

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Rhael David Lara Partida

**GEOTECNOLOGIAS E ANALISE ESPACIAL: PLANEJAMENTO DE
MOBILIDADE COM UNIDADES BLINDADAS TIPO LAGARTA NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO DE MARACAIBO - VENEZUELA**

Santa Maria, RS
2017

Rhael David Lara Partida

GEOTECNOLOGIAS E ANALISE ESPACIAL: PLANEJAMENTO DE MOBILIDADE COM UNIDADES BLINDADAS TIPO LAGARTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO DE MARACAIBO - VENEZUELA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

Orientador: Prof. Dr. Romario Trentin

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Partida, Rhael David Lara

GEOTECNOLOGIAS E ANALISE ESPACIAL: PLANEJAMENTO DE MOBILIDADE COM UNIDADES BLINDADAS TIPO LAGARTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO DE MARACAIBO - VENEZUELA / Rhael David Lara Partida.- 2017.

132 p. ; 30 cm

Orientador: Romario Trentin

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2017

1. Geomorfométrico 2. Operações Militares 3. Processamento Digital de Imagens 4. Sistemas de Informação Geográfica 5. Veículos Blindados. I. Trentin, Romario II. Título.

Rhael David Lara Partida

**GEOTECNOLOGIAS E ANÁLISE ESPACIAL: PLANEJAMENTO DE MOBILIDADE
COM UNIDADES BLINDADAS TIPO LAGARTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
LAGO DE MARACAIBO - VENEZUELA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Geografia**.

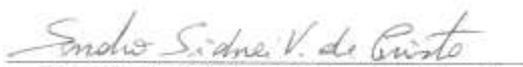
Aprovado em 18 de agosto de 2017:



Romario Trentin, Dr.
(Presidente/Orientador)



Andrea Valli Nummer, Dra. (UFSM)



Sandro Sidnei Vargas de Cristo, Dr. (UFT)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a atividade Geográfica Militar Venezuelana como constância de gratidão e compromisso de retribuição laboral e acadêmica inevitável.

AGRADECIMENTOS

A República Federativa do Brasil que por meio da Universidade Federal de Santa Maria me proporcionou uma educação gratuita e de qualidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) pela oportunidade de aprendizado e crescimento acadêmico e profissional.

Aos Professores do Departamento de Geociências pelos ensinamentos.

A Fundação Gran Mariscal de Ayacucho (FUNDAYACUCHO), pelo suporte financeiro permitindo assim a dedicação exclusiva ao curso de mestrado.

A secretária do PPGGEO Fatima Liliane Fernandes Bonilla, pela atenção e empenho para ajudar sempre no que fosse preciso.

Aos Prof. Dr. Romario Trentin e Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina pela suas orientações, disponibilidade, ensinamentos, opiniões e críticas, que foram essenciais para solucionar as dúvidas e problemas que foram surgindo ao longo da realização desse trabalho. Sua vocação educativa reafirma em mim a veracidade da frase “Só desperta paixão por aprender quem tem paixão por ensinar!”

A Profa. Dra. Andrea Valli Nummer e ao Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo por aceitarem participar da banca de avaliação dessa dissertação, com valiosas sugestões e contribuições.

Em geral a todos os homens e mulheres que integram o Laboratório de Geologia Ambiental da UFSM que com seus apoios acadêmicos e extraordinária qualidade humana configuram um ambiente científico que faz possível sua atual produção acadêmica. No qual, reafirma a importância que para o desenvolvimento das ciências geográficas constitui a investigação a partir de equipe os multidisciplinares baseados em respeito e cordialidade. E nesta ordem de ideias desejo ressaltar em especial a Daniélli Flores Dias por seus oportunos conselhos e ajudas acadêmicas constantes.

A Escola de Blindados da Universidade Militar Bolivariana da Venezuela que por meio de seu corpo de instrutores em manobra sobre lagartas proporcionaram a temática que direcionou a presente investigação.

Enfim, agradeço a todos aqueles que me apoiaram, torceram por mim e que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

GEOTECNOLOGIAS E ANALISE ESPACIAL: PLANEJAMENTO DE MOBILIDADE COM UNIDADES BLINDADAS TIPO LAGARTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LAGO DE MARACAIBO - VENEZUELA

AUTOR: Rhael David Lara Partida
ORIENTADOR: Prof. Dr. Romario Trentin

Para abordar as ciências geográficas dentro de sua aplicação epistemológica militar, exploram-se a geração de informações sobre a bacia hidrográfica do lago de Maracaibo valorizada como uma porção do território venezuelano caracterizada por concentrar riquezas energéticas e naturais que exigem a aplicação, de medidas de defesa militar compatíveis com suas características. Mediante o emprego, das potencialidades da proposta de cartografia geomorfométrica automatizada, apresentada por Silveira (2014), as imagens de percepção remota (ASTERGDEM, MODIS etc.) e os parâmetros do convênio de apoio científico-tecnológico subscrito entre o Exército Brasileiro e a Universidade Federal de Santa Maria ; como recursos geradores de dados que foram vinculados por meio de ferramentas de geoprocessamentos, disponíveis nos Sistemas de Informação Geográfica (ArcGIS® 10.1), para avaliar os diferentes graus de influência individuais e coletivos exercidos pelos fatores (de topografia, hidrografia, precipitação e vegetação) da bacia hidrográfica com o processo de mobilidade militar sobre lagartas, finalmente a partir desta compreensão, foram delimitados cinco setores classificados como ótimos, adequados, restritivos, muito restritivos e impeditivos conforme seus grau de homogeneidade em relação as potencialidades e/ou restrições. Utilizando os procedimentos e técnicas da cartografia em ambiente SIG, foi possível observar a redução de tempo de processamentos e aumentou na quantidade de dados relacionados no análise geográfico militar, disponibilizando produtos para fins de planejamento estratégico.

Palavras-chave: Geomorfométrico. Operações Militares. Processamento Digital de Imagens. Sistemas de Informação Geográfica. Veículos Blindados.

ABSTRACT

GEOTECNOLOGIAS AND ANALYSE SPACE: PLANNING OF MOBILITY WITH ARMoured UNITS TYPE LAGARTA IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF THE LAKE OF MARACAIBO - VENEZUELA

AUTHOR: Rhael David Lara Partida

TUTOR: Prof. Dr. Romario Trentin

In order to approach geographic sciences within its military epistemological application, the generation of information on the Lake Maracaibo basin is valued as a portion of the Venezuelan territory characterized by the concentration of energy and natural resources that require the application of territorial defense measures Compatible with its natural physical characteristics. Using the proposed automated geomorphometric mapping by Silvera (2014), remote sensing images (ASTERGDEM, MODIS, etc.) and the parameters of the scientific and technological support agreement signed between the Brazilian Army and the Federal University of Santa Maria; As data-generating resources that were linked by means of geoprocessing tools available in the Geographic Information System (ArcGIS® 10.1) to evaluate the different individual and collective influence levels exerted by the factors (soil, hydrography, precipitation and vegetation) Of the watershed, with the process of military mobility on caterpillars. Finally, from this understanding, five sectors classified as optimal, adequate, restrictive, very restrictive or impeditive were delimited according to their degrees of homogeneity in potentialities and / or restrictions, using the strengths of cartography in GIS environment, it was possible to observe The reduction of processing time and the increase in the amount of related data in this type of military analysis.

Keywords: Geomorphometric. Military Operations. Digital Image Processing. Geographic Information Systems. Armored Vehicles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do lago de Maracaibo.....	51
Figura 2 - Conjuntos montanhosos que condicionam a hidrografia regional.....	52
Figura 3 - Mapa Energético da Bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo.	55
Figura 4 - Localização das áreas protegidas do sistema Lago de Maracaibo.	58
Figura 5 - Representação dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.	66
Figura 6 - Distribuição da frequência das classes hipsométricas.	69
Figura 7 - Valores estabelecidos no histograma de frequência das classes de declividade.	71
Figura 8 - Fluxograma apresentando a árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfométricas.	73
Figura 9 - Localização dos perfis de solo analisados dentro da área de estudo.	76
Figura 10 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a pluviosidade acumulada.....	81
Figura 11 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a restrição ao movimento blindado por vegetação.....	84
Figura 12 - Representação do processo de multiplicação de capas raster.	85
Figura 13 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a classificação dos níveis de restrição ao movimento blindado sobre lagartas na área de estudo. ..	87
Figura 14 - Compartimentação geomorfométrica da área de estudo.	90
Figura 15 - Margens do Lago de Maracaibo na parte noroeste da bacia no setor de Zapara.....	92
Figura 16 - Planos convergentes em ambiente formador de solos adequados do município de Guajira no norte da área de estudo.....	96
Figura 17 - Plano divergentes no ambiente formador de solos adequados- município Mara.	97
Figura 18 - Níveis de restrição ao movimento blindado por ambientes geomorfométricos formadores de solos.	98
Figura 19 – Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo.....	99
Figura 20 - Hidrografia adequada no município Mara do estado Zulia.....	101
Figura 21 - Níveis de restrição ao movimento blindado por hidrografia.	103
Figura 22 - Precipitação acumulada da Bacia Hidrográfica do Lago de Maracaibo série (1970-2000).....	104
Figura 23 - Área muito restritiva por precipitação ao sul do Lago de Maracaibo.....	107
Figura 24 - Níveis de restrição ao movimento blindado por precipitação.	108
Figura 25 - Condição da cobertura vegetal na área de estudo no ano de 2017.....	109
Figura 26 - Vegetação desértica com alto grau de intervenção antrópica na seção norte ocidental da área de estudo - município Guajira.	111
Figura 27 - Vegetação Adequada na porção norte da bacia.	112
Figura 28 - Níveis de restrição ao movimento blindado por vegetação.	114
Figura 29 - Mapa dos níveis de resistência dos elementos analisados ante o movimento blindado sobre lagarta.	115
Figura 30 - Área ótima para o deslocamento dos blindados do tipo lagarta no município de Guajira.....	117
Figura 31 - Área adequada para o deslocamento de blindados do tipo lagarta.	118
Figura 32 - Áreas de resistência homogêneas ante a mobilidade blindada sobre lagartas na área de estudo.....	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Áreas protegidas do sistema Lago de Maracaibo.	57
Quadro 2 - Restrições ao movimento impostas pela Hidrografia.	79
Quadro 3 - Restrições Impostas pela Vegetação.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da proposta de restrição ao movimento imposto pela declividade frente a mobilidade blindada do Exército Brasileiro.....	70
Tabela 2 - Classificação das informações básicas para a determinação das unidades geomorfométricas.....	72
Tabela 3 - Análise Granulométrica do solo da área de estudo.....	74
Tabela 4 - Classificação das solicitações de pressão exercida sobre o terreno pelos veículos militares.....	77
Tabela 5 - Classificação dos solos segundo sua capacidade de resistência à pressão.....	77
Tabela 6 - Classificação das unidades geomorfométricas em ambientes formadores de solos com diferentes graus de influência ante a mobilidade blindada.....	78
Tabela 7 - Classificação da hidrografia por seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.....	80
Tabela 8 - Intervalos de precipitação utilizados para a definição das classes de restrição ao movimento blindado.....	82
Tabela 9 - Intervalos utilizados para a definição das classes de restrição ao movimento blindado por vegetação.....	84
Tabela 10 - Síntese dos parâmetros conceituados para a classificação da área de estudo.....	86
Tabela 11 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos impeditivos.....	91
Tabela 12 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos muito restritivos.....	93
Tabela 13 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos restritivos.....	94
Tabela 14 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos adequados.....	95
Tabela 15 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos ótimos.....	96
Tabela 16 - Classificação da rede hidrográfica em relação a seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.....	100
Tabela 17 - Classificação da pluviosidade em relação a seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.....	105
Tabela 18 - Classificação da vegetação em relação a seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.....	110
Tabela 19 - Classificação dos níveis de restrição ao movimento blindado sobre lagartas na bacia do Lago de Maracaibo.....	116
Tabela 20 - Quadro síntese dos parâmetros conceituados para a classificação da área de estudo.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAE	Áreas de Baixo Regime de Administração Espacial
A.C.	Antes de Cristo
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BTM	Bloco Tectônico de Maracaibo
CM ²	Centímetro Quadrado
DIGECAFAB	Direção de Geografia e Cartografia da Força Armada Nacional Bolivariana
GDEM	Modelo Global de Elevação Digital
GNSS	Global Navigation Satellite System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KG	Quilograma
KM	Quilômetro
KM ²	Quilômetro Quadrado
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
MM	Milímetros
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
N	Número
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDVI	Índice Diferencial de Vegetação Padrão
REGVEN	Rede Geodésica Venezuelana
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
ONU	Organização das Nações Unidas
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
2.1	GEOGRAFIA e GEOGRAFIA MILITAR	31
2.2	ESPAÇO GEOGRÁFICO	32
2.3	MOBILIDADE MILITAR	38
2.3.1	O Blindado e sua Indústria Militar	39
2.4	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURAIS DA ÁREA DE OPERAÇÃO E as MANOBRAS MILITARES	40
2.5	CARTOGRAFIA TEMÁTICA MILITAR	43
2.6	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO	45
2.7	ANÁLISE SISTÊMICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	48
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	51
3.1	ASPECTOS FÍSICOS DA AREA DE ESTUDO E A RELAÇÃO com OS AMBIENTES FORMADORES DE SOLOS	59
4	METODOLOGIA	65
4.1	ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	66
4.2	MATERIAIS UTILIZADOS PARA A ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS	66
4.3	ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA	68
4.3.1	Hipsometria	68
4.3.2	Declividade	69
4.3.3	Curvatura das Vertentes	71
4.3.4	Solo e Material Superficial	73
4.3.5	Análise da Rede Hidrográfica	78
4.3.6	Análise do Fator Climático de Precipitação	80
4.3.7	Análise da Vegetação	82
4.4	GERAÇÃO DA ANÁLISE INTEGRADA FINAL DE MOBILIDADE BLINDADA SOBRE LAGARTAS A PARTIR DOS ELEMENTOS ANALISADOS	85
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	89
5.1	RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO DOS BLINDADOS IMPOSTA PELOS SOLOS	89
	Ambientes formadores de Solos Impeditivos	90
	Ambientes formadores de Solos Muito Restritivos	92
	Ambientes formadores de Solos Restritivos	93
	Ambientes formadores de Solos Adequados	95
	Ambientes formadores de Solos Ótimos	96
5.2	RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO BLINDADO IMPOSTO PELA HIDROGRAFIA	99
5.2.1	Hidrografia Ótima	100
5.2.2	Hidrografia Adequada	101
5.2.3	Hidrografia Restritiva	101
5.2.4	Hidrografia Muito Restritiva	102
5.2.5	Hidrografia Impeditiva	102
5.3	RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO BLINDADO IMPOSTO PELA PRECIPITAÇÃO	103
5.3.1	Precipitação Ótima	105
5.3.2	Precipitação Adequada	105

5.3.3	Precipitação Restritiva	106
5.3.4	Precipitação Muito Restritiva	106
5.3.5	Precipitação Impeditiva	107
5.4	RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO BLINDADO IMPOSTO PELA VEGETAÇÃO	108
5.4.1	Vegetação Ótima	110
5.4.2	Vegetação Adequada	111
5.4.3	Vegetação Restritiva	112
5.4.4	Vegetação Muito Restritiva	112
5.4.5	Vegetação Impeditiva	113
5.5	ANÁLISE INTEGRADA FINAL DE MOBILIDADE BLINDADA SOBRE LAGARTAS A PARTIR DOS ELEMENTOS ANALISADOS.....	114
5.5.1	Áreas Ótimas	116
5.5.2	Áreas Adequadas	117
5.5.3	Áreas Restritiva e Muito Restritiva	118
5.5.4	Áreas Impeditivas	118
6	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
	REFERÊNCIAS	127

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que garantem a subsistência dos Estados é a eficiência de seus esforços em matéria de segurança e defesa; por esta razão os países organizam, adestram e equipam suas Forças Armadas, para a proteção do povo e os recursos contidos em seu território frente as possíveis pretensões estrangeiras.

Todas as ações realizadas com fins associados à defesa nacional, têm como palco um determinado espaço geográfico, denominado dentro do âmbito militar da área de operação. Com base nisso, o conhecimento profundo de suas características e relações, viabiliza o máximo de aproveitamento das capacidades dos sistemas de armas, mediante a vinculação de suas limitações técnicas com as características do meio geográfico onde serão utilizadas, o que facilita selecionar os equipamentos e as formas de ação mais adequadas para cada situação.

Sun Tzu é considerado como um dos primeiros estudiosos dos fundamentos militares. Com base nisso, em sua obra “A Arte da Guerra” a respeito da temática, ele indica que

Ignora-se as condições das montanhas, bosques, desfiladeiros perigosos, pântanos não podem encabeçar a marcha de um exército; se não faz uso da informação disponível do lugar, não podes adquirir as vantagens do terreno. Basta que um general ignore só um destes assuntos e será conceituado inapto para dirigir a marcha de um exército (SUN TZU, 560 AC, p. 69, tradução própria).

Dessa maneira, o conhecimento das características do espaço geográfico, utilizados com fins de resguardo territorial por parte da Força Armada (Geografia Militar), será decisivo e influirá de forma significativa nos resultados das decisões que neste sentido se tomem. Este estudo geográfico realizado com um adequado nível de detalhe poderia permitir que uma força numérica ou tecnologicamente inferior, possa obter superioridade militar sobre seu adversário, por meio do melhor aproveitamento das particularidades do terreno, o qual implica a análise das distâncias associadas a diversas considerações do relevo que consistem em determinar em primeiro lugar, o grau de dificuldade que o espaço geográfico exercerá para o deslocamento das forças militares, e diante disso, identificar no terreno: as áreas de passagem obrigatória para

o inimigo, áreas de vulnerabilidade de seus sistemas de armas, necessidades logísticas, tempo de deslocamento, dentre outras (SUN TZU, 560 AC).

É importante destacar que estas análises de âmbito espacial, requerem para sua adequada execução de um conhecimento geográfico, que só estará disponível, se durante os tempos de paz se realizam os esforços que viabilizem sua geração, entre os quais destaca, o desenvolvimento da atividade acadêmica com o objetivo de viabilizar o correto emprego dos avanços tecnológicos que caracterizam o mundo atual.

O presente trabalho procura fortalecer a investigação de caráter científico, técnico e especializada, orientada em apoiar o processo de planejamento militar, especificamente focada em ilustrar as vantagens do emprego dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), na análise integrada das características físicas da área de operação da Bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo, frente ao deslocamento de unidades blindadas do tipo lagartas. Nesse sentido, os SIG são apresentados como valiosas ferramentas de trabalho para os especialistas em Geografia Militar, porque otimiza o processo de integração da informação geotecnológica para seu emprego em geoprocessamentos que apoiam a geração tão importante como um dinâmico conhecimento espacial (SOARES, 2006).

O planejamento de operações militares requer manejo integrado de informações de diferentes naturezas para definir políticas e discernir entre diferentes alternativas, baseando-se na análise dos dados disponíveis sobre o sistema analisado (conflito militar). Neste sentido, as geotecnologias (Imagens de Satélites, Modelos Digitais de Elevação, etc.) constituem-se como indicadores precisos, cuja função militar está diretamente vinculada à criação de palcos atualizados que permitam estabelecer redes de causalidades reais, garantido decisões ajustadas a determinado espaço geográfico (SANTOS, 2004).

O conhecimento gerado da análise dos parâmetros físicos-naturais da área de operação, incluindo as alterações nas capacidades dos solos para o suporte associadas a determinadas condições meteorológicas, serão relacionadas dentro do SIG, com as limitações técnicas para o deslocamento militar, permitindo discernir entre diferentes opções de mobilidade tanto ofensivas como defensivas dentro da área de interesse ou de operação. Isto proporcionará a quem dirige a estratégia militar, uma informação do espaço geográfico, que integrada os dados de inteligência sobre as tecnologias inimigas e os níveis de adestramento de seus soldados, permitem

revelar as dificuldades e conseqüentemente as manobras obrigatórias que impõe o espaço geográfico venezuelano a todos aqueles que pretendam ameaçar a segurança e a integridade da nação, para analisar seus pontos de vulnerabilidade defensiva e executar as ações dirigidas para a sua neutralização.

É importante salientar que esta informação deve ser gerada com base nos parâmetros compatíveis que garantam a sua integração dentro do ambiente SIG com outras informações espaciais próprias da análise militar, na qual, se devem elaborar políticas para o levantamento e manipulação de informação Geográfica Militar em tempos de paz; com o objetivo de gerar tanto o banco de dados como o adestramento que garanta seu funcionamento efetivo durante os tempos de conflito.

Este ambiente de requerimentos de informação, que caracteriza ao mundo principalmente nas épocas pós-guerras, impulsiona a rápida evolução das geotecnologias, geradoras de dados espaciais como as imagens de satélites, as imagens aéreas e os Modelos Digitais de Elevação (MDE) entre outras, simultaneamente acompanhadas por avanços em matéria computacional (geoprocessamentos), que permitem a análise simultânea e integrada de grande volume de informação espacial e dão origem por meio de um dinâmico processo evolutivo ao desenvolvimento das características dos atuais SIG.

Em virtude desta proposta, gera-se a necessidade dentro da Força Armada da República Bolivariana da Venezuela, de manter uma permanente investigação científica sobre as novas formas de produzir e atualizar as informações de caráter espacial, tanto do espaço físico como das capacidades e tecnologias implicadas em determinadas possibilidades de conflitos; bem como, também sobre as novas formas e ferramentas de integração, análise e visualização da grande quantidade de dados espaciais disponíveis na contemporaneidade, já que, quanto maior for a qualidade do entendimento de suas relações (conhecimento do espaço geográfico militar), melhor informação manejará determinado comandante em seu processo de tomada de decisões, aumentando suas possibilidades de sucesso no cumprimento de sua missão (SOARES, 2006).

Com base no que foi exposto, o presente trabalho procura hierarquizar e discriminar áreas, tomando em conta a interrelação das características de mobilidade da tecnologia militar blindada propulsada sobre Lagartas e as variáveis físico-naturais da Bacia Hidrográfica do Lago de Maracaibo, com o objetivo de gerar resultados inovadores nas análises de mobilidade militar realizado em ambientes de SIG.

Foi selecionada como área de estudo a bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo, por ser um território da República Bolivariana da Venezuela, que contém grandes riquezas naturais e energéticas, que a definem como um espaço geográfico de grande interesse estratégico. Cabe destacar que estes patrimônios espaciais, foram gerados graças a um delicado processo de evolução natural, que integra sistematicamente paisagens com diferentes características físicas e naturais, que por sua vez, apresentam diferentes níveis de influência frente aos processos de mobilidade blindada, que convertem a área de estudo em um espaço de grande complexidade para a sua análise militar.

Mediante o adestramento e a familiarização dos oficiais especialistas em Geografia Militar no emprego da ferramenta SIG, durante as análises espaciais de índole militar, pretende-se reduzir os tempos necessários para integrar informações de diferentes naturezas através do emprego combinado dos avanços em matéria de geração e processamento de dados geográficos, na qual permitirá a progressiva substituição das análises militares anteriores, realizados por meio de técnicas analógicas que empregam cartas topográficas impressas e sobreposições de papel vegetal, sobre os quais são desenhadas as cartas de informação que são sobrepostas para serem avaliadas em conjunto.

Para o qual, propõe-se como estudo de caso, construir um banco de dados em plataforma ArcGIS®, com o objetivo de realizar a modelagem espacial da área da bacia e por meio do emprego de geoprocessamentos, extrair informações geográficas que possam complementar ou atualizar as informações preexistentes desta área de operação; para finalmente, por meio do uso das potencialidades do SIG, estabelecer relações geográficas que permitam hierarquizar as áreas de acordo com seus diferentes graus de resistência frente ao deslocamento de unidades blindadas impulsionadas sobre lagartas.

Desta forma, o trabalho pretende dar resposta à seguinte pergunta de investigação: “Qual é o grau de influência que exercem os fatores físico-naturais: Geomorfometria, Clima, Hidrografia, Solo e Vegetação da bacia do Lago de Maracaibo, ante a mobilidade de unidades Blindadas tipo lagarta?”.

Por sua vez, como objetivo geral se propõe: Hierarquizar e discriminar áreas dentro da bacia do Lago de Maracaibo em relação a seus níveis de resistência ante o movimento de unidades blindadas tipo lagarta.

Para atender ao objetivo geral estabelecido, foram propostos os seguintes objetivos específicos para o presente trabalho:

- ◆ Analisar as características técnicas de manobras dos blindados tipo lagarta;
- ◆ Caracterizar geomorfometricamente a bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo para o deslocamento dos blindados tipo lagarta;
- ◆ Estabelecer as relações do meio físico natural (Morfometria, Precipitação, Hidrografia, Solo e Vegetação) da bacia do Lago de Maracaibo, com a capacidade de mobilidade das unidades blindadas tipo lagarta;
- ◆ Hierarquizar e discriminar áreas frente ao deslocamento de blindados tipo lagarta, em função das restrições físico-naturais que apresenta o território da bacia do Lago de Maracaibo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GEOGRAFIA E GEOGRAFIA MILITAR

Para desenvolver o tema de mobilidade no enfoque militar, é necessário primeiramente caracterizar a geografia como a ciência central, que envolve a aplicação de múltiplos conhecimentos no entendimento de suas relações espaciais. Nesse sentido, a Geografia Militar surge como uma aplicação da ciência para estudar os fatores geográficos, com suas relações correspondentes aos palcos de conflitos, e interpretando-os para compreender as suas influências nas condições militares (TORRES, 2013; RIBEIRO, 2015).

Nesta ordem de ideias, o pensamento Geográfico Militar segundo Martin (2009), é conceituado como tão antigo quanto a presença do homem sobre a terra; isso é fruto da consequência da aplicação da inteligência humana com fins de sobrevivência, que nos conduz a valorizar a importância do espaço geográfico, como o principal fornecedor de recursos.

Como resultado disso, surge a necessidade de estudar e gerar conhecimentos conceituados indispensáveis, tanto para aproveitá-lo e conservá-lo eficientemente, como para o defender. Com base nisso, as comunidades militarmente fortes e organizadas, apropriaram-se dos espaços geográficos com as melhores condições: terras férteis, abundância de águas, climas quentes, etc. Desta forma, consolidaram-se no mundo os primeiros territórios. A respeito disso, Martin (2009, p. 15, grifo nosso) expressa

*Desde tiempos inmemoriales, cuando los grupos humanos, poco se diferenciaban de los primates, sus primos más “próximos”, saber la localización de una fuente de agua potable, tener acceso a un determinado campo de caza y **protegerlo** contra eventuales invasores, representaban conocimientos vitales que hoy probablemente denominaríamos estratégicos (...), los cuales fueron ampliados indefinidamente desde entonces.*

Neste sentido, a aplicação dos conhecimentos geográficos com fins militares, é mais antiga que as ciências geográficas formais ou universitária que surgem segundo Lacoste (1977) em meados do século XIX, quando as condições culturais, econômicas e políticas, propiciaram a consolidação da geografia como ciência, dando com este fato, um caráter científico que possibilitou seu estudo formal e a análise de

sua evolução histórica, permitindo evidenciar as contribuições evolutivas que através de seus paradigmas e métodos, cada escola do pensamento geográfico, realiza para apoiar o entendimento do dinamismo espacial e as suas relações no enfoque militar com o poder.

É de extrema importância destacar que contribuições epistemológicas que subsidiem e se complementam na atualidade, sem que nenhuma se consolide como absoluta ou predominante, a partir da correta localização de seus tempos históricos, permitem o entendimento de sua verdadeira contribuição para a ciência (SALAZAR, 2005).

