

**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR**  
**DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**  
**CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR EXÉRCITO (ARMAS/SERVIÇOS)**  
**1ª EDIÇÃO 2018/2019**



**TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO DE GRUPO**

**ANÁLISE DO IPB OBTIDO POR PROCESSOS AUTOMÁTICOS**

**O TEXTO CORRESPONDE AO TRABALHO FEITO DURANTE A FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DOS SEUS AUTORES, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL REPUBLICANA.**

**CAP ENG João Amílcar Rodrigues Marques**  
**CAP INF Ivan Filipe Martins Nunes**  
**CAP ART Nuno Filipe Batista Imperial**  
**CAP INF Isidro Miguel Mendes Lopes**



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR  
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

**ANÁLISE DO IPB OBTIDO POR PROCESSOS  
AUTOMÁTICOS**

**CAP ENG João Amílcar Rodrigues Marques**

**CAP INF Ivan Filipe Martins Nunes**

**CAP ART Nuno Filipe Batista Imperial**

**CAP INF Isidro Miguel Mendes Lopes (Coordenador)**

Trabalho de Investigação de Grupo do CPOS-E A/S 1ª Edição 2018/2019

Pedrouços 2018/2019



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR  
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS**

**ANÁLISE DO IPB OBTIDO POR PROCESSOS  
AUTOMÁTICOS**

**CAP ENG João Amílcar Rodrigues Marques**

**CAP INF Ivan Filipe Martins Nunes**

**CAP ART Nuno Filipe Batista Imperial**

**CAP INF Isidro Miguel Mendes Lopes (Coordenador)**

Trabalho de Investigação de Grupo do CPOS-E A/S 1ª Edição 2018/2019

Orientador: MAJ TM Luís Alves Batista

Pedrouços 2018/2019



## **Declaração de compromisso Antiplágio**

Declaramos por nossa honra que o documento intitulado “**Análise do IPB obtido por processos automáticos**” corresponde ao resultado da investigação por nós desenvolvida enquanto auditores do **Curso de Promoção a Oficial Superior – Exército Armas/serviços 1ª Edição 2018/2019** no Instituto Universitário Militar e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Temos consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, **24 de janeiro de 2019**

CAP ENG João Amílcar Rodrigues Marques

Assinatura:

CAP INF Ivan Filipe Martins Nunes

Assinatura:

CAP ART Nuno Filipe Batista Imperial

Assinatura:

CAP INF Isidro Miguel Mendes Lopes

Assinatura:



### **Agradecimentos**

Ao Orientador de Grupo, Major Luís Alves Batista, pela sua total disponibilidade, rigor, incentivo, profissionalismo e pelas críticas assertivas e deveras construtivas.

Ao Major Dias Afonso, Chefe do Departamento de Conceção e Desenvolvimento do CIGeoE, pela total disponibilidade e pelos contributos prestados na fase inicial da investigação, estruturando-nos o pensamento e permitindo-nos descobrir o melhor caminho a percorrer.



## Índice

Introdução.....	1
1. Enquadramento Concetual e Percurso Metodológico.....	3
1.1. Revisão de Literatura.....	4
1.2. Metodologia de Investigação.....	5
2. Caracterização das Variáveis.....	8
2.1. Caraterísticas do espaço de batalha.....	8
2.1.1. Relevo.....	8
2.1.2. Hidrografia.....	8
2.1.3. Vegetação.....	9
2.1.4. Natureza do solo.....	10
2.1.5. Ações resultantes da ação do homem.....	10
2.2. Determinação de Obstáculos e Eixos de Aproximação.....	10
2.2.1. Obstáculos.....	10
2.2.2. Terreno Restritivo.....	11
2.2.3. Terreno Impeditivo.....	12
2.2.4. Eixos de Aproximação.....	12
3. Algoritmos para automatização dos Passos 1 e 2 do IPB.....	14
3.1. Obstáculos.....	14
3.2. Eixos de Aproximação.....	17
4. Fontes de dados geoespaciais nos Passos 1 e 2 do IPB.....	19
4.1. Bases de dados geoespaciais.....	19
4.1.1. PostGreSQL.....	19
4.1.2. GeoNetwork.....	19
4.2. Servidores de dados geoespaciais.....	20
4.2.1. GeoServer.....	20
4.2.2. ArcGIS Server.....	20
4.3. Aplicações geoespaciais.....	20
4.3.1. SIGOp.....	20
4.3.2. Google Earth.....	20



4.3.3. GeoMedia.....	21
4.3.4. ArcGIS .....	21
4.3.5. MapStore.....	21
4.3.6. OpenLayers .....	21
Conclusões.....	22
Referências Bibliográficas.....	24

### **Índice de Figuras**

Figura 1 - EAprox determinado pelo método das formigas .....	13
Figura 2 – Pseudo-código para determinação dos EAprox pelo método das formigas.....	18
Figura 3 – Bases de dados, Servidores e Aplicações.....	19

### **Índice de Quadros**

Quadro 1 - Terreno Restritivo: condições a verificar .....	11
Quadro 2 – Terreno Impeditivo: condições a verificar.....	12
Quadro 3 – Operacionalização do modelo de cálculo para o Relevo .....	14
Quadro 4 – Operacionalização do modelo de cálculo para a Hidrografia.....	14
Quadro 5 – Operacionalização do modelo de cálculo para a Vegetação.....	15
Quadro 6 - Operacionalização do modelo de cálculo para a Natureza do Solo .....	15
Quadro 7 – Operacionalização do modelo de cálculo para a Ação do Homem .....	16

### **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Modelo de Análise.....	6
-----------------------------------	---



## **Resumo**

O presente trabalho de investigação versa sobre o Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações (IPB) e a sua possibilidade de ser executado através de processos automáticos. O seu objeto de estudo é o processo do IPB com incidência nos Passos 1 e 2, sendo o objetivo principal desta investigação operacionalizar um modelo de cálculo das variáveis para automatização dos produtos dos Passos 1 e 2 do IPB.

Na metodologia de investigação escolheu-se o raciocínio dedutivo com recurso à análise de conteúdo, tendo sido aplicada a estratégia de investigação quantitativa e adotado o estudo de caso no desenho de pesquisa.

Como principais resultados destaca-se a caracterização dos elementos essenciais do Espaço de Batalha (EB), bem como a determinação dos conceitos de Obstáculos e de Eixos de Aproximação.

Através de fontes de dados geoespaciais existentes consegue-se neste trabalho enumerar uma série de Bases de dados geoespaciais, de Servidores de dados geoespaciais e de Aplicações geoespaciais.

Nos Algoritmos para automatização dos Passos 1 e 2 do IPB, consegue-se formular um modelo único de cálculo para o terreno impeditivo, assim como para o terreno restritivo. Para os Eixos de Aproximação, foi encontrada uma fórmula de cálculo para integrar o presente modelo.

## **Palavras-chave**

IPB, Espaço de Batalha, Informações, Processos Automáticos



**Abstract**

*The present paper is about the Intelligence Preparation of the Battlefield (IPB) and the possibility of its execution through automatic processes.*

*The object of this study is the IPB process focusing specifically on Steps 1 and 2. The main objective of this investigation is to operationalize a calculation model of the variables for automation of the products of IPB's Steps 1 and 2.*

*As methodology, we choose a deductive approach using content analysis and a quantitative research strategy. The research design adopted was the case study.*

*As main outcomes of this work, the characterization of the essential elements of the Battle Space (BS) could be highlighted, along with the determination of the concepts of Obstacles and Avenues of approach. Through the available sources of geospatial data, it is possible to enumerate a series of geospatial databases, geospatial data servers and geospatial applications. In the Algorithms for automation of Steps 1 and 2 of the IPB, it is possible to formulate a single calculation model for the severely restricted terrain, as well as for the restricted terrain. For the Avenues of approach, a calculation formula was found to integrate the current model.*

**Keywords**

*IPB, BattleSpace, Intelligence, Automatic Processes*



### Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AOp	Área de Operações
CIGeoE	Centro de Informação Geoespacial do Exército
DARCOM	<i>Development and Readiness Command</i>
DoD	<i>Department of Defense</i>
EApprox	Eixos de Aproximação
EB	Espaço de Batalha
EP	Exército Português
FFAA	Forças Armadas
IAEM	Instituto de Altos Estudos Militares
IAS	<i>Intelligence Analysis System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	<i>International Business Machines</i>
IPB	<i>Intelligence Preparation of the Battlefield</i> / Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações
m/a	Modalidades de Ação
MARCORSYSCOM	<i>Marine Corps Systems Command</i>
NT	Nossas Tropas
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
PDM	Processo de Decisão Militar
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TIAX	<i>Tactical Intelligence Application Experimentation</i>
TOC	Transparente de Obstáculos Combinado
TOC-M	Transparente de Obstáculos Combinado Modificado
USMC	<i>United States Marine Corps</i>
WebGIS	Sistemas de Informação Geográfica da Web
Ø	Diâmetro



## Introdução

O Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações (IPB<sup>1</sup>), de acordo com o Exército Português (EP, 2010), é um método utilizado pela célula de informações (G2/S2) de um Estado-Maior no âmbito do Processo de Decisão Militar (PDM) que permite analisar, ao nível tático, as Características da Área de Operações (AOp) e a Ameaça. Os produtos dessa análise são estruturados e apresentados de forma gráfica, por forma a auxiliar o comandante a “maximizar o seu potencial de combate e a aplicá-lo no espaço de batalha de uma forma precisa, em pontos críticos, determinados no tempo e no espaço” (EP, 2010).

