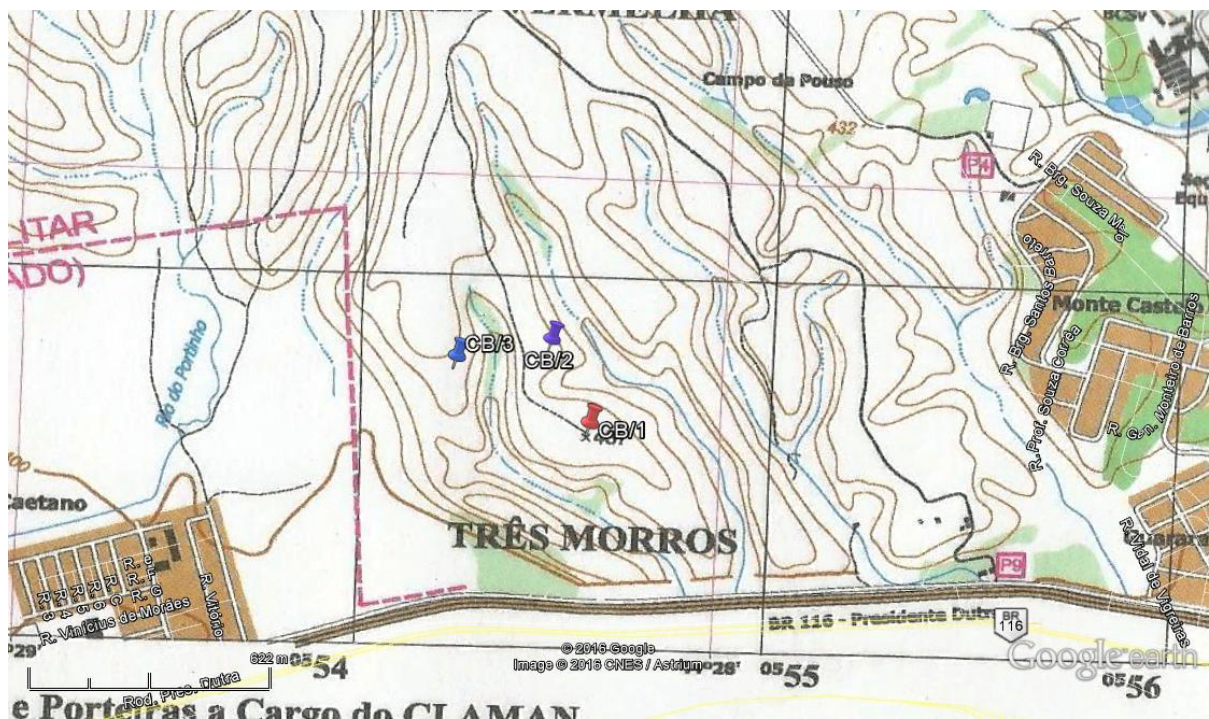
Estes dados são essenciais para que o especialista analise corretamente os fatores da decisão, principalmente no tocante ao fator continuidade do apoio de fogo e dispositivo da tropa apoiada.

Na Figura 6, pode-se observar a área através de fotografia aérea obtida por meio da ferramenta Google Earth.



**Figura 6 – Fotografia aérea da região de Três Morros**

Fonte: Google Earth.



**Figura 7 – Extrato da Carta Topográfica Resende mostrando a região de Três Morros**

Fonte: CARTA topográfica: resende. Brasília: Ministério do Exército – Departamento de Engenharia e Construção, 1998. Escala 1:25.000.

Além disso, a Carta topográfica Resende foi sobreposta à imagem de fotografia aérea do Google Earth na Figura 7. Agora, identificar-se-á as três alternativas para atender o objetivo.

Às posições de provável ocupação dentro da RPP atribuíram-se os nome de CB/1, CB/2 e CB/3 que designam os Centros de Bateria de Obuses. O Manual de Campanha C 6-40 Técnica de Tiro da Artilharia de Campanha define CB como “o ponto que ocupa aproximadamente

centro da figura geométrica formada pelas peças e em relação ao qual são determinados os elementos da Bia. No terreno, sua localização é designada pelo Cmt Bia. ” (BRASIL, 2001).

Considerou-se que, nas três posições onde são possíveis a ocupação, foram atendidos os requisitos técnicos para seleção da posição de Bia O, e são similares em relação aos critérios estabelecidas no Manual de Campanha C 6-1, porém, cabe ao Cmt Bia O a escolha da melhor posição para garantir a maior eficiência da SU.

Ficam caracterizadas, então, as alternativas da decisão para atingir o objetivo proposto. Que são as alternativas CB/1, CB/2 e CB/3.

Para a construção das matrizes de decisão deste estudo de caso, um militar com experiência no assunto Escolha de Posição de Bia O foi convidado para atuar como especialista facilitador do processo decisório. O resultado de sua comparação dos fatores de decisão se encontra nas Tabela 5.

#### **4.2 Identificando os Fatores da Decisão**

A doutrina militar vigente determina que seis fatores chave sejam considerados para a escolha da Posição de Bia O. Estes fatores foram apresentados na seção que trata do REOP da Bia O, na Revisão da Literatura, agora se torna necessário retomá-los nesta seção para a execução do estudo de caso. Os fatores dominantes e subfatores estão aqui listados:

- (a) Quanto à segurança - Desenfiação, camuflagem, espaço para dispersão, obstáculos interpostos entre a posição e o inimigo, facilidade para ocupação de posição de troca, distância da LC e proximidade da reserva.
- (b) Quanto aos deslocamentos - Condições de trafegabilidade, obstáculos, segurança para acesso à área de posição e desta para a posição de manobra.
- (c) Quanto à circulação na posição - Condições de circulação no seu interior, natureza do solo e efeitos das condições meteorológicas.
- (d) Quanto ao dispositivo da força apoiada - Amplitude do setor de tiro (direção) e orientação da parte mais importante da frente.
- (e) Quanto à continuidade de apoio de fogo - Alcance e orientação do deslocamento
- (f) Quanto à coordenação - Necessidade de coordenação com o escalão superior, unidades vizinhas e outras. (BRASIL, 1998, p. 6-8).

#### **4.3 Identificando as Alternativas**

Usando o método AHP, é possível escolher a melhor alternativa dentre as possíveis; isto resulta em maior eficiência no apoio de fogo. Para isso, as três alternativas escolhidas para análise estão detalhadas a seguir:





**Figura 8 – Fotografia aérea da região de Três Morros enquadrando o CB/1**

Fonte: Google Earth.

CB/1- A posição de CB/1 se situa nas coordenadas (54581-16630-432), pode ser verificada na Figura 8 em fotografia aérea obtida através da ferramenta Google Earth onde pode-se observar com mais detalhes a região.



**Figura 9 – Fotografia aérea da região de Três Morros enquadrando o CB/2**

Fonte: Google Earth.

CB/2- A posição de CB/2 se situa nas coordenadas (54475-16840-430), pode ser verificada na Figura 9 em fotografia aérea obtida através da ferramenta Google Earth onde pode-se observar com mais detalhes a região.



**Figura 10 – Fotografia aérea da região de Três Morros enquadrando o CB/3**

Fonte: Google Earth.

CB/3- A posição de CB/3 se situa nas coordenadas (54233-16788-437), pode ser verificada na Figura 10 em fotografia aérea obtida através da ferramenta Google Earth onde pode-se observar com mais detalhes a região.

#### **4.4 Priorização das alternativas**

Com o objetivo de utilizar o método AHP na priorização de escolha das posições de Bia O, face as alternativas disponíveis CB/1, CB/2 e CB/3, o método AHP com auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel foi empregado. A priorização das posições foi realizada com base em seis critérios, conforme a revisão da literatura. Para obter as prioridades, utilizou-se o esquema proposto por Colin (2007) que descreve o método AHP em quatro partes.