2.2 ESPAÇO GEOGRÁFICO

Entendendo o espaço como o objeto de estudo da geografia, segundo a proposta do geógrafo brasileiro Milton Santos (1996), a modo de um misto, um híbrido formado da união indissolúvel de sistemas de objetos e sistemas de ações; onde os sistemas de objetos, são representados pelo espaço materializável, os quais formam configurações territoriais, onde as ações dos sujeitos (o homem), vêm a se instalar para criar um espaço. Dessa forma, o espaço geográfico é conceituado como aquele constituído pela participação da condição social e o meio físico, formando um misto ou híbrido, onde não há possibilidade de significados independentes dos objetos que o conformam.

Neste contexto, as relações espaciais, entre o exercício do poder e o fenômeno da guerra, situam-se como as principais razões históricas, que impulsionam a produção do conhecimento geográfico, de tal maneira que representam um exemplo excepcional, onde se consegue constatar a coexistência das diferentes tendências do pensamento geográfico e evidenciar suas vigências, contribuições e transformações epistemológicas no entendimento das relações espaciais de poder, por meio das quais as nações fortes, submetem a sua vontade às nações menos poderosas, mediante o emprego direto ou indireto da força militar e/ou econômica, aplicadas com um dinamismo excepcional que acompanha as transformações temporárias, tanto das tecnologias militares, como do espaço geográfico onde são empregados (LACOSTE, 1977).

No período compreendido pelo Determinismo Geográfico e frente ao reconhecimento do espaço geográfico como fonte de poder, Ratzel na Alemanha do

século XIX, consolida as bases do que posteriormente foi denominado como Determinismo Geográfico. Este autor, explica a necessidade de conquista e a expansão territorial como a única forma de sobrevivência dos Estados. Desta forma, o Determinismo Ambiental, apoiado no Darwinismo Social, surge para justificar os processos expansionistas da época: ingleses, alemães, italianos, russos, norte-americanos entre outros Estados, utilizaram estas ideias para sustentar seus projetos imperiais (LACOSTE, 1977).

Em síntese, para o Determinismo Geográfico, o homem é introduzido na análise, mas visto como uma espécie animal que procura se adaptar controlando o meio natural, como fator determinante para possibilitar o fortalecimento de uma sociedade, de maneira que, aquelas populações que disponham de melhor espaço vital, estariam mais aptas a se desenvolver (CORREIA, 1994 apud SALAZAR, 2005, p. 144).

Ideologia essa, que continua vigente desde então e até os nossos dias, no pensamento geográfico das grandes potências mundiais, também chamado por Lacoste (1977), como Geografia dos Estados Maiores e posteriormente por Raffestin (1993) como Geopolítica:

A geopolítica, que na verdade é uma geografia do Estado totalitário (Itália, Alemanha, URSS), nada mais teve a fazer que buscar, no conjunto dos conceitos Ratzelianos, os instrumentos de sua elaboração (RAFFESTIN, 1993, p.3)

Nesse sentido, segundo Martin (2009) e Ribeiro (2015), a Geopolítica será encarada como um ramo da geografia cuja escala de análise abarca uma perspectiva de estratégia global da nação, enquanto a Geografia Militar pressupõe uma escala focada na utilização do conhecimento dos fatores geográficos de um espaço determinado, em prol da utilização de um poder militar específico. Diante disso, a Geopolítica possui um caráter ideológico, enquanto a Geografia Militar um caráter mais prático; portanto as diferenças e relações entre elas encontram sua comparação com as relações estabelecidas entre estratégia e a tática, para exemplificar como podem se complementar uma à outra, criando pontes entre a teoria e a práxis.

Englobando a aplicação das análises espaciais com o fim de dominação e exercício de poder, o Determinismo Geográfico, tem sido o fundamento ideológico que

tem justificado todas as guerras ao longo da história, livradas com o objetivo de aplicação territorial como garantia de melhor espaço vital (RAFFESTIN, 1993).

No entanto, com o decorrer dos anos e após a finalização das guerras mundiais, este modo de dominação (ampliação territorial) sofreu profundas reformulações de forma, onde essas mesmas nações (potências mundiais) que levaram ao mundo a esses lamentáveis eventos bélicos, agora tentam conservar seu protagonismo em frente a um mundo moderno, que defende a liberdade, a igualdade e a fraternidade entre os povos, para o qual, se veem obrigados a estabelecer novas maneiras de exercício de poder sobre o espaço geográfico, as quais segundo Gonçalves (2002) obtêm sua representação mais avançada com a criação da Organização das Nações Unidas (ONU) a partir da qual, se configura uma nova territorialidade, que não reconhece fronteiras, sendo portanto, transnacional, global e planetária.

Desta forma, as grandes potências da atualidade garantem o controle de seus interesses inclusive para além de suas próprias fronteiras. Cabe destacar que estes interesses estão longe de ser estáticos e encontram-se submetidos a constantes transformações, produtos do dinamismo que caracteriza ao espaço geográfico contemporâneo e é precisamente a partir deste entendimento que o conhecimento gerado pela geografia adquire importância vital, até o ponto de ser catalogado como informação de valor estratégico para o desenvolvimento das nações. Por esta razão, as grandes potências do mundo contemporâneo investem incalculáveis recursos econômicos em impulsionar investigações científicas que procuram o entendimento temporal desta dinâmica espacial (RIBEIRO, 2015).

Um exemplo emblemático destas transformações são as novas relações de interesses territoriais, estabelecidas no mundo após a consolidação do petróleo como principal fonte de energia, que acabou dando origem a inúmeros conflitos bélicos, protagonizados com o propósito de garantir o seu controle. Com base nisso, podem ser explicados os repentinos interesses mundiais surgidos sobre territórios que o dinamismo geográfico por alguma razão os revaloriza e obriga às potências a garantir sua intervenção mediante a aplicação de estratégias geopolíticas, definidas a partir dos conhecimentos gerados pela geografia, que segundo Lacoste (1977), têm grande capacidade de uso como instrumento de poder. A respeito disso, o referido autor ainda expressa

Desde o final do século XIX pode-se considerar que existem duas geografias: A primeira, de origem antiga, a geografia dos estados maiores, é um conjunto de representações cartográficas e de conhecimentos variados referidos ao espaço; onde este saber sincrético é claramente percebido como estratégico pela minoria dirigente que o utiliza como instrumento de poder. A outra geografia, a dos professores, surgida há menos de um século, converteu-se num discurso ideológico que conta entre suas funções inconscientes a de ocultar a importância estratégica das razões que cobrem ao espaço, não só esta geografia dos professores está afastada das práticas políticas e militares, bem como das decisões econômicas (pois os professores não participam em absoluto nelas), que dissimula aos olhos da maioria a eficácia do instrumento de poder constituído pelas análises espaciais. Graças a isso, a minoria no poder, muito consciente de sua importância, é a única que os utiliza, em função de seus interesses (LACOSTE, 1977, p. 17, tradução própria).

Evidentemente, este extraordinário instrumento de poder, deveria ser reservado para uso exclusivo ou uma necessidade prioritária, na qual coincidiram todas as escolas geográficas que seguiram nesse propósito filosófico e ideológico à escola Alemã, entre as quais destacam a Francesa, a Inglesa, a Italiana e a Americana. Todas elas concluíram que não era conveniente vincular de nenhuma forma à geografia dos professores com o exercício do poder, com o único propósito de garantir a exclusividade de sua utilização (LACOSTE, 1997).

A importância da corrente Possibilista frente aos fenômenos bélicos abarca sua forte influência tanto no desenvolvimento, como no desenlace dos conflitos. O caráter dual das ciências geográficas que estuda os aspectos físicos e humanos, permite entender os níveis de relações entre o meio e a ação do homem frente às dificuldades. Desta forma, ainda que o meio físico possa impor uma barreira determinada, esta poderá ser superada pelo homem mediante o emprego e a geração de tecnologia, consolidando à geografia como a ciência que gera os entendimentos que impulsionam as inovações tecnológicas, para superar os diferentes problemas emergentes durante os conflitos armados (RIBEIRO, 2015).

Com base nesse entendimento, é importante destacar que primeiramente a tecnologia será contextualizada como uma forma de referir os progressos e inovações de importante utilidade em um determinado tempo, isto é, a tecnologia descreve a condição mais avançada num campo de ação específico (SMITH, 1994).

As bases tecnológicas das diferentes fases da evolução da guerra resumem-se da seguinte forma: na Pré-História, a madeira e a pedra; na Antiguidade, a metalurgia do cobre, bronze, ferro e aço; na Idade Média, a pólvora negra; ao longo da Revolução Científica (1450-1750), as armas de fogo e as fortificações; no primeiro

século da Revolução Industrial (1750-1850), a máquina de vapor e a mecanização industrial; no segundo século da Revolução Industrial, a tecnologia mecânica e a elétrica; na Revolução Tecnológica (a partir da década de 1940), a tecnologia eletrônica e a telemática (telecomunicações e informática); de tal maneira, que a cada uma destas tecnologias, em seu respectivo tempo histórico reformularam as guerras e encontraram nela o seu principal patrocinador (ALBANO, 2013).

Este entendimento permuta os esforços para o desenvolvimento de tecnologia militar como temas chaves para a segurança e defesa dos Estados. Em sua escala nacional, assegura o bem-estar da população tanto civil como militar, reforçando sua confiança, por saber que se conta com a capacidade de atualizar sua própria defesa e a escala internacional consolida uma necessidade fundamental de reconhecimento e respeito mundial à soberania graças a sua influência com fins dissuasivos. Diante disso, a tecnologia adquire um peso importante na definição dos conflitos armados na atualidade, razão pela qual, os países com Geopolítica Imperial, impõem cercos científicos, que procuram negar aos países emergentes o acesso a determinadas tecnologias, as mesmas que paradoxalmente são amplamente empregadas por eles e seus aliados em negócios de venda e distribuição de armamento militar (ALBANO, 2013).

Com isso, torna-se prioridade a geração de informações geográficas para serem utilizadas como insumo nas análises espaciais tanto para realizar o adequado aproveitamento das capacidades militares disponíveis nos espaços geográficos, como para impulsionar a geração de novos avanços em matéria tecnológica com fins de segurança e defesa nacional, entre os quais a internet e a indústria espacial constituem exemplos emblemáticos (ALBANO, 2013).

Ilustrar-se-á para fins de compreensão do presente trabalho, a utilização dos veículos blindados como tecnologia desenvolvida para viabilizar o avanço da infantaria frente aos obstáculos gerados na luta de trincheiras, durante a 1ª Guerra Mundial, onde tentar acercar às linhas inimigas, resultou praticamente um suicídio, pelo forte emprego de metralhadoras, especialmente desenhadas para este tipo de combate, caracterizado por grandes extensões de terrenos alagados; situação que impulsionou o desenvolvimento da tecnologia, que combinou o deslocamento sobre lagartas, possibilitando o movimento neste tipo de terreno, com a proteção de uma estrutura que permitiu ao combatente, acercar até as linhas inimigas (DUARTE, 2012; TORRES, 2013).

Essa tecnologia militar, sendo igual à que é desenvolvida pelos aviões, os barcos, a artilharia, as armas químicas e a energia nuclear, evoluíram extraordinariamente devido à vontade política e a disponibilidade de recursos econômicos para desenvolver as tecnologias militares, impulsionadas pela reação humana e natural de não limitar esforços em tratar de garantir a vitória ante a ameaça latente e eminente da guerra; no qual motivou a criação de laboratórios e a conformação de grupos multidisciplinares que reuniram físicos, químicos, geógrafos, engenheiros e militares, na busca de inovações tecnológicas, que proporcionem a superioridade militar (DUARTE; 2012).

A corrente do pensamento geográfico denominada Nova Geografia reafirmou a importância da investigação com fins de organização espacial e produz uma grande revolução no discurso tradicional, literário e subjetivo que caracterizou a geografia até então. Com o emprego das matemáticas e as ferramentas estatísticas, a Nova Geografia passa à faixa das ciências exatas; desenvolvendo uma linguagem comum com outras ciências para adquirir um caráter objetivo, que aumentou a sua credibilidade e aceitação no campo científico, seduzindo o geógrafo a sair das universidades, para ter um papel ativo no desenvolvimento dos estados, por meio do ordenamento territorial e a realização da análise de capacidades espaciais com o fim da exploração econômica e industrial (LACOSTE, 1977).

Por meio da demonstração de poderosas vantagens em diversas aplicações incluindo a militar, a Nova Geografia impulsiona milionários investimentos por parte das grandes potências mundiais para adequar a informação que dispunham do espaço ao então inovador ambiente computacional, bem como também na geração de novas informações espaciais como os sistemas de posicionamento global (GNSS) e as imagens de percepção remota, todas compatíveis com os avanços computacionais que permitiram a consolidação dos SIG, como a ferramenta que conseguiu a integração destes dados, para a sua utilização no processo de planejamento e execução de ações militares (SOARES, 2006).

Por esta razão, a Geografia é conceituada como a ciência das fronteiras, porque suas análises estão em um constante diálogo com a evolução do conhecimento gerado por outras ciências, formando um ciclo infinito de relações espaciais que constantemente se reformulam para seu respectivo crescimento teórico e metodológico, onde inclusive os paradigmas completamente superados deixam sua essência na formulação de seus sucessores. Este dinamismo que termina por

caracterizar às ciências geográficas, impede sua desvinculação do fator temporário para demarcar a cada paradigma ou teoria em seu respectivo tempo histórico e facilitar o entendimento da verdadeira natureza de suas contribuições (SALAZAR, 2005; HARVEY, 2006; MAIA, 2010).

2.3 MOBILIDADE MILITAR

O termo mobilidade será conceituado segundo Venezuela (1992), como o elemento da análise geográfica militar que envolve a capacidade que tem as unidades de combate, em determinado espaço geográfico de mudar de posição; isto inclui análise de velocidades e liberdade de manobra, estabelecida em linhas gerais pela relação existente entre as características físicas-naturais da área de operação e as capacidades tanto técnicas como de adestramento das unidades envolvidas, resultando como uma expressão de capacidade e flexibilidade de movimento, onde as armas pesadas são menos móveis que as armas leves, os equipamentos autopropulsados são mais móveis que os rebocados e as tropas adestradas são mais móveis que as desorganizadas.

Para esta forma de emprego da análise geográfica, o espaço deve ser avaliado de forma integral, com todas suas complexidades e especificidades, já que se requer de um conhecimento amplo e prévio do complexo sistemático de relações que se estabelecem para facilitar, dificultar ou impedir o deslocamento de determinada força militar. Com base nisso, as ciências geográficas dividem os fatores físico-naturais estudados pela geografia física, dos fatores psicossocial estudados pela geografia humana, com o objetivo de facilitar o entendimento de suas influências individuais sobre os elementos que caracterizam a mobilidade em determinada área de operação, permitindo sua posterior utilização nos processos de tomada de decisões, realizado pelos comandantes e seus órgãos assessores (RIBEIRO, 2015).

Considerando que a mobilidade é um dos pontos fundamentais a considerar para o deslocamento de unidades militares, Torres (2013) define dois tipos de mobilidade: mobilidade estratégica e mobilidade tática.

A mobilidade estratégica é encarregada de estudar os deslocamentos realizados pelas forças militares para transladar desde suas unidades de origem até o campo de batalha, desenvolvida principalmente sobre rotas ou caminhos pavimentados que implica em estradas e autopistas, que facilitam os percursos de

longas distâncias, para chegar aos lugares de emprego operacionais no menor tempo e com a maior segurança possível. Este tipo de análise influi consideravelmente a velocidade máxima atingida sobre as diferentes redes de comunicação presentes na área de estudo pela tecnologia de mobilidade militar disponível, em tal sentido que os veículos militares trasladados sobre rodas apresentam melhores prestações que os trasladados sobre lagartas.

Por sua vez, a mobilidade tática encarrega-se de estudar o deslocamento das unidades dentro do campo de batalha onde quase todos se efetuam diretamente sobre o terreno “campo a travessa”. Aqui as capacidades das lagartas são notavelmente superiores por sua maior capacidade para avançar por terrenos macios e por sua habilidade para superar ravinas ou trincheiras.

O presente trabalho centra o estudo nas análises de mobilidade a campo aberto (mobilidade tática), abordando com um enfoque geográfico, que exige uma lógica diferente aos relacionados com a mobilidade estratégica, onde a manobra será entendida como a capacidade que tem uma unidade militar de mudar a direção em seus deslocamentos a campo aberto para evitar obstáculos ou iludir o fogo inimigo, o qual está diretamente relacionada com o peso, com o raio de giro, com a aderência exercida pela tecnologia de deslocamento sobre o terreno e com a distância do chassis ao solo (TORRES, 2013).

2.3.1 O Blindado e sua Indústria Militar

O blindado é um veículo militar criado com engenharia e materiais que lhe proporcionam determinada proteção ante o fogo direto, com o propósito de utilizar esta condição, durante o combate e o ataque ao inimigo, para destruir, mediante o uso simultâneo do fogo e da manobra, podendo ser empregado só ou em combinação com outros sistemas de armas, em missões de controle de áreas terrestres, incluindo a população e os recursos em casos necessários. Entre as suas capacidades destacam-se: amplo rádio de ação, mover-se rapidamente de um lugar a outro, se dispersar e se concentrar, se expor e romper contato com o inimigo rapidamente, concentrando grande poder de fogo durante o ataque (TORRES, 2013).

A indústria militar é tão antiga como a mesma guerra e acompanha a história evolutiva das tecnologias aplicadas pelo homem, para sua defesa e segurança desde seus inícios sobre a terra. No caso da indústria militar blindada provavelmente tem

seus inícios na Mesopotâmia (2000 anos a.C.), onde o combatente utilizou um veículo rebocado por cavalos, que contribuiu à luta de fatores decisivos, como a velocidade de movimento e a surpresa blindada para amedrontar e combater o inimigo. Posteriormente, Leonardo da Vinci no ano de 1500 desenha uma carroça de combate tripulado por oito homens que tinha quatro rodas movidas a mão e dispunha de vários arpões, baixo o aleiro de sua blindada coberta evoluindo desde então a uma grande velocidade (HERNÁNDEZ, 2009).

Um tanque, que merece especial atenção dentro da evolução histórica deste veículo de combate é o *Panther* Alemão, considerado como um dos melhores da 2ª Guerra Mundial, já que sua tecnologia lhe permitiu combinar um peso de 50 toneladas com um alto grau de mobilidade, resistência blindada e capacidade de fogo. Este veículo armado com um canhão de cano longo de 75 mm e coaxial com o canhão, uma metralhadora MG34 de 7.62 mm, foi produzido na Alemanha em grande escala até o ponto que para o ano de 1945, contava com umas 4800 unidades. A superioridade tanto tecnológica como de adestramento destas unidades blindadas, em frente às utilizadas pelos aliados na 2ª Guerra Mundial, era notavelmente evidente e só pôde ser compensada com uma ampla superioridade numérica e a consequente destruição das correntes logísticas, que sustentavam sua imperatividade (TORRES, 2013).

Desta forma, as experiências bélicas demonstram com fatos, a importância do conhecimento gerado pelas ciências geográficas, para o emprego de forças militares; por esta razão, após a 2ª Guerra Mundial, a indústria militar manteve-se em constante concorrência científica-tecnológica, na busca de conhecimentos geográficos que permitam adaptar tanto as equipes, como suas manobras, ao dinamismo que caracteriza ao espaço geográfico em sua contínua transformação.

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURAIS DA ÁREA DE OPERAÇÃO E AS MANOBRAS MILITARES

Para explicar, como deve ser a relação entre o movimento militar e o terreno, Sun Tzu em sua obra “A Arte da Guerra” realiza a seguinte comparação

Ao longo de seu curso, a água adapta-se ao terreno onde corre. Da mesma forma, o exército deve adaptar-se ao terreno por onde se move. A água num terreno sem inclinação não pode correr; as tropas malconduzidas, também não podem se mover (SUN TZU, 560 AC, p. 35, tradução própria).

Para apoiar as ações de mobilidade militar em determinada área de operação, requer-se um conhecimento que permita entender como a integração da geologia, climatologia, geomorfologia e biogeografia, interatuam durante um tempo específico e originam uma grande variedade de tipos de solos, vegetação, redes hidrográficas e relevos; todos com diferentes graus de influência, frente ao processo de mobilidade. Dentro dos quais, o solo será entendido como um sistema aberto com entrada e saída de matéria e energia, constituído por materiais não consolidados sobre a superfície terrestre, espacialmente variáveis, manejado como um elemento com grande influência neste tipo de análise já que é justo sobre onde se realiza o processo de mobilidade militar (TORRES, 2013; ACOSTA, 1999).

Este trabalho propõe estudar as relações estabelecidas entre o espaço físico-natural e a ação antrópica de mobilidade militar recorrendo a certos ramos ou disciplinas auxiliares da geografia que lhe permitam adentrar-se na complexidade dos processos presentes na natureza. Para isso, a análise foi organizada da seguinte maneira: a geomorfologia encarregada de estudar o relevo em todas suas expressões e sua dinâmica na superfície terrestre; a climatologia associada à análise dos fatores atmosféricos presentes na área de estudo e sua modelagem, para entender seu comportamento específico (clima ou tempo meteorológico); a hidrologia orientada ao estudo da dinâmica dos diferentes corpos de água em seu estado líquido, presentes na área de estudo; a biogeografia que se encarrega da distribuição espacial dos seres vivos; a paleogeografia encarregada da evolução histórica das relações geográficas e a edafologia/pedologia que avalia a origem, a composição e a interação do solo com o ambiente onde se encontra (BERTRAND, 1972).

Dentro deste contexto, o entendimento das relações presentes na área de estudo será apoiada por um ramo da geomorfologia, conhecida pelo nome de Geomorfometria e que consiste na aplicação de métodos matemáticos e estatísticos para atribuir dimensões às formas do relevo terrestre, com o objetivo de facilitar seu estudo em relação ao entendimento dos fenômenos que os geram, bem como a sua influência sobre a atividade humana (PIKE, 2009; NÚÑEZ, 2013; PISSARA, 2004; TEODORO, 2007; SILVEIRA, 2014).

Na determinação das formas Hugget (1975) traz a combinação do estudo das vertentes associando a curvatura vista em perfil e em plano e propõem nove padrões ideais para indicações das direções dos fluxos da água sobre as vertentes, cujas diferenças nos solos e na paisagem são resultantes, em parte, do movimento da água

e sua distribuição nas vertentes. O perfil de curvatura representa a forma da vertente no sentido descendente e indica a proporção de mudança do potencial do gradiente, influenciando no fluxo da água e na velocidade de processos de transporte de sedimentos. O plano de curvatura representa a medida da convergência e divergência topográfica e por isso influencia a concentração de água na paisagem (SIRTOLI et al., 2008).

Em sua aplicação militar, esta ferramenta de inferência espacial permite caracterizar o terreno e combinar os benefícios dos avanços computacionais em ambientes de SIG, para deduzir informação a partir dos modelos digitais de elevação (altimetria, declividade, forma etc.), diretamente relacionadas segundo Soares (2006), com os processos de manobras e mobilidade militar; otimizando com tecnologias modernas as análises já realizadas desde a antiguidade pelas estratégias militares com tecnologias associadas a seu tempo. Frente a isso, Sun Tzu (500 a.C., p.59, tradução própria), em sua obra “A Arte da Guerra” expressa

O terreno não é sozinho em simples distâncias, a medida do relevo significa cálculos. Antes que um exército se desloque, se devem realizar os cálculos sobre o grau de dificuldade que impõe o terreno ante determinada manobra [...], só então se mobilizam e se formam os exércitos.

Dessa forma, o estudo detalhado do terreno é uma variável importante para o planejamento de deslocamento na análise geográfica militar, porque permite estabelecer hierarquias de trânsito entre regiões e calcular suas relações com a manobras das unidades. Isso dependerá de vários parâmetros intimamente relacionados, dentre os quais destacam: as características do veículo (tecnologia), as características geomorfométricas do relevo (variáveis), características do solo (capacidade de resistência), o palco climático (presença de água, precipitação, etc.), hidrografia (tipos) e as habilidades do condutor (adestramento) (SOARES,2006).

De acordo com os análises que se veem realizando, a transitabilidade será entendida como a capacidade que tem determinado tipo de solo, para suportar o passagem de um veículo específico, pelo mesmo local, um determinado número de vezes e seu estudo será conceituado de fundamental importância para o planejamento de operações terrestres porque consolida as bases teóricas que sustentam as possibilidades a serem avaliadas pelos comandantes e seus estados maiores durante

o desenvolvimento de suas ações de segurança e defesa territorial (VENEZUELA, 1992; SOARES, 2006; BRASIL, 2011).

A partir do entendimento da influência que exercem as características do solo sobre o deslocamento dos veículos, a indústria militar consegue o desenvolvimento de diferentes tecnologias de mobilidade que possibilitaram e melhoraram esta relação homem-natureza. Em consequência, foi consolidada a ciência da mecânica dos solos, como o ponto de partida para este tipo de abordagem, já que hierarquiza os tipos de solos de acordo a sua capacidade em suporte de peso, aplicado de forma estática ou com pouco movimento (KNOB, 2010).

Não obstante, para conseguir níveis mais detalhados sobre este entendimento, surge a necessidade de aprofundar a análise das respostas do solo ante uma força aplicada em movimento e avaliar conseqüentemente sua influência sobre a manobra das unidades. Para o qual, recorre-se a outro ramo das ciências denominada como mecânica dos solos, centrada em estudar a dinâmica desta relação e gerar as bases científicas dos processos de seleção, avaliação, ensaio e análise para desenvolver tecnologia em matéria de mobilidade (CARVALHO, 2005).

Em conclusão, analisar a zona de contato entre os elementos de apoio (rodas ou lagartas) e a superfície onde o veículo transmite sobre o solo as forças necessárias para seu movimento, gera-se um sistema de ação e reação, cujo entendimento permite determinar o comportamento do veículo a partir da medida da resposta do terreno frente a determinadas solicitações (dimensões da lagarta, peso do blindado, força do motor, etc.) e definir a partir deste conhecimento ações direcionadas a melhorar esta relação (KNOB, 2010).

2.5 CARTOGRAFIA TEMÁTICA MILITAR

Nesse estudo a cartografia é utilizada como meio de representação gráfica e espacial das formas do relevo e suas relações com a estrutura e os processos. O sistema natural é composto de vários elementos que desencadeiam os processos que agem na modificação do relevo. Estes elementos desenvolvem a esculturação e modelagem do relevo, que constantemente é modificado, marcando um processo de retroalimentação, característico de um sistema aberto onde há entrada e saída de energia, interagindo conforme aos princípios sistêmicos que estuda a geografia

física, para procurar compreender as leis que regem suas transformações e explicam suas características.

Como as formas de relevo constituem o substrato físico sobre o qual se desenvolvem as atividades humanas, trabalhos de zoneamentos que determinam unidades homogêneas são fundamentais para entendimento dos processos geomorfológicos e como as ações humanas podem interferir no meio e o meio interferir nas ações humanas, realçando a importância do desenvolvimento de cartografias especializadas que permitem por meio das ferramentas cartográficas expressar de forma clara e precisa estas relações, onde se emprega a cartografia como uma valiosa ferramenta de comunicação para os resultados obtidos neste tipo de análise (ROBAINA et al, 2010).

As operações militares, tanto em suas fases de planejamento como durante sua execução operacional, requerem de produtos cartográficos especializados, que lhe permitam, aos comandantes e aos operadores de unidades blindadas, manejar informação relacionada com as respostas de suas equipes frente aos diferentes tipos de solos presentes em sua área de operação e assim facilitar o adequado aproveitamento da relação máquina-terreno durante a realização de operações de defesa territorial (TORRES, 2013).