Todo o processo do IPB é manual e por conseguinte, moroso e passível de erro humano. Por forma a dirimir esta situação, com o desenvolvimento de novos mecanismos de automatização e adaptando os já existentes, pretende-se otimizar o tempo despendido, bem como, incrementar o rigor nos resultados deste processo. É através da operacionalização de um modelo de cálculo para as variáveis quantificáveis dos Passos 1 e 2 do IPB, que se pretende contribuir para o desenvolvimento de um programa informático que permita padronizar e otimizar o processo nestes Passos.

A “Análise do IPB obtido por processos automáticos” é um tema pertinente e que atualmente carece de investigação, a fim de modernizar o EP nesta área de estudo, bem como torná-lo mais eficiente e assim, contribuir para o sucesso das Forças empenhadas em Operações aquando da execução do seu PDM.

O objeto desta investigação é o processo do IPB, delimitado ao estudo dos Passos 1 e 2, quando inseridos na tipologia de operações Ofensivas e Defensivas realizadas por unidades de manobra. Dentro destes Passos e no âmbito das características mais significativas do Espaço de Batalha (EB)<sup>2</sup>, este estudo focaliza-se no Terreno, com a análise do Relevo e hidrografia, Vegetação, Natureza do solo e Alterações resultantes da ação do Homem. No que diz respeito aos aspetos militares do terreno<sup>3</sup>, foca-se apenas nos Obstáculos e Eixos de Aproximação (EAprox).

Com vista à sua configuração como variáveis do EB, recorreu-se exclusivamente a dados disponíveis em fonte aberta e excluiu-se o ato de programação, assim como a análise do IPB em ambientes urbanos.

---

<sup>1</sup>Passaremos a adotar a sigla original do inglês *Intelligence Preparation of the Battlefield* (IPB) para fazer referência ao “Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações”.

<sup>2</sup>Características mais significativas do EB – por exemplo: geografia, terreno, condições meteorológicas, fatores políticos e socioeconómicos, infraestruturas, regras de empenhamento, ameaça (EP, 2010).

<sup>3</sup> Os Aspetos Militares do Terreno compreendem: Observação e campos de Tiro, Cobertos e Abrigos, Obstáculos, Pontos Importantes e EAprox (EP, 2010).



O objetivo geral da investigação é operacionalizar um modelo de cálculo das variáveis para a automatização dos produtos dos Passos 1 e 2 do IPB. Os objetivos específicos passam por identificar as características do terreno que serão quantificáveis, conceber um modelo de cálculo para determinar os Obstáculos e EAprox e identificar fontes de dados geoespaciais, que possuam informação útil para caracterizar as variáveis do ambiente do EB.

Para este tema identificou-se a seguinte Questão Central: “Como operacionalizar um modelo de cálculo para os Passos 1 e 2 do IPB?”. Deste modo, determinaram-se as seguintes questões derivadas: “Quais as características do Espaço de Batalha essenciais à operacionalização do modelo de cálculo das variáveis «Obstáculos» e «Eixos de Aproximação»?”; “Qual o modelo de cálculo que permite caracterizar a variável «Obstáculos» considerada pelo IPB?”; “Qual o modelo de cálculo que permite caracterizar a variável «Eixos de Aproximação» considerada pelo IPB?” e “Que tipos de fonte de informação geoespacial se podem aplicar nos Passo 1 e 2 do IPB?”.

O presente trabalho é composto por quatro capítulos e pelas conclusões. No primeiro capítulo, Enquadramento Concetual e Percurso Metodológico, pretende-se dar ao leitor a informação base por forma a esclarecer os conceitos, os estudos existentes nesta temática e a metodologia adotada para esta investigação. No segundo capítulo, Caracterização das Variáveis, descrevem-se as características do EB e determinam-se as variáveis quantificáveis para o cálculo dos Obstáculos e EAprox. No terceiro capítulo, Algoritmos para automatização dos Passos 1 e 2 do IPB, detalhou-se um dos algoritmos aplicáveis à determinação dos EAprox e concebeu-se um algoritmo para a determinação dos Obstáculos. No quarto capítulo, Fontes de dados geoespaciais nos Passos 1 e 2 do IPB, identificam-se as Bases de dados, Servidores de dados e Aplicações, que possam servir de fonte para um futuro programa informático e que se baseia na proposta de modelo de cálculo deste estudo. Por último, elaboraram-se as conclusões do estudo efetuado, respondendo desta forma à questão central identificada.



## **1. Enquadramento Concetual e Percurso Metodológico**

Segundo EP (2010), o IPB é “um processo sistemático e contínuo de análise da ameaça e do ambiente, numa área geográfica específica, com a finalidade de apoiar o processo de tomada de decisão e a elaboração dos estudos do estado-maior”, auxiliando o comandante a maximizar o seu potencial de combate e aplicá-lo no EB de forma precisa, através da identificação das modalidades de ação (m/a) da ameaça, e dos efeitos do ambiente nas Nossas Tropas (NT).

A definição do ambiente e a descrição dos efeitos do EB, Passos 1 e 2 do IPB, permitem identificar os aspetos do terreno, condições meteorológicas, infraestruturas e demografia, sobre o qual se terá de efetuar uma avaliação profunda dos efeitos que provocam nas NT e no Inimigo. Esta identificação poderá ter origem em diferentes fontes, mas assenta, essencialmente, na cartografia da AOp, informação esta que tem pouca volatilidade. Por métodos tradicionais este processo é moroso, podendo ser otimizado, resultando assim em produtos céleres e mais rigorosos (EP, 2010).

O IPB tem quatro Passos:

- Passo 1 – Definir o ambiente do EB;
- Passo 2 – Descrever os efeitos do EB;
- Passo 3 – Avaliar a ameaça;
- Passo 4 – Determinar as m/a da ameaça.

No Passo 1 pretende-se identificar os limites da AOp e do EB, os limites da área de interesse e as características mais significativas do EB, que compreende a geografia, demografia, infraestruturas, fatores político-sociais, fatores socioeconómicos, entre outros, que podem influenciar as operações das NT e da ameaça e que irão orientar o estudo na pesquisa de informações que contribuirão para os restantes Passos dos IPB. O Passo 2 visa descrever os efeitos do EB, nomeadamente o terreno, clima e condições meteorológicas e outras características que influenciarão as capacidades e possibilidades do Inimigo e das NT. Neste Passo 2 são desenvolvidos transparentes que representem os aspetos militares do terreno, incluindo o Transparente de Obstáculos Combinado (TOC) e o TOC Modificado (TOC-M), entre outros (EP, 2010).

Os efeitos das características do terreno nas operações militares podem ser estimados pela análise dos aspetos militares do terreno, nomeadamente: Observação e Campos de tiro, Cobertos e Abrigos, Obstáculos, Pontos importantes e EAprox (EP, 2010).



Um Obstáculo, de acordo com o *Department of Defense* (DoD, 2016), é qualquer acidente de terreno que interfere no movimento de uma força e lhe provoca danos. Os Obstáculos podem ser classificados em Obstáculos existentes e Obstáculos de reforço. Os Obstáculos existentes são considerados no Passo 2 do IPB (EP, 2010).