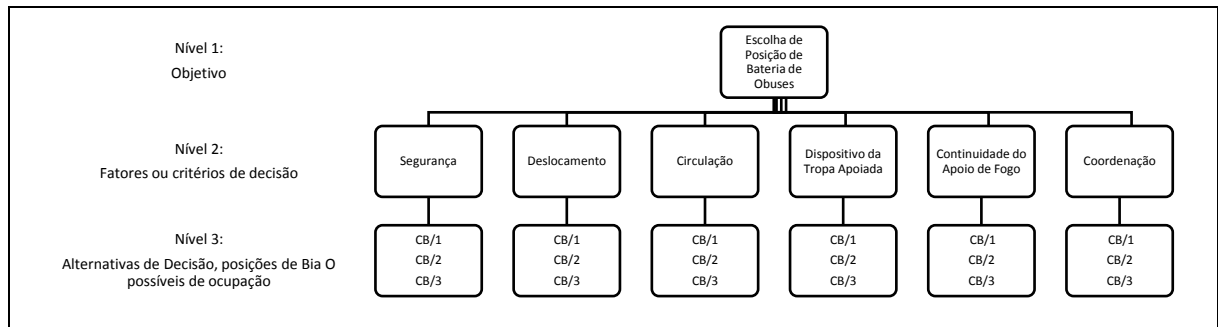
##### **4.4.1 Representação da Hierarquia**

###### **4.4.1.1 Estruturação do problema**

O problema foi estruturado em três níveis hierárquicos: um objetivo, seis critérios e três alternativas. Conforme exposto na seção 4.1, o objetivo foi definido como “escolher, dentro da Área que coube à 1ª Bia O, a melhor posição para bateria conforme os fatores de decisão preconizados no Manual de Campanha C 6-1”. Exposto na seção 3.1.1, os critérios para atingir o objetivo foram retirados do Manual de Campanha C 6-20. Critério 1: Segurança; Critério 2: Deslocamentos; Critério 3: Circulação na Posição; Critério 4: Dispositivo da força apoiada;

Critério 5: Continuidade de apoio de fogo; Critério 6: Coordenação. As três alternativas foram as três posições de Bia O, enumeradas, denominadas CB/1, CB/2 e CB/3.

A hierarquia problema pode ser verificada na figura a seguir onde se observa os três níveis da hierarquia de decisão de escolha da melhor posição de Bia O.



**Figura 11 – Hierarquia de decisão de escolha da melhor posição de Bia O.**

Fonte: Google Earth.

#### 4.2.1.2 Comparações de Pares

Neste estudo de caso só há um nível relativo aos fatores de decisão. É importante destacar que poderia ser construído mais um nível contendo os subfatores da decisão, porém isto acrescentaria maior complexidade desnecessária ao estudo de caso uma vez que os subfatores são interdependentes e não alterariam significativamente o resultado final da aplicação do método.

O Cmt Bia O precisa especificar a importância de cada um dos fatores para a obtenção do objetivo, a escolha da melhor posição de Bia O. Deverá definir, portanto, sua preferência para cada um dos fatores de decisão (nível 2) com relação ao objetivo.

##### 4.2.1.2.1 Coleta de julgamentos

“A metodologia AHP determina que especialistas no assunto realizem comparações de importância par a par entre os critérios, em relação ao objetivo, e entre as alternativas, em relação a cada critério.” (SILVA, 2014, p. 33). O questionário (Apêndice A) para este estudo de caso foi entregue a um especialista que o preencheu após analisar a situação particular.

As comparações pareadas dos critérios e os julgamentos das alternativas em relação a estes foram feitas basicamente a partir do preenchimento das seguintes tabelas:

Tabela de comparação paritária dos Fatores de decisão e tabela de julgamentos das três alternativas em relação aos seis critérios. Abaixo, um exemplo do julgamento do peso dos fatores da decisão e das alternativas em relação ao fator Deslocamento, respectivamente.

1) Considerando somente o Fator de Decisão Deslocamento, julgue o grau de importância entre os pares de alternativas abaixo:

Deslocamento	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Deslocamento
CB/1																		CB/2
CB/1																		CB/3
CB/2																		CB/3

**Figura 12 – Tabela para comparação das posições**

Fonte: o autor.

2) Considerando a seleção de uma Posição de Bateria de Obuses, definida na contextualização da situação particular deste questionário, julgue o grau de importância entre os pares de critérios abaixo:

Critério	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério
Segurança																		Deslocamento
Segurança																		Circulação
Segurança																		Dispositivo <u>Trp Ap</u>
Segurança																		Continuidade do
Segurança																		Coordenação
Deslocamento																		Circulação
Deslocamento																		Dispositivo Tropa
Deslocamento																		Continuidade <u>Ap F</u>
Deslocamento																		Coordenação
Circulação																		Dispositivo Tropa
Circulação																		Continuidade <u>Ap F</u>
Circulação																		Coordenação
Dispositivo																		Continuidade <u>Ap F</u>
Dispositivo																		Coordenação
Continuidade																		Coordenação

**Figura 13 – Tabela para comparação dos critérios**

Fonte: o autor.

#### 4.2.1.2.2 Construção da matriz de decisão

A partir das comparações par a par realizadas na Fase 2, construiu-se as matrizes de decisão. Os dados obtidos com a resposta do questionário foram consolidados numa planilha do Microsoft Excel® que, além de organizar os julgamentos do especialista, se prestou a montar as matrizes de decisão. Desta forma, foram obtidas 7 matrizes. Uma matriz de ordem 6, resultante dos julgamentos dos 6 critérios em relação ao objetivo; e 6 matrizes de ordem 3, produto dos julgamentos das três alternativas em relação aos 6 fatores de decisão.

A tabela 2 apresenta os resultados da comparação entre os pares de fatores de decisão. Para o especialista questionado, o fator Continuidade do Apoio de Fogo tem entre moderada e forte importância em relação ao fator Circulação. Portanto, foi atribuída a escala 4 na construção do elemento da matriz respectivo ao campo Continuidade do Apoio de Fogo X Circulação. Da mesma forma, para o elemento Circulação X Segurança, têm-se a escala  $\frac{1}{4}$ . Sendo um dos fatores comparados com ele mesmo, é atribuída a escala 1, pois, logicamente, o fator é igualmente preferível a ele mesmo.

**Tabela 5 - Comparação entre os pares de fatores de decisão**

Fator	Segurança	Deslocamento	Circulação	Dispositivo	Continuidade	Coordenação
Segurança	1	1/4	1/4	1	1/3	1
Deslocamento	4	1	1/2	4	2	3
Circulação	4	2	1	4	1/4	2
Dispositivo	1	1/4	1/4	1	1/3	1
Continuidade	3	1/2	4	3	1	6
Coordenação	1	1/3	1/2	1	1/6	1

**Fonte:** o autor.

#### 4.2.1.2.3 Cálculo dos autovalores e autovetores das matrizes de decisão

Os autovetores e autovalores das matrizes de decisão para criar as matrizes de prioridades para a escolha das alternativas considerando os julgamentos realizados na fase 2 foram calculados pela planilha de maneira a facilitar o trabalho. A seção 2.1.1.3 descreve o método utilizado e, para obtenção dos valores, foi utilizada a fórmula 4. A tabela 6 apresenta o resultado destes cálculos.

**Tabela 6 - Prioridades relativas da seleção de Posição de Bia O**

Fator	Prioridade Relativa
Segurança	0,0639
Deslocamento	0,2611
Circulação	0,2221
Dispositivo	0,0639
Continuidade	0,3215
Coordenação	0,0675
Soma	1,0000

**Fonte:** o autor.

Os valores obtidos nesta tabela são as prioridades relativas. Os elementos são obtidos da seguinte forma. Por exemplo, (Circulação x Deslocamento).

$$\text{Prioridade}_{\text{Circ x Desl}} = \frac{\text{Escala atribuída à Circulação x Deslocamento}}{\sum \text{Coluna Deslocamento}} \quad (8)$$

então,

$$\text{Prioridade}_{\text{Circ x Desl}} = \frac{2}{\frac{1}{4} + 1 + 2 + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}} = 0,4615 \quad (9)$$

A coluna mais à direita apresenta as prioridades do especialista com relação à posição de Bia O. A coluna prioridade relativa é calculada como a média das prioridades relativas que estão na mesma linha.

Os valores desta coluna indicam uma maior importância dada à Continuidade do apoio de fogo e menor importância dada ao Dispositivo da Tropa Apoiada. A partir da matriz referente à ponderação dos Fatores de Decisão, pode-se observar qual é a percepção do especialista com relação à importância de determinados fatores. A análise da percepção do especialista será objeto de discussão no próximo capítulo.