A partir da relação das características dos blindados e as características físico-naturais da área de operação propõe-se, dividir o terreno em zonas com características homogêneas de condicionamento com base neste tipo de mobilidade militar, que poderão ser hierarquizadas, através do uso de técnicas computacionais que permitam sua relação com outros parâmetros (condições meteorológicas, especificações técnicas, etc.), mediante o uso dos avanços em matéria de geoprocessamentos aplicados em ambiente SIG, viabiliza-se a elaboração de mapas digitais de mobilidade que permitem diferenciar áreas em relação a seus graus de resistência ante esta forma de tecnologia de deslocamento militar, através de metodologias eficientes na identificação de relações homem-natureza, de forma que as potencialidades e restrições da cada área sejam definidas segundo uma dinâmica que parte do entendimento de suas relações sistêmicas (SOARES, 2006).

Segundo Brasil (2011), para fins de confecção de mapas temáticos de manobra militar existem três tipos de terrenos: o impeditivo, onde são incluídas as áreas que desfavorecem ao movimento e sua utilização precisaria de forte apoio de engenharia para possibilitar uma mobilidade específica; o restritivo, para representar as áreas que

limitam o movimento comprometendo sua velocidade e manobra, as quais estariam consideravelmente reduzidas se não tivessem trabalhos de apoio de engenharia militar para os melhorar; e o terreno adequado onde são incluídas as áreas favoráveis ao movimento de determinada tecnologia militar, com alto grau de manobra e normalmente sem requerer trabalhos de engenharia.

2.6 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO

A grande contribuição para as ciências da geografia do século XX foi conseguir o reconhecimento por parte da comunidade científica da época pós-guerra, dos benefícios que a análise espacial regional frente aos métodos quantitativos combinando com outras formas do conhecimento, contribuíram para a solução de problemas de planejamento e organização, onde demonstraram muita eficiência em aplicações de diferentes naturezas e impulsionaram grandes investimentos em desenvolvimento de tecnologias, geradoras de informação utilizável para estes fins.

Diante disso, o geoprocessamento é abordado como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para a captura, armazenamento, processamento e apresentação de informação sobre objetos ou fenômenos geograficamente identificados, os quais são empregados atualmente em uma faixa muito grande de aplicações e em diversas áreas da ciência (MOREIRA, 2001).

A obtenção do conhecimento espacial necessário para a execução de determinada operação militar gera-se em sua primeira etapa mediante a realização da análise geográfica da área de operação, o qual se caracteriza por ser um processo de compressão espacial de índole dinâmico e multidisciplinar, que deve ser realizado em escalas associadas a seus diferentes níveis de emprego (tático ou estratégico); para apoiar a manobra militar em todas suas fases de execução (RIBEIRO, 2015).

Para o estudo do terreno com fins de planejamento de deslocamento militar, requer-se analisar de forma sistêmica grande quantidade de informação, atividade essa que é facilitada mediante o emprego dos SIG, devido a sua capacidade de manejar maior volume de informação espacial em forma de camadas (*Layers*), o qual, possibilita graças aos avanços em matéria de geoprocessamentos, a obtenção de resultados rápidos e precisos que têm a vantagem de serem apresentados em uma linguagem cartográfica (mapas temáticos digitais) que facilitam a análise espacial e conseqüentemente, a seleção de linhas de ação frente a determinadas ameaças.

Nesse sentido, os SIG proporcionam uma grande flexibilidade e capacidade de reação frente as possíveis mudanças ocasionadas pelo aparecimento de situações inesperadas, que fazem parte da dinâmica espacial que caracteriza os ambientes operacionais (HOEPERS, 2001; SOARES, 2006).

Todo o SIG apresenta duas características principais que os definem como uma poderosa ferramenta de análise espacial: (1) Permite introduzir ou integrar em um único banco de dados, informações espaciais provenientes de diversas fontes, tais como cartografia, imagens de satélites, dados de cadastros rurais ou urbanos e dados de MDE; (2) oferece ferramentas para combinar várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, visualização, atualização e plotagem total ou parcial do conteúdo de seu banco de dados espaciais (SOARES, 2006).

Assim, de modo geral, todos os SIG devem permitir:

- ◆ Representar graficamente informação de natureza espacial, com seus respectivos dados alfanuméricos sócios;
- ◆ Representar informações gráficas em forma vetorial (pontos, linhas e/ou polígonos) e raster (imagens digitais);
- ◆ Empregar informação com base em critérios alfanuméricos, igual a um sistema de processamento de banco de dados tradicionais, mas com base em relações espaciais de localização;
- ◆ Realizar operações de aritmética de polígonos, tais como união, interseção e recorte;
- ◆ Gerar polígonos (*buffers*) ao redor de elementos linhas, pontos e polígonos;
- ◆ Limitar o acesso ou controlar a entrada de dados através de um modelo de dados, previamente construído;
- ◆ Oferecer recursos para a visualização de dados geográficos por meio da tela do computador, utilizando uma variedade de cores;
- ◆ Interagir com o usuário através de uma interface amigável, geralmente gráfica;
- ◆ Consultar de forma rápida as informações geográficas, com o uso de algoritmos de índole espacial;
- ◆ Possibilitar a importação e exportação de dados de um para outro sistema compatível;

- ◆ Oferecer recursos para a entrada e manipulação de dados, utilizando equipamentos como *mouse*, mesa digitalizadora e *scanner*;
- ◆ Oferecer recursos para a representação de resultados por meio da construção de mapas, gráficos e tabelas, compatíveis com uma variedade de dispositivos, como impressoras e *plotters*;
- ◆ Oferecer recursos para o desenvolvimento de aplicativos específicos, adequados com as necessidades particulares de cada usuário, utilizando para isto alguma linguagem de programação, até o ponto de possibilitar, a personalização de uma interface particular, para cada um dos usuários do SIG.

Todos estes recursos costumam ser agrupados por categorias básicas: entrada de dados, processamento, manipulação ou análise da informação e exibição de produtos resultantes (saída) para facilitar a comparação e seleção entre diferentes tipos de SIG (MOREIRA, 2001).

Durante a experiência brasileira de emprego dos SIG para atualização do acervo de dados acumulados pelo Serviço Geológico do Brasil ao longo de seus anos de existência segundo Bizzi (2003), foi necessária a definição de metodologias de trabalho regulares com o objetivo de homogeneizar as informações geológicas coletada pelos diversos núcleos de investigação, dispersos ao longo do território nacional no decorrer de mais de 40 anos de trabalho. Um dos maiores obstáculos enfrentados durante a primeira etapa de implantação deste tipo de ferramenta de manipulação de dados espaciais foi a existência de experiências e complexidades geológicas diferentes em cada uma das regiões do país. Para isso, o grupo de coordenação e geoprocessamento do projeto teve que realizar uma série de análises focadas em selecionar uma estrutura de dados espaciais que permita registrar mudanças e adaptações na compilação, elaboração e relacionamento de dados compatível com todas as particularidades do país para garantir a continuidade no tempo deste esforço de atualização tecnológica, bem como também o estabelecimento de normas e procedimentos básicos a serem utilizados nas diversas atividades do projeto, com destaque para captura, conversão e adequação dos dados.

A homogeneização de arquivos digitais nos mais variados formatos, gerados a partir de distintos *softwares* de geoprocessamento, com diversas ferramentas de digitalização e/ou vetorização, foi a parte mais complicada e trabalhosa do processo. Outro problema observado foi a necessidade de padronização dos Datum e projeções

cartográficas dos mapas para o padrão das Cartas ao Milionésimo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Neste caso, o Datum utilizado foi o SAD-69 com Projeção Policônica. Todo o material original, em diversas escalas, utilizava originalmente dois Datum: Córrego Alegre e SAD-69. As projeções cartográficas mais utilizadas eram a Universal Transversa de Mercator (UTM) e a Policônica, com alguns arquivos em *Lambert Conformal* (BIZZI, 2003).

2.7 ANÁLISE SISTÊMICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Com o propósito de entender o funcionamento dos processos que moldaram as extensas áreas de planícies, piedemontes e montanhas que bordam ao Lago de Maracaibo, com base na perspectiva geossistêmica se realizará a análise a partir de escala macro de 1:250.000, com o objetivo de abordar a bacia hidrográfica como um todo e permitir o entendimento das relações estabelecidas entre os diferentes fatores físico-naturais que atuam de forma diferenciada e explicam a heterogeneidade das características e morfologias presentes na área de estudo (estruturas espaciais, verticais e horizontais) geradas como consequência de um processo dinamizado por energia solar, gravidade, ciclos biogeoquímicos, processos morfogenéticos e pedogenéticos, de uma forma espacial e temporária determinada (CHRISTOFOLETTI, 1979; GONZALEZ, 1980).

A teoria geossistêmica demonstrou ante a comunidade científica grande potencialidade para articular o conhecimento: geológico, topográfico e de solos com as características da vegetação, clima e hidrografia e viabilizou o entendimento de suas influências sobre diferentes processos tanto naturais (eólicos, fluvial, entre outros) como antrópicos (planejamento militar, planejamento de uso e ocupação); o qual representou um apoio para as ciências geográficas em sua constante busca por compreender a totalidade do espaço e destacou a vigência das análises sistêmicas, que após quase 30 anos de sua primeira proposição continua revelando relações causais de grande contribuição científica; sobretudo, mediante a sua aplicação em combinação com geotecnologias nos ambientes computacionais da atualidade, pelo qual é conceituada como uma ferramenta fundamental e de grande contribuição para a análise espacial contemporânea (RODRIGUES, 2001).

Dentro das principais contribuições deste tipo de abordagem, Rodrigues (2001) realça a sua capacidade para enfrentar a carência de dados de índole espacial

presente em alguns setores da geografia mundial, na qual pode ser compensadas por meio da inferência baseada no entendimento sistêmico e a aplicação do conhecimento teórico-metodológico gerado pela geografia física, assegurando alto grau de acerto na realização de hipótese sobre a resposta do terreno ante a determinada ação antrópica ou natural.

Por conseguinte, aproveitando a interdisciplinaridade do pensamento geográfico, a subdivisão do trabalho científico, a velocidade no desenvolvimento de técnicas de observação, análise e medida do espaço geográfico, propõe-se seu emprego em conjunto com os princípios da geografia física, como base para a geração de conhecimento sobre as relações sistêmicas estabelecidas entre os fatores físicos/naturais, estabelecendo como unidade de análise espacial as bacias hidrográficas, as quais serão compreendidas como uma porção da superfície terrestre drenada por um único sistema fluvial, cujos limites estão formados pelos divisores de águas que as separam de zonas adjacentes pertencentes a outras bacias fluviais, sendo seus tamanhos e formas geralmente determinados pelas condições estabelecidas entre as relações geológicas do terreno, o padrão e densidade das correntes hídricas que o drenam, o relevo, o clima, o tipo de solo, a vegetação e cada vez em maior proporção pelas modificações realizadas pelo homem (BRADFORD, 1987).

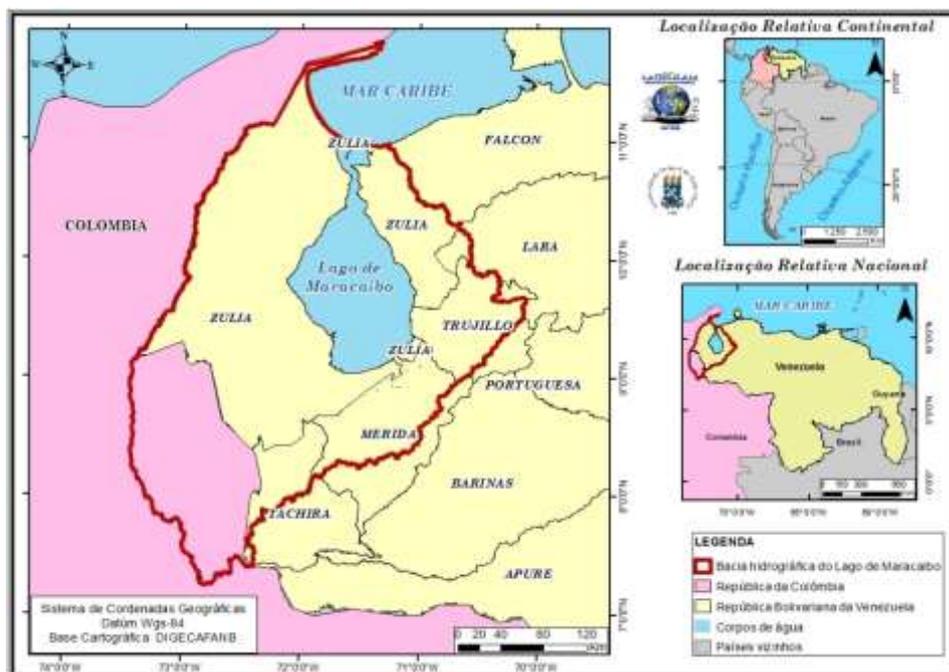
As bacias hidrográficas constituem-se segundo Trentin (2005), como uma porção de partes interconectadas que funcionam como um todo, de forma que, para conhecer a dinâmica superficial em determinadas áreas, é necessário entender as relações estabelecidas entre os parâmetros interatuantes no processo geral. Nesse sentido, Guadagnin (2015) descreve-as como uma célula natural, que permite o reconhecimento das relações existentes entre os diversos elementos da paisagem, a partir do estudo dos processos que atuam em sua modelagem, constituindo numa unidade natural, propícia para a realização de estudos de conservação ambiental e de ordenamento territorial.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo, corresponde a uma das nove unidades estabelecidas para a regionalização de Venezuela, segundo o Decreto Presidencial nº 478 de 08 de janeiro de 1980; fato histórico que gerou um importante marco legal, atingido graças ao processo de valorização dos sistemas naturais como ferramentas de entendimento espacial, empregada com seus acertos e desacertos na República Bolivariana da Venezuela, a partir dos anos de 1960 (GONZÁLEZ, C., 2009).

Na porção noroeste da República Bolivariana da Venezuela (Figura 1), encontra-se localizado o sistema natural “Bacia do Lago de Maracaibo” dentro do domínio estrutural denominado Bloco Tectônico Maracaibo (BTM), alojado entre a placa do Caraíbas, a placa Pacífica e a placa Sul-americana, definidas pela falha de Santa Marta-Bucaramanga ao oeste-sudoeste, a falha de Boconó ao leste-sudeste e a falha da Oca no norte, as quais deram origem após um longo processo de evolução geológica e geomorfológica às formas do relevo que definiram hidrológicamente a área de estudo (MILLER et al, 1958; DENGO, 1993).

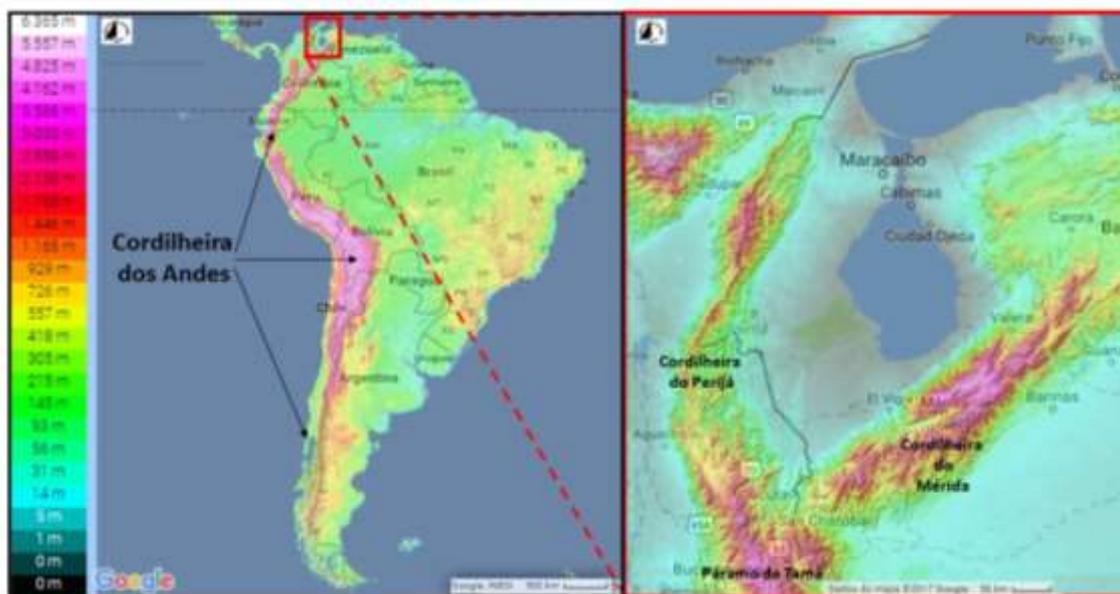
Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do lago de Maracaibo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Os dois conjuntos montanhosos de forte expressão topográfica que definem hidrologicamente a área da bacia em questão são: a Cordilheira de Perijá e a Cordilheira de Mérida, que representam os trechos finais do relevo dos Andes, denominação outorgada ao maciço que se inicia no extremo meridional do continente se prolongando e dominando as paisagens ocidentais da América do Sul para terminar no norte de Venezuela (Figura 2).

Figura 2 - Conjuntos montanhosos que condicionam a hidrografia regional



Fonte: Modificado de Google Imagens/Google Earth (2017).

Estes trechos finais do relevo dos Andes se bifurcam abrindo-se em forma de "V" no Páramo de Tamá a 3.329 metros de altitude e se definem como pertencentes a área da bacia. Estas estruturas orográficas representam algo mais da quarta parte de sua superfície total do sistema e contrastam marcadamente com os relevos das planícies e as paisagens transicionais de piedemonte presentes na região (VENEZUELA, 1969).

Estruturalmente, a área de estudo corresponde a uma ampla depressão tectônica com grandes superfícies de planícies aluviais, ocupadas em sua parte central pelas águas do Lago de Maracaibo. Como consequência de um longo processos geológico, a gênese do levantamento dos dois blocos montanhosos do sistema andino; a formação da depressão estrutural topográfica do lago, e o constante

rebaixamento tanto anterior como atual do *graben* que forma a bacia sedimentar do Lago de Maracaibo, são os principais acontecimentos que descrevem cronologicamente o esquema geral da tectogênese e da morfogênese no desenvolvimento evolutivo das unidades de relevo, que caracterizam as formas atuais da paisagem física-territorial da região (VENEZUELA, 1969; ESPINOZA, 1992).

Esses processos foram ativados durante a atividade tectônica do Terciário, quando os desníveis topográficos produzidos pelo efeito combinado do levantamento das montanhas e o afundamento da plataforma da bacia, iniciaram os processos morfogenéticos de erosão, arraste e sedimentação na fossa de afundamento, que na parte norte da bacia foram alterados durante o Pleistoceno por uma série de invasões e regressões marinhas, responsáveis por deixar em seus retiros grandes quantidades de depósitos; influenciando consideravelmente os processos erosivos, responsáveis pela formação de camadas de ambiente lacustre neste setor (ESPINOZA, 1992).

As profundas remodelagens nas paisagens preexistentes foram geradas quando os materiais erodidos das partes altas, se acumulavam ao longo das vertentes montanhosas, dando origem às zonas de piedemonte que simultaneamente também foram afetadas pela ação de transporte de sedimentos realizada pelos rios, persistindo desta maneira em evoluções nesta bacia sedimentar, responsáveis pelo aumento da extensão da planície aluvial, de forma que as características físicas e naturais da bacia do Lago de Maracaibo são o resultado de um processo pré-histórico evolutivo que se iniciou no Permo-Triássico (± 230 milhões de anos atrás) (GONZÁLEZ, 1980).

Este sistema natural conta com uma extensão superficial total de aproximadamente 89.000 km², que ocupa em sua totalidade o território do Estado de Zulia e parte dos estados de Táchira, Mérida, Trujillo e Lara na República Bolivariana da Venezuela, e incluem uma porção de aproximadamente 16.098 km² pertencente ao Departamento Norte de Santander na República da Colômbia (GONZÁLEZ, 1980; GUNDLACH et al, 2001).

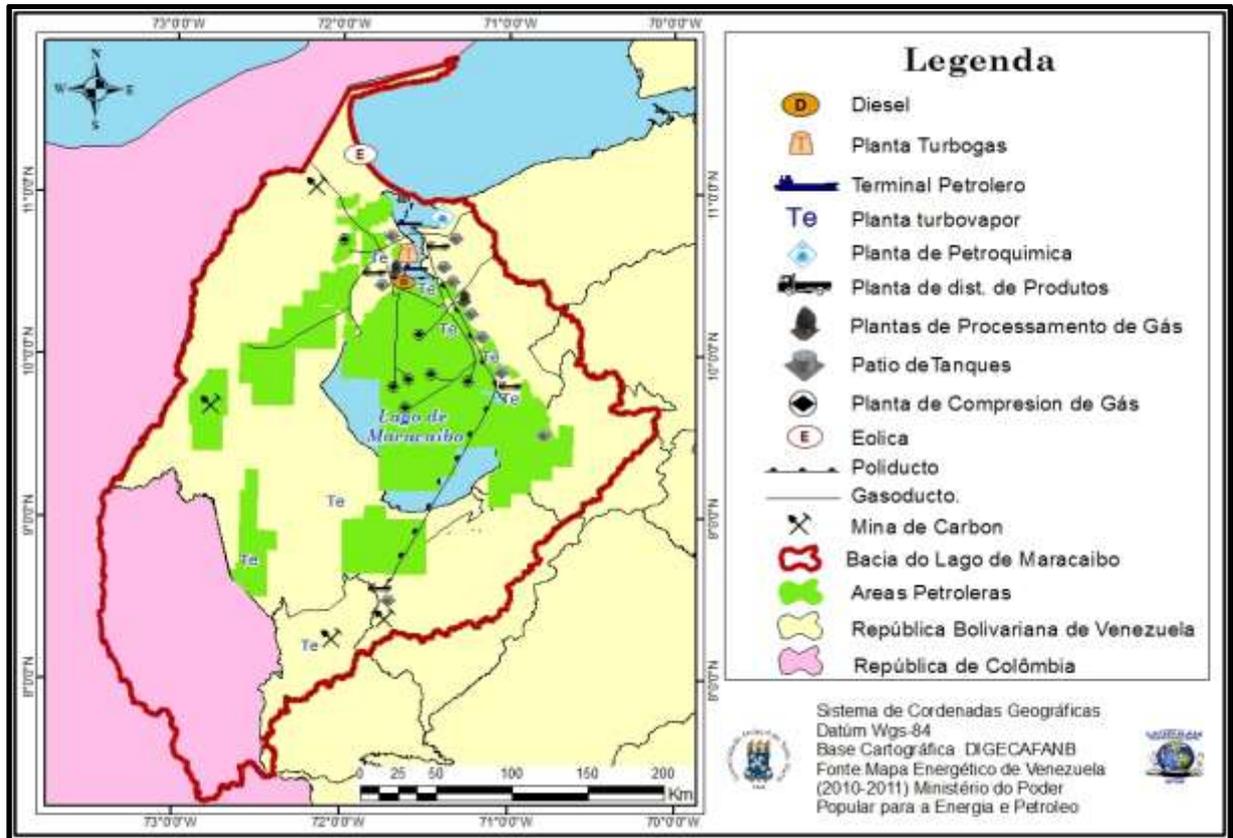
O lago localizado na parte central da bacia tem aproximadamente 13.000 km² de superfície, mais de 13.000 poços petrolíferos conectados por mais de 32.000 km de encanamentos localizados diretamente no lago (o total de encanamentos de gás e petróleo na bacia completa estima-se em 42.693 km), mais de 400 estações de bombeamento (143 no lago) e mais de 150 plantas geradoras de eletricidade e sua capacidade instalada pode produzir 3 milhões de barris por dia. Além disso, conta com uma infraestrutura de portos e transporte de produtos petrolíferos desenvolvida nos

últimos 50 anos cujo custo aproximado é 2 milhões de dólares (GUNDLACH et al, 2001).

Estima-se que a bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo tem produzido mais de 30 milhões de barris de petróleo, e com seus aproximadamente 20 milhões de barris de reserva provada e registada internacionalmente, a definem como uma das bacias petrolíferas supergigantes e mais produtiva do mundo. Estas reservas, combinadas com sua estratégica localização na parte central do hemisfério ocidental, asseveram que esta área, seguirá sendo de importância relevante, relativo à produção petrolífera, nos próximos anos (MANN, 2006).

As riquezas da energia petrolífera presentes na área de estudo estão acompanhadas de consideráveis reservas de carvão, gás natural e a presença de um dos maiores sistemas naturais provedores de água doce da América do Sul (Figura 3), que atribui a área de estudo uma singular importância (valor atual de seus patrimônios territoriais) e a definem como um área da República Bolivariana da Venezuela de alto interesse estratégico que requer ações especiais para a sua defesa territorial (ACOSTA, 1999; MEDINA, 2006).

Figura 3 - Mapa Energético da Bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo.



Fonte: Modificado do Mapa Energético da Venezuela 2010 - 2011.

No entanto, estas fontes energéticas também estão acompanhadas por ecossistemas, desenvolvidos ao longo de sua grande variedade de relevos: montanhas acidentadas, piedemontes, planícies, áreas costeiras de manguezais e dunas drenadas, que conformam o habitat de uma alta biodiversidade animal, dentro dos quais, conseguiram-se contabilizar pelo menos 88 espécies de mamíferos, 750 espécies de aves, 115 espécies de répteis, 40 espécies de anfíbios, 215 espécies de peixes e mais de 1.000 espécies de invertebrados, como caranguejos, camarões, moluscos e bivalves, tornando-a como um área de grande riqueza ambiental (CASLER, 2008; UNIVERSIDADE DO ZULIA, 2013).

Para exemplificar a sua importância ecológica dentro dos organismos aquáticos presentes no sistema, realçam recursos pesqueiros, como o camarão (entre os que se distinguem *Penaeus notialis* e *P. subtilis*), peixes de grande importância para o consumo humano como a corvina (*Cynosciium acoupa*), lisa (*Mugil sp.*), bocachico (*Prochilodus reticulatus*), manamana (*Anodus laticeps*), os bagres - paletón (*Sorubim*

sp.), toruno (*Perrunichthys perruno*), malarmo (*Platysilurus malarmo*), donzela, (*Ageniosus sp.*), mariana (*Doraps zuloaga*), alvo (*Arius sp.*) e o caranguejo azul (*Callinectes sp.*), que representam uma importante fonte de recursos econômicos e alimentares para a Venezuela (VENEZUELA, 1979).

Estes patrimônios territoriais presentes na área de estudo, reafirmam a importância estratégica deste sistema natural, bem como a imperante necessidade de conservação do ambiente que faz possível a vida, ao longo de seus espaços terrestres e aquáticos, sobretudo nos tempos atuais, quando o crescimento demográfico mundial tem situado à geração de alimentos, como pontos de interesse prioritários para os países, na tentativa de consolidar a sua independência alimentar (UNIVERSIDADE DO ZULIA, 2013).

As formas de uso e as tecnologias de aproveitamento antrópico impostas historicamente sobre a bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo, dentro das quais destacam a extração de madeira iniciada no ano de 1800 e a exploração petrolífera iniciada em 1914, somadas às atividades agropecuárias, mineiras (carvão), industriais (metalmecânica) e agrícolas, têm originado um processo acelerado de alterações e degradação do meio natural (VENEZUELA, 1979; CASLER, 2008; UNIVERSIDADE DO ZULIA, 2013).

Por exemplo, a redução da contribuição de água doce, realizado pelos rios às águas do lago, devido principalmente à criação de poços para uso humano e agrícola, afeta as condições naturais de salinidade, regime de inundação e disponibilidade de nutrientes necessários para a vida dos manguezais, situação que destrói o habitat indispensavelmente necessário para “cumprir” o ciclo de vida de muitas espécies do sistema como os peixes costeiros, camarões, caranguejos, etc. Estas vinculações evidenciam as relações existentes nas áreas costeiras do lago de Maracaibo entre a rentabilidade de pesca e a quantidade de manguezais presentes (CADDY; SHARP, 1988).