Da avaliação de Obstáculos existentes, resulta a determinação e o traçado de EAprox. Considera-se como EAprox uma faixa de terreno que proporciona a uma unidade de determinado escalão e tipo, um itinerário relativamente adequado e fácil para atingir um objetivo ou um ponto importante no seu movimento (EP, 2010).

### **1.1. Revisão de Literatura**

Em 1980, a *International Business Machines (IBM) Corporation* realizou um estudo, a pedido do *Headquarters USA Development and Readiness Command (DARCOM) Directorate for Battlefield Systems Integration*, sobre *Automated Support for the Intelligence Preparation of the Battlefield*, descrevendo o conceito operacional para automatizar o IPB e resumizando uma possível abordagem à representação numérica dos dados do terreno, no que respeita aos seus impactos na mobilidade de forças terrestres. Este relatório espelhou ainda os rápidos avanços no projeto de implementação do programa *Tactical Intelligence Application Experimentation (TIAX)*, que se havia iniciado em 1978 (IBM Federal Systems Div Arlington VA, 1980).

Em 1992, Robert David Steele, analista dos *United States Marine Corps (USMC)*, redigiu um documento intitulado de *Intelligence Preparation of the Battlefield: The Marine Corps viewpoint*, onde referia a adequabilidade do uso do programa *Intelligence Analysis System (IAS)* desenvolvido pela *Marine Corps Systems Command (MARCORSYSCOM)*, comparando-o ao seu programa congénere do Exército dos Estados Unidos da América, o *HAWKEYE system*, e enaltecendo a pertinência da interação entre cartografia digital e a capacidade eletrónica de reconhecimento e avaliação (Steele, 1992).

Em 2002, Jamison Medby e Russell Glenn efetuaram uma investigação para o Exército dos Estados Unidos da América, no âmbito de um estudo do IPB em Operações Urbanas. Concluíram que devia ser desenvolvido um sistema específico para apoiar a gestão da informação necessária ao processo de análise do IPB em ambiente urbano, de modo a facilitar a organização de dados, priorizar os requisitos de informação e incrementar a perceção da situação (Medby & Russell, 2002).

Um estudo da *Carnegie Mellon University*, denominado de *integrating context for information fusion*, constatou que era prática corrente os oficiais de informações



combinarem manualmente a informação do terreno com os seus efeitos e com a doutrina inimiga, para gerarem hipóteses sobre a disposição das forças inimigas e respetivas intenções. Apresentou um conjunto de algoritmos e ferramentas para automatizar a análise do terreno, comparando ainda o seu desempenho com o obtido pela via manual. Os resultados obtidos foram um sucesso e os autores demonstraram a intenção de inserir mais variáveis nas equações (Glinton, et al., 2004).

Em 2003, o Major Silva Perdigão, no âmbito do Curso de Estado-Maior, estudou os contributos do Sistema de Informação Geográfica Militar no Apoio à Decisão para o IPB. Concluiu que existem várias fontes de informação de dados geográficos e sob vários formatos, bem como de dados alfanuméricos, apesar de nem todos estarem em formato digital. Concluiu ainda que existe no seio militar nacional um profundo desconhecimento sobre o contributo que esta informação pode dar às missões do EP, e que não existe nenhuma Unidade, Estabelecimento ou Órgão especificamente vocacionada para gerir a informação georreferenciada, no apoio à decisão ao mais alto nível, e que simultaneamente esteja preparada para integrar uma força militar em tarefas de apoio ao planeamento e condução de operações (Perdigão, 2003).

Em 2017, o Major Capinha Maio, no âmbito do Curso de Estado-Maior Conjunto, analisou os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) nas Forças Armadas (FFAA), com vista a identificar possíveis linhas de ação para a implementação de uma plataforma integrada de SIG nas FFAA. Concluiu que a edificação de um SIG nas FFAA representaria uma clara mais-valia, quer na vertente técnica de apoio às operações militares conjuntas, quer na vertente da eficiência, garantindo a racionalização de recursos. O autor recomendou que fosse criado um grupo de trabalho para a implementação do SIG nas FFAA, com elementos do Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE) e do Instituto Hidrográfico e envolver elementos da estrutura de topo do Comando Conjunto para as Operações Militares (Maio, 2017).

Face ao exposto, constata-se que apesar do IPB automático já ser uma realidade de longa data para alguns países, é ainda motivo de investigação embrionária no EP.

## **1.2. Metodologia de Investigação**

O percurso metodológico do presente trabalho compreende três fases: a fase exploratória, a fase analítica e a fase conclusiva. Para o efeito, o raciocínio dedutivo foi o escolhido para esta investigação, tendo por base uma estratégia de investigação quantitativa.



Quanto ao desenho de pesquisa, adotamos o estudo de caso, sendo a técnica de recolha de dados elegida a análise documental prevista, segundo Santos e Lima (2016, p. 39), para o desenho de pesquisa do tipo estudo de caso.

Segundo Santos e Lima (2016, p. 39), o estudo de caso “não tem como objetivo manipular variáveis ou estabelecer relações entre elas, mas sim, descrever de forma rigorosa a unidade de observação, que é o centro da atenção do investigador”. Nessa medida, o presente estudo pode assumir um carácter analítico, questionando a possibilidade de o IPB ser executado através de processos automáticos, respeitando os passos previstos para o processo atualmente existente, para assim, produzir novos entendimentos e novos problemas para investigação futura (Santos & Lima, 2016, p. 39).

A fase exploratória da investigação foi feita através da análise documental, bem como através de uma entrevista exploratória ao Chefe do Departamento de Conceção e Desenvolvimento do CIGeoE, na pessoa do Major Dias Afonso.

Com recurso ao Manual de Investigação em Ciências Sociais (Quivy & Campenhoudt, 2013, p. 113) elaborou-se um modelo de análise, conforme a Tabela 1, que contemplou a construção dos conceitos “Obstáculos” e “EAprox”, pertencentes ao EB.

Desta forma, foi possível adquirir novos conhecimentos que ajudaram à criação de dois tipos de algoritmos para automatizar os Passos 1 e 2 do IPB, nomeadamente no que concerne aos Obstáculos e EAprox. Estes conceitos foram construídos através da construção de dimensões (*e.g.*, Hidrografia) e podem ser medidos por indicadores (*e.g.*, Declive da margem, Obstáculos no leito) (Quivy & Campenhoudt, 2013, pp. 111-115).

Na fase analítica foi feita a recolha e análise dos dados necessários à organização das variáveis do ambiente do EB.

Por fim, na fase conclusiva é apresentada a discussão dos resultados e o modelo criado, bem como as principais conclusões da presente investigação.

**Tabela 1 - Modelo de Análise**

<b>Conceitos</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Indicadores</b>
Obstáculos	Relevo	Declive
		Largura
	Hidrografia	Profundidade
		Velocidade
		Declive margem
		Obstáculos no leito
	Vegetação	Diâmetro
		Altura
		Espaçamento
	Natureza do Solo	Granulometria
Saturação		



## Análise do IPB obtido por processos automáticos

	Ação do Homem	Diâmetro
		Diâmetro urbano
		Altura
		Espaçamento
		Declive
	Informação geográfica	Terreno
		Tipo de unidade
		Escalão da unidade
EApprox	Odor libertado	Quantidade do odor libertado
		Local de libertação do odor
	Importância das localizações	Posicionamento face aos pontos importantes
		Posicionamento face aos objetivos a atingir
		Condições de visibilidade
		Campos de tiro



## 2. Caracterização das Variáveis

### 2.1. Características do espaço de batalha

#### 2.1.1. Relevo

Entenda-se como relevo, o conjunto de formas que a superfície terrestre apresenta, sendo estas (Ribeiro, Lopes, & Custódio, 2012):

- Montanha – Forma de relevo com altitude superior a 1000 m, com vertentes de declive acentuado, vales profundos e topos pontiagudos;
- Planalto – Forma de relevo com altitude superior a 200 m, com topos planos;
- Colina – Elevação com altitude inferior a 400 m, com forma arredondada;
- Planície – Forma de relevo praticamente plana, com altitude inferior a 200 m;
- Vale – Depressão situada entre formas de relevo de maior altitude.

O declive corresponde à tangente do ângulo formado entre uma reta e o semieixo positivo das abcissas, ou, mais simplesmente, à diferença de cotas por cada 100 m percorridos na horizontal (*e.g.*, num declive de 10 %, por cada 100 m percorridos na horizontal a variação de cota é de 10 m).