#### 4.2.1.2.4 Determinação do Quociente de Consistência

Para que uma solução final confiável seja obtida a partir da aplicação do método AHP, é necessário que haja consistência nas comparações realizadas. Por exemplo, se o deslocamento é três vezes preferível à circulação, e a circulação é quatro vezes preferível à segurança, uma consistência perfeita indicaria que o deslocamento é doze vezes preferível à segurança. O especialista respondeu que esta preferência é cinco. Dado que a consistência dificilmente será perfeita, devemos medi-la.

A imperfeição na consistência dos julgamentos é medida por meio do quociente de consistência (QC). Caso o QC seja muito grande, o decisor deverá rever seu questionário, tornando-o mais consistente. Para saber quanta inconsistência pode haver numa comparação, Silva esclarece que:

Como regra geral, se o índice de consistência for menor do que 0,1, então há consistência para prosseguir com os cálculos do AHP. Se for maior do que 0,1 recomenda-se que julgamentos sejam refeitos (por exemplo, reescrevendo questões do questionário ou recategorizando elementos) até que a consistência aumente. (2007, p. 46).

Neste trabalho as razões de consistência foram calculadas pela planilha e foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4. A coluna “RC Inicial” apresenta os valores calculados inicialmente.

Com relação à verificação da consistência dos julgamentos, é possível observar que os “QC Inicial” da matriz de decisão das alternativas, em relação aos julgamentos do especialista, estão abaixo do valor “RC Limite” determinado por Saaty (2008).

**Tabela 7 – Consistência dos julgamentos do especialista**

Matrizes	n	QC limite	QC
Comparação entre os pares de fatores de decisão da seleção de Posição de Bia O	6	< 0,10	9,87%
Comparação entre as alternativas com relação ao fator <b>Segurança</b>	3	< 0,10	0,89%
Comparação entre as alternativas com relação ao fator <b>Deslocamento</b>	3	< 0,10	0
Comparação entre as alternativas com relação ao fator <b>Circulação</b>	3	< 0,10	0
Comparação entre as alternativas com relação ao fator <b>Dispositivo</b>	3	< 0,10	0
Comparação entre as alternativas com relação ao fator <b>Continuidade do Apoio de Fogo</b>	3	< 0,10	0
Comparação entre as alternativas com relação ao fator <b>Dispositivo da Tropa Apoiada</b>	3	< 0,10	0

Fonte: o autor.

#### 4.2.1.2.5 Agregação das prioridades e escolha final

Após ser realizada a comparação dos fatores no nível 2 em relação ao objetivo no nível 1, devem ser realizadas as comparações para cada alternativa no nível 3 com relação aos fatores de decisão no nível 2. O decisor deve agregar as prioridades levantadas nesta etapa com as prioridades encontradas no nível 2, obtendo, assim, a resolução do problema. Isto é feito, ao fim, por meio de multiplicação das matrizes de prioridades dos níveis 3 e 2. (COLIN, 2007).

Fruto da segunda parte do questionário aplicado ao especialista no assunto, em que se pediu que este analisasse as posições de Bia O CB/1, CB/2 e CB/3, obteve-se os resultados expressos nas Tabelas 8 a 13.

Pode ser observado na Tabela 5, relativa à comparação das alternativas com relação ao fator Segurança, que, para o especialista, CB/1 atende melhor o fator Segurança quando comparado com CB/2.

Esta importância é da ordem 2 quando comparado ao CB/2, ou seja, no fator deslocamento o CB/1 atende melhor CB/2. Esta importância, de fato, pode ser explicada pela maior dificuldade de acesso à referida posição. O que, por outro lado, se reflete no julgamento relativo ao deslocamento. Pode-se observar que foi atribuída a escala 2 na construção do elemento da matriz de comparação entre as alternativas com relação ao fator Deslocamento

respectivo ao campo CB/1 X CB/2. Da mesma forma, para o elemento CB/2 X CB/1, tem-se a escala  $\frac{1}{2}$ . As tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam a comparação completa realizada entre alternativas com relação aos 6 fatores de decisão.

Cada uma das tabelas faz comparações dos pares para cada um dos fatores no nível 2. As avaliações “São subjetivas e dependem das impressões do especialista quanto aos fatores de decisão” (COLIN, 2007) e das características verificadas na Carta Topográfica Resende 1/25000, na fotografia aérea do Google Earth® e de sua própria experiência pessoal atuando na região.

***Tabela 8 - Comparação com relação ao fator Segurança***

Posições	CB/1	CB/2	CB/3	Prioridade
CB/1	1	2	3	0,5396
CB/2	1/2	1	2	0,2970
CB/3	1/3	1/2	1	0,1634

Fonte: O autor.

***Tabela 9 - Comparação com relação ao fator Deslocamento***

Posições	CB/1	CB/2	CB/3	Prioridade
CB/1	1	1/3	1/3	0,1429
CB/2	3	1	1	0,4286
CB/3	3	1	1	0,4286

Fonte: o autor.

***Tabela 10 - Comparação com relação ao fator Circulação***

Posições	CB/1	CB/2	CB/3	Prioridade
CB/1	1	4	4	0,6667
CB/2	1/4	1	1	0,1667
CB/3	1/4	1	1	0,1667

Fonte: o autor.

***Tabela 11 - Comparação com relação ao fator Dispositivo da Tropa Apoiada***

Posições	CB/1	CB/2	CB/3	Prioridade
CB/1	1	1	1	0,3333
CB/2	1	1	1	0,3333
CB/3	1	1	1	0,3333

Fonte: o autor.

***Tabela 12 - Comparação com relação ao fator Continuidade do Apoio de Fogo***

Posições	CB/1	CB/2	CB/3	Prioridade
CB/1	1	3	3	0,6000
CB/2	1/3	1	1	0,2000
CB/3	1/3	1	1	0,2000

Fonte: o autor.



**Tabela 13 - Comparação com relação ao fator Coordenação**

Posições	CB/1	CB/2	CB/3	Prioridade
CB/1	1	1	1	0,3333
CB/2	1	1	1	0,3333
CB/3	1	1	1	0,3333

Fonte: o autor.

Os cálculos de quociente de consistência para esta fase não indicaram inconsistências consideráveis. Portanto, pode-se prosseguir sem necessidade de ajustes adicionais como na seção 3.2.1.2.5.

Ao final das 6 fases anteriores, obteve-se a ponderação das três posições de Bia O (alternativas) face aos seis fatores de decisão (critérios), o que gerou uma matriz 3 x 6, expressa na tabela 11, tabela esta que nada mais é que a consolidação das prioridades de cada uma das comparações entre os pares de alternativas numa mesma matriz. Os fatores, por sua vez, foram ponderados par a par e isto gerou a matriz expressa na tabela 3.

**Tabela 14 - Consolidação das prioridades**

Posições	Segurança	Deslocamento	Circulação	Dispositivo	Continuidade	Coordenação
CB/1	0,5396	0,1429	0,6667	0,3333	0,6	0,3333
CB/2	0,297	0,4286	0,1667	0,3333	0,2	0,3333
CB/3	0,1634	0,4286	0,1667	0,3333	0,2	0,3333

Fonte: o autor.

Para Agregação das prioridades dos níveis 2 e 3, as prioridades compostas das três alternativas de decisão devem ser calculadas levando em consideração os níveis 2 e 3. Isso é feito multiplicando as matrizes de prioridade dos níveis 3 e 2. Para  $p_2$  e, respectivamente o vetor de prioridades relativas do nível 2 e a matriz de prioridades relativas do nível 3. Pode-se dizer que o vetor de prioridades compostas  $p_c$  é definido pela equação 10.

$$p_c = P_3 p_2 = \begin{pmatrix} 0,5396 & 0,1429 & 0,6667 & 0,3333 & 0,6000 & 0,3333 \\ 0,2970 & 0,4286 & 0,1667 & 0,3333 & 0,2000 & 0,3333 \\ 0,1634 & 0,4286 & 0,1667 & 0,3333 & 0,2000 & 0,3333 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,0639 \\ 0,2611 \\ 0,2221 \\ 0,0639 \\ 0,3215 \\ 0,0675 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4566 \\ 0,2760 \\ 0,2675 \end{pmatrix} \quad (10)$$

O produto destas duas matrizes é o resultado final esperado do processo que é a priorização dos Alternativas, qual das três posições de Bia seria a mais adequada para a situação particular hipotética vivida, ou seja, nosso objetivo. A Tabela 12 mostra a prioridade obtida a partir da agregação das prioridades nos níveis 2 e 3 que será utilizada para a alcançar o objetivo do estudo de caso. (COLIN, 2007).