Portanto, a proteção dos sistemas lagunares presentes na área de estudo, constitui uma prioridade ecológica por sua repercussão direta na manutenção das capacidades naturais das águas do Lago, que constituem refúgios e lugares de reprodução de fauna silvestre, terrestre e aquática. Deste modo, sua conservação garante a estabilidade produtiva de pescas tradicionais (peixes e caranguejos), além da manutenção, a conservação das belezas cênicas e riquezas faunísticas que também realçam seu altíssimo valor ecológico e turístico (MEDINA, 2006).

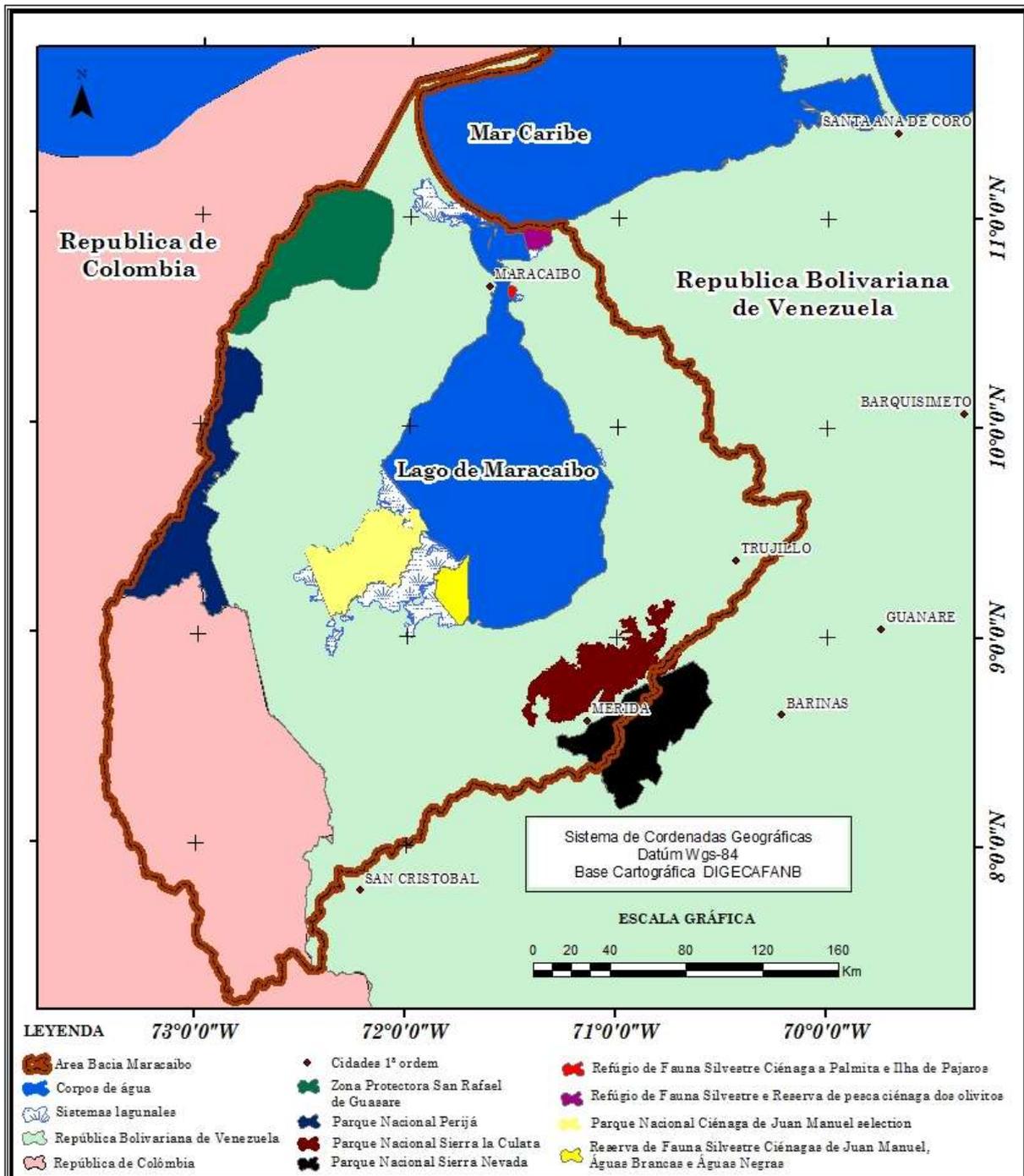
Como parte das ações governamentais dirigidas a proteger a Bacia Hidrográfica do Lago de Maracaibo, mediante a aplicação de uma porção das referências teóricas da geografia física, constituída pela teoria geossistêmica, resultantes do entendimento das potencialidades e limitações de suas contribuições para articular o conhecimento nas análises de índole espacial, foram criadas dentro de sua extensão territorial oito áreas de baixo regime de administração especial (ABRAE), entre parques nacionais, refúgios, reserva de fauna e zonas protetoras (Quadro 1 e Figura 4).

Quadro 1 - Áreas protegidas do sistema Lago de Maracaibo.

Área Protegida	Criação	Tamanho (ha)
Refúgio de Fauna Silvestre e Reserva de Pesca Ciénaga dos Olivitos	1986	26.000
Parque Nacional Ciénagas de Juan Manuel	1995	226.130
Reserva de Fauna Silvestre Ciénagas de Juan Manuel, Águas Brancas e Águas Negras	1975	70.680
Zona Protetora San Rafael de Guasare	1973	302.000
Parque Nacional de Perijá	1978	295.288
Parque Nacional da Serra Culata	1989	200.400
Parque Nacional da Serra Nevada	1952	276.446
Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga da Palmita e Ilha de Pássaros	2000	2.525

Fonte: Modificado de Casler (2008).

Figura 4 - Localização das áreas protegidas do sistema Lago de Maracaibo.



Fonte: Modificado de Casler (2008).

Esta ação do estado Venezuelano, proporciona o marco legal necessário para proteger setores que por seu valor ecológico, foram definidos como chaves para a conservação do sistema em geral, impulsionando a realização de estudos e análises

de índole científico que permitem estimar tanto a magnitude das alterações ambientais como seus impactos sobre os recursos, os convertendo em espaços vitais que se consolidem para a geração de conhecimento espacial, essencial para corrigir os prejuízos ocasionados às formas de uso e ocupação antrópica impostas sobre a bacia (RODRÍGUEZ, 1999).

3.1 ASPECTOS FISICOS DA AREA DE ESTUDO E A RELAÇÃO COM OS AMBIENTES FORMADORES DE SOLOS

O sistema orográfico conformado pelo braço dos Andes Venezuelanos denominado Cordilheira de Perijá que define a fronteira ocidental da Bacia do Lago de Maracaibo e a Cordilheira de Mérida, consiste em uma denominação outorgada ao outro ramo montanhoso dos Andes que se estende em sua totalidade dentro do território venezuelano e define junto às Serras e Colinas de Falcón, as paisagens montanhosas do sudeste e do leste da área de estudo.

Esse sistema gera uma composição fisiográfica regional que influenciada por sua localização geográfica, define predominantemente o clima dentro da área de estudo, como representativo da categoria tropical sub-úmido, mas com grandes variedades de subtipos e de microclimas locais. Entre os elementos determinantes da margem de variação climática dentro da bacia, destaca-se a precipitação como o mais instável e sobre o qual fundamentam-se essencialmente estas diferenças; sendo explicado em boa parte, pelo tipo de circulação que adquirem os ventos no interior da depressão, que quando influenciados pelos sistemas montanhosos, adquirem uma circulação forçada das massas de ar quente desde a depressão da bacia para as ladeiras das montanhas, esfriando-se e condensando-se ao ter contato em sua ascensão com as massas de ar frio das alturas (MEDINA, 2006).

Esta particularidade do ciclo hidrológico na área de estudo explica porque nas zonas de piedemonte, compreendidas entre os 75 e os 1.500 metros de altitude, registam-se os maiores índices pluviométricos, bem como também, a razão de seu incremento de norte a sul e desde a costa do lago até as zonas de piedemonte, que define um forte contraste entre a parte norte da bacia com um clima seco e quente, e a parte sul com um clima úmido e quente onde a temperatura se define como o elemento climático regularmente constante, durante o ano todo (ESPINOZA, 1992).

Fortemente influenciado por esta dinâmica pluviométrica, o regime hidrográfico recebe em suas bacias do alto curso, intensas e constantes precipitações, o que explica a potência de sua influência nos processos morfodinâmicos, produto da força de transporte de sedimentos que têm seus rios em seu percurso na área central da bacia (parte mais baixa da depressão), conformando para a contribuição natural e constante de água doce ingressada por esta dinâmica ao Lago de Maracaibo. Os cursos de água permanentes e temporários que correm pela bacia superam os 135, dos quais os de maior importância são Limão, Palmar, San Juan, Apón, Santa Ana e Catatumbo, que desembocam na margem ocidental do lago; Zulia, Escalante, Chama e Mucujepe na margem sul; e Motatán, Misoa, Machango, Povo Velho, Apresse, e Palmar na margem oriental do Lago de Maracaibo (MEDINA, 2006).

Com base nisso, a vegetação constitui um claro reflexo da dinâmica físico-natural do sistema e nesse sentido, na península da Guajira (parte norte da bacia) mostra o desenvolvimento de uma vegetação de tipo desértico, de porte baixo e médio, com densidade baixa e espinhosa composta principalmente por cardones, tuna branca, cuji jobo e trompillo. Esta vegetação modifica-se um tanto ao sul da Guajira com a presença de instâncias de bosque espinhoso tropical e de jacure, buche, guamacho, tuatúa, toco, guayacán, etc.; com variações em parte, a norte do lago tanto na costa ocidental como oriental, onde se encontram os remanescentes do bosque muito seco tropical formados por instâncias de lado, curarine, roble, jabillo, apamate, jobo, etc.; sendo todos com fortes alterações antrópicas desenvolvidas com um dinamismo que exige para suas análises indicadores atualizados (OEA, 1975; SCHARGEL, 2011).

Entre o setor da Guajira e as serras localiza-se a extensa região de planícies aluviâres da bacia, onde se encontram associações de bosque seco tropical muito alterado por incêndios, extração madeireira, áreas de cultivo e pastoreio. Setores dos quais praticamente desapareceram as espécies originárias conformadas por: cedro, caoba, gateado, apamate, caro, samán, mijao, etc. No limite sudoeste apresentam-se áreas de bosque úmido tropical, sobre terrenos ondulados, alguns dos quais chegam até os 1.000 metros de altitude; composto originalmente por cedro amargo, ceiba vermelha, mijao, guayabón, pardillo, gateado, entre outros, mas que foram substituídos por extensas superfícies de pastagens entremeadas com instâncias florestais de segundo crescimento, como jobo, araguaney, apamate, balso, bucare, camoruco, etc (OEA, 1975; SCHARGEL, 2011).

Nas áreas de piedemonte que margeiam a parte plana da bacia compreendidas entre 500 e 1.500 metros de altitude, originalmente tinha um bosque úmido pré montanhoso, composto por mijao, jobo, apamate, araguaney e camorúes; mas que, atualmente tem sido em grande parte eliminado pelos avanços da agricultura e pecuária, ficando em pé sobretudo em áreas de maior tendência a solos pobres. Nas maiores altitudes, a vegetação primitiva está constituída por bosques tipo úmido pré montanhosos, muito úmido montanhoso baixo e montanhoso, localizados predominantemente nas cimeiras altas da bacia (próximas aos 3.500 metros de altitude). As espécies originais nestes setores estão compostas principalmente por araguaney, apamate, canjaro, tacamapaco, sangrino, quacimo, saisai, cobaloriga, quamo, quino, laurel, etc. Em geral, estas áreas têm sido pouco alteradas por suas difíceis condições de clima e topografia (OEA, 1975).

Os sistemas orográficos que delimitam a fossa de afundamento, estão constituídos, por complexas formações do Pré-Cambriano até o recente de rochas ígneas, ígneas-metamórficas e sedimentares, cujas contribuições geológicas foram sintetizados por Schargel (2011) da seguinte maneira: a Cordilheira de Mérida em suas máximas elevações gnaisses e xistos micáceos; nos setores norte e sul de forma equivalente contribui calcários, arenitos, xistos, limolitas e argilitos; enquanto o setor sul contribui adicionalmente com calcário fosfáticos e camadas de carvão. Nas áreas de piedemontes encontram-se conglomerados mau consolidados, seixos, cascalhos, areias e argilas. Da mesma forma, a Cordilheira de Perijá apresenta particulares contribuições de substrato geológico constituído em sua parte norte por arenitos, limonitas e conglomerados de cor vermelha, lavas de intermediárias a básicas, tofos ácidos e diques, em sua parte central por arenitos, limonitas, xistos e algumas calcários e intrusões de granitos são importantes na parte sul; as áreas de piedemonte e colinas são ricas em xistos, argilitos e arenitos, com presença de importantes camadas de carvão. A partir dos quais, os materiais transportados e depositados pelos processos de aluvionamento e eluviação têm sido classificados de acordo com esta dinâmica, que localizou os de granulometria grossa, na proximidade do piedemonte, e os mais finos para a parte central da bacia, desenvolvendo solos sobre uma grande variedade de materiais litológicos e texturais, com base nas condições climáticas e topográficas (OEA, 1975).

Frente a isso, a partir do substrato geológico as características do relevo, o clima, a vegetação e os efeitos hídricos, consegue-se explicar: a origem, a disposição,

a distribuição e as composições mineralógicas dos solos dentro da bacia para discernir como a variável topografia regional, influi na espessura e na cor dos solos; já o clima variável de quente a frio e de semiárido a superúmido, influi no desenvolvimento dos solos; e o material geológico de rochoso a lacustre influi na textura (ESPINOZA, 1992).

Regionalmente nas zonas setentrionais da bacia, tanto em sua parte oriental como ocidental, localizam-se áreas cujos solos se encontram atualmente no lugar em que tiveram sua origem. Estes são solos formados "in situ", sobre formações sedimentares, produzidas pelo transporte dos produtos de desintegração ou procedente da decomposição das capas de fundo do mar primitivo que cobria a depressão antigamente. Formaram os solos de maior idade da região, resultantes de um longo período de evolução em cujo desenvolvimento se perderam as características herdadas do material original, nos contínuos processos de lixiviação ou lavagem e alterações físicas e químicas, ocasionados pelos efeitos da água e a temperatura durante as recreações e invasões marinhas que caracterizaram a evolução do setor (ESPINOZA, 1992).

Nesta zona, os ventos dominantes do mar atuam diretamente, sobre os materiais mais finos do solo transportando-os e dando lugar às formações de pequenas dunas que criam linhas orientadas perpendicularmente à direção do vento; este ambiente foi o responsável pela formação de solos áridos e de textura superficial arenosa com incremento de argilas proporcionais à profundidade, enquanto nos setores próximos à Serra de Perijá, adquirem um significado singular por sua grande vocação florestal e funções de captação de água que é produto da influência geográfica do relevo (OEA, 1975; ESPINOZA, 1992).

Na parte meridional da região que compreende a zona ocidental ao sul do rio Santa Ana, e a zona oriental ao sul do rio Machango, localizam-se extensas áreas de solos de formações aluviais e coluviais, formados pela estabilização das substâncias sólidas que transportam as correntes de água e pelos detritos que se deslizam pelas encostas montanhosas e se acumulam nas ladeiras pouco declivosas nas seções altas da planície (ESPINOZA, 1992).

Na parte sul da bacia, encontram-se as correntes de água que procedentes das vertentes montanhosas, têm características torrenciais em seus cursos superiores, pelo que chegam a arrastar desde suas bacias de recepção grandes volumes de detritos, compostos por materiais desprendidos dos afloramentos rochosos ou das

formações não rochosas do setor. Estes materiais, produto das forças erosivas são transportados por efeitos da potência das correntes fluviais, para finalmente ser depositados no fundo vale quando a pendente e a força hidráulica diminui. Nas áreas próximas ao piedemonte e nas planícies, estes materiais depositados sucessivamente, em forma lenta ou brusca, muito explanada ou reduzida, constituem contribuições sedimentares, que derivam os solos de origem aluvial com melhores condições de fertilidade para a ocupação agrícola dentro da bacia (ESPINOZA, 1992).

De forma geral e a nível da bacia hidrográfica, nos setores mais úmidos encontram-se Ultisoles sobre terraços e vertentes estáveis, sobre vertentes que têm experimentado forte erosão ou movimentos de massa recentes e sobre planícies aluviais em fundos de vales se encontram Inceptisoles distróficos e Entisóis superficiais. Sobre calcários são comuns Alfisoles, Inceptisoles eutróficos e Mollisoles. Nos setores com menores precipitações localizados ao norte da bacia predominam Alfisoles, Inceptisoles, Entisoles superficiais e Aridisoles mesotróficos a eutróficos. Nas áreas altas encontram-se Inceptisoles hipodistróficos a distróficos, ricos em matéria orgânica (SCHARGEL, 2011).

Em definitivo, as características físico-naturais da área de estudo são muito variadas em sua composição geomorfológica já que são o resultado de uma série de fatores ambientais, fortemente inter-relacionados, onde o clima com suas variações pluviométricas influi nos processos erosivos e nas formas em que se depositam os materiais acarretados desde as áreas elevadas até a depressão, situação que influiu na geração e desenvolvimento dos solos que por sua vez conformaram o habitat para a existência das plantas e os animais. Isto em conjunto, dá origem a uma corrente de processos de inter-relação, os quais são fatores muito ativos na modelagem do relevo (VENEZUELA, 1969; ESPINOZA, 1992).

A partir das inter-relações evidenciadas entre as características físico-naturais do área de estudo, propõe-se sustentar com inferências sistêmicas a partir dos parâmetros: altitude, declividade, plano e perfil, a especialização das características gerais dos solos em a cada um dos setores geomorfométricos vinculante com a mobilidade blindada sobre lagarta, em relação a sua textura, contido de umidade, e estabilidade ante o esforço de deslocamento, para a partir desta lógica classificar e hierarquizar seus níveis de resistência.

4 METODOLOGIA

Enquanto concepção teórica, empregada para sustentar o entendimento geográfico da área de operações da bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo, com o objetivo de sustentar sua hierarquização por áreas com resistências homogêneas para a mobilidade de unidades blindadas tipo lagartas, adotou-se a metodologia da abordagem sistêmica, tendo como base norteadora a proposta desenvolvida por (CHRISTOFOLETTI,1979).

Dessa forma, durante a execução da análise espacial da bacia do Lago de Maracaibo, os procedimentos utilizados foram enquadrados nos quatro níveis da pesquisa geográfica propostos por Libault (1971). Em razão disso, em sua obra intitulada “Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica”, o autor apresenta um encadeamento de métodos distribuídos em quatro etapas genéricas aplicadas a qualquer pesquisa em geografia. Os quatro níveis são, respectivamente:

- ◆ *Nível Compilatório*: que se caracteriza pela obtenção, seleção e compilação dos dados pertinentes a pesquisa intentada. Destaca-se que nesse primeiro nível é preciso ter critério e cuidado no momento da seleção dos dados, para que não ocorra o desperdício de informações relevantes e, ainda, é nesse momento que o pesquisador começa a direcionar o corpo da pesquisa.
- ◆ *Nível Correlatório*: é nesse momento que os dados compilados são correlacionados no sentido de viabilizar as futuras interpretações. É nesse nível que os dados são agrupados segundo a natureza de cada um, remetendo-se ao processo de classificação e hierarquização dos mesmos.
- ◆ *Nível Semântico*: contempla a interpretação dos dados, o que é feito a partir da atribuição de significado aos mesmos. Eles deixam de ser apenas informações brutas e passam a ter relação direta com a realidade estudada. É nesse nível que o trabalho chega as suas conclusões finais.
- ◆ *Nível Normativo*: consiste na etapa síntese do trabalho, apresentada em forma de produtos simplificados e visuais que sejam capazes de subsidiar atividades de intervenção humana sobre o meio físico natural e social.

Os procedimentos técnicos e operacionais utilizados no decorrer da pesquisa foram adaptados de Soares (2006), De Nardin (2009) e Trentin (2011) e encontram-se resumidos no fluxograma da Figura 5.

Figura 5 - Representação dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.



Fonte: Adaptado de Libault (1971), Soares (2006), De Nardin (2009) e Trentin (2011).
Organização: Lara (2016).

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Durante a etapa compilatória, estruturou-se o banco de dados no ambiente SIG do *software* de geoprocessamento ArcGIS® 10.1, onde foram incluídos os parâmetros geodésicos comuns a todos os dados disponíveis da área de estudo e vinculantes aos objetivos traçados no presente trabalho, com relação características do relevo na condição de ambientes formadores de solo, vegetação, hidrografia e precipitação; que são informações básicas que sustentam as análises de mobilidade blindada (BRASIL, 2011).

4.2 MATERIAIS UTILIZADOS PARA A ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

- ◆ Mosaico de Cartografia Topográfica Vetorial com escala 1:250.000 da Direção de Geografia e Cartografia da Força Armada Nacional Bolivariana (DIGECAFAB).
- ◆ Polígonos de Vegetação, Hidrografia, Clima, Geologia e de Solos na escala 1:250.000 da DIGECAFAB (2016).

- ◆ FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. (2017) *Worldclim version 2.0*: Dados Climáticos de precipitação com 1 km de resolução espacial (1970-2000) das zonas terrestres mundiais publicado na Revista Internacional de Climatologia.
- ◆ Imagens de satélite da Série LANDSAT - 8 obtidas junto ao *United States Geological Survey* (USGS): foram utilizadas para atualizar a hidrografia dentro da área de estudo com imagens captadas entre os anos de 2016 e 2017.
- ◆ Imagens de Radar do Modelo Global de Elevação Digital (GDEM) da Missão *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) com resolução 1 arcsec (30 metros) obtidas junto ao USGS: foram utilizadas como base topográfica para a elaboração de MDT da área estudo.
- ◆ Índice diferencial de vegetação padrão (NDVI) extraído das imagens MODIS: *K. Didan. (2017). MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC*, disponíveis em: <https://doi.org/10.5067/modis/mod13q1.006>, distribuídas de forma gratuita pela NASA, que foram utilizadas para atualizar a cobertura de vegetação dentro da área estudo.
- ◆ ArcGIS® 10.1 utilizado respectivamente para a geração do banco de dados georreferenciado e a elaboração dos mapas temáticos, análise e interpretação dos resultados. Na interface do usuário foi criado um Geodatabase, onde foi definido como Sistema de Referência o Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM), com *Datum* SIRGAS REGVEN, Fuso 19, Hemisfério Norte.
- ◆ Parâmetros de Mobilidade Brasil (2011), gerados pelo convênio de cooperação acadêmica subscrito em 07 de janeiro do 2011, entre o Exército Brasileiro e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) com o objetivo de gerar conhecimento espacial para sustentar a mobilidade da Força Armada Brasileira.
- ◆ Informação de perfis, pontos cotados e referência de solos para a bacia do Lago de Maracaibo desenvolvida por Noguera (2011), utilizada para a identificação das características da distribuição dos solos.

Para a geração do referido banco de dados, foi necessário além da unificação de parâmetros geodésicos antes mencionados, realizar uma fase de ajuste da cada uma das camadas de informação incorporadas ao SIG; este processo ocorreu em no *software ArcGIS® 10.1*, através da utilização da ferramenta *Edit Features*. Também foi

necessária a correção de eventuais erros de espaços vazios (*NoData*) encontrados no Modelo Digital de Elevação (*ASTER-GDEM*) por meio da utilização da ferramenta *Raster Calculator*, disponível no *software ArcGIS® 10.1*, na seção de *Spatial Analyst tools*, empregando fórmulas estatísticas que foram substituindo os dados faltantes no MDE pela média do valor dos cinco *pixels* mais próximos à cada lado das anomalias.

A partir deste MDE (corrigido) foi realizado o cruzamento dos dados altimétricos (pontos cotados), os corpos de água e a hidrografia para gerar o MDT, por meio da utilização da ferramenta *Topo to Raster* do *3D Analyst Tools*, disponível no *software ArcGIS® 10.1*, onde se interpolaram os dados altimétricos corrigidos do GDEM com os dados altimétricos e de hidrografia disponíveis da área de estudo.

4.3 ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA

Conforme a proposta de Teodoro (2007), iniciou-se o estudo na bacia hidrográfica, a partir do MDT com uma classificação morfométrica da área, com o objetivo de gerar informações que permitam entender a dinâmica ambiental do sistema como um todo. Foi fixada a escala de análise em 1:250.000, na busca de entendimentos gerais sobre o sistema natural estudado; no entanto consegue-se atingir escalas de visualização de mapas resultantes de até 1:50.000; graças às vantagens (resolução espacial) dos produtos de sensores remotos utilizados na conformação do banco de dados, que ao ser manipulado no ambiente SIG do *ArcGIS® 10.1*, permite a apresentação de informações em múltiplas escalas associadas aos níveis de precisão dos dados consultados.

Tal classificação é realizada através do cruzamento de informações e atributos topográficos (altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura) gerados por meio do SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão baseada em valores pré-definidos, com base no conhecimento da área e as características técnicas dos blindados analisados.

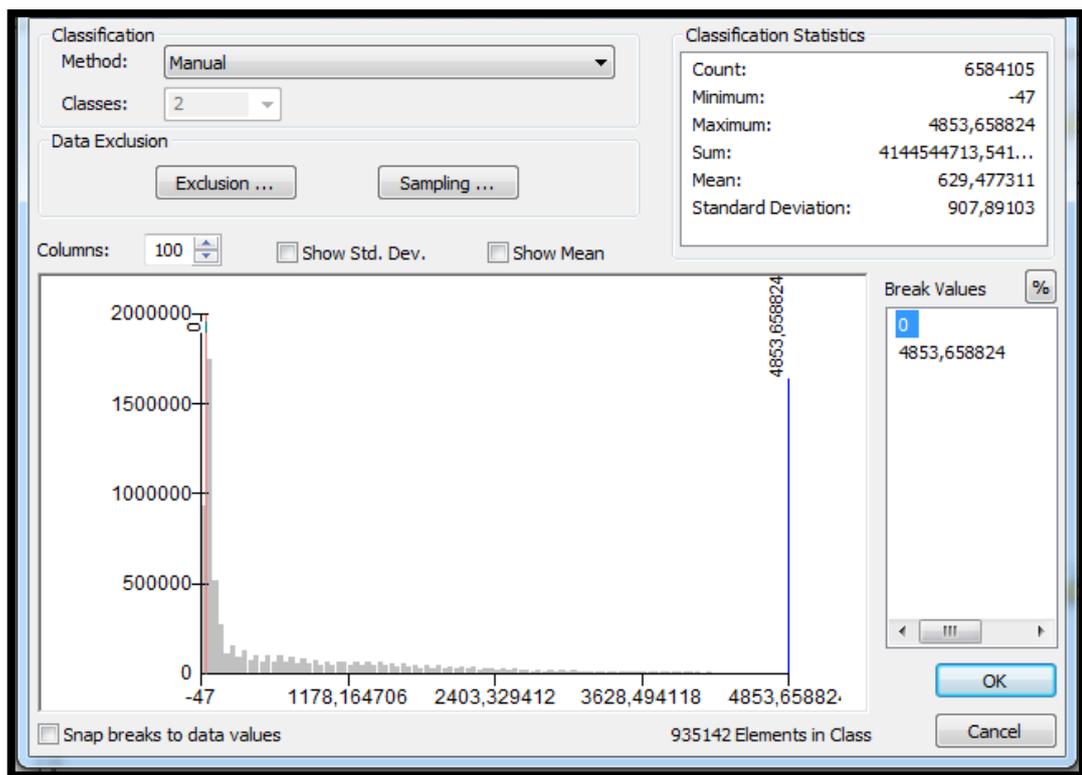
4.3.1 Hipsometria

Realizou-se a classificação por classes hipsométricas a partir do MDT através da utilização da ferramenta *Reclassify* do *ArcGIS® 10.1*, para definir dois conjuntos hipsométricos (<0 metros e >0 metros). Utilizou-se a altitude de zero metros, por

existirem porções do terreno abaixo do nível do mar, o que coloca os solos nestes locais, em uma situação de saturação.