No âmbito do presente trabalho, as formas de relevo devem ser analisadas em função do declive. Para o efeito, o programa de cálculo deve obter estes dados em bases de dados de outros programas (tais como os enunciados no Capítulo 4), bem como dispor da capacidade de relacionar determinadas palavras ou expressões com valores de declive pré-definidos (*e.g.*, a palavra “cascata” deve ser processada como declive de 90°). Devem ainda aceitar a inserção manual de dados, permitindo acrescentar dados recolhidos através de reconhecimentos *in situ*, pois, por exemplo, o que pela análise cartográfica (automática) aparenta ser um rio vadeável, pode ser na realidade uma cascata, pelo que o terreno restritivo seria provavelmente reclassificado em terreno impeditivo<sup>4</sup>.

#### 2.1.2. Hidrografia

A hidrografia é a ciência que pesquisa e mapeia todas as águas do planeta. No âmbito das redes hidrográficas de débito permanente, podem considerar-se (Lazari, s.d.):

- Rio – Curso natural de água que se desloca de uma cota superior para uma inferior;
- Lago – Depressão no solo coberta por água;
- Oceano – Vasta extensão de água salgada que envolve os continentes;
- Mar – Parte de um oceano, entre limites continentais e de menor profundidade.

---

<sup>4</sup> Os conceitos de Terreno Restritivo e de Terreno Impeditivo são apresentados nos subcapítulos 2.2.2 e 2.2.3.



O efeito dos rios e dos lagos na mobilidade terrestre, pode ser qualificado através dos seguintes indicadores:

- Largura;
- Profundidade;
- Velocidade;
- Declive e desnível das margens;
- Existência de sistemas de contenção de água (*e.g.*, barragens, diques).

Os efeitos da hidrografia na mobilidade terrestre, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), podem ser afetados por formas de relevo fluviais e oceânicas, nomeadamente:

- Garganta – Vale estreito escavado pelo rio em rocha dura;
- Cascata – Queda de água em superfície rochosa;
- Falésia – Forma costeira abrupta;
- Afloramento rochoso – Afloramento de rocha maciça;
- Caos de blocos – Agrupamento mecânico de blocos de formas e dimensões variadas.

Estas formas podem alterar significativamente a influência do meio na mobilidade terrestre. Refira-se o exemplo de um afloramento rochoso, visto que pode eventualmente condicionar a mobilidade terrestre numa planície (aparentemente sem restrições ao movimento), pelo que, neste caso, motivaria a classificação do terreno em restritivo ou até impeditivo, ao invés de terreno adequado.

### 2.1.3. Vegetação

Entenda-se por vegetação o conjunto de plantas originárias que se encontram em qualquer área terrestre, referente às formas de vida que cobrem os solos, as estruturas espaciais ou qualquer outra medida específica ou geográfica que possua características botânicas (educalingo, s.d.). A vegetação pode afetar a mobilidade terrestre, providenciar cobertos e abrigos, e permitir campos de tiro, entre outros, consoante a tipologia de vegetação, nomeadamente (Salviati, 1993):

- Árvores – Plantas arbóreas com altura superior a 5 m;
- Arbustos – Plantas arbustivas até 5 m de altura;
- Ervas – Plantas herbáceas até 1 m de altura;
- Cultivo – Terrenos em sulcos e/ou aramados (*e.g.*, vinhas).



No que concerne ao efeito da vegetação na mobilidade terrestre, esta pode ser expressa pela relação entre a sua tipologia (*i.e.*, árvore, arbusto, erva e cultivo) e pelos seguintes indicadores: Diâmetro, altura e espaçamento (*i.e.*, dispersão da vegetação numa determinada área).

#### 2.1.4. Natureza do solo

O solo é o conjunto de corpos naturais não consolidados compostos por uma mistura variável de minerais e de matéria orgânica. Podem ser sedimentares, quando formados por acumulação, ou residuais quando ocupam o lugar da rocha que lhes deu origem (Fernandes, 2011).

Quanto à granulometria, podem ser constituídos por:

- Argila (diâmetro,  $\emptyset$ , inferior a 0,002 mm);
- Silte ( $\emptyset$  entre 0,002 e 0,06 mm);
- Areia ( $\emptyset$  entre 0,06 a 2 mm);
- Cascalho ( $\emptyset$  entre 2 e 60 mm);
- Calhau ( $\emptyset$  entre 60 e 200 mm);
- Pedra ( $\emptyset$  superior a 200 mm).

No âmbito do presente trabalho, há ainda que considerar solos com propriedades específicas, tais como pântanos, regiões lodosas, regiões geladas, desertos, salinas e arrozais.

#### 2.1.5. Ações resultantes da ação do homem

Considera-se como ações resultantes da ação do homem, as construções que não se enquadram nas restantes características já elencadas, tais como: Aeródromos, Aquedutos, Antenas, Canais de navegação, Edifícios, Obras de arte, Torres e Vias de comunicação.

## **2.2. Determinação de Obstáculos e Eixos de Aproximação**

### 2.2.1. Obstáculos

De acordo com *Department of the Army* (2014), o terreno afeta a escolha de objetivos, bem como o posicionamento, movimento e controlo de forças, influenciando as medidas de proteção e afetando a eficiência dos sistemas de armas.

Os efeitos das características do terreno nas operações militares podem ser estimados pela análise dos aspetos militares do terreno, nomeadamente: Observação e Campos de Tiro, Cobertos e abrigos, Obstáculos, Pontos importantes e EAprox (EP, 2010).

Por sua vez, de acordo com DoD (2016), um Obstáculo é qualquer acidente de terreno, natural ou artificial, que retarda, canaliza ou detém o movimento de uma força e lhe provoca perdas adicionais de pessoal, tempo e equipamento. Segundo *Department of the Army*



(2003), os Obstáculos podem ser classificados em existentes (naturais e culturais) e de reforço (táticos ou de proteção). Os Obstáculos existentes advêm da configuração e da interação entre aspectos do Relevo, Hidrografia, Vegetação, Natureza do solo e das Alterações resultantes da ação do Homem. Nos transparentes de Obstáculos devem constar (EP, 2010):

- Vegetação (espaçamento entre árvores e diâmetro dos troncos);
- Linhas de água (largura, profundidade, velocidade e características das margens);
- Natureza do solo (tipo do solo e condições que afetam a mobilidade);
- Configuração do terreno (encostas que afetam a mobilidade);
- Obstáculos (naturais e culturais, com influência na mobilidade);
- Condições de transitabilidade (classificação de pontes e estradas);
- Efeitos do clima e das condições meteorológicas.

No TOC apresentam-se os resultados anteriores, mas através da classificação do terreno em adequado, restritivo e impeditivo. Para os efeitos do presente trabalho, considera-se que o terreno é adequado, exceto se verificadas as condições apresentadas no Quadro 1 e no Quadro 2, que o tornam restritivo ou impeditivo, respetivamente.

#### 2.2.2. Terreno Restritivo

De acordo com o Instituto de Altos Estudos Militares (IAEM, 2001), dá-se o nome de terreno restritivo ao terreno que dificulta o movimento, afetando a velocidade, o movimento em formações e a capacidade de manobra das unidades, desviando-as da sua trajetória inicial.

Para efeitos de processamento automático, considera-se como terreno restritivo aquele que cumpre as condições expressas no Quadro 1.

**Quadro 1 - Terreno Restritivo: condições a verificar**

<b>Caraterística</b>	<b>Condições</b>
Relevo (R)	$30\% \leq \text{Declive} \leq 45\%$
Hidrografia (H)	$0,6 \text{ m} \leq \text{Profundidade} \leq 1,2 \text{ m}$ $1,5 \text{ m} \leq \text{Largura} \leq 16 \text{ m}$ Velocidade $\leq 1,5 \text{ m/s}$ $30\% \leq \text{Declive das margens} \leq 45\%$
Vegetação (V)	$5 \text{ cm} \leq \text{Diâmetro da árvore} \leq 15 \text{ cm}$ Espaçamento entre árvores $< 6 \text{ m}$
Natureza do solo (N)	Grau de Saturação $< 90\%$ Granulometria $\leq 2 \text{ mm}$
Alterações resultantes da ação do Homem (A)	Construções e Obstáculos artificiais com: $30\% \leq \text{Declive} \leq 45\%$

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).