**Tabela 15 - Agregação das prioridades**

Posições	Prioridade
CB/1	0,4566
CB/2	0,2760
CB/3	0,2675

**Fonte:** o autor.

Neste estudo de caso, a posição a ser escolhida é CB/1, uma vez que este possui o maior valor 0,4566, sendo o maior no vetor  $p_c$ .

Além de se determinar qual a melhor posição a ser escolhida, é interessante salientar que também se obtém prioridades entre as duas posições que não foram selecionadas como melhor alternativa. Isto pode ser útil caso a primeira alternativa, por algum motivo não possa ser ocupada.

Na prática, caso CB/1 não pudesse ser ocupado pela Bia O por motivos diversos de força maior, poder-se-ia ocupar CB/2, que possui o valor 0,2760, sendo o segundo maior no vetor  $p_c$  e, então, CB/3, que possui o valor 0,2674, sendo a última prioridade.

O procedimento para a realização do REOP de Bia O preconizado pelo C 6-140 determina que o Cmt Bia O “Reconhece a posição de troca se aprovado pelo escalão superior[...]” (BRASIL, 1995). A posição de troca é aquela “ocupada pela Bia O quando esta recebe a ação direta dos fogos inimigos.” (BRASIL, 1997, p. 3-12). Desta forma, a metodologia descrita neste estudo de caso serve, também, para assessorar o Cmt Bia na escolha da melhor posição de troca.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta monografia estudou a Pesquisa Operacional e sua aplicabilidade no EB. Além disso, empregou a metodologia AHP em um estudo de caso que contempla a escolha de posição de bateria de obuses por um oficial subalterno ou intermediário dos Grupos de Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro.

Desta forma, o estudo de caso objetivou uma máxima imitação de uma situação de combate real. Contudo, é sabido que o estudo de caso de uma situação hipotética não é capaz de apresentar o mesmo detalhamento do combate real, nem simular o estresse vivido pelos combatentes.

O primeiro resultado importante encontrado foi que, diante das incertezas que envolvem as operações de combate, aliadas às restrições de recursos inerentes à Artilharia de Campanha (que invariavelmente consome muita munição), torna-se imprescindível o emprego de uma metodologia que apoie, de forma criteriosa e isenta de subjetividade, as decisões dos comandantes nos diversos níveis do GAC. Obteve-se este entendimento a partir da revisão de Brasil (1998), Brasil (1997) e Brasil (2001), que preconizam táticas, técnicas e procedimentos para o emprego da Artilharia de Campanha. Atingiu-se, nesta etapa da pesquisa, o primeiro objetivo específico do trabalho, conhecendo-se os processos decisórios importantes para os oficiais subalternos do GAC.

Uma metodologia fundamentada no método AHP foi proposta para auxiliar os comandantes nas decisões e é baseada em duas vertentes: A priorização de critérios (fatores da decisão) e a escolha dentre as alternativas disponíveis.

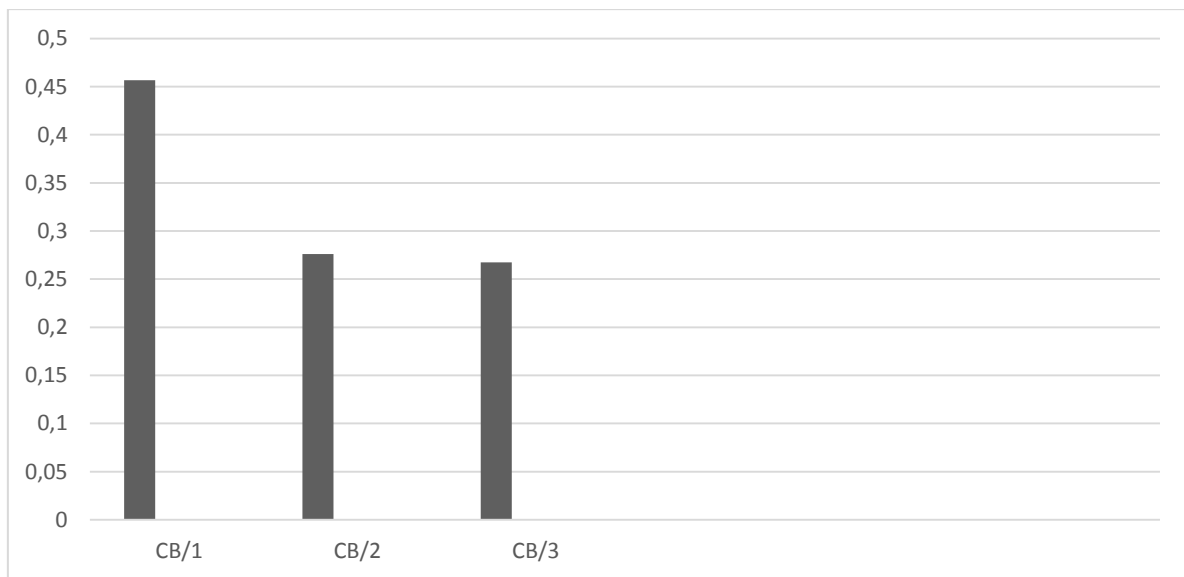
Na pesquisa bibliográfica relativa à Artilharia de Campanha, foram identificados os principais fatores de decisão para seleção de uma posição de Bia O. Então, foi realizada uma pesquisa com especialista no assunto para verificar a percepção deste, frente a uma situação geral e particular hipotéticas (porém em locais existentes na vida real) sobre a importância dos fatores da decisão.

Outros resultados obtidos nesta pesquisa bibliográfica, também para atingir o primeiro objetivo específico do trabalho, viabilizaram a realização de um estudo de caso, onde foi empregado o método AHP a partir de uma situação particular extraída de situação geral utilizada em exercício para qualificação de cadetes da AMAN no ano de 2016, a qual foi utilizada para escolher a melhor posição de Bia O, baseado em critérios retirados da Doutrina

Militar Terrestre vigente, relacionados no Manual de Campanha C 6-1 Emprego da Artilharia de Campanha e Manual de Campanha C 6-20 O Grupo de Artilharia de Campanha.

O segundo objetivo específico orientou a aplicação do método AHP no estudo de caso. O resultado encontrado ao fim da aplicação do método AHP mostrou que este se adequa bem à finalidade proposta neste trabalho. Se mostrando coerente com o entendimento de Baraças e Machado (2006, p. 3) apresentado na revisão da literatura que define a finalidade do método como a “determinação de prioridades e na escolha da melhor alternativa, quando aspectos qualitativos e quantitativos devam ser considerados.” Portanto, esta parte da teoria está totalmente coerente com os resultados encontrados no estudo de caso.

Ainda com vistas a atender o segundo objetivo proposto, apreendeu-se que, além de se determinar qual a melhor posição a ser escolhida, também se obtém prioridades entre as duas posições que não foram selecionadas como melhor alternativa. No Gráfico 1 é possível observar o resultado final do estudo de caso. Nele é possível observar graficamente, por meio das barras, quanto uma posição é favorável em relação a outra. Isto pode ser útil caso a primeira alternativa, por algum motivo não possa ser ocupada.



**Gráfico 1 – Prioridades das alternativas julgadas pelo especialista**

Fonte: o autor.