Por fim, a Figura 6 tem como objetivo representar o histograma de frequência criado a partir da interface do usuário no *software* ArcGIS® 10.1, com a distribuição da frequência das classes hipsométricas para a área do estudo.

Figura 6 - Distribuição da frequência das classes hipsométricas.



Fonte: Interface do Usuário do ArcGIS® 10.1 (2016).

4.3.2 Declividade

O estudo da declividade tem como objetivo avaliar a inclinação das vertentes em relação a sua influência como obstáculo frente a mobilidade de unidades blindadas, abordando não só como parâmetro associado às capacidades da tecnologia de mobilidade sobre lagartas para superar determinadas declividades, que por sua vez será abordado como um fator de identificação de áreas vinculadas a determinados processos ou dinâmicas superficiais como a deposição, erosão e os

movimentos de massa, os quais diminuem consideravelmente a capacidade de resistência dos solos da área de estudo.

Neste sentido, para espacializar os níveis de restrição por declividade dos blindados tipo lagarta foram definidas quatro classes de declividades: <15%, entre 15% e 35%, entre 35% e 45% e >45%, baseado nas características da área de estudo e a proposta de restrição ao movimento imposto pela declividade frente a mobilidade blindada do Exército Brasileiro (BRASIL, 2011) e que são representados pela Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da proposta de restrição ao movimento imposto pela declividade frente a mobilidade blindada do Exército Brasileiro.

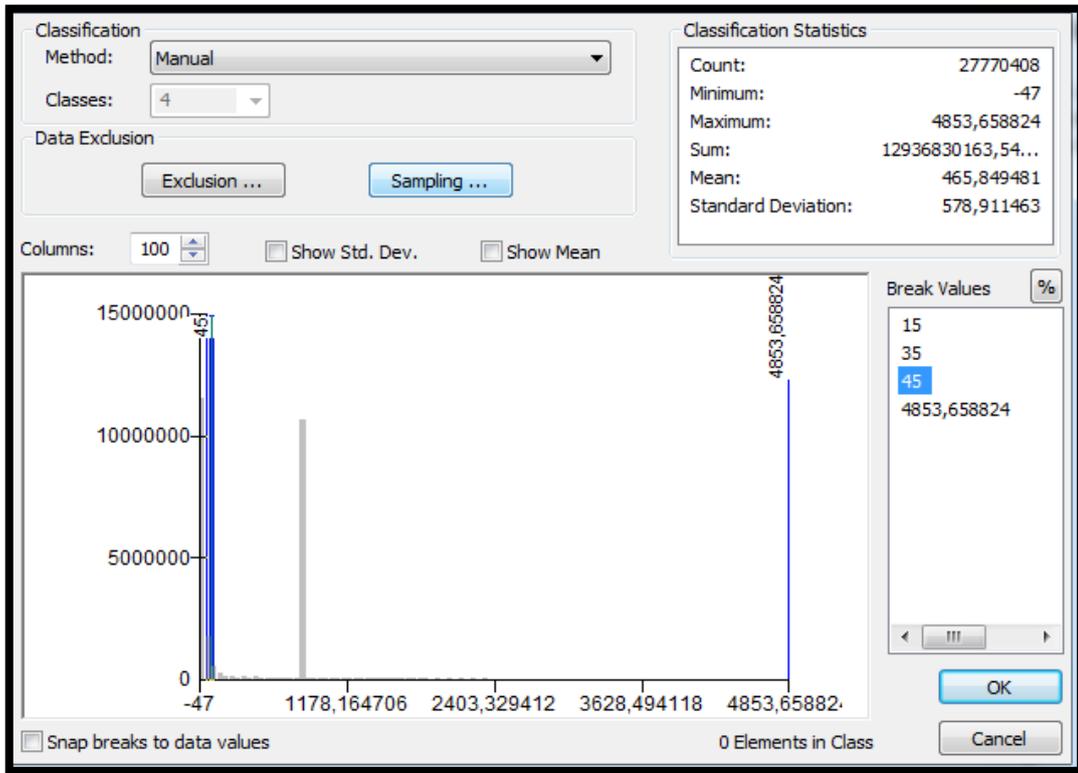
INCLINAÇÃO DAS ENCOSTAS		EFEITO
PORCENTAGEM	GRAU	
0% a 10%	0° a 6°	Adequado para qualquer tropa
10% a 30%	6° a 17°	Restritivo para viaturas sobre rodas e adequado para viaturas sobre lagartas (carros-de-combate).
30% a 45%	17° a 26°	Muito restritivo para viaturas sobre rodas e restritivo para viaturas sobre lagartas.
Mais de 45%	Mais de 26°	Impeditivo para viaturas sobre rodas e lagartas e restritivo para tropas a pé.

Fonte: Adaptado de Brasil (2011).

Frente a isso, destaca-se que o mapa de declividade foi elaborado a partir da utilização da ferramenta *Slope*, tendo como base cartográfica o MDT e foi classificado por meio da ferramenta *Reclassify*, ambas disponíveis no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1.

Por sua vez, na Figura 7 é apresentado o histograma de frequência criado a partir da interface do usuário no *software* ArcGIS® 10.1, com a distribuição da frequência das classes de declividade.

Figura 7 - Valores estabelecidos no histograma de frequência das classes de declividade.



Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

4.3.3 Curvatura das Vertentes

Segundo Veloso (2002), as vertentes podem ser definidas de forma simplificada como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, que apresenta um gradiente e uma orientação no espaço, e dessa forma podem ser classificadas de acordo com a sua curvatura no plano ou no perfil, constituindo informações que são também derivadas do MDT. O plano de curvatura da vertente corresponde à variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção da inclinação) e refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, refletindo sua capacidade de dispersar ou concentrar umidade respectivamente enquanto, o perfil de curvatura é a taxa de variação do gradiente de arqueamento na direção de sua orientação (a curvatura da superfície no sentido do declive) e está relacionada ao caráter convexo/côncavo do

terreno sendo decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo da água durante seu escoamento sobre o mesmo e reflete sua capacidade para transportar sedimentos.

A análise das curvaturas das vertentes foi realizada a partir da utilização da ferramenta *Curvature*, disponível no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1. A partir disso, obteve-se como produto final dois arquivos *raster*, um referente ao perfil de curvatura e outro ao plano de curvatura.

O perfil das vertentes, em ambiente SIG, é analisado de acordo com seu valor de curvatura (histograma de frequência) e teoricamente, vertentes retilíneas têm valor de curvatura nulo, vertentes côncavas valores positivos e convexas valores negativos. Porém, vertentes com valores nulos são muito raras na natureza, assim muito pouco do que se julga retilíneo apresenta valor de curvatura realmente nulo, mas sim valores pertencentes a um intervalo de tolerância na vizinhança desse valor (VALERIANO, 2003).

A classificação do plano das vertentes, em ambiente SIG, é analisada de acordo com o seu histograma de frequência que indica o valor da referida curvatura. Semelhante ao perfil, os valores nulos correspondem à inexistência de curvatura em vertentes planas, já os valores positivos representam curvatura divergente e os valores negativos correspondem à curvatura convergente. Para a compartimentação geomorfométrica do referido trabalho, optou-se pela classificação das curvaturas das vertentes em duas classes: quanto ao perfil em côncavas e convexas e quanto ao plano em convergentes e divergentes, o qual foi realizado por meio da ferramenta *Reclassify* do ArcGIS® 10.1 e conforme representa a Tabela 2.

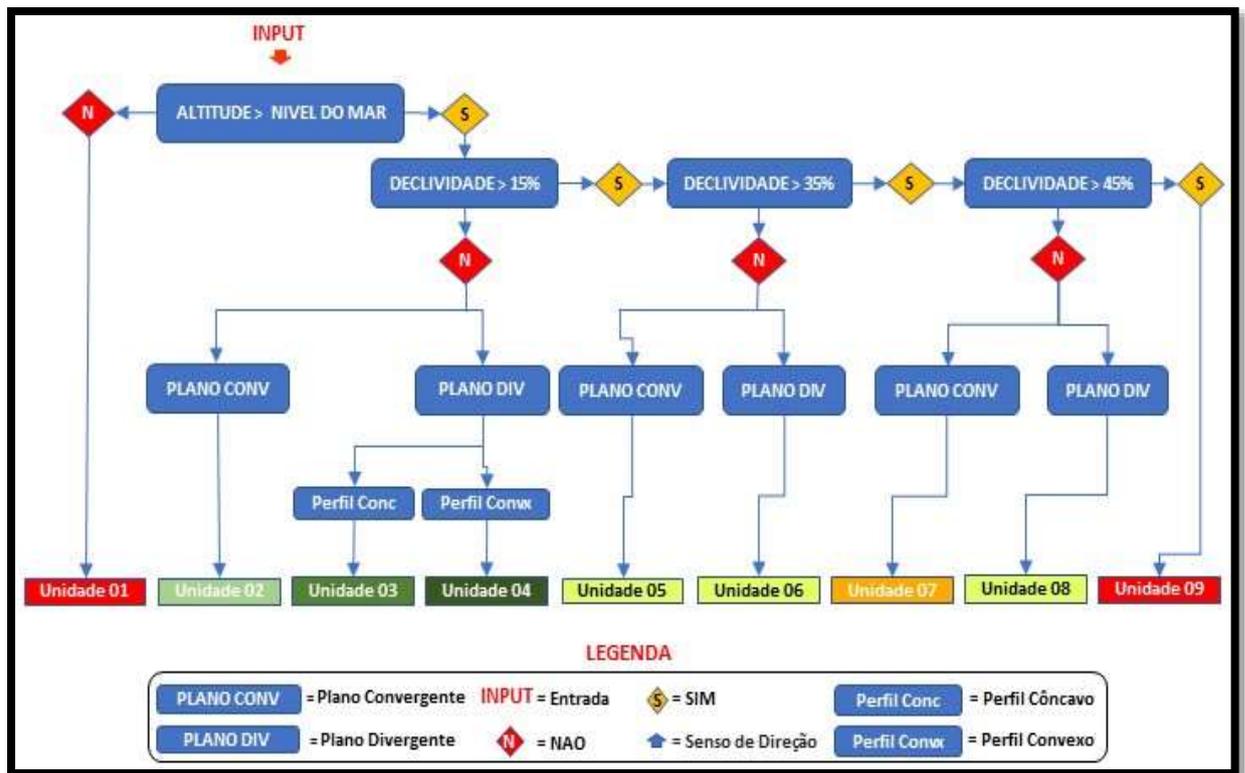
Tabela 2 - Classificação das informações básicas para a determinação das unidades geomorfométricas.

Altitude	Declividade	Plano	Perfil
1 - < 0 metros	1 - < 15%	1 - Convergente	1 - Convexo
2 - > 0 metros	2 - 15% até 35%	2 - Divergente	2 - Côncavo
-	3 - 35% até 45%	-	-
-	4 - >45%	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

No cruzamento das informações utilizando-se a árvore de decisão apresentada no fluxograma (Figura 8), foram identificadas nove unidades geomorfométricas que representam a distribuição espacial das respostas do relevo frente a mobilidade blindada sobre lagarta.

Figura 8 - Fluxograma apresentando a árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfométricas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3.4 Solo e Material Superficial

A análise da influência do solo, será conceituado como um fator que têm grande influência na seleção de áreas apropriadas para o trânsito de unidades blindadas. Nesse sentido, os dados de perfil de solos na área de estudo e os parâmetros morfométricos obtidos nesse trabalho, permitiram estabelecer uma relação com a distribuição espacial das características dos solos existentes na bacia hidrográfica, vinculados com o objeto de estudo.

Tendo em vista a inexistência de um mapa de solos da bacia hidrográfica do Lago Maracaibo, utilizou-se as análises pontuais dos levantamentos de solos realizados por Dalrymple et al. (1968) e Hugget (1975), na referida bacia. As características dos solos levantados foram relacionados com as unidades geomorfométricas que definem, de forma geral, as características dos ambientes formadores de solos e, a partir desta correlação se estabeleceu a capacidade da mobilidade dos blindados tipo lagartas nas unidades geomorfométricas

Os procedimentos seguem os fundamentos dos trabalhos de Dalrymple et al. (1968) e Hugget (1975), onde os primeiros autores associaram segmentos de encostas a processos geomorfológicos dominantes e a formação de solos e depósitos, enquanto Hugget estabeleceu uma combinação de formas de encostas a partir da curvatura vista em perfil e em plano, propondo padrões ideais para indicações das direções dos fluxos da água sobre as encostas, cujas diferenças nos solos e na paisagem são resultantes, em parte, do movimento da água e sua distribuição.

Nesse sentido, a abordagem sistêmica permite a realização de uma análise direcionada em gerar entendimentos entre as formas do relevo subsidiadas pela compartimentação em unidades geomorfométricas e sua influência sobre as capacidades dos solos desenvolvidos em cada setor (ambientes formadores de solos) para permitir impedir ou restringir o trânsito de unidades blindadas tipo lagarta a partir da definição das leis que regem as relações entre o terreno e o veículo, proporcionando as bases científicas para sua avaliação, ensaio e análises de comportamento.

Para validar estas relações espaciais, foram utilizadas as características granulométricas dos diferentes perfis de solo (Tabela 3 e Figura 9) levantados na Bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo por Noguera (2011), na busca de vinculações entre suas capacidades de resistência à pressão e os diferentes tipos de solicitações das unidades militares.

Tabela 3 - Análise Granulométrica do solo da área de estudo.

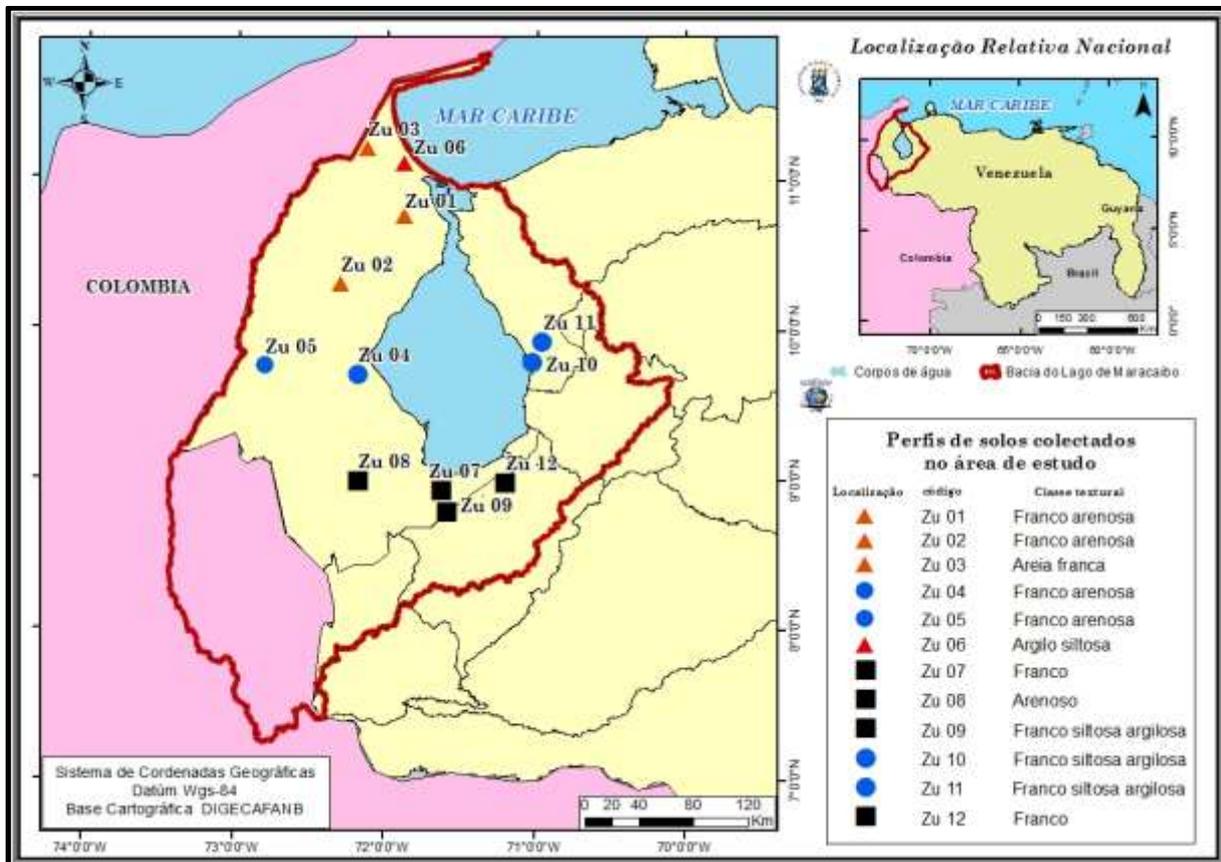
Cod. 	Profundidade (cm)	Areia	Limo	Argila	Classe textural
ZU-01	0-28	62,15	27,41	10,44	Franco arenosa
	28-48	55,74	24,92	19,34	Franco arenosa
	48-110	41,56	22,53	35,91	Franco argilosa
	110-150	25,72	35,24	39,04	Franco argilosa

ZU-02	0-20	65	20	13	Franco arenosa
	20-52	56	82	10	Franco arenosa
	52-90	40	36	23	Franco
	90-130	39	19	41	Argilosa
	130-160	35	38	26	Franco
	160-190	41	28	29	Franco arenosa
ZU-03	0-14	84	7	8	Areia Franca
	14-35	74	17	8	Franco arenosa
	35-53	52	13	34	Franco arenosa argilosa
	53-80	52	13	34	Franco arenosa argilosa
	80-115	48	17	34	Franco arenosa argilosa
ZU-06	0-16	22	31	45	Argilo Siltosa
	16-77	22	31	47	Argilo siltosa
	77-130	22	31	47	Argilo Siltosa
Cod. 	Profundidade (cm)	Areia	Limo	Argila	Classe textural
ZU-04	0-28	49	43	8	Franco arenosa
	28-55	48	43	9	Franco arenosa
	55-85	45	40	16	Franco arenosa siltosa
	85-140	43	40	17	Franco arenosa siltosa
	140-149	43	35	22	Arenosa siltosa
ZU-05	0-10	38	23	9	Franco arenosa
	10-50	56	27	17	Franco arenosa
	50-90	53	29	18	Franco arenosa siltosa
	90-120	53	24	23	Arenosa siltosa
	120-200	51	18	31	Arenosa argilosa
ZU-10	0-10	6	62	32	Franco siltosa argilosa
	10-45	6	65	29	Franco siltosa argilosa
	45-68	13	63	24	Franco siltosa argilosa
	68-105	31	62	7	Arenosa siltosa
	105-170	9	72	19	Franco siltosa argilosa
	170-190	14	81	5	Siltosa
ZU-11	0-20	6	67	27	Franco siltosa argilosa
	20-40	1	78	21	Franco siltosa
	40-60	1	72	27	Franco siltosa
	60-87	2	64	34	Franco siltosa argilosa
	87-122	13	55	22	Franco siltosa
	122-135	44	51	5	Franco siltosa arenosa
Cod. 	Profundidade (cm)	Areia	Limo	Argila	Classe textural
ZU-07	0-15	4	63	33	Franco
	15-40	9	76	15	Franco
	40-72	7	82	12	Franco siltosa
	72-110	9	84	7	Franco siltosa
	110-125	1	91	7	Franco siltosa
	125-145	5	88	7	Franco siltosa
ZU-08	0-12	87	7	6	Arenoso
	12-23	90	6	4	Arenoso
	23-37	91	5	4	Arenoso
	37-63	94	3	3	Arenoso a
	63-87	95	2	3	Arenoso
	97-167	96	1	3	Arenoso

ZU-09	0-18	10	54	36	Franco siltosa argilosa
	18-37	12	69	19	Franco siltosa
	37-59	8	53	39	Franco siltosa argilosa
	59-100	18	38	44	Argilosa
ZU-12	100-140	12	40	48	Argilosa siltosa
	0-12	42	48	10	Franco
	12-40	30	35	35	Franco argilosa
	40-70	35	49	16	Franco
	70-120	40	42	18	Franco

Fonte: Noguera (2011).

Figura 9 - Localização dos perfis de solo analisados dentro da área de estudo.



Fonte: Modificado de Noguera (2011).

Tabela 4 - Classificação das solicitações de pressão exercida sobre o terreno pelos veículos militares.

Tipos de Blindados		Pressão exercida sobre o terreno Kg/cm ²
Blindado Leve		0,3
Blindado Médio		0,5
Blindado Pesado		0,6 - 0,7
Blindado Extra		0,7 – 0,8

Fonte: Modificado para fins educativos de Brasil (2011).

Tabela 5 - Classificação dos solos segundo sua capacidade de resistência à pressão.

CLASSIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA (Kg/cm ²)
Rochoso	7,0 a 50,0
Pedregoso	5,0 a 7,0
Arenoso (grosso)	4,0 a 5,0
Arenoso (fino)	3,0 a 4,0
Argiloso com areia	2,0 a 3,0
Argiloso compacto	1,0 a 2,0
Argiloso úmido	0,75 a 1,0
Lamacento	0,5 a 0,75
Pantanoso	< 0,5

Fonte: Brasil (2011).

Uma vez caracterizado cada unidade geomorfométrica, com base nos ambientes formadores de solos com diferentes graus de influência frente a mobilidade blindada, procederam-se a sua hierarquização em cinco classes mediante o uso da ferramenta *Reclassify*, para atribuir valores em relação a seus graus de influência, onde o valor zero (00) será outorgado às unidades com maior nível de resistência e o valor de quatro (04) às unidades com o menor grau de resistência; com o propósito de garantir sua adequada avaliação, mediante a operação de multiplicação do *raster* na análise integrada final da Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação das unidades geomorfométricas em ambientes formadores de solos com diferentes graus de influência ante a mobilidade blindada.

Classificação	Unidade Geomorfométrica	Valor
Ambientes formadores de solos impeditivos	Unidades 01 e 09	00
Ambiente formador de solos muito restritivos	Unidade 07	01
Ambientes formadores de solos restritivos	Unidades 05,06 e 08	02
Ambiente formador de solos adequados	Unidade 02	03
Ambientes formadores de solos ótimos	Unidade 03 e 04	04

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Tanto para a classificação como para os valores de hierarquização anteriormente ilustrados, foram adotados como padrão para a reclassificação final do restante das camadas de restrição ao movimento blindado conceituadas na presente metodologia: hidrografia, fator climático de precipitação e vegetação, com o propósito de gerar parâmetros homogêneos que permitam a realização de operações matemáticas entre elas.

4.3.5 Análise da Rede Hidrográfica

A análise da rede hidrográfica, primeiramente, passou por um processo de ajuste manual dos vetores, linhas e polígonos de rios, corpos de água e zonas alagadiças presentes na área de estudo, com o propósito de facilitar a sua manipulação em ambiente SIG. Este processo ocorreu através da utilização das ferramentas *Edit Features*, a partir da sobreposição da rede hidrográfica vetorial de DIGECAFAB, as imagens do satélite LANDSAT 8, a cartografia topográfica disponível da área e a rede hidrográfica extraída do MDT através da utilização das ferramentas *Fill*, *Flow Direction* e *Flow Accumulation* disponíveis na seção *Hidrology* do software ArcGIS® 10.1.

Os vetores resultantes deste processo de edição e ajuste da rede hidrográfica foram hierarquizados de acordo a seu Hierarquia Fluvial (ordens) extraídos por meio da ferramenta *Map Algebra* também disponível no módulo *Spatial Analyst Tools* do software ArcGIS® 10.1, com o propósito de viabilizar a sua vinculação com os níveis

de restrição ao movimento blindado sugeridos por Brasil (2011) e conforme representa o Quadro 2.

Quadro 2 - Restrições ao movimento impostas pela Hidrografia.

CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO	HIDROGRAFIA
Impeditivo	Cursos d'água, lagos, pântanos, zonas alagadiças, que não possam ser cruzados ou atravessados. Margens verticais de superfície firme, que possam deter os carros-de-combate, assim como a correnteza com velocidade elevada e profundidade que apresente desvantagens para viaturas blindadas (Lagartas).
Restritivo	Cursos d'água, lagos, áreas alagadiças, que possam ser cruzados ou atravessados com lagartas em vários locais. A velocidade da correnteza deve ser pequena (<1,5 m/s) e a profundidade deve ser inferior a 1,20 m.
Adequado	Cursos d'água, lagos, que possam ser cruzados em qualquer lugar ou que tenham largura <1,5 m. A profundidade de <0,6 m e a velocidade da correnteza não deve impedir a travessia do tipo lagarta.

Fonte: Brasil (2011).

Uma vez caracterizadas dentro da área de estudo as hidrografias com respeito a seus diferentes níveis de restrição ao movimento blindado, procedeu-se à geração da camada *raster* de restrição ao movimento por hidrografia, mediante a utilização combinada das ferramentas *Euclidean Distance* e *Reclassify*, foram definidas e hierarquizadas as cinco categorias de análises para esta restrição, a partir dos valores das distâncias medidas desde ou ponto central do a cada pixel até a hidrografia caracterizada pela Tabela 7. É importante mencionar que este valor de distância euclidiana é obtido mediante o cálculo da hipotenusa de suas diferenças em "X" e em "E", ambas ferramentas de geoprocessamentos que se encontram disponíveis na seção *Spatial Analyst Tools* do software ArcGIS® 10.1 (DE SMITH, GOODCHILD, LONGLEY, 2009).

Tabela 7 - Classificação da hidrografia por seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.

Classificação	Hierarquia da hidrografia	Valor
Hidrografia impeditiva	Ordem 06	00
Hidrografia muito restritiva	Ordem 05	01
Hidrografia restritiva	Ordem 04	02
Hidrografia adequada	Ordem 03	03
Hidrografia ótima	Ordem 01 e 02	04

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3.6 Análise do Fator Climático de Precipitação

O grau de influência exercido por este fator está condicionado pela capacidade de drenar água que tem os solos dentro da área de estudo e de como a presença de umidade modifica tanto sua estabilidade como sua resistência ante o esforço. Nesse sentido, o fator precipitação constitui o elemento climático que modifica drasticamente a transitabilidade dos solos da Tabela 8.