### 2.2.3. Terreno Impeditivo

O terreno impeditivo restringe ou impede movimentos em formações de combate, exceto se se adotar técnicas de movimento não doutrinárias, ou se empregues meios de engenharia ou outros meios específicos para melhorar a mobilidade (IAEM, 2001). De acordo com o *Department of the Army* (1994), considera-se como terreno impeditivo:

**Quadro 2 – Terreno Impeditivo: condições a verificar**

Caraterística	Condições
Relevo (R)	Declive > 45%
Hidrografia (H)	Profundidade > 1,2 m Largura > 16 m Velocidade > 1,5 m/s Declive das margens $\geq$ 45%
Vegetação (V)	Espaçamento entre árvores < 6 m Diâmetro da árvore > 15 cm
Natureza do solo (N)	Grau de Saturação $\geq$ 90% Granulometria $\leq$ 2 mm
Alterações resultantes da ação do Homem (A)	Construções e Obstáculos artificiais com <sup>5</sup> : Declive > 45% Espaçamento < 6 m Altura $\geq$ 40 cm <sup>6</sup> Diâmetro > 15 cm $\varnothing_{urb} > 500m$

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).

### 2.2.4. Eixos de Aproximação

Segundo EP (2010), um EAprox é uma faixa de terreno que confere a uma unidade de um determinado escalão e tipo, um itinerário relativamente adequado e fácil para atingir um objetivo ou um ponto importante. Os EAprox podem ser caracterizados com base nas seguintes dimensões:

- Observação e campos de tiro;
- Cobertos e abrigos;
- Obstáculos;
- Traficabilidade;
- Espaço de manobra;
- Direção (para o objetivo);
- Extensão;
- Vias de comunicação.

<sup>5</sup> Valores assumidos pelos autores, por analogia com as restantes caraterísticas apresentadas.

<sup>6</sup> Valor assumido pelos autores, considerando a altura ao solo de 41 cm de uma viatura blindada de transporte de pessoal M113 A1.

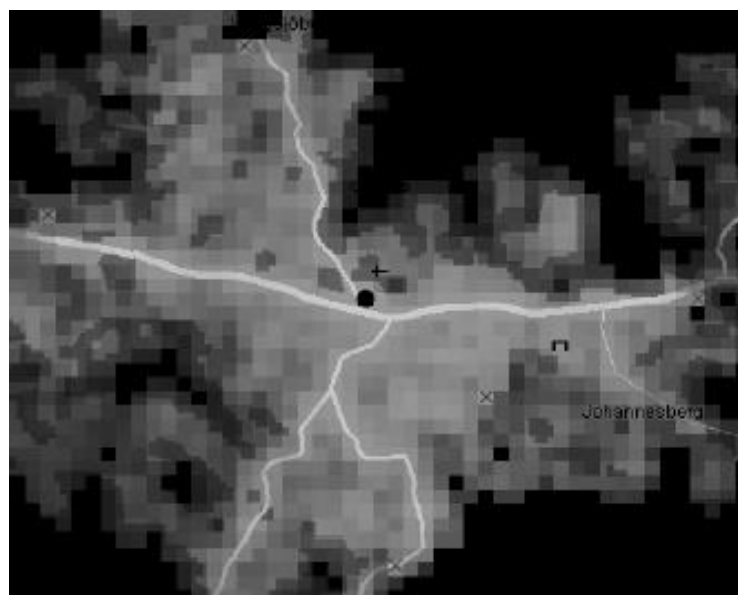


Admite-se, contudo, a existência de outras dimensões para definir os EAprox e em particular quando se recorre a métodos numéricos (e não a analíticos), tais como os sugeridos por Glinton et al. (2004) e por Svenson e Sidenbladh (2003).

Glinton et al. (2004) defenderam os indicadores do grau de canalização (*i.e.*, pontos de estrangulamento), sustentabilidade (*i.e.*, acesso a linhas de observação), disponibilidade de cobertos e abrigos e da existência de Obstáculos. Por sua vez, Svenson e Sidenbladh (2003) desenvolveram um método alternativo para determinar EAprox – o algoritmo da formiga (*ants algorithm*), cujo algoritmo e formulação se apresenta no subcapítulo 3.2.

Considere-se para o efeito N formigas reunidas numa posição. Cada formiga representa determinada unidade/escalão. De seguida, cada uma destas progride até um destino próximo, sendo que a probabilidade de escolha do destino varia consoante o tipo de formiga (*i.e.*, unidade), visto ser influenciada pela sua tipologia e características, e pelo terreno a vencer. A título de exemplo, se para chegar do ponto A ao ponto B, for necessário optar por progredir num itinerário ou numa floresta, é mais provável que uma unidade de carros de combate opte pelo itinerário.

Durante o deslocamento e ao atingir uma posição favorável, a formiga liberta odor, atraindo e influenciando as opções tomadas pelas restantes. O resultado final, que relaciona as áreas e a intensidade de concentração do odor, materializa-se num EAprox entre a posição inicial e o objetivo final, tal como ilustrado na Figura 1, onde os pontos pretos simbolizam o adversário, as linhas brancas os itinerários existentes, os pixéis cinzentos o EAprox (em analogia ao odor libertado das formigas) e as zonas pretas o terreno em geral.



**Figura 1 - EAprox determinado pelo método das formigas**  
Fonte: Disponível em Svenson e Sidenbladh (2003, p. 6).



### 3. Algoritmos para automatização dos Passos 1 e 2 do IPB

#### 3.1. Obstáculos

O disposto nos capítulos anteriores pode ser organizado tendo em vista a operacionalização de um modelo de cálculo, para posterior programação.

O Quadro 3 refere-se ao Relevio, sendo que o declive [%] é o único indicador que restringe ou impede o movimento. Na ausência de dados de declive, o programa deverá associar a expressão colina a terreno restritivo e montanha a terreno impeditivo. Esta medida é conservativa e evita que a ausência de informação resulte na consideração tácita do terreno como adequado, classificando-o assim, por excesso, em restritivo ou impeditivo, pelo que os resultados deverão ser sempre validados pelo operador.

**Quadro 3 – Operacionalização do modelo de cálculo para o Relevio**

Dimensão	Indicador	Condição	Efeito	Expressão associada
Relevio	Declive (D)	$30 \leq D \leq 45$	Restritivo	Colina
		$D > 45$	Impeditivo	Montanha

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).

O Quadro 4 refere-se à Hidrografia. O seu efeito depende da geometria [m] da linha de água (*i.e.*, largura e profundidade), da velocidade do leito [m/s], do declive das margens [%] e da existência de Obstáculos ao movimento (*e.g.*, barragens). Na ausência de dados dos indicadores elencados, o programa deve assumir por defeito que um lago constitui terreno restritivo, e que um rio, oceano, mar, garganta, cascata, falésia, caos de blocos, afloramento rochoso, dique ou barragem constituem terreno impeditivo. Não obstante, e tal como já referido para o Relevio, qualquer classificação baseada em expressões deve ser validada pelo operador, devendo o programa assinalar estes casos e exigir uma validação manual.

**Quadro 4 – Operacionalização do modelo de cálculo para a Hidrografia**

Dimensão	Indicador	Condição	Efeito	Expressão associada
Hidrografia	Largura (l) Profundidade (p) Velocidade (v) Declive margem (D) Obstáculos no leito (O)	$0,6 \leq p \leq 1,2$ ou $1,5 \leq l \leq 16$ ou $v \leq 1,5$ ou $30 \leq D \leq 45$	Restritivo	Lago
		$p > 1,2$ ou $l > 16$ ou $v > 1,5$ ou $D > 45$	Impeditivo	Rio, Oceano, Mar, Garganta, Cascata, Falésia, Caos de blocos, Afloramento rochoso, Dique, Barragem

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).



O Quadro 5 refere-se à vegetação, dependendo esta do seu diâmetro [cm] e espaçamento [m]. Na ausência de dados sobre os indicadores, o programa deve ser conservativo e associar arbustos a terreno restritivo e árvores e cultivo (socalcos e vinhas) a terreno impeditivo, devendo o programar assinalar estes casos e solicitar uma validação manual dos resultados.