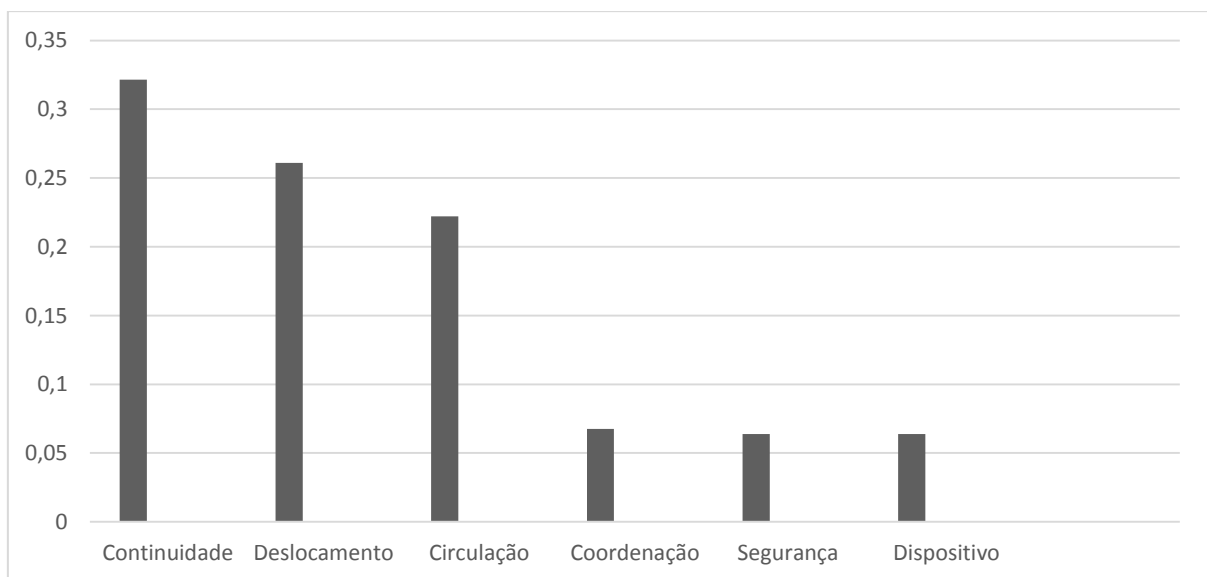
Na prática, caso o CB/1 não pudesse ser ocupado pela Bia O por motivos diversos de força maior, poder-se-ia ocupar o CB/2, que possui o valor 0,2760, sendo o segundo maior no vetor  $p_c$  e, então, CB/3, que possui o valor 0,2674, sendo a última prioridade.

O procedimento para a realização do REOP de Bia O preconizado pelo C 6-140 determina que o Cmt Bia O “Reconhece a posição de troca se aprovado pelo escalão

superior[...]” (BRASIL, 1995). A posição de troca é aquela “ocupada pela Bia O quando esta recebe a ação direta dos fogos inimigos.” (BRASIL, 1997, p. 3-12). Desta forma, a metodologia descrita neste estudo de caso serve, também, para assessorar o Cmt Bia na escolha da melhor posição de troca.

Desta forma, o método AHP se confirmou como ferramenta sensivelmente útil no apoio ao processo decisório, apresentando de forma quantitativa aspectos qualitativos, podendo facilitar e tornar mais eficaz a escolha da posição de Bia O que melhor atende aos fatores da decisão estabelecidos.

Outro aspecto importante foi revelado com a análise dos resultados das comparações pareadas. A aplicação de questionário permitiu, não só obter a melhor solução para o problema proposto, mas também analisar como um especialista na área percebe problemas deste tipo e o que é priorizado por ele. Os gráficos 2 apresenta um gráfico de barras onde são mostradas prioridades dos critérios atribuídas pelo especialista a cada um dos fatores de decisão. Desta forma, os resultados da análise da situação hipotética mostraram-se coerentes com as situações reais em que se prioriza o fator da decisão Continuidade do Apoio de Fogo.



**Gráfico 2 – Prioridades dos critérios julgados pelo especialista**

**Fonte:** o autor.

Tal percepção se justifica diante da crescente ameaça dos meios de contrabateria e “A contundente eficiência dos meios de busca de alvos, a integração dos diversos sistemas e o crescente aumento do alcance dos sistemas de armas.” (BENETTI, 2011, p. 7), que torna as operações como um todo, aí se incluindo o apoio de fogo, mais dinâmicas, necessitando que o apoio de fogo seja, mais do que nunca, contínuo, e que a Artilharia de Campanha seja uma força seja flexível, ou seja, capaz de se deslocar com rapidez para se manter efetiva em combate. Esta percepção demonstra a importância dos fatores Deslocamento e Continuidade do Apoio de Fogo.

Assim como a Doutrina Militar Terrestre evoluiu muito desde a Segunda Guerra Mundial, quando passou a se empregar métodos de PO nas operações militares (PASSOS, 2007, p. 62), a própria PO evoluiu. O método AHP surge nos anos 1980 como ferramenta valiosa para apoio dos comandantes nos diversos níveis. Apesar das inovações nas técnicas de Pesquisa Operacional, a disciplina foi se afastando do meio militar, sendo muito comum seu emprego em atividades essencialmente produtivas como indústrias, porém muito raras nas operações militares.

A partir da revisão da literatura constante em Brasil (1997), Brasil (1998) e Brasil (2001), chegou-se ao entendimento de que o REOP de Bia O é uma ação tática enquadrada nas ações conduzidas pelos GAC em situações que se apresentam no combate real, baseado na doutrina vigente no EB.

A partir da observação do funcionamento de um método de PO (o AHP) que mostrou indícios de ser efetivamente capaz de apoiar a decisão de um comandante tático em uma situação que, apesar de hipotética, usa dados do mundo real e doutrina atualmente vigente no EB, realizou-se uma generalização para além do alcance das observações realizadas durante o estudo de caso, inferindo que a PO pode apoiar decisões em combates reais e dentro da doutrina atual e vigente no EB.

Portanto, obteve-se a percepção de que a utilização de recursos advindos de soluções fundamentadas por PO podem favorecer ações e atividades no âmbito de diversos escalões no EB, inclusive no nível subunidade de Artilharia. Finalmente, chegou-se ao entendimento de que a PO não está obsoleta ou ultrapassada para apoiar as decisões feitas em combates convencionais modernos.

Respondendo, então, ao problema levantado para a pesquisa, considerou-se que é possível empregar modelos fundamentos na PO para apoiar as decisões tomadas durante situações de combate no âmbito do EB, inclusive nos escalões de Artilharia de Campanha.

Percebeu-se, a partir da pesquisa bibliográfica, que o método AHP, além de poder ser empregado em situações de decisão em combate como do estudo de caso, pode ser usado em apoio a aquisições de materiais de emprego militar. Isto é feito nos estudos de caso realizados nos trabalhos de Santos e Quintal (2014), Ribeiro et al. (2012), e Silva (2013). Este resultado confirma uma das vantagens do método AHP apresentadas no capítulo revisão da literatura quando é citada a aplicabilidade do método no meio militar.

Comparando-se o resultado obtido com o que afirma Tabar, “o método tem o benefício de ter uma vasta gama de aplicações como alocação de recursos, escolher entre alternativas e processos de engenharia.” (2013, p. 39). Observa-se que existe, realmente, uma confirmação entre a teoria e a prática o que leva a considerar que ainda há muito potencial de emprego não só do método AHP, mas da PO como um todo no ambiente militar, em especial, no Exército Brasileiro.

Os métodos de PO são, eminentemente, métodos matemáticos. Portanto, para se processarem, demandam capacidade computacional muitas vezes escassas por falta de recursos. Desde a Segunda Guerra Mundial, quando a PO se incorporou a projetos militares, a capacidade de processamento dos computadores cresceu exponencialmente, sendo multiplicada diversas vezes ao longo das décadas obedecendo, de forma geral, uma regra que diz que a capacidade computacional dobra a cada 18 meses. (KLEINA, 2011). Este fato apontaria para um maior uso da PO, em especial nas operações militares onde se necessita, na maioria das vezes, de uma resposta rápida a um problema militar que se apresenta em tempo real durante o curso das operações. No entanto, a realidade que se apresenta no Exército Brasileiro é o uso da PO restrita aos jogos de guerra no âmbito do Comando de Operações Terrestres para o adestramento de oficiais. (PASSOS, 2007, p.10). Este fato é preocupante uma vez que decisões equivocadas em operações militares têm consequências potencialmente desastrosas, haja vista o caso de Dien Bien Phu apresentado no início do Revisão da Literatura deste trabalho.