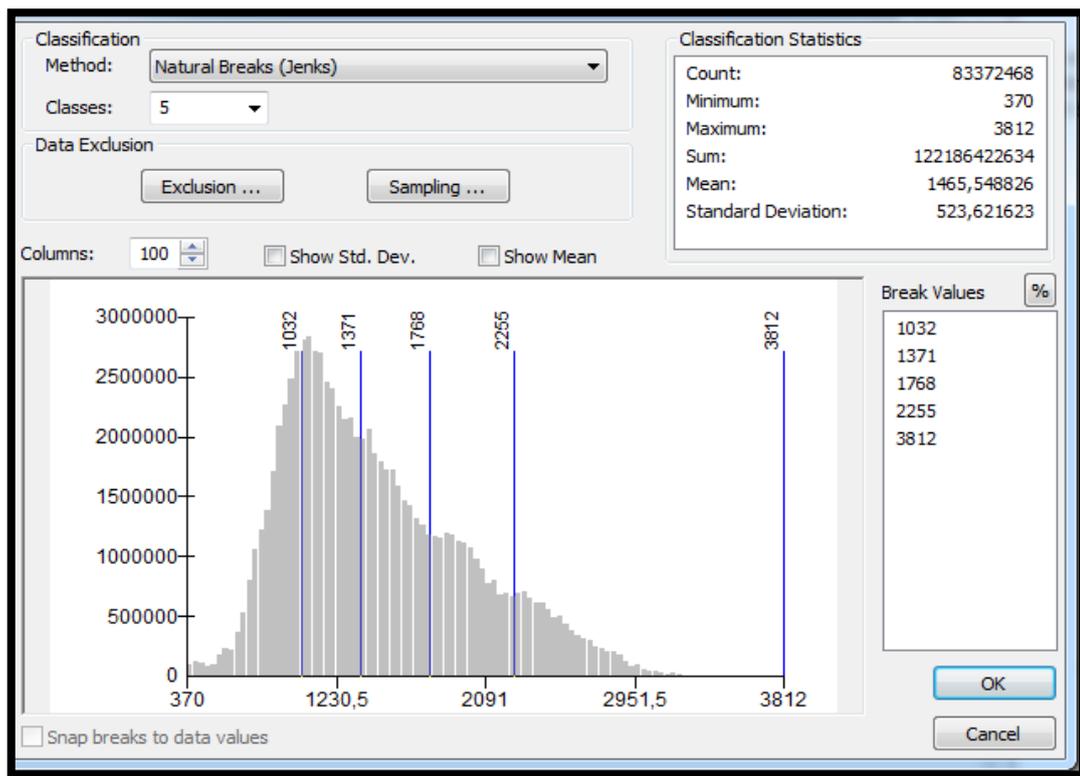
Por esta razão, é de extrema importância considerar as variações pluviométricas para a geração da camada climática de restrição ao movimento dos blindados. Em consequência, os setores que, dentro do microclima da bacia apresentam menos exposição à presença de chuvas (menores valores de pluviosidade acumulada) serão classificados como adequados e valorizados conforme seus níveis de influência com números iguais ou próximos a quatro; enquanto os setores que estão submetidos em forma constante e intensa aos efeitos deste fenômeno climático (maiores valores de pluviosidade acumulada) serão classificados como impeditivos e valorizados com números iguais ou próximos a zero.

Foram utilizados os dados pluviométricos em formato *raster* com um 1 km de resolução espacial fornecidos de forma gratuita pela *University of California "The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 2.0."*; onde essa informação foi primeiramente submetida a uma série de ajustes, recortes e projeções para adequar aos parâmetros cartográficos manejados dentro do SIG; além disso, ela também passou por uma fase de verificação e avaliação de consistência com respeito ao conhecimento e os dados pluviométricos disponíveis da área de estudo, resultando

em dados apropriados para a escala de análise global fixada para o presente trabalho que é de 1:250.000.

Por meio do emprego da ferramenta *Raster Calculator* do módulo *Spatial Analyst Tool* foram somados os valores da série (1970-2000), procedimento mediante o qual obteve-se os dados de precipitação total acumulada para a área de estudo, que foram reclassificados por meio da ferramenta *Reclassify* selecionando o método de rupturas natural (*Jenks*) (Figura 10) com o objetivo de dividir os valores de pluviosidade acumulada da área de estudo em classes cujos limites ficam estabelecidos onde há diferenças consideráveis entre os dados (DE SMITH, GOODCHILD, LONGLEY, 2009).

Figura 10 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a pluviosidade acumulada.



Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

A partir desta segmentação realizou-se a hierarquização da área de estudo por setores com grau homogêneos de exposição às chuvas, utilizando a escala adotada como padrão tanto para as classificações como para as hierarquizações (Tabela 8),

onde o valor de zero foi outorgado às classes com maior nível de resistência e o valor de quatro às de menor grau de resistência mediante o emprego da ferramenta *Reclassify* do módulo *Spatial Analyst Tool* disponível no software ArcGIS® 10.1.

Tabela 8 - Intervalos de precipitação utilizados para a definição das classes de restrição ao movimento blindado.

Classificação	Intervalo	Valor
Classe I	Inferior a 1032 mm	04
Classe II	Entre 1032 mm e 1371 mm	03
Classe III	Entre 1371 mm e 1768 mm	02
Classe IV	Entre 1768 mm e 2255 mm	01
Classe V	Entre 2255 mm e 3812 mm	00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.3.7 Análise da Vegetação

A camada de restrição ao movimento por vegetação foi realizada a partir do NDVI de imagens MODIS captadas na área de estudo pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) do governo dos Estados Unidos, durante o ano de 2017; geradas a partir da seleção do valor de pixel com menor valor de nuvens, ângulo de visão mais baixo e o valor de NDVI mais alto, durante um período de 16 dias e distribuída à comunidade científica internacional em forma gratuita numa resolução espacial de 250 metros.

Essa informação básica e atualizada foi adaptada aos parâmetros do SIG por meio de operações de projeção e recorte das ferramentas *Projections and Transformation* e *Clip*, disponíveis no módulo *Data Management Tools*. Posteriormente as 24 imagens correspondentes a série do ano 2017, foram sobrepostas para gerar um novo *raster* que selecionou o maior valor de píxel (NDVI) disponível em cada setor da bacia, por meio do emprego da ferramenta *Mosaic To New Raster*, também disponível no módulo *Data Management Tools* no software ArcGIS® 10.1. Este procedimento permitiu mitigar os erros introduzidos nas imagens óticas pela alta nebulosidade que caracteriza a área de estudo.

A partir desta informação em formato *raster*, foi realizada tanto a classificação como a hierarquização dos dados de vegetação disponíveis da área de estudo

(Quadro 3), ante a mobilidade blindada sobre lagartas empregando os critérios de restrição por vegetação sugeridos pelo Exército Brasileiro (BRASIL 2011).

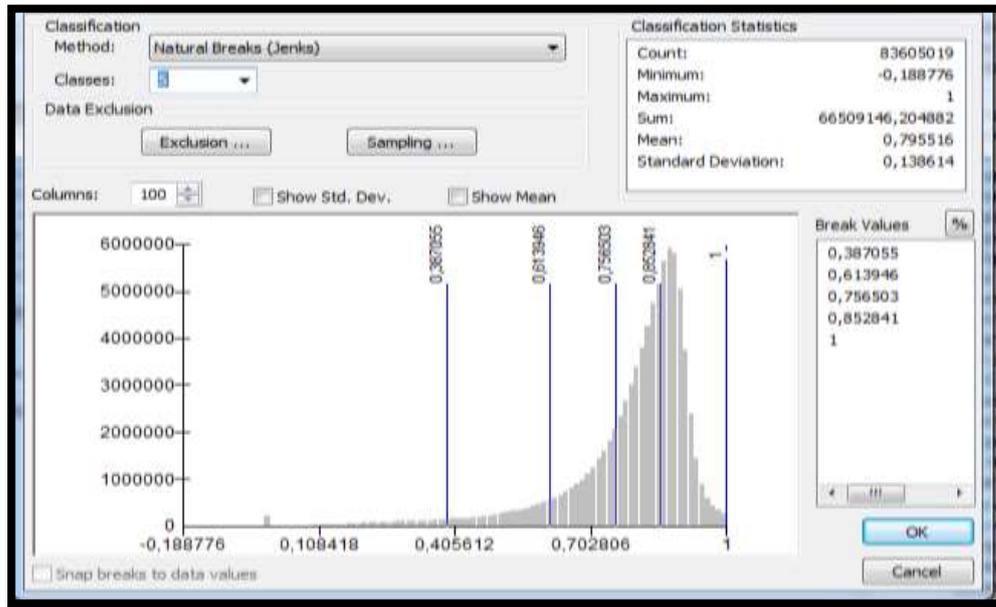
Quadro 3 - Restrições Impostas pela Vegetação.

CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO	VEGETAÇÃO
Impeditivo	Grupo de árvores que impedem o emprego de forças blindadas ou dificultem o movimento de tropas a pé.
Restritivo	Árvores espaçadas com diâmetros reduzidos que restrinjam o movimento de forças blindadas.
Adequado	Árvores espaçadas com diâmetros reduzidos, não interferindo no emprego de viaturas ou tropas a pé.

Fonte: Brasil (2011).

Finalmente, foram hierarquizadas as classes e ajustadas ao formato padrão adoptado para a análise integral final, empregando o método ruptura natural (*Jenks*) da ferramenta *Reclassify* do módulo *Spatial Analyst Tool* disponível no software ArcGIS® 10.1, (Figura 11) para discriminar as cinco classes a partir de limites estabelecidos pelos pontos onde existem as diferenças maiores entre os valores de NDVI (DE SMITH, GOODCHILD, LONGLEY, 2009).

Figura 11 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a restrição ao movimento blindado por vegetação.



Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

Posteriormente realizou-se a hierarquização dos níveis de restrição atribuindo-lhes pesos que variam desde o valor zero (00) ao valor quatro (04), onde as classes com o número zero (00) representam o peso atribuído aos *pixels* com a máxima restrição, enquanto as classes com o número quatro (04) representam os *pixels* com mínima restrição (Tabela 9).

Tabela 9 - Intervalos utilizados para a definição das classes de restrição ao movimento blindado por vegetação.

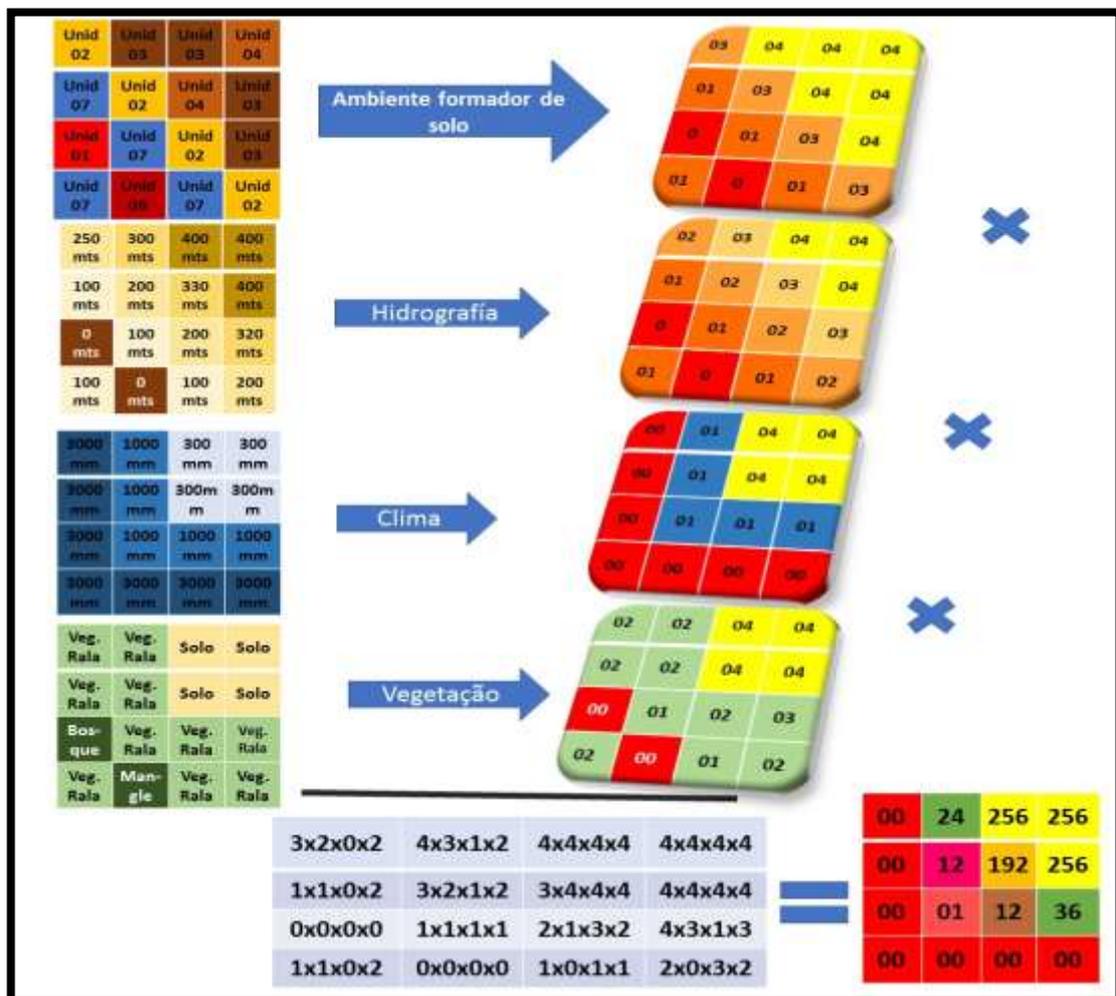
Classificação	NDVI	Valor
Classe I (Solos)	< 0,38	04
Classe II (Espinales ralos)	Entre 0,38 e 0,61	03
Classe III (Espinales ralos densos)	Entre 0,61 e 0,75	02
Classe IV (Bosques com alta intervenção)	Entre 0,75 e 0,85	01
Classe V (Bosques densos)	Entre 0,85 e 1	00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.4 GERAÇÃO DA ANÁLISE INTEGRADA FINAL DE MOBILIDADE BLINDADA SOBRE LAGARTAS A PARTIR DOS ELEMENTOS ANALISADOS

Para a geração da análise final de hierarquização e discriminação de áreas para o emprego da tecnologia militar de movimento blindado sobre lagartas, foi utilizada a ferramenta *Raster Calculator* disponível na seção *Map Algebra* do *Spatial Analyst Tools* no software ArcGIS® 10, onde por meio da operação multiplicação de camadas *raster* se consegue integrar os diferentes *raster* de restrição ao movimento blindado avaliados no presente trabalho, conforme representa a Figura 12 e Tabela 10.

Figura 12 - Representação do processo de multiplicação de capas raster.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Com o intuito de ilustrar a necessidade de aplicar uma linguagem comum para relacionar em ambiente SIG informações de diferente natureza, na figura pode-se constatar que durante a aplicação da operação matemática de multiplicação, os pixels catalogados como impeditivo ao serem classificados com um valor de zero (00) em algum dos fatores avaliados, os demais também ficam catalogados como impeditivos, já que todo número multiplicado por zero dá como produto zero, conseguindo desta forma discriminar as áreas impeditivas. Do mesmo modo, os pixels catalogados como muito adequados (valor 04) mantêm ao ser multiplicados os valores mais altos com respeito ao resto das amostras catalogadas com valores de três (03), dois (02) ou um (01); desta forma se consegue hierarquizar as áreas conforme os seus níveis de resistência ao movimento blindado sobre lagartas.

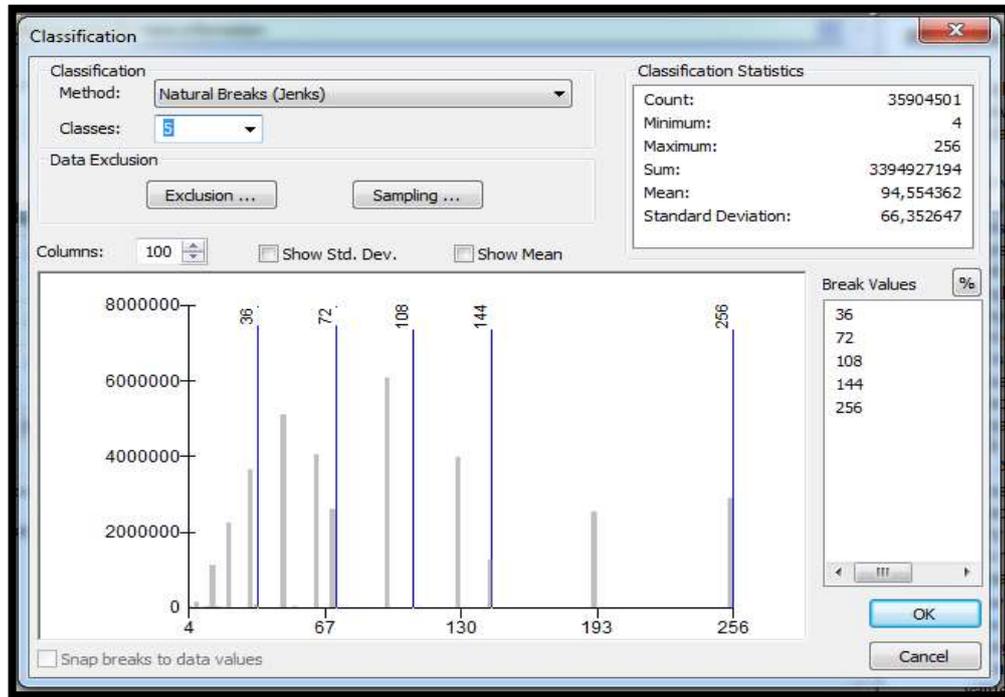
Tabela 10 - Síntese dos parâmetros conceituados para a classificação da área de estudo.

Áreas	Ambientes formadores de solos	Hidrografia ordem	Precipitação acumulada	Vegetação NDVI
Ótimas	Declividades < 15% com planos divergentes	Primeira 1 e segunda 2 Ordem	< 1.032 mm	Solos (< 0,38)
Adequadas	Declividades < 15% com planos convergentes	Terceira (3) Ordem	(1.032 – 1.371) mm	Espinales ralos (0,38 – 0,61)
Restritiva e muito Restritiva	Declividades entre (15% - 45%)	Quarta (4) e Quinta (5) Ordem	(1.371 – 2.255) mm	Bosques com alta intervenção (0,61 – 0,85)
Impeditivas	Alturas ≤ 0 metros Declividades > 45 %	Sexta (6) Ordem	> 2.255 mm	Bosque denso (> 0,85)

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Finalmente realizou-se a classificação dos valores compreendidos entre 0 e 256, resultantes da multiplicação dos quatro (04) níveis de restrição analisados, empregando o método ruptura natural (Jenks) da ferramenta Reclassify do módulo Spatial Analyst Tool disponível no software ArcGIS® 10.1, para discriminar cinco (05) classes de restrições ao movimento blindado (Figura 13) a partir da segmentação dos dados nos pontos de máxima variação entre os valores da amostra (DE SMITH, GOODCHILD, LONGLEY, 2009).

Figura 13 - Valores estabelecidos no histograma de frequência para a classificação dos níveis de restrição ao movimento blindado sobre lagartas na área de estudo.



Fonte: Interface do Usuário no ArcGIS® 10.1 (2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo ocupa uma área de 79.844,92 km², localizados na parte noroeste da República Bolivariana da Venezuela. Suas maiores alturas localizam-se nas cristas dos conjuntos montanhosos que a circundam e definem hidrologicamente, onde por exemplo na Serra de Perijá (parte ocidental) atinge cotas de 3.200 metros, no Paramo de Tamá (parte sul) de 3.320 metros e no pico Bolívar na Cordilheira de Mérida registra-se as maiores altitudes do sistema com cotas que atingem os 4.912 metros.

É importante destacar que os relevos acidentados contrastam com as planícies desenvolvidas nas áreas rebaixadas resultantes dos processos morfogenéticos, que deram origem à bacia durante o levantamento simultâneo dos conjuntos montanhosos e o afundamento da área central, onde as cotas atingem os - 47 metros, resultando em uma amplitude altimétrica de 4.865 metros.

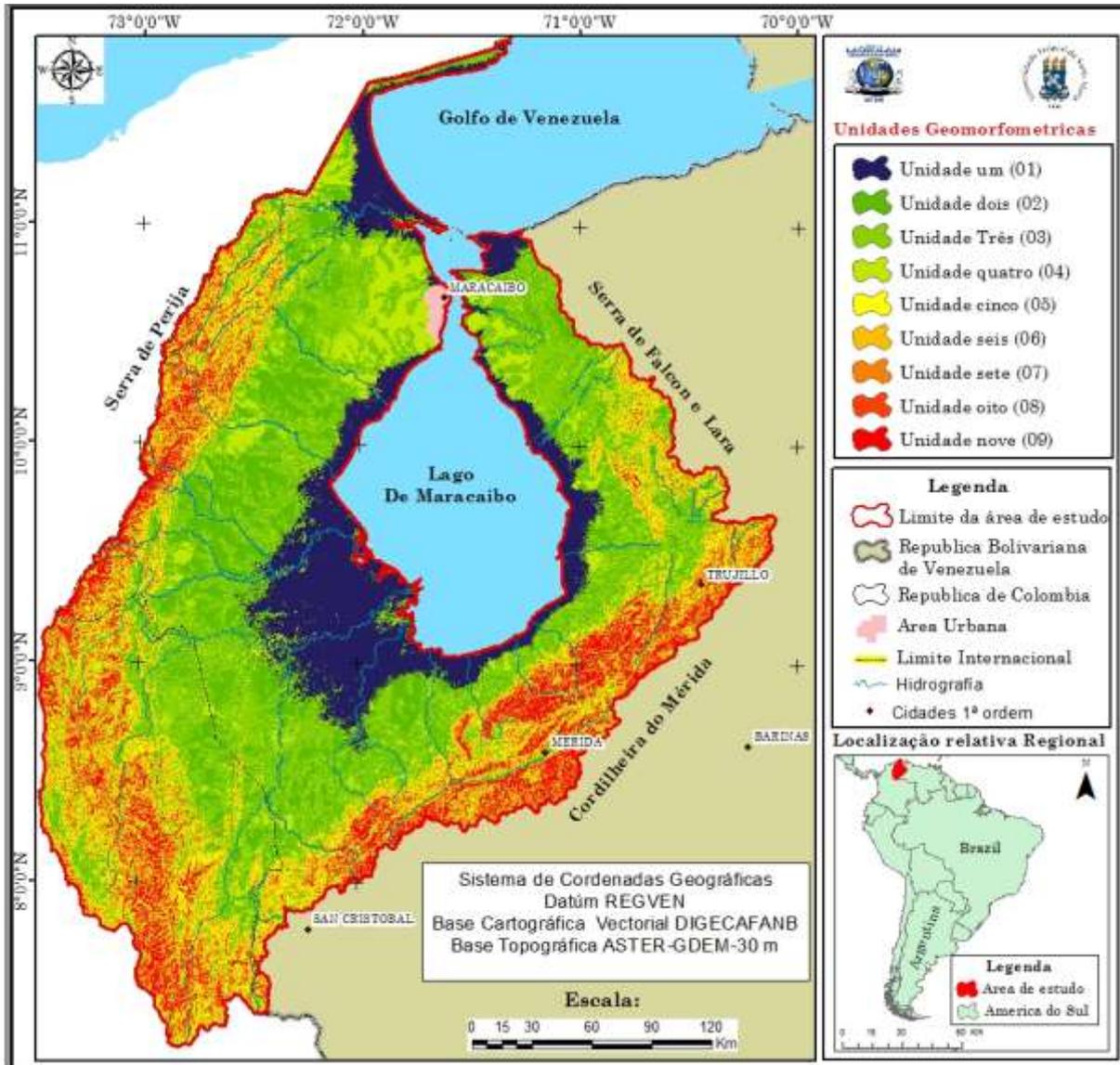
Os processos erosivos principalmente dinamizados pela força do sistema hídrico, atuam para modelar geomorfologicamente a área de estudo, por meio do constante rebaixamento das áreas mais baixas com sedimentos erodidos das zonas montanhosas, provocando tanto o crescimento paulatino da planície aluvial, como a diminuição progressiva das áreas ocupadas pelo Lago de Maracaibo.

Este sistema natural que também evidencia uma forte influência antrópica, tem dado origem a diferentes tipos de solos, hidrografias, microclimas e vegetações, todos com diferentes graus de influência tanto individuais como coletiva frente ao trânsito de unidades blindadas tipo lagarta, as quais foram avaliadas para discriminar e hierarquizar áreas de resistência homogênea ante a esta tecnologia de mobilidade militar.

5.1 RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO DOS BLINDADOS IMPOSTA PELOS SOLOS

A análise do fator solo foi sustentada pela compartimentação geomorfométrica da área de estudo (Figura 14) e empregada como marco cartográfico que permitiu discriminar os diferentes ambientes formadores de solo presentes na bacia e viabilizou a sua posterior hierarquização em cinco níveis de restrição ante a mobilidade dos blindados do tipo lagarta.

Figura 14 - Compartimentação geomorfométrica da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.1.1 Ambientes formadores de Solos Impeditivos

Este nível de restrição é formado pelas áreas onde a mobilidade blindada do tipo lagarta é impossibilitada e, nesse sentido, representam setores cartograficamente delimitados pelas unidades geomorfométricas 01 e 09, onde em condições naturais esta tecnologia de mobilidade militar não pode ser considerada por razões técnicas associadas ao peso e a pressão exercida pelas lagartas sobre o terreno para

conseguir o movimento dos blindados, a qual supera os níveis suportados pelos solos desenvolvidos nestes setores (Tabela 11).

Tabela 11 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos impeditivos.

Unidades Geomorfométricas	Área (km²)	Porcentagem (%)
Unidade 01	10560,69	13,23
Unidade 09	5.743,19	7,19
Total	16.303,88	20,42

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Especificamente, a unidade 01 cobre 10.560,69 km² que representam ao ambiente formador de solo 13,23% do total da área da bacia e demarca setores com alturas menores ou muito próximos à cota de 0 metros, localizados nas margens pantanosas das águas do lago (Figura 15), onde a saturação dos solos localizados próximos ao nível freático e as características granulométricas com predomínio de argilas e limo, descrevem os solos de origem fluvial formados no setor médio e sul da bacia ZU-07 e ZU-10 (Tabela 3) e diminuem sua resistência ao suporte de carga impedindo a mobilidade blindada do tipo lagarta.

Figura 15 - Margens do Lago de Maracaibo na parte noroeste da bacia no setor de Zapara.



Fonte: Barrios Castillo Maria (2012).

Por sua vez, a unidade 09 cobre 5.743,19 km² que representa o ambiente formador de solo com 7,19 % do total da área de estudo e demarca setores localizados nas cristas das montanhas que bordam a área de estudo, onde as declividades superiores a 45% impedem tecnicamente o movimento desta tecnologia militar.

Com base nas informações obtidas, tem-se que os ambientes geomorfométricos formadores de solos impeditivos ocupam em conjunto 16.303,88 km² que representam 20,42% da área total da bacia, onde os solos estão associados predominantemente a pântanos, áreas inundáveis ou setores de montanhas altas, razão pela qual, foram ponderadas com o número zero (00) para sua integração na análise final.

5.1.2 Ambientes formadores de Solos Muito Restritivos

Este nível de restrição está formado pelas áreas onde o movimento blindado do tipo lagarta se vê muito comprometido por empregar ao máximo as capacidades

técnicas desta tecnologia de mobilidade, cujos limites se encontram demarcados cartograficamente pela unidade geomorfométrica 07 (Tabela 12).

Tabela 12 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos muito restritivos.

Unidade	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Unidade 07	2.556,85	3,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Essa unidade é caracterizada por ocupar uma superfície de 2.556,85 km² que representa 3,20% do total da área de estudo, localizados predominantemente nos setores montanhosos, onde as altas declividades compreendidas entre 35% e 45%, intensificam as atividades erosivas desenvolvidas sobre ambientes úmidos com predisposição à acumulação de umidade produzida pelos planos convergentes.

Neste mesmo sentido, na (tabela 3) com o código ZU-05 pode-se constatar que os solos em setores montanhosos apresentam um forte predomínio de areias que são produtos da força do arraste de sedimentos que têm os processos erosivos atuantes nestes setores.