Quadro 5 – Operacionalização do modelo de cálculo para a Vegetação

Dimensão	Indicador	Condição	Efeito	Expressão associada
Vegetação	Diâmetro ( $\emptyset$ ) Espaçamento (E)	E < 6 e $5 \leq \emptyset \leq 15$	Restritivo	Arbusto
		E < 6 e $\emptyset > 15$	Impeditivo	Árvore Vinha Socalco

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).

O Quadro 6 diz respeito à natureza do solo, podendo esta variar com a granulometria [mm], grau de saturação [%], e com especificidades próprias, tais como solos gelados ou cobertos por uma camada substancial de neve, regiões pantanosas ou lodosas, e arrozais. Em todo o caso, importa relacionar estes indicadores entre si, e não isoladamente, para prever adequadamente o efeito na mobilidade. Na ausência de dados sobre os indicadores, sugere-se que as regiões arenosas (exceto os desertos) e os arrozais correspondam a terreno restritivo; e que os desertos, os solos com argila ou silte, e as regiões pantanosas ou lodosas, correspondam a terreno impeditivo. Estes resultados devem ser validados pelo operador.

Quadro 6 - Operacionalização do modelo de cálculo para a Natureza do Solo

Dimensão	Indicador	Condição	Efeito	Expressão associada
Natureza do Solo	Granulometria (G) Saturação (S)	S < 90 e G ≤ 2	Restritivo	Areia Arrozal
		S ≥ 90 e G ≤ 2	Impeditivo	Deserto Argila Silte Pântanos Lodos Gelo

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).

Por sua vez, o Quadro 7 refere-se às alterações resultantes da ação do Homem. A operacionalização do modelo de cálculo pode tornar-se complexa. Contudo, observando as dimensões anteriormente abordadas, é possível prever os indicadores e condições que afetam os efeitos em estudo. Deste modo, identificam-se como indicadores o declive [%], o diâmetro do elemento [cm], o diâmetro urbano [m], a altura [m] e o espaçamento entre



elementos de construção [m]. Na ausência de dados sobre os indicadores, deve assumir-se que as pontes, aquedutos, antenas, aeródromos, torres e vias de comunicação são terreno restritivo, enquanto que os canais de navegação, cidades, vilas e aldeias são terreno impeditivo. Deste modo, o programa pode vir a assinalar vários focos de terreno como restritivo e/ou impeditivo, que nalguns casos se afastam consideravelmente da realidade, pelo que, consoante a tipologia de forças no terreno, devem ser estabelecidos critérios específicos para orientar a necessária validação manual pelo operador.

**Quadro 7 – Operacionalização do modelo de cálculo para a Ação do Homem**

Dimensão	Indicador	Condição	Efeito	Expressão associada
Ação do Homem	Diâmetro ( $\emptyset$ ) Diâmetro urbano ( $\emptyset_{urb}$ ) Altura (h) Espaçamento (E) Declive (D)	$30 \leq D \leq 45$	Restritivo	Obra de arte Aqueduto Antena Aeródromo Torre Via comunicação
		$D > 45$ ou $\emptyset_{urb} > 500$ ou $E < 6$ e $h \geq 0,4$ e $\emptyset > 15$	Impeditivo	Canal de navegação Cidade Vila Aldeia

Fonte: Adaptado a partir de *Department of the Army* (1994).

Por fim, o programa deverá relacionar todas as dimensões. Caso surjam discrepâncias de resultados, deve apresentar o resultado mais crítico (*i.e.*, terreno impeditivo) e assinalá-lo para posterior análise e validação pelo operador.

Agregando numa única expressão todas as dimensões/indicadores e condições referidas ao longo do presente trabalho, é então possível formular um modelo único de cálculo. Assim, a Equação 1 formula as condições para o terreno impeditivo:

$$Se, D > 45 \vee P > 1,2 \vee l > 16 \vee v > 1,5 \vee (E_{veg} < 6 \wedge \emptyset_{veg} > 15) \vee (S \geq 90 \wedge G \leq 2) \vee \emptyset_{urb} > 500 \vee (E_{el} < 6 \wedge h_{el} \geq 0,4 \wedge \emptyset_{el} > 15),$$

*então o terreno é impeditivo . (Equação 1)<sup>7</sup>*

De igual modo, é possível formular um modelo único de cálculo para terreno restritivo, tal como demonstrado na Equação 2:

<sup>7</sup> Equação desenvolvida pelos autores.



$$Se, 30 \leq D \leq 45 \vee 0,6 \leq p_{LA} \leq 1,2 \vee 1,5 \leq l \leq 16 \vee v \leq 1,5 \vee (E_{Veg} < 6 \wedge 5 \leq \emptyset_{Veg} \leq 15) \vee (S < 90 \wedge G \leq 2),$$

então o terreno é restritivo. (Equação 2)<sup>8</sup>

Legenda (Equações 1 e 2):

$D$  – Declive [%]

$P$  – Profundidade da linha de água [m]

$l$  – Largura [m]

$v$  – Velocidade [m/s]

$E_{Veg}$  – Espaçamento entre vegetação [m]

$\emptyset_{Veg}$  – Diâmetro da vegetação [cm]

$h_{Veg}$  – Altura da vegetação [cm]

$S$  – Grau de saturação [%]

$G$  – Granulometria [mm]

$T$  – Temperatura [°C]

$\emptyset_{Urb}$  – Diâmetro da área urbanizada [m]

$E_{el}$  – Espaçamento entre elementos de construção [m]

$h_{el}$  – Altura de elementos de construção [m]

$\emptyset_{el}$  – Diâmetro de elementos de construção [cm]

### 3.2. Eixos de Aproximação

O método da formiga, previamente abordado no Subcapítulo 2.2.4, pode ser aplicado para determinar um EAprox. Difere dos métodos baseados na dispersão aleatória pois permite a interação entre os diversos agentes dispersos, produzindo resultados mais céleres.

De acordo com Svenson e Sidenbladh (2003), partindo de uma posição  $x$ , a formiga determina a sua futura posição através de três tipos de informação: a informação geográfica que dispõe,  $T(y,x)$ ; a importância estratégica das várias localizações,  $F(y)$ ; e a concentração e intensidade do odor libertado pelas restantes formigas,  $S(y,t)$ .

$T(y,x)$  representa o tempo de deslocamento entre a posição atual,  $x$ , e a nova posição,  $y$ . Depende do tipo de terreno, escalão e unidade, bem como das bases de dados disponíveis sobre o EB.  $F(y)$  representa o grau de importância das diferentes localizações  $y$ . Depende da localização de  $y$  em relação aos pontos importantes e aos objetivos a atingir, bem como das

<sup>8</sup> Equação desenvolvida pelos autores.



suas condições de visibilidade e dos seus campos de tiro.  $S(y,t)$  representa o odor libertado pelas outras formigas, sendo atualizado com o decorrer do algoritmo.

De acordo com Svenson e Sidenbladh (2003), a probabilidade de uma formiga se deslocar do local  $y$  para o local  $x$  num intervalo de tempo  $t$ , é proporcional ( $\alpha$ ) à relação dada pela Equação 3. O valor desta constante de proporcionalidade é dependente da importância relativa que se pretende atribuir a cada uma das novas posições da formiga, sendo que a soma de todas as constantes para todas as novas posições  $y$  a partir da posição  $x$  tem de ser igual a um.

$$p(y, x, t) \propto \frac{1}{T(y,x)} + W_s S(y, t) + W_f F(y) \text{ (Equação 3)}$$

Esta formulação é aplicável desde que os locais  $x$  e  $y$  sejam adjacentes (no caso dos locais  $x$  e  $y$  não serem adjacentes, a probabilidade é igual a zero). Através de  $W_s$  e  $W_f$  é possível atribuir uma importância relativa a cada um dos fatores  $S$  e  $F$ . Caso sejam igualmente importantes,  $W_s = W_f = 1$ . A intensidade de odor,  $S$ , é dada pelas Equações 4 e 5, sendo o padrão de movimento da formiga dado pela sequência  $x_i$ , ( $i = 0, \dots, M$ ), onde  $x_0$  representa a posição inicial e  $x_M$  o destino final.

$$S(x_i, t + 1) = S(x_i, t) + \frac{i}{M} \text{ (Equação 4)}$$

$$S(x_0, 0) = 0 \text{ (Equação 5)}$$

Atendendo ao exposto, considera-se o seguinte pseudo-código apresentado pelo algoritmo da formiga (Svenson & Sidenbladh, 2003), aplicável a qualquer formiga, de acordo com a figura 2:

Enquanto o tempo máximo da simulação não for alcançado:

1. Para todas as formigas  $i$ :
  - a. Define  $x$  = posição atual da formiga  $i$
  - b. Move a formiga  $i$  para a posição  $y$  de acordo com a Equação 3
  - c. Se a formiga  $i$  chegou ao alvo:
    - (1) Atualiza o odor de acordo com a Equação 4
    - (2) Elimina a formiga  $i$
2. Se  $S(x)$  não sofreu alteração, termina a repetição

Analisa o potencial de um eixo através do *output* de odor (>intensidade, >potencial)

**Figura 2 – Pseudo-código para determinação dos EAprox pelo método das formigas**

Fonte: Adaptado a partir de Svenson e Sidenbladh (2003)



#### 4. Fontes de dados geospaciais nos Passos 1 e 2 do IPB

O tratamento informático dos modelos de cálculo descritos no capítulo anterior, com vista à automatização dos Passos 1 e 2 do IPB, pressupõem a utilização de fontes de dados geospaciais. Tratando-se de um domínio técnico, no âmbito da programação informática, serão apenas identificadas algumas das fontes de dados disponíveis para esse fim.