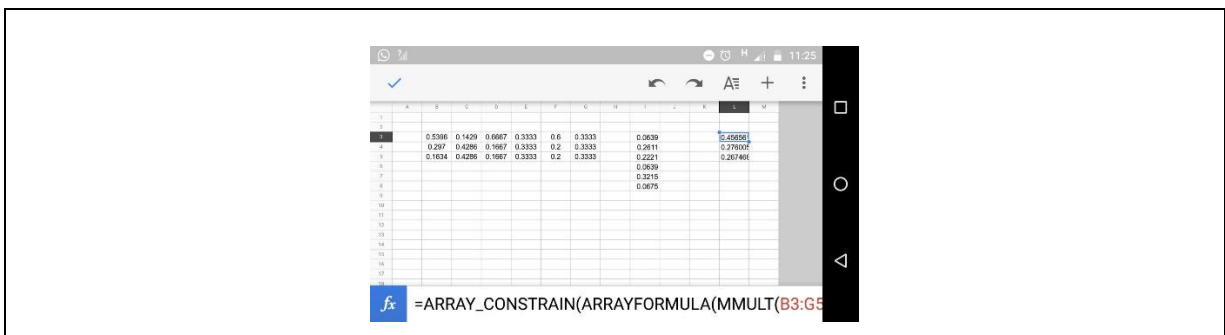
O estudo de caso possibilitou que fossem empregadas Tecnologias da Informação e Comunicação para implementação da metodologia AHP. Isto foi feito por meio da planilha eletrônica Microsoft Excel®. Esta planilha foi empregada a partir do entendimento de Colin que afirma que “O uso da planilha eletrônica facilita bastante a aplicação do AHP”. (2007, p. 450).

A utilização da planilha para a resolução de problemas com o método AHP se mostrou relativamente simples e pode, inclusive, ser operacionalizado em celulares e tablets que utilizam o sistema Android, aproveitando-se da capacidade computacional que estes equipamentos possuem. Na Figura 12 e 13, pode-se observar a utilização de um Smartphone Motorola X operando o Sistema Operacional Android com a Planilha Eletrônica Excel sendo utilizada para calcular multiplicação de matrizes utilizadas no estudo de caso deste trabalho.



**Figura 14 – Cálculo de prioridades no Smartphone**

Fonte: o autor.



**Figura 15 – Multiplicação de Matrizes no Smartphone**

Fonte: o autor.

Hoje, na Artilharia de Campanha, o moderno sistema Genesis da empresa IMBEL já emprega tais meios. O Sistema Gênesis foi utilizado mais recentemente no mês de maio de 2016 em um exercício do 31º GAC 105 AR (Es) onde calculou os tiros que “reinauguraram” o Campo de Tiro de Gericinó na guarnição do Rio de Janeiro onde não havia tiro real de Artilharia desde o ano de 2003. Tablets robustecidos são utilizados, tanto pelo Cmt Bia O, quanto na linha de fogo, por parte de seu comandante e chefes de peça. Verifica-se, portanto, uma oportunidade de inovação do Sistema Gênesis que poderia integrar, em seu software, uma ferramenta que otimizasse a escolha de posição de Bia O por parte do Cmt Bia O. Identifica-se, portanto, a partir desta pesquisa, uma aplicação prática da metodologia utilizada neste trabalho que poderá contribuir com a eficiência das baterias de obuses da Artilharia de Campanha do EB. (APÓS..., 2016).



## 6 CONCLUSÃO

O trabalho teve como objetivo testar, em ambiente militar, a possível viabilidade da aplicação da PO em decisões de comandantes no nível tático dentro dos GAC do Exército Brasileiro. O objetivo foi atingido, com a obtenção de resultados que apontam para a viabilidade da aplicação da disciplina em ambiente militar, porém com determinadas peculiaridades discutidas no capítulo anterior.

Buscando atingir o primeiro objetivo específico, foi realizada revisão da literatura que permitiu conhecer um pouco da teoria da PO e viabilizar um estudo de caso particular de aplicação da disciplina em ambiente militar. A partir da revisão da literatura, foi possível conhecer as origens da PO, e do método AHP. Entretanto, esta é uma disciplina com muitas ramificações e possibilidades de emprego que deve, sem dúvida, ser estudada mais a fundo.

Realizando o estudo de caso com vistas a alcançar, conseqüentemente, o segundo objetivo, procedeu-se à avaliação do desempenho do método AHP em ambiente militar, que era o último objetivo específico do trabalho, identificando coerências das vantagens apresentadas na revisão da literatura e desvantagens apontadas pelo especialista durante a aplicação do método.

Os resultados encontrados foram apresentados e discutidos na seção anterior, à luz dos conceitos apresentados na revisão da literatura e apontam para a possibilidade de emprego da PO nas atividades militares atualmente desenvolvidas pelo EB e, mais especificamente, na Artilharia de Campanha.

Obtiveram-se resultados que eram esperados como resultado da aplicação da metodologia AHP a um problema militar e outros que excederam nossas expectativas, pois revelaram fatos relevantes que eram desconhecidos ou não foram esclarecidos simplesmente pela leitura prévia.

Destacam-se, entre os resultados não esperados, a identificação de outras possibilidades de emprego do método AHP que são perfeitamente possíveis no pelo setor de aquisição das organizações militares do EB e, também, a possibilidade de verificar como um especialista percebe um problema, em vez de limitar o uso do método AHP a obter apenas a escolha da melhor alternativa.

Os resultados alcançados nesta pesquisa podem ser generalizados. Existe grande diversidade de métodos de Pesquisa Operacional e vasta gama de aplicação para cada um deles. Os resultados, portanto, se estendem a considerável parte das atividades militares desenvolvidas no EB das quais foi extraída a amostra desta pesquisa (a seleção de posições de Bia O).

A hipótese de pesquisa considera que a PO é capaz de auxiliar os oficiais intermediários e subalternos dos GAC nas decisões que devem tomar face às situações que se apresentam em combate. Em face aos resultados obtidos, nos quais é demonstrada a funcionalidade da PO, e suas outras possíveis aplicações, pode-se afirmar que a hipótese de pesquisa foi confirmada.

Diante desses resultados, evidencia-se que a PO no Exército Brasileiro deve ser objeto de mais estudos, dada a sua utilidade, eficiência e acessibilidade.

Sob essa perspectiva, entende-se que a PO no EB, que hoje é “restrita aos jogos de guerra” (PASSOS, 2007, p. 71), deva ser estendido a outras áreas do Exército. Destaca-se uma iniciativa da Cadeira de Economia da Academia Militar das Agulhas Negras, que propôs a criação de uma matéria eletiva a ser iniciada no segundo semestre do ano de 2016. Esta iniciativa é muito interessante pois vai formar novos oficiais no assunto, o que tende a multiplicar o conhecimento da disciplina uma vez que os mesmos chegarão no ano seguinte ao corpo de tropa. No entanto, mais ainda pode ser feito, uma vez que a PO já chegou a ser ensinada no Instituto Militar de Engenharia, tendo o curso de mestrado em Engenharia de Sistemas ênfase na PO. (PASSOS, 2007).

Conclui-se, diante dos resultados obtidos, que os objetivos da pesquisa foram atingidos, que se obteve resposta satisfatória ao problema da pesquisa e que a hipótese proposta está em conformidade com a resposta para o problema, ficando a hipótese confirmada.

Durante a pesquisa, encontrou-se um tema de grande interesse para a Força, podendo ser feito um estudo sobre o mesmo. Trata-se da priorização de alternativas nos projetos de aquisição de materiais de emprego militar pelo Exército Brasileiro.

Atualmente, tem-se o entendimento de que a Administração Pública deve adquirir mercadorias ou contratar serviços, via de regra, por meio de licitações. (BRASIL, 1993). Licitação é o procedimento administrativo mediante o qual a Administração Pública seleciona a proposta mais vantajosa para o contrato de seu interesse. O Exército Brasileiro, como órgão da Administração Pública Direta, não foge à regra.

Vale lembrar que nem sempre a proposta mais vantajosa é aquela de menor preço. Por vezes, outros fatores devem ser considerados na hora de selecionar uma proposta. E, quando se trata de projetos na área de defesa, deve-se considerar que são assuntos sensíveis, assumindo vieses, muitas das vezes, políticos. Mediante isto, poderia ser feito um estudo mais detalhado empregando-se o método AHP para estudar a análise de propostas nos processos licitatórios a fim de se obter a alternativa mais vantajosa para os cofres públicos.

## REFERÊNCIAS

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS. **Seção de Liderança**. Liderança militar. Resende: Acadêmica, 2010.

\_\_\_\_\_. **Cadeira de Metodologia da Pesquisa Científica**. Manual de metodologia de pesquisa científica. Resende: Acadêmica, 2008.

APÓS 13 anos o Campo de Instrução do Gericinó (CIG) recebeu duas unidades de Artilharia para instrução de tiro real. **Orbis defense**, 12 maio 2016. Disponível em: <<http://orbisdefense.blogspot.com.br/2016/05/apos-13-anos-o-campo-de-instrucao-do.html>>. Acesso em: 13 junho 2016.