Como resultado desta dinâmica, os solos desenvolvidos neste ambiente formador experimentam uma diminuição drástica em sua resistência ao esforço, conformando áreas propensas a movimentos de massas dinamizados pelas declividades e a acumulação de umidade em setores submetidos a chuvas frequentes, na qual são classificados como muito restritivos e ponderados com o número um (01) para a sua integração na análise final.

5.1.3 Ambientes formadores de Solos Restritivos

Este nível de restrição é formado pelas áreas pertencentes às unidades geomorfométricas 05, 06 e 08 (Tabela 13), que descrevem os setores formadores de solos, onde a mobilidade blindada apesar de ser possível, está sujeita a restrições de diferentes naturezas que foram agrupadas por apresentar parâmetros de homogeneidade relativa associados a um nível de influência média frente a mobilidade blindada sobre lagartas.

Tabela 13 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos restritivos.

Unidade	Área (km²)	Porcentagem (%)
Unidade 05	7.587,97	9,50
Unidade 06	8.956,11	11,22
Unidade 08	2.955,09	3,70
Total	19.499,18	24,42

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Especificamente, a unidade 05 cobre 7.587,97 km² que representa 9,50% do total da área da bacia e demarcam os ambientes formadores de solo localizados em áreas de piedemonte, com declividades intermediárias compreendidas entre 15% e 35%, onde os processos erosivos são dinamizados pela convergência dos fluxos de água gerada em planos convergentes.

Do mesmo modo, a unidade 06 cobre 8.956,11 km² que representa 11,22 % do total da área de estudo, e constituem os setores com melhores prestações para a mobilidade blindada da série restritiva, porque apesar de também estar localizados em áreas de piedemonte com declividades intermediárias compreendidas entre 15% e 35%, seus processos erosivos são atenuados pela dissipação dos fluxos de água, gerada pelos planos divergentes que evitam a acumulação de umidade e aumentam ligeiramente sua estabilidade e resistência ao suporte .

Finalmente, a unidade 08 cobre 2.955,09 km² que representa 3,70% do total da área de estudo e demarca os setores de alta montanha, onde as declividades entre 35% e 45% o predisõem a protagonizar fortes processos erosivos que apesar de ser atenuados pela dissipação dos fluxos de água, produto dos planos divergentes, conformando o ambiente formador de solo com piores condições para o movimento blindado sobre lagartas da série restritiva.

Da análise dos perfis de solo nas áreas de piedemonte e identificados tanto na (Tabela 3) como na figura 09 com os códigos ZU-09, ZU-11 pode-se constatar que principalmente no setor médio e sul da bacia, os processos formadores de solos estão sob a influência predominante das correntes hídricas constituindo ambientes formadores de solos de origem fluvial, onde a distribuição das partículas granulométricas dos solos está regida predominantemente pela dinâmica erosiva da bacia e diante disso, a distribuição das partículas de limo e argila é inversamente

proporcional à diminuição de sua força de arraste por erosão gerada pela diminuição paulatina da declividade em relação à zona de montanha onde predominam as partículas de areia.

Com base nas informações obtidas tem-se que os ambientes geomorfométricos formadores de solos restritivos ocupam 19.499,18 km² que representam 24,42% da área de estudo e estão associados predominantemente a solos localizados em áreas de montanha e de piedemontes, onde a distribuição dos fluxos de água provenientes das chuvas que caracterizam estes setores, classificam seus solos como restritivos, com um valor de dois (02) para sua integração na análise final.

5.1.4 Ambientes formadores de Solos Adequados

Este nível de restrição está formado pelas áreas cartograficamente delimitadas pela unidade geomorfométrica 02, a qual cobre 20.708,02 km² e representa os ambientes formadores de solos com 25,94% da área total da bacia, predominantemente expressivos nas zonas de planície aluvial da bacia hidrográfica (Tabela 14).

Tabela 14 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos adequados.

Unidade	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Unidade 02	20.708,02	25,94

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

As declividades inferiores a 15% que caracterizam este ambiente geomorfométrico atenuam a intensidade dos processos erosivos favorecendo a estabilidade dos solos ante ao suporte de blindados; no entanto, esta capacidade é diminuída pela suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos formadores de sulcos e ravinas, dinamizados pela convergência dos fluxos de água próprios dos planos convergentes (Figura 16), no qual, apesar de não representar um obstáculo considerável para este tipo de mobilidade militar, diminuem sua eficiência operativa, razão pela qual são classificados como adequados e ponderados com o valor três (03) para sua integração na análise final.

Figura 16 - Planos convergentes em ambiente formador de solos adequados do município de Guajira no norte da área de estudo.



Fonte: Telesur (2015).

5.1.5 Ambientes formadores de Solos Ótimos

Este nível de restrição reúne os solos com maiores aptidões para o movimento blindado do tipo lagarta, delimitados cartograficamente pelas unidades geomorfométricas 03 e 04 (Tabela 15), as quais foram agrupadas por apresentar graus de homogeneidade ótimos ante a este tipo de tecnologia, que classifica a mobilidade nestes setores como de máxima eficiência.

Tabela 15 - Áreas e respectivas porcentagens dos ambientes formadores de solos ótimos.

Unidade	Área (km²)	Porcentagem (%)
Unidade 03	10.479,68	13,13
Unidade 04	10.297,36	12,90
Total	20.777,05	26,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Em particular, a unidade 03 cobre 10.479,68 km² que representam o ambiente formador de solo com 13,13% do total da área da bacia e demarca setores da planície aluvial com declividades inferiores a 15%, onde a dispersão dos fluxos de água que caracterizam os planos divergentes e o aumento da força de arraste dos rios provocada pelos perfis côncavos favorecem a presença de solos secos e compostos de granulometria mais grossa da planície aluvial, conformando os solos mais adequados para esta tecnologia de mobilidade da série ótima.

Por sua vez, a unidade geomorfométrica 04 demarca cartograficamente setores secos (planos divergentes), representados pela Figura 17, da planície aluvial também com declividades inferiores a 15% que cobrem 10.297,36 km² e representam os ambientes formadores de solos com 12,90% do total da área da bacia, mas com partículas de areia e limo mais finas com relação às amostras encontradas na unidade 03, produto da diminuição da força erosiva dos rios presentes em perfis convexos dos solos de origem fluvial localizados predominantemente nas áreas próximas ao centro da bacia.

Figura 17 - Plano divergentes no ambiente formador de solos adequados- município Mara.



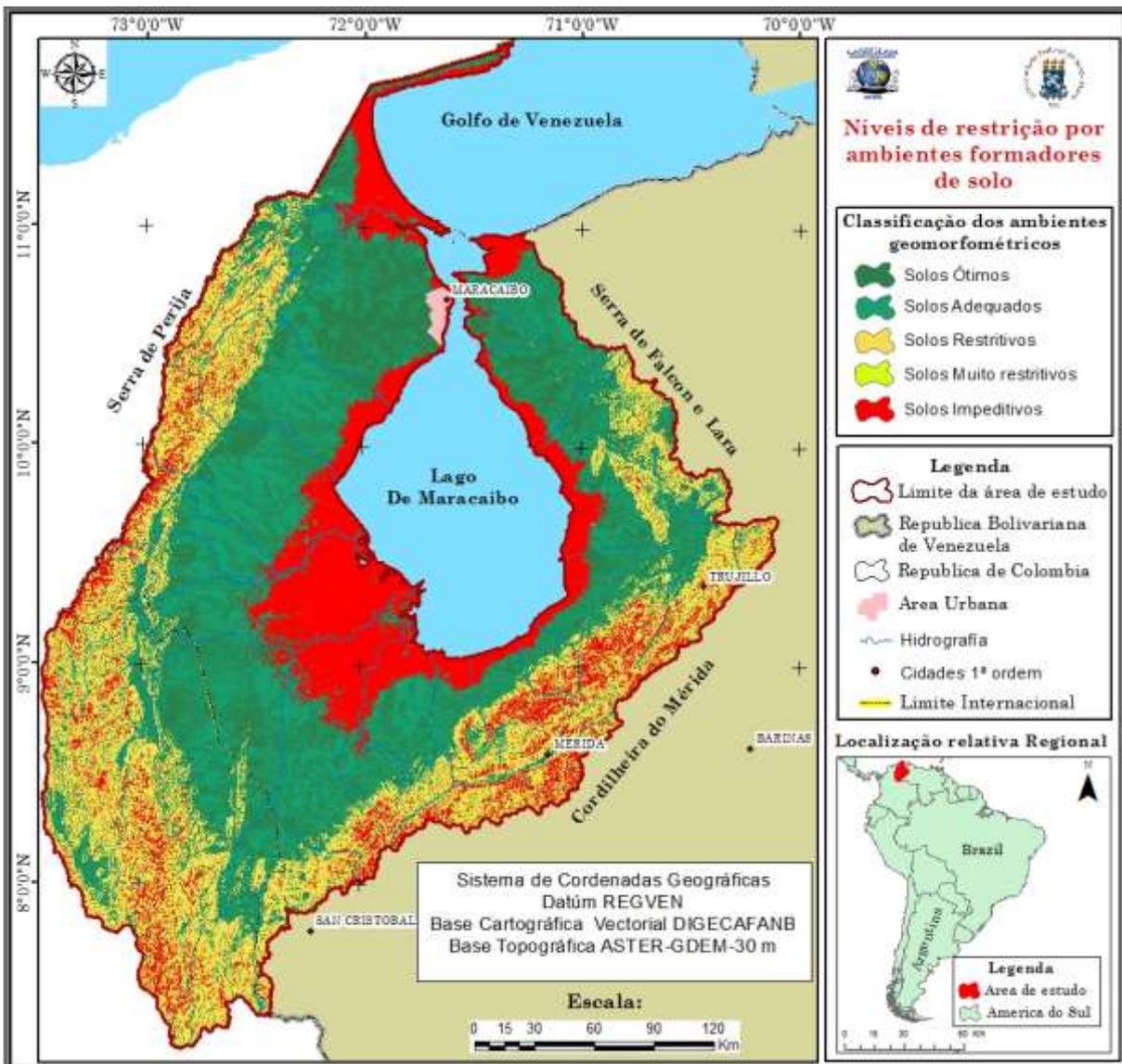
Fonte: Telesur (2015).

Com base nas informações obtidas, tem-se que os ambientes geomorfométricos formadores de solos ótimos ocupam 20.777,05 km², que representa 26,02% da área de estudo, sendo mais expressivas e consistentes na porção norte da bacia hidrográfica, onde se localizam os solos mais antigos do sistema desenvolvidos in situ, com as melhores condições para permitir a mobilidade blindada

sobre lagarta pela presença de solos secos conformados em sua capa superficial por areias e, nesse sentido, os veículos blindados do tipo lagarta utilizados neste setor atingem seus máximos níveis de eficiência operativa, razão pela qual foram considerados com o máximo valor (04) para sua integração na análise final.

A Figura 18 mostra o mapa de distribuição dos ambientes geomorfométricos formadores de solos classificados por níveis de resistências homogêneas ante o movimento de unidades blindadas tipo lagartas.

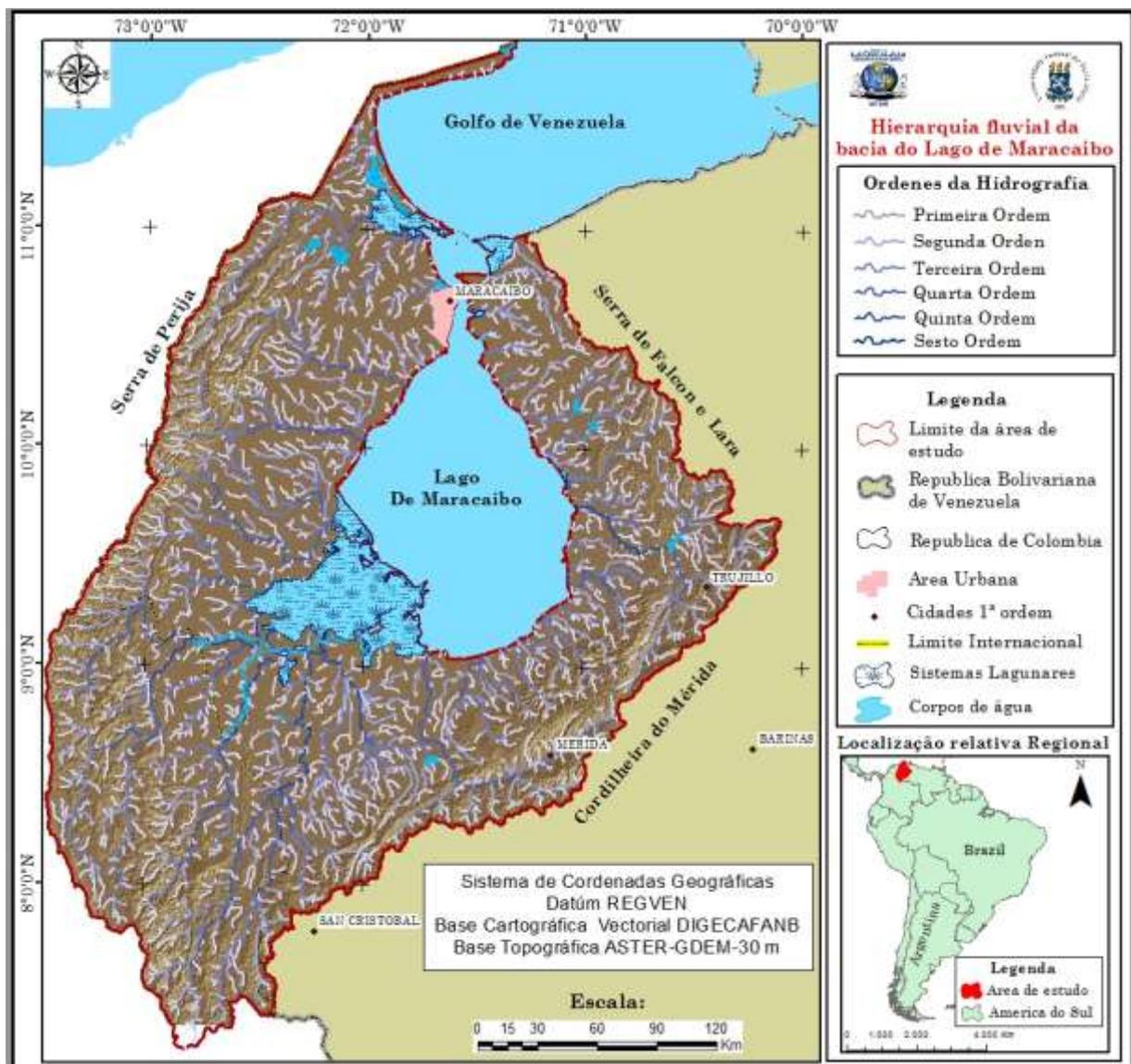
Figura 18 - Níveis de restrição ao movimento blindado por ambientes geomorfométricos formadores de solos.



5.2 RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO BLINDADO IMPOSTO PELA HIDROGRAFIA

A hidrografia é fortemente influenciada pela tectônica e a distribuição espacial que adquirem as chuvas dentro do sistema natural da bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo. Ela recebe com grande dinamismo nas bacias altas e média dos rios, fortes e intensas precipitações que repercutem na formação de um regime hídrico integrado por 7.736 cursos de água que somam 17.793,16 km de longitude com deslocamento centrípeto para a parte mais baixa da depressão. (Figura 19).

Figura 19 – Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Estas correntes hídricas, durante seu percurso até as águas do Lago de Maracaibo, proporcionam ao longo da ampla planície aluvial diferentes graus de resistência ante a mobilidade blindada sobre lagartas, na qual descreve uma relação diretamente proporcional com a força erosiva e de arraste do volume dos rios classificados conforme a suas ordens em hidrografia ótima, adequada, restritiva, muito restritiva e impeditiva (Tabela 16).

Tabela 16 - Classificação da rede hidrográfica em relação a seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.

Classificação por (Ordem)	Número de rios	Comprimento (km)	Porcentagem (%)
HIDROGRAFIA ÓTIMA (Ordem 1)	4139	8.814,88	49,54
HIDROGRAFIA ÓTIMA (Ordem 2)	1899	4.542,86	25,53
HIDROGRAFIA ÓTIMA (Total)	6.038	13.357,74	75,07
HIDROGRAFIA ADEQUADA (Ordem 3)	974	2.548,62	14,32
HIDROGRAFIA RESTRITIVA (Ordem 4)	481	1.262,59	7,10
HIDROGRAFIA MUITO RESTRITIVA (Ordem 5)	228	561,59	3,16
HIDROGRAFIA IMPEDITIVA (Ordem 6)	15	62,63	0,35
Total	7.736	17.793,16	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.2.1 Hidrografia Ótima

Este nível de restrição está formado por 6.038 correntes de rios de primeira e segunda ordem, que somam dentro da área de estudo 13.357,74 km de extensão que representam 75,07% do total da rede hidrográfica da bacia, sobre as quais os blindados do tipo lagarta podem transitar sem nenhum tipo de dificuldade que repercute em sua efetividade operacional; razão pelo qual são ponderados com o número quatro (04) para sua integração na análise final.

5.2.2 Hidrografia Adequada

Este nível de restrição está formado por 974 correntes de rios de terceira ordem, que somam dentro da área de estudo 2.548,62 km de extensão que representam 14,32% do total da rede hidrográfica da bacia, na qual os blindados do tipo lagarta podem transitar empregando suas capacidades técnicas para superar obstáculos de natureza hídrica, com um nível de resistência ponderado com o número três (03) para a sua integração na análise final (Figura 20).

Figura 20 - Hidrografia adequada no município Mara do estado Zulia.



Fonte: Telesur (2015).

5.2.3 Hidrografia Restritiva

Este nível de restrição está formado por 481 canais de rios de quarta ordem, que somam dentro da área de estudo 1.262,59 km de extensão representando 7,10% do total da rede hidrográfica da bacia; na qual os blindados do tipo lagarta podem transitar empregando as capacidades técnicas de mobilidade, especialmente desenvolvida para superar este tipo de obstáculos naturais, em um grau conceituado como médio, que apresenta níveis de influência negativos em sua eficiência operativa

e velocidade de deslocamento, que deve ser considerado durante o planejamento e execução de operações militares com este tipo de unidades, razão pela qual são ponderadas com o número dois (02) para a sua integração na análise final.

5.2.4 Hidrografia Muito Restritiva

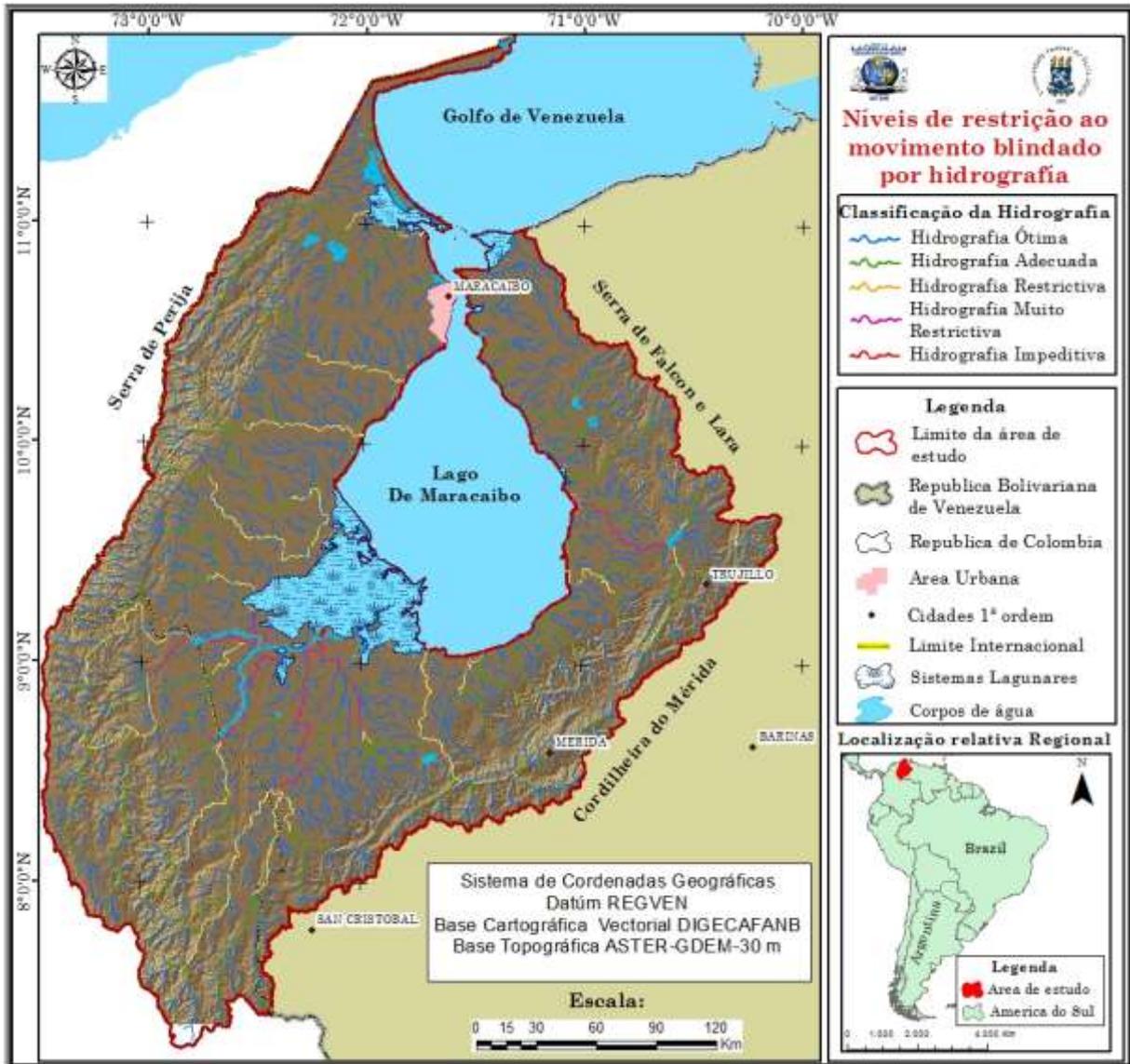
Este nível de restrição está formado por 228 correntes de rios de quinta ordem, que somam dentro da área de estudo 561,59 km de extensão que representam 3,16% do total da rede hidrográfica da bacia, na qual os blindados do tipo lagarta podem transitar empregando ao máximo as capacidades técnicas especialmente desenvolvida por este tipo de tecnologia de mobilidade militar para superar obstáculos de natureza hídrica, mas apresentando fortes graus de resistência ao movimento que afetam a efetividade combatente tanto defensiva como ofensiva destas unidades de combate terrestre, razão pela qual a superação deste tipo de obstáculos será considerada em caso de extrema necessidade operacional. Com base nisso, os rios como o Motantan, Socuavo e Lora, foram ponderadas com o número um (01) para a sua integração na análise final.

5.2.5 Hidrografia Impeditiva

Este nível de restrição está formado por 15 rios de sexta ordem, que somam dentro da área de estudo 62,63 km de extensão que representam 0,35% do total da rede hidrográfica da bacia, na qual os blindados do tipo lagarta em condições naturais (sem apoio de engenharia militar) não podem transitar por razões associadas a suas características de construção de peso e engenharia. Isso ocorre em razão de que essas formas de hidrografia constituem obstáculos naturais ante esta tecnologia de mobilidade militar pelo qual rios como o Catatumbo e Zulia, são ponderadas com o número zero (00) para a sua integração na análise final.

A Figura 21 mostra o mapa de distribuição dos diferentes tipos de resistências hídricas agrupadas por parâmetros de homogeneidade ante o movimento blindado sobre lagarta.

Figura 21 - Níveis de restrição ao movimento blindado por hidrografia.



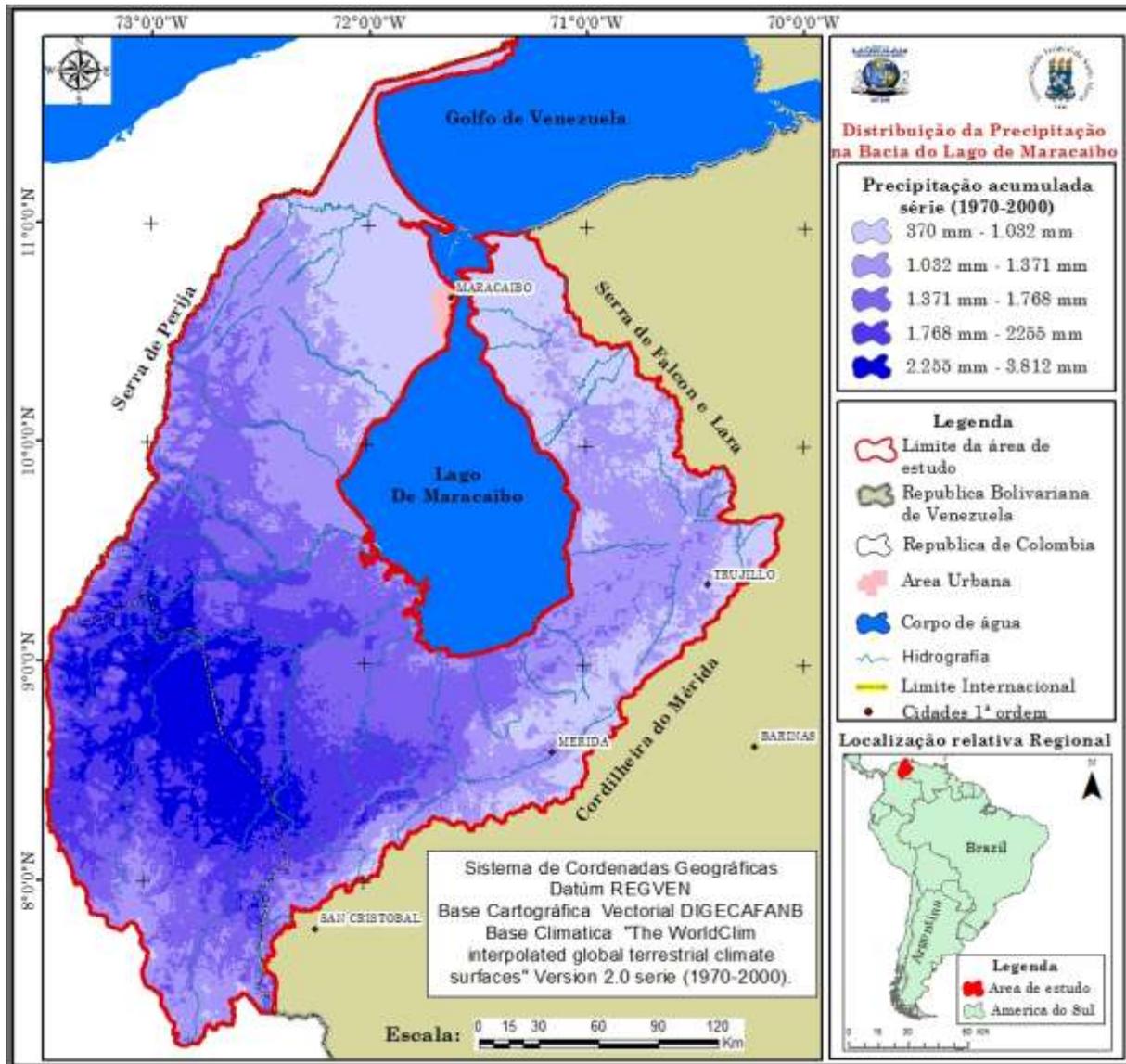
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.3 RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO BLINDADO IMPOSTO PELA PRECIPITAÇÃO

A distribuição espacial das chuvas dentro da área de estudo foi espacializada a partir dos dados de precipitação acumulada da série (1970-2000) de *The "World Clim interpolated global terrestrial climate surfaces. Version 2.0."*, com os quais se calculou uma diferença pluviométrica acumulada de 3.442 mm que incrementa de norte a sul e desde o centro do lago até as áreas de montanhas, descrevendo grandes variações locais que evidencia sua origem fisiográfica fortemente influenciada pela

circulação dos ventos, a massa de água do lago, a evaporação e a umidade relativa que apresenta o sistema natural (Figura 22).