De acordo com a sua especificidade, as fontes de dados geospaciais podem ser agrupadas em bases de dados, servidores e aplicações, tal como ilustrado na Figura 3.



**Figura 3 – Bases de dados, Servidores e Aplicações**  
Fonte: Disponível em CIGeoE (2013).

##### 4.1. Bases de dados geospaciais

Uma base de dados é um conjunto interrelacionado de dados, que através de um *software* de sistema de gestão, gere o armazenamento, manipulação e pesquisa dos dados existentes na base de dados, funcionando como uma *interface* entre as aplicações e os dados necessários para a execução dessas aplicações (Lucas, et al., 2008).

###### 4.1.1. PostgreSQL

O *PostgreSQL* é um sistema de base de dados do tipo objeto-relacional<sup>9</sup>, de código-fonte aberto, que ficou reputado pela sua arquitetura robusta, confiabilidade, integridade, vasto conjunto de recursos e extensibilidade. É executado em todos os principais sistemas operativos e possui complementos importantes, como o popular extensor de banco de dados geoespacial *PostGIS* (The PostgreSQL Global Development Group, s.d.).

###### 4.1.2. GeoNetwork

O *GeoNetwork* é uma base de dados de fonte aberta, amplamente utilizada como base de dados geospaciais. Recorre a um mapa interativo, baseado no *OpenLayers* 3, para dar acesso a vários serviços de *Open Geospatial Consortium* (OGC), entre outros. O catálogo disponibilizado dá a possibilidade de encontrar novas funcionalidades, novos *layers* e até

<sup>9</sup> Uma base de dados relacional é uma base de dados que agrupa dados usando atributos comuns encontrados no conjunto de dados.



mapas dinâmicos, permitindo inclusive a sua combinação e partilha com outros utilizadores (Open Source Geospatial Foundation, 2018).

## **4.2. Servidores de dados geoespaciais**

Um servidor é um computador equipado com um sistema para armazenamento de dados, capaz de executar um conjunto específico de programas ou protocolos, para fornecer serviços dentro de uma rede informática (Controle Net Tecnologia LTDA, s.d.).

### **4.2.1. GeoServer**

O *GeoServer* é um servidor de *software* baseado na linguagem JAVA, gratuito e em fonte aberta, que permite a edição de informação geoespacial, criação de mapas em diversos formatos e a integração com outras bases de dados. É compatível e permite a partilha de informação com aplicações populares (Open Source Geospatial Foundation, 2014).

### **4.2.2. ArcGIS Server**

O *ArcGIS Server* é o servidor central de informação geográfica usada na criação de *software* pela ESRI, empresa de referência mundial. O servidor é utilizado na criação e atualização dos dados geográficos em serviços de internet e aplicações, permitindo criar *software* para programas informáticos, aplicativos de internet ou aplicações móveis (Esri Portugal - Sistemas e Informação Geográfica, S.A, s.d.).

## **4.3. Aplicações geoespaciais**

As aplicações geoespaciais são um *software* aplicativo concebido para desempenhar tarefas específicas e práticas, ligadas ao processamento de dados geoespaciais (conceito.de, s.d.).

### **4.3.1. SIGOp**

O SIGOp é um programa de visualização de informação geográfica, da responsabilidade do CIGeoE, orientado para as operações militares e operando na rede de dados do EP. Entrou em funcionamento em 2013 e o seu objetivo é disponibilizar informação e proporcionar apoio cartográfico para o planeamento, condução e execução de operações militares (Maio, 2017).

### **4.3.2. Google Earth**

O programa de computador desenvolvido pela *Google*, denominado por *Google Earth*, apresenta um modelo tridimensional do globo terrestre. Permite explorar mapas bidimensionais e imagens de satélite, e identificar lugares, construções, cidades, paisagens e outros elementos do planeta Terra (Layton, Strickland, & Bryant, 2019).



#### 4.3.3. GeoMedia

A *GeoMedia* é uma aplicação de sistemas de informação geográfica da empresa *Intergraph* para análises flexíveis e dinâmicas de informações geográficas e produção de mapas. Permite gerir dados e criar mapas de forma eficiente, respeitando as normas da OGC (Hexagon AB, 2019).

#### 4.3.4. ArcGIS

O *ArcGIS* é um aplicativo em fonte aberta baseado no *ArcGIS server* da empresa Esri. Reúne mapas, aplicações e dados (Esri Portugal - Sistemas e Informação Geográfica, S.A, s.d.).

#### 4.3.5. MapStore

É uma estrutura de Sistemas de Informação Geográfica da internet (do inglês *WebGIS*) que funciona como repositório de mapas. É modular e de código aberto, pertencendo à família de aplicações do *GeoServer*. Permite criar, gerir e partilhar de forma segura, simples e intuitiva mapas criados através da combinação de conteúdos oriundos de servidores como o *Google Maps*, *OpenStreetMap*, *Bing* ou de outros aderentes aos padrões OGC (GeoSolutions S.a.s., s.d.).

#### 4.3.6. OpenLayers

O *OpenLayers* permite colocar mapas dinâmicos em qualquer página da internet. Pode exibir blocos de mapas, dados vetoriais e marcadores. Trabalha em fonte aberta de forma gratuita em linguagem JAVA (OpenLayers, s.d.).



## Conclusões

A análise do IPB por processos automáticos adquire cada vez maior significado, permitindo acelerar a geração dos produtos operacionais, otimizar recursos, diminuir os riscos derivados do erro humano e incorporar fatores adicionais relevantes para o IPB que não se consideram pela via analítica.

A presente investigação teve como objeto o processo do IPB com incidência nos Passos 1 e 2, com vista a atingir a execução por processos automáticos, emergindo na questão central “Como operacionalizar um modelo de cálculo para os Passos 1 e 2 do IPB?”. O raciocínio de investigação privilegiado teve como base o método dedutivo, com recurso à análise de conteúdo, concluindo-se nesta etapa preliminar que existem estudos e experiências que concorrem para um processo de automatização dos produtos do IPB.

Para responder à questão central, e partindo da premissa de que os dados geoespaciais deveriam advir de fontes abertas, identificaram-se as características do terreno passíveis de aplicação aos Obstáculos e EAprox de modo simples, quantificável e exequível.

A operacionalização do modelo de cálculo para o conceito Obstáculos atendeu ao *layout* típico do processo analítico – terreno restritivo e terreno impeditivo – e resultou em formulações expressas nas Equações 1 e 2.

$$Se, D > 45 \vee P > 1,2 \vee l > 16 \vee v > 1,5 \vee (E_{veg} < 6 \wedge \emptyset_{veg} > 15) \vee (S \geq 90 \wedge G \leq 2) \vee \emptyset_{urb} > 500 \vee (E_{el} < 6 \wedge h_{el} \geq 0,4 \wedge \emptyset_{el} > 15), \\ \text{então o terreno é impeditivo. (Equação 1)}$$

$$Se, 30 \leq D \leq 45 \vee 0,6 \leq P \leq 1,2 \vee 1,5 \leq l \leq 16 \vee v \leq 1,5 \vee (E_{veg} < 6 \wedge 5 \leq \emptyset_{veg} \leq 15) \vee (S < 90 \wedge G \leq 2), \\ \text{então o terreno é restritivo. (Equação 2)}$$

No âmbito dos EAprox, o modelo de cálculo adveio da aplicação do algoritmo da formiga, onde, partindo de uma posição  $x$  uma formiga determina a sua futura posição através da: informação geográfica que dispõe; importância estratégica das várias localizações; e da concentração e intensidade do odor libertado pelas restantes formigas. Os EAprox podem então ser caracterizados pelas Equações 3 e 4, apesar da sua efetiva aplicação ao objeto em estudo carecer ainda de desenvolvimentos adicionais, de modo a definir os fatores que compõem  $F(y)$  e a estabelecer como os quantificar, visando a sua automatização e consequente aplicação a escalões e tipologias de unidades concretas.