BARAÇAS, Francisco JL; MACHADO, João PA. A análise multicritério na tomada de decisão—o Método Analítico Hierárquico de TL Saaty. **Princípios fundamentais e seu desenvolvimento**. Instituto Politécnico de Coimbra. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Departamento de Engenharia Civil, 2006.

BENETTI, Cezar Carriel. Os novos paradigmas para o apoio de fogo terrestre. **ECSB Defesa**, Juiz de Fora, jul. 2008. Disponível em: <<http://www.ecsbdefesa.com.br/defesa/fts/onpaft.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

BRASIL. **Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm)>. Acesso em: 11 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Exército. **C 6-140**: Baterias do grupo de artilharia de campanha. 4. ed. Brasília: EGGCF, 1995.

\_\_\_\_\_. Ministério do Exército. **C 6-1**: Emprego da artilharia de campanha. 3. ed. Brasília: EGGCF, 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **C 6-20**: O grupo de artilharia de campanha. 4. ed. Brasília: EGGCF, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **C 6-40**: Técnica de tiro de artilharia de campanha – volume 1. 5. ed. Brasília: EGGCF, 2001.

COSTA, Thiago Cardoso Da; BELDERRAIN, Mischel Carmen Neyra. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. **Encita**, São José dos Campos, out. 2009

CRUZ, Jonas Luiz da Silva. **A Pesquisa Operacional no Exército Brasileiro**. 2014. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Militares) – Academia Militar das Agulhas Negras, Resende-RJ, 2014.

FOGLIATTO, F. S. **Apostila de Pesquisa Operacional**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 167 f. Disponível em: <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/382\\_po\\_apostila\\_completa\\_mais\\_livro.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/382_po_apostila_completa_mais_livro.pdf)> Acesso em: 04 jan. 2016.

GALANTE, Ricardo. Ministério da Defesa é o mais afetado nos cortes orçamentários do governo. **Poder Aéreo**, 19 maio de 2015. Disponível em: <<http://www.aereo.jor.br/2015/05/19/ministerio-da-defesa-e-o-mais-afetado-nos-cortes-orcamentarios-do-governo/>>. Acesso em: 30 maio 2016.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

KLEINA, Nilton. Lei de Moore é complementada: eficiência de computadores dobra a cada 18 meses. **Tecmundo**, 13 set. 2011. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/processadores/13307-lei-de-moore-e-complementada-eficiencia-de-computadores-dobra-a-cada-18-meses.htm>> Acesso em: 15 maio 2016.

MEYER, Dwain A. **A estratégia de transporte**. Military Review, Kansas, United States, n. 2, p. 25-33, 2nd. Qtr. 2007.

NUNES, Daniel Carvalho. Tomada de decisões - perguntas e respostas. **Artigonal**, 25 mar. 2009. Disponível em: <<http://www.artigonal.com/administracao-artigos/tomada-de-decisoes-perguntas-e-respostas-834081.html>> Acesso em: 18 maio 2016.

PASSOS, Aderson Campos. A pesquisa operacional militar: ordem histórica e comparação entre exército brasileiro e de outros países. **Revista militar de ciência e tecnologia**, ano XXIV, v. 24, n. 3, p. 62-73, set. 2007.

RIBEIRO, Livia de Souza; PASSOS, Aderson Campos; TEIXEIRA, Marcello Goulart. A pesquisa operacional militar: ordem histórica e comparação entre exército brasileiro e de outros países. **Produção**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 132-141, jan./fev. 2012.

SAATY, Thomas Lorie. Decision making with the analytic hierarchy process. **Int. J. Services**, Pittsburgh, United States of America, v. 1, n. 1, p. 83-98, dez. 2008.

SANTOS, Marcos dos; QUINTAL, Renato Santiago; LEAL, Rodrigo Barreiros. O desafio da escolha de novos caças para a força aérea brasileira: uma abordagem à luz da metodologia analytic hierarchy process (ahp). **Seget**, Resende, v. 11, p. 1-2, out. 2014.

SILVA, Wellington Guilherme da. Sistema de guerra eletrônica para autodefesa de helicópteros de combate. **Unifa**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 33, p. 25-37, dez. 2013.

TORRES, Cássia Juliana Fernandes. **Desenvolvimento metodológico para apoio à tomada de decisão sobre o programa de efetivação do enquadramento dos corpos d'água**. 2014. 176 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana.) - Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2014.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Prezado entrevistado,

Este questionário faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), do Curso de Formação de Oficiais de Artilharia da Academia Militar das Agulhas Negras no ano de 201Coordenação  
O título do TCC é **A Pesquisa Operacional na Artilharia de Campanha**.

Desde já, agradeço pela colaboração!

### ORIENTAÇÕES GERAIS

As perguntas deste questionário seguem o padrão de comparação de importância entre pares de critérios, segundo a escala Saaty (SAATY, 2008, p. 4), que varia de 1 a 9, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – A escala fundamental de Saaty.

Valor	Julgamento
1	Igual importância
2	Entre igual e moderada importância
3	Moderada importância
4	Entre moderada e forte importância
5	Forte importância
6	Entre forte e muito forte importância
7	Muito forte importância
8	Entre muito forte e extrema importância
9	Extrema importância

Apenas como exemplo de utilização da escala Saaty, observe as duas questões demonstrativas abaixo. Observe que, para cada comparação, é possível marcar somente um X. Se o entrevistado julgar que os critérios têm IGUAL importância, deve assinalar um X no grau 1 (um).

1) Na escolha de um carro, o que é mais importante: CONFORTO ou ECONOMIA?

CONFORTO									ECONOMIA								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				X													

Logo, o entrevistado julga que, para a escolha de um carro, o critério CONFORTO tem FORTE importância em relação ao critério ECONOMIA.

2) Na escolha de um carro, o que é mais importante: CONFORTO ou SEGURANÇA?

CONFORTO									SEGURANÇA								
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
																X	

Logo, o entrevistado julga que, para a escolha de um carro, o critério SEGURANÇA tem EXTREMA importância em relação ao critério CONFORTO.

### Contextualização do Questionário

Este questionário tem a finalidade de, a partir da percepção e da experiência de oficiais de Artilharia, verificar a importância relativa entre os fatores da decisão para a seleção de uma Posição de Bia O. Tal pesquisa avalia uma decisão para a seleção de uma posição entre três alternativas (CB/1, CB/2 E CB/3).

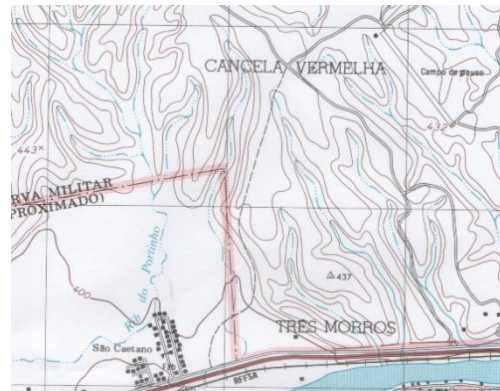
O manual de campanha C 6-40 esclarece a quem cabe a decisão em análise neste questionário: “A região de procura de posição (RPP) de um grupo é escolhida de modo a permitir, dentro das características técnicas do material, o cumprimento da missão. Nessa região, cada comandante de bateria recebe uma área onde deve escolher uma posição[...]” (2001, p. 3-1).

Designada a Região de Procura de Posições (RPP) pelo Oficial de Operações do GAC, o Cmt Bia O deverá escolher, dentro desta, uma área para posicionar sua Bia O, conforme os critérios para escolha da posição.

Caracterizamos, então, o objetivo da decisão que é escolher, dentro da Área que coube à 1ª Bia O, a melhor posição para bateria conforme os fatores de decisão preconizados no Manual de Campanha C 6-1.