Face ao exposto, considera-se que a avaliação dos resultados obtidos é favorável, uma vez que a solução para o problema de investigação foi conseguida, através da conceção de um modelo de cálculo para os Passos 1 e 2 do IPB, no âmbito das delimitações elencadas. O modelo apresentado prima pela simplicidade e facilidade de implementação, carecendo de experimentação, validação e eventual aperfeiçoamento.

Com a presente investigação houve um contributo para o conhecimento, uma vez que se conseguiu criar uma metodologia de análise e formular um algoritmo para a variável “Obstáculos”, bem como analisar o algoritmo dado pelo método da formiga à variável “EAprox”.

Recomenda-se a continuidade e aperfeiçoamento deste estudo, através da análise das restantes variáveis do EB e do aperfeiçoamento do algoritmo associado à variável “EAprox”, nomeadamente a definição e quantificação dos elementos que compõem  $F(y)$ , por forma a diminuir a aleatoriedade e a intervenção do operador do programa.



## Referências Bibliográficas

- CIGeoE. (2013). *Informação Geoespacial através de Serviços Web*. [Página Online]. Retirado de <https://www.igeoe.pt/index.php?id=47>
- conceito.de. (s.d.). *Conceito de software aplicativo*. [Página Online]. Retirado de <https://conceito.de/software-aplicativo>
- Controle Net Tecnologia LTDA. (s.d.). *O que é um servidor em computação?*. [Página Online]. Retirado de <https://www.controle.net/faq/o-que-sao-servidores>
- Department of the Army. (1994). *FM 34-130 IPB*. Washington, DC: Department of the Army.
- Department of the Army. (2003). *FM 90-7 Combined Arms Obstacle Integration*. Washington, DC: Department of the Army.
- DoD. (2016). *JP 3-15 Barriers, Obstacles, and Mine Warfare for Joint Operations*. Washington, DC: Department of Defense.
- educalingo. (s.d.). *educalingo*. [Página Online]. Retirado de <https://educalingo.com/pt/dic-pt/vegetacao>
- EP. (2010). *PDE 2-09-00 Estudo do Espaço de Batalha pelas Informações (IPB)*. Lisboa: Exército Português.
- Esri Portugal - Sistemas e Informação Geográfica, S.A. (s.d.). *Produtos*. [Página Online]. Retirado de <http://www.esriportugal.pt/Produtos>
- Fernandes, M. (2011). *Mecânica dos Solos. Vol.1: Conceitos e Princípios Fundamentais* (2ª ed.). Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- GeoSolutions S.a.s. (s.d.). *MapStore*. [Página Online]. Retirado de <https://mapstore.geo-solutions.it/mapstore/#/>
- Glinton, R., Giampapa, J., Owens, S., Sycara, K., Grindle, C., & Lewis, M. (10 de abril de 2004). *Integrating context for information fusion: Automating intelligence preparation of the battlefield*. (C. M. University, Ed.). [Documento PDF]. Retirado de [https://www.researchgate.net/profile/Joseph\\_Giampapa/publication/240886568\\_INTEGRATING\\_CONTEXT\\_FOR\\_INFORMATION\\_FUSION\\_AUTOMATING\\_INTELLIGENCE\\_PREPARATION\\_OF\\_THE\\_BATTLEFIELD/links/0a85e53470acdcc6f0000000/INTEGRATING-CONTEXT-FOR-INFORMATION-FUSION-AUTOMATING-INTELLIGENCE-PREPARATION-OF-THE-BATTLEFIELD.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Joseph_Giampapa/publication/240886568_INTEGRATING_CONTEXT_FOR_INFORMATION_FUSION_AUTOMATING_INTELLIGENCE_PREPARATION_OF_THE_BATTLEFIELD/links/0a85e53470acdcc6f0000000/INTEGRATING-CONTEXT-FOR-INFORMATION-FUSION-AUTOMATING-INTELLIGENCE-PREPARATION-OF-THE-BATTLEFIELD.pdf?origin=publication_detail)



- Hexagon AB. (2019). *GeoMedia*. [Página Online]. Retirado de <https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/geomedia>
- IAEM. (2001). *ME 12-00-02 IPB*. Lisboa: IAEM.
- IBGE. (2009). *Manual Técnico de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBM Federal Systems Div Arlington VA. (04 de janeiro de 1980). *Intelligence Preparation of the Battlefield (Automated IPB(A). Phase II. Software Functional Description*. [Documento PDF]. Retirado de <https://apps.dtic.mil/docs/citations/ADA091626>
- Layton, J., Strickland, J., & Bryant, C. (2019). *How Google Earth Works*. [Página Online]. Retirado de <https://computer.howstuffworks.com/internet/basics/google-earth.htm>
- Lazari, J. (s.d.). *ST 306 - Hidrologia e Drenagem*. [Página Online]. Retirado de <https://www.ft.unicamp.br/webdidat/matdidat.php?cod=ST%20306&nome=Joaquim+Augusto+Pereira+Lazari>
- Lucas, A., Naves, F., Pedron, C., Silva, F., Camacho, J., & Henriques, L. (2008). *Cadeira de Tecnologias de Informação - ISEG*. [Página Online]. Retirado de <https://www.iseg.ulisboa.pt/aquila/getFile.do?fileId=8207&method=getFile>
- Maio, P. (2017). *Interoperabilidade dos Sistemas de Informação Geográfica nas Forças Armadas*. Lisboa: IUM.
- Medby, J., & Russell, G. (2002). *Street smart : intelligence preparation of the battlefield for urban operations*. Santa Monica, CA: Rand.
- Open Source Geospatial Foundation. (2014). *GeoServer*. [Página Online]. Retirado de <http://geoserver.org/about/>
- Open Source Geospatial Foundation. (22 de Outubro de 2018). *GeoNetwork*. [Página Online]. Retirado de <https://geonetwork-opensource.org/>
- OpenLayers. (s.d.). *OpenLayers*. [Página Online]. Retirado de <https://openlayers.org/>
- Perdigão, H. (2003). *Sistema de Informação Geográfica Militar no Apoio à Decisão (SIGMAD - Contributos para o IPB)*. Lisboa: IAEM.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2013). *Manual de Investigação em Ciências Sociais (6ª ed.)*. Lisboa: gradiva.
- Ribeiro, E., Lopes, R., & Custódio, S. (2012). *GPS - a Terra: Estudos e representações meio natural*. Porto: Porto Editora.
- Salviati, E. (10 de dezembro de 1993). Tipos vegetais aplicados ao paisagismo. *Paisagem E Ambiente*, 5, 9-45.



- Santos, L., & Lima, J. (2016). *Cadernos do IESM N. º8 – Orientações Metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação*. Lisboa: IESM.
- Steele, R. (10 de julho de 1992). *Intelligence Preparation of the Battlefield: The Marine Corps viewpoint*. [Página Online]. Retirado de [http://www.oss.net/dynamaster/file\\_archive/040319/927e64038a152c2f349e9ed68fbacbe3/OSS1999-P2-35.pdf](http://www.oss.net/dynamaster/file_archive/040319/927e64038a152c2f349e9ed68fbacbe3/OSS1999-P2-35.pdf)
- Svenson, P., & Sidenbladh, S. (2003). Determining possible avenues of approach using ANTS. *Proceeding of the 6 th International Conference on Information Fusion: Vol.2* (pp.1110–1117).
- The PostgreSQL Global Development Group. (s.d.). *PostgreSQL*. [Página Online]. Retirado de <https://www.postgresql.org/about/>
- Department of the Army. (2014). *ATP 2-01.3 Intelligence Preparation of the Battlefield/Battlespace*. Washington, DC: Department of the Army.