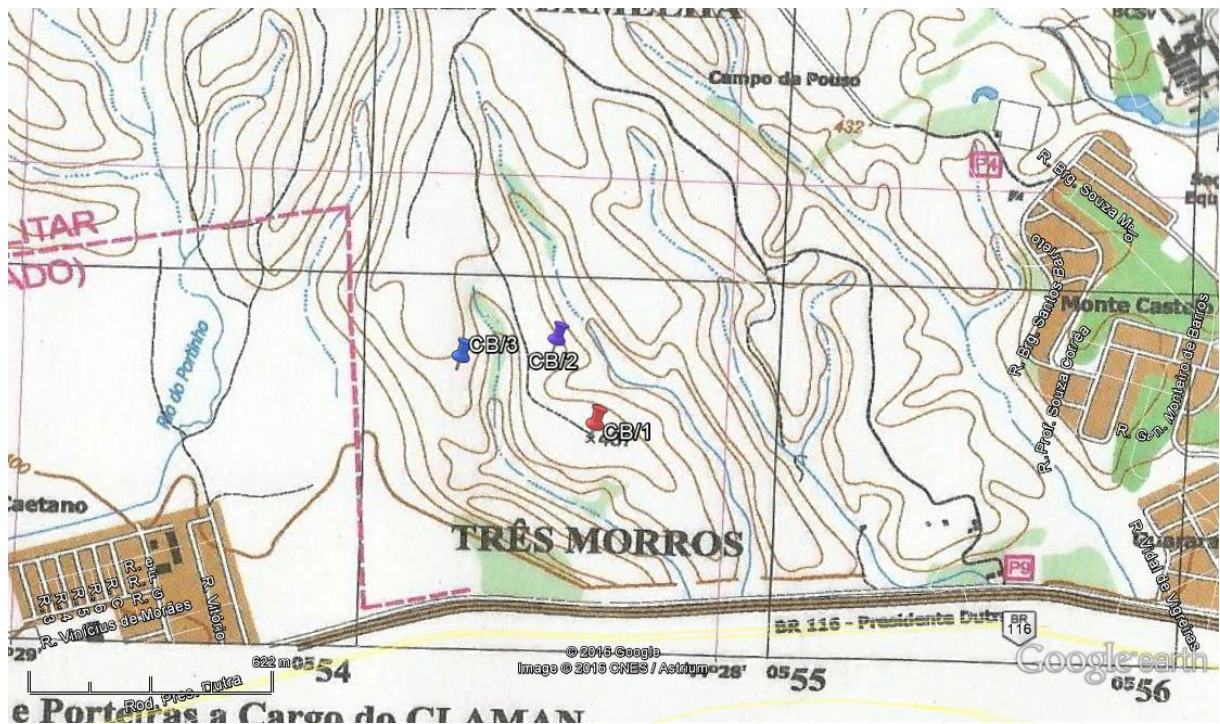
Na situação particular vivida, a RPP escolhida é a de Três Morros, situada nas coordenadas (54582-16631-437) Carta Resende. Dentro da área destinada ao 51º GAC 105 AR, coube à 1ª Bia O, uma área em que é viável o desdobramento de uma Bia O em 3 posições diferentes. Ou seja, há 3 alternativas para a solução do problema apresentado, às quais o Cmt Bia O deverá dar a melhor resposta a fim de atender o objetivo que é decidir pela melhor posição de Bia O.

A seguir, podemos observar a área na carta topográfica e numa fotografia aérea, que data do dia 25 de agosto de 2013.



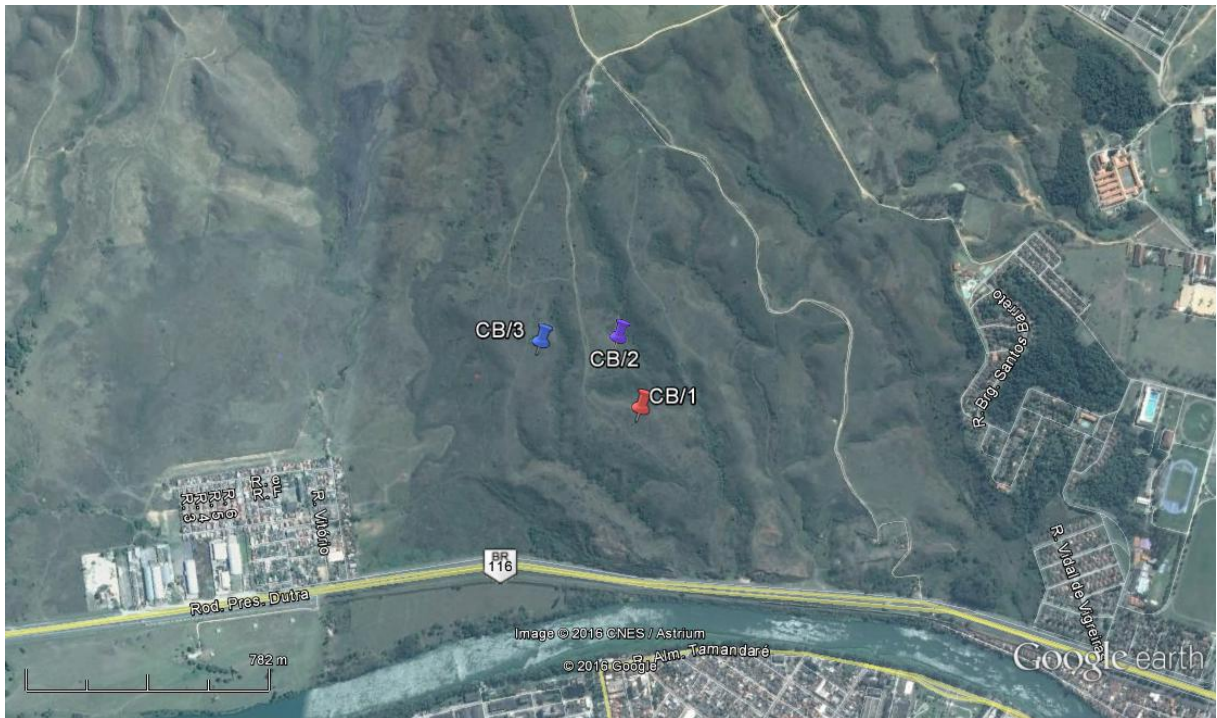
Às posições de provável ocupação foram atribuídos os nomes CB/1, CB/2 e CB/3, que designam os Centros de Bateria de Obuses. O Manual de Campanha C 6-40 (BRASIL, 2001) Técnica de Tiro da Artilharia de Campanha define CB como “o ponto que ocupa aproximadamente centro da figura geométrica formada pelas peças e em relação ao qual são determinados os elementos da Bia. No terreno, sua localização é designada pelo Cmt Bia.” (BRASIL, 2001)

Na figura a seguir apresentam-se as alternativas locadas num extrato da Carta Topográfica Resende 1/25000.



Na figura a seguir apresentam-se as alternativas numa fotografia aérea, onde pode-se observar com mais detalhes as alternativas.





Consideramos que nas três posições são possíveis a ocupação, atendidos os requisitos técnicos para seleção da posição de Bia O, e são similares em relação aos critérios estabelecidas no Manual de Campanha C 6-1, porém, cabe ao Cmt Bia O a escolha da melhor posição para garantir a maior eficiência da SU.

Os fatores de decisão determinados no manual C 6-20 são os seguintes:

- ”(a) Quanto à segurança - Desenfiamento, camuflagem, espaço para dispersão, obstáculos interpostos entre a posição e o inimigo, facilidade para ocupação de posição de troca, distância da LC e proximidade da reserva.
- (b) Quanto aos deslocamentos - Condições de trafegabilidade, obstáculos, segurança para acesso à área de posição e desta para a posição de manobra.
- (c) Quanto à circulação na posição - Condições de circulação no seu interior, natureza do solo e efeitos das condições meteorológicas.
- (d) Quanto ao dispositivo da força apoiada - Amplitude do setor de tiro (direção) e orientação da parte mais importante da frente.
- (e) Quanto à continuidade de apoio de fogo - Alcance e orientação do deslocamento.
- (f) Quanto à coordenação - Necessidade de coordenação com o escalão superior, unidades vizinhas e outras.” (BRASIL, 1998, p. 6-8).

Caracterizamos, então, as alternativas da decisão para atingir o objetivo proposto. Que são as alternativas CB/1, CB/2 e CB/3 e os critérios que devem ser utilizados.

É importante destacar, também, o sentido do Deslocamento e a direção em que as baterias serão apontadas. Nesta situação, considerou-se que o sentido do deslocamento da tropa apoiada era o Oeste, sendo realizado, principalmente, pela Rodovia BR-116 Presidente Dutra. Considerou-se, também, que as baterias estavam apontadas, também, para Oeste.