Figura 22 - Precipitação acumulada da Bacia Hidrográfica do Lago de Maracaibo série (1970-2000).



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

As informações pluviométricas foram agrupadas por parâmetros de homogeneidade para discriminar cinco áreas com diferentes graus de exposição à ocorrência de precipitações conceituadas como um fenômeno climático que modifica drasticamente a transição blindada sobre lagartas (Tabela 17).

Tabela 17 - Classificação da pluviosidade em relação a seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.

Classificação	Intervalo (mm)	Área (km²)	Porcentagem (%)
PRECIPITAÇÃO ÓTIMA	Inferior a 1.032	17.776,24	22,26
PRECIPITAÇÃO ADEQUADA	Entre 1.032 e 1.371	22.943,33	28,73
PRECIPITAÇÃO RESTRITIVA	Entre 1.371 e 1.768	17.996,86	22,54
PRECIPITAÇÃO MUITO RESTRITIVA	Entre 1.768 e 2.255	13.181,54	16,51
PRECIPITAÇÃO IMPEDITIVA	Entre 2.255 e 3.812	7.946,96	9,95
Total	-	79.844,92	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.3.1 Precipitação Ótima

Este nível de restrição está conformado pelas áreas com precipitações acumuladas inferiores aos 1.032 mm, que cobrem 17.776,24 km² que representam 22,26% do total da área de estudo e se encontram predominantemente localizados na parte norte da bacia hidrográfica, com ênfase em sua porção ocidental, onde o clima desértico limita a ocorrência de precipitações favorecendo ao máximo a mobilidade blindada sobre lagartas neste setor caracterizados por apresentar solos arenosos, razão pela qual foram ponderados com o valor de quatro (04) para sua integração na análise final.

5.3.2 Precipitação Adequada

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam uma faixa de precipitação acumulada compreendida entre os 1.032 mm até os 1.371 mm, que correspondem a 22.943,33 km² que constituem 28,73% do total da área de estudo. Nestes setores, predominantemente localizados na planície aluvial da parte média da bacia e em menor proporção no piedemonte da Serra de Perijá ao noroeste da área de estudo, as faixas de precipitação afetam a mobilidade blindada em uma faixa

conceituada como baixo, razão pela qual são ponderados com um valor de três (03) para sua integração na análise final.

5.3.3 Precipitação Restritiva

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam uma faixa de precipitação acumulada compreendida desde os 1.371 mm até os 1.768 mm, correspondendo a 17.996,86 km² que representam 22,54% do total da área de estudo. Nestes setores predominantemente localizados na planície aluvial da parte sul da bacia hidrográfica, com ênfase em sua porção ocidental e em menor proporção na parte da montanha da Serra de Perijá ao oeste da área de estudo, o fator precipitação afeta a mobilidade blindada numa faixa conceituada como médio e diante disso, é ponderado com o valor de dois (02) para a sua integração na análise final.

5.3.4 Precipitação Muito Restritiva

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam uma faixa de precipitação acumulada compreendida desde os 1.768 mm até os 2.255 mm, que correspondem a 13.181,54 km², representando 16,51% do total da área de estudo. Nestes setores predominantemente localizados na parte sul ocidental da bacia hidrográfica, os efeitos das chuvas constantes ocasionam frequentes inundações que, somadas às características dos solos ricos em argila e limo localizados neste setor, restringem a mobilidade blindada sobre lagartas numa faixa conceituada como de dificuldade máxima, razão pela qual são ponderados com o valor de um (01) para sua integração na análise final (Figura 23).

Figura 23 - Área muito restritiva por precipitação ao sul do Lago de Maracaibo.



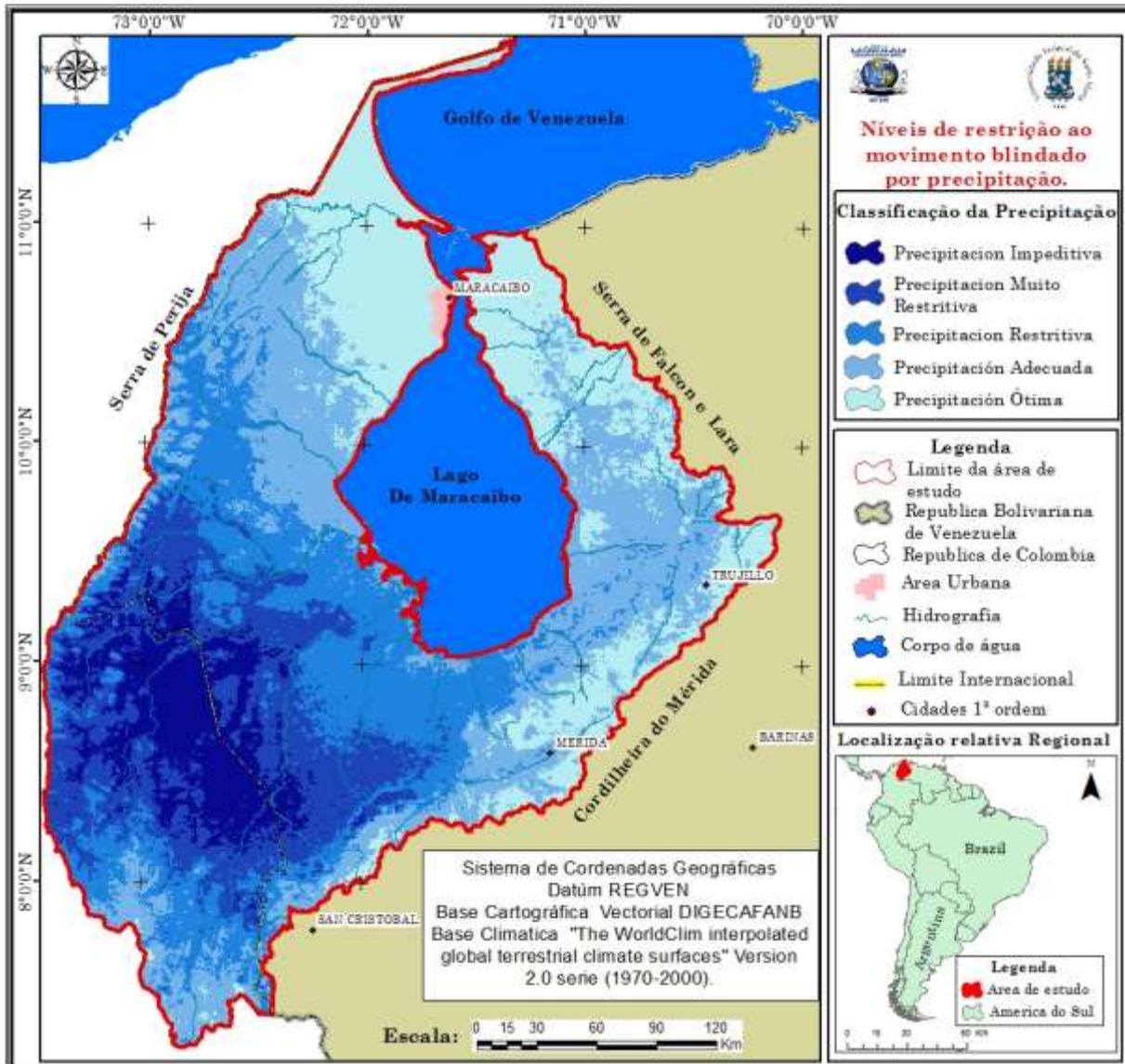
Fonte: Periódico “O Sul do Lago” (19 de junho de 2017).

5.3.5 Precipitação Impeditiva

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam a maior faixa de precipitação acumulada de todo o sistema natural bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo, compreendido desde os 2.255 mm até os 3.812 mm, que correspondem a 7.946,96 km² que representam 9,95% do total da área de estudo. Nestes setores predominantemente localizados na alta montanha do sul e oeste da bacia, os efeitos modificadores da transição gerados pelas chuvas, restringem a mobilidade blindada sobre lagartas, e diante disso, são ponderadas com o valor de zero (00) para a sua integração na análise final.

A Figura 24 mostra o mapa de distribuição dos diferentes tipos de resistências ante o movimento blindado sobre lagarta imposto pela precipitação da área de estudo.

Figura 24 - Níveis de restrição ao movimento blindado por precipitação.

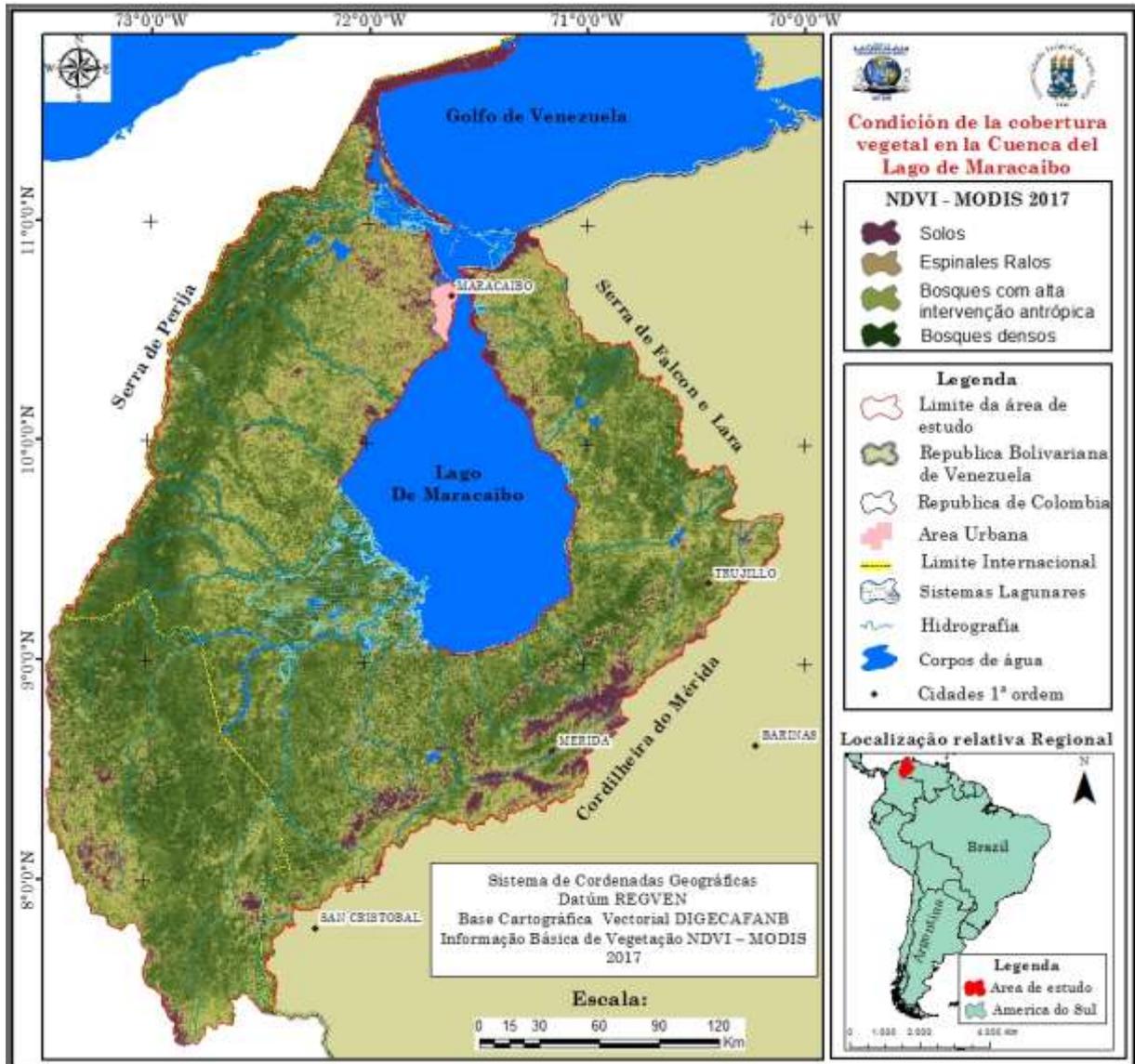


Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.4 RESTRIÇÃO AO MOVIMENTO BLINDADO IMPOSTO PELA VEGETAÇÃO

Empregando o NDVI extraído das imagens MODIS a partir da avaliação dos valores de reflexão espectral adquiridos na região do vermelho e do infravermelho próximo das imagens captadas na área de estudo durante o ano 2017, permitiu-se discriminar áreas com diferentes quantidade, qualidade e desenvolvimento de vegetação (Figura 25).

Figura 25 - Condição da cobertura vegetal na área de estudo no ano de 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A partir desta informação básica e atualizada da cobertura vegetal realizou-se a classificação e hierarquização dos cinco níveis de influência por vegetação presente ao área de estudo, ante a mobilidade blindada sobre lagartas, na qual coincidiu tanto com o conhecimento pré-existente como com a informação adquirida durante a etapa compilatória e demonstrou o alto grau de eficiência do NDVI para atualizar informação referente a vegetação, conformando-se como uma valiosa ferramenta na monitorização do dinamismo de coberturas vegetais e suas relações com as atividades antrópicas (Tabela 17).

Tabela 18 - Classificação da vegetação em relação a seus graus de influência ante a mobilidade blindada sobre lagartas.

Classificação	Intervalo NDVI	Área (km²)	Porcentagem (%)
VEGETAÇÃO ÓTIMA	< 0,38	12.583,41	15,76
VEGETAÇÃO ADEQUADA	0,38 - 0,61	5.157,42	6,46
VEGETAÇÃO RESTRITIVA	0,61 - 0,75	27.055,77	33,89
VEGETAÇÃO MUITO RESTRITIVA	0,75 - 0,85	2.031,64	2,54
VEGETAÇÃO IMPEDITIVA	0,85 - 1	33.016,23	41,35
Total	-	79.844,48	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.4.1 Vegetação Ótima

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam os menores valores de NDVI-MODIS (< 0,38), correspondendo a 12.583,41 km² que representam 15,76 % do total da área de estudo e se encontram predominantemente localizados na parte noroeste da bacia hidrográfica, onde as intensas atividades antrópicas praticamente substituíram a cobertura vegetal natural de origem desértica por escassa vegetação rala e a predominância de solos nus, que facilitam ao máximo a mobilidade blindada sobre lagartas, razão pela qual estes setores foram ponderados com o valor de quatro (04) para sua integração na análise final (Figura 26).

Figura 26 - Vegetação desértica com alto grau de intervenção antrópica na seção norte ocidental da área de estudo - município Guajira.



Fonte: Telesur (2015).

5.4.2 Vegetação Adequada

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam uma faixa de valores de NDVI compreendido entre 0,38 - 0,61, correspondendo a 5.157,42 km² que representam 6,46% do total da área de estudo. Nestes setores expressivamente localizados na parte norte da planície aluvial da bacia, as características da vegetação que exhibe misturas entre o verde e a aridez afetam a mobilidade blindada numa faixa conceituada como baixo e nesse sentido, é ponderado com o valor de três (03) para a sua integração na análise final (Figura 27).

Figura 27 - Vegetação Adequada na porção norte da bacia.



Fonte: Telesur (2015).

5.4.3 Vegetação Restritiva

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam uma faixa em seu valor de NDVI compreendido entre 0,61 - 0,75, correspondendo a 27.055,77 km² que representam 33,89% do total da área de estudo. Nestes setores predominantemente localizados no piedemonte da bacia hidrográfica com ênfase em sua porção central, as características da vegetação afetam a mobilidade blindada numa faixa conceituada como médio e nesse sentido é ponderado com o valor de dois (02) em sua análise integrada final.

5.4.4 Vegetação Muito Restritiva

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam uma faixa em seu valor de NDVI compreendido entre 0,75 - 0,85, que correspondem a 2.031,64 km² e representam 2,54% do total da área de estudo. Nestes setores predominantemente localizados nas áreas de difícil acesso por apresentar constantes inundações, os efeitos de resistência ao trânsito produzidos pela vegetação de ambientes alagados e pantanosos atuam numa faixa conceituada como de máxima

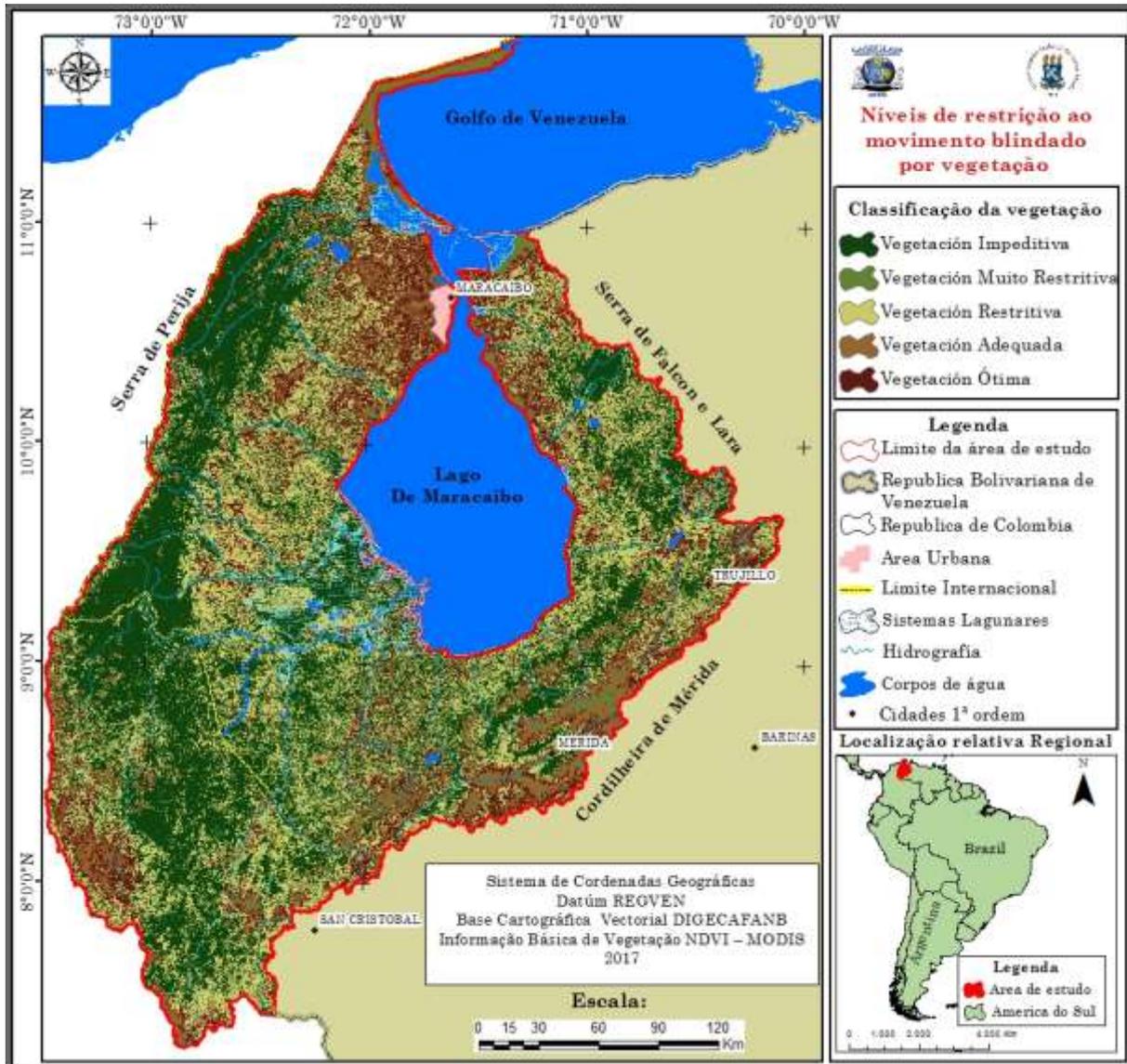
resistência ao movimento e com isso, é ponderado com o valor de um (01) para a sua integração na análise final.

5.4.5 Vegetação Impeditiva

Este nível de restrição está conformado pelas áreas que apresentam a maior faixa em seu valor de NDVI da bacia compreendido entre 0,85 – 1, que correspondem a 33.016,23 km² e representam 41,35% do total da área de estudo. Nestes setores predominantemente localizados no bosque de alta montanha que circunda a área de estudo, nos bosques de galeria da parte central e na área alagada do sul da bacia hidrográfica, os efeitos modificadores da transitabilidade gerados pela vegetação restringem a mobilidade blindada sobre lagartas em condições naturais (sem apoio de engenharia militar) e, nesse sentido, foram ponderadas com o valor de zero (00) para a sua integração na análise final.

A Figura 28 mostra o mapa de distribuição dos diferentes tipos de níveis de resistências ante o movimento blindado sobre lagarta imposto pela vegetação da área de estudo.

Figura 28 - Níveis de restrição ao movimento blindado por vegetação.



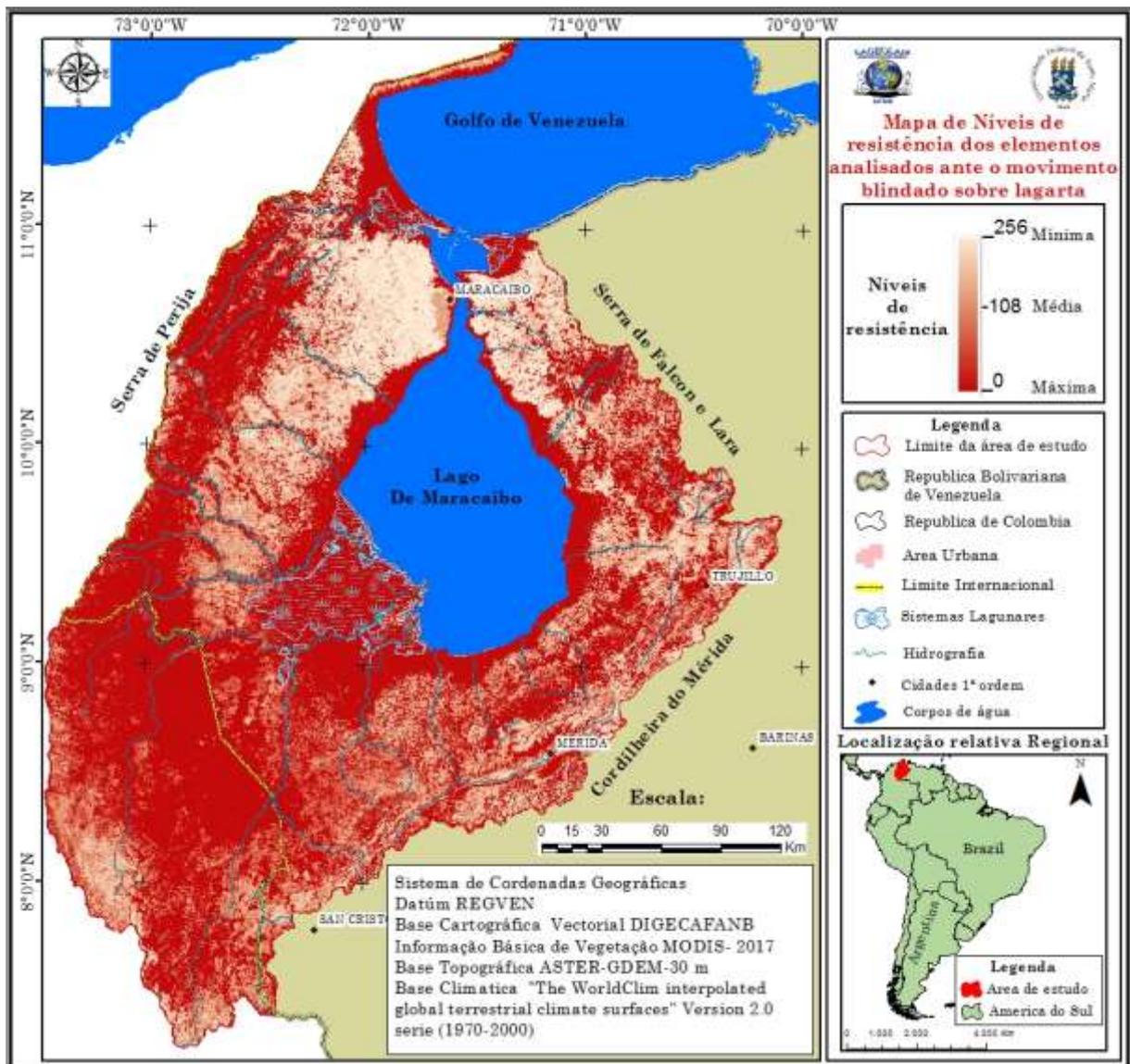
Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.5 ANÁLISE INTEGRADA FINAL DE MOBILIDADE BLINDADA SOBRE LAGARTAS A PARTIR DOS ELEMENTOS ANALISADOS

Por meio da operação matemática de multiplicação das quatro capas raster de restrição ao movimento blindado analisadas (ambiente geomorfométrico formador de Solo, Hidrografia, Precipitação e Vegetação), gerou-se o mapa de restrição ao movimento blindado sobre lagartas da bacia do Lago de Maracaibo, onde foram hierarquizados os níveis de resistência empregando a ferramenta cartográfica de hierarquização por escala de cores associando as intensidades da cor vermelho aos

valores compreendidos entre 0 e 256, resultantes do processo de multiplicação; onde as áreas próximas a 0 que representam os setores com maior grau de resistência foram associadas aos tons escuros, enquanto as próximas ao valor de 256 que representam os setores adequados, foram associados aos tons claros (Figura 29).

Figura 29 - Mapa dos níveis de resistência dos elementos analisados ante o movimento blindado sobre lagarta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Finalmente, por meio do agrupamento por níveis de homogeneidade ante a mobilidade blindada sobre lagartas, foram discriminadas as cinco classes de restrições presentes na área de estudo (Tabela 19).

Tabela 19 - Classificação dos níveis de restrição ao movimento blindado sobre lagartas na bacia do Lago de Maracaibo.

Classificação	Intervalo	Área (km²)	Porcentagem (%)
ÁREAS ÓTIMAS	< 36	5.223,81	6,54
ÁREAS ADEQUADAS	36 - 72	5.006,79	6,27
ÁREAS RESTRITIVAS	72 - 108	5.829,57	7,30
ÁREAS MUITO RESTRITIVAS	108 - 144	11.302,89	14,16
ÁREAS IMPEDITIVAS	144 - 256	52.481,87	65,73
Total	-	79.844,92	100,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.5.1 Áreas Ótimas

A mobilidade blindada sobre lagartas atinge seus maiores graus de eficiência operativa na parte norte da bacia hidrográfica, onde as relações sistêmicas estabelecidas entre os solos, a hidrografia, a precipitação e a vegetação fortemente influenciada pela ação antrópica, geraram a conformação de uma área de operação com 5.223,81 km² onde ocorre predominantemente declividades menores que 15% com planos divergentes, a hidrografia apresenta hierarquias de primeira e segunda ordem, a exposição a ocorrência de precipitação atinge um acumulado menor que 1.032 mm e a presença de vegetação com NDVI < 0,38, reúne um conjunto das melhores áreas para o emprego desta tecnologia de mobilidade militar. (Figura 30).

Figura 30 - Área ótima para o deslocamento dos blindados do tipo lagarta no município de Guajira.



Fonte: Telesur (2015).

5.5.2 Áreas Adequadas

Representa setores de 5.006,79 km² localizados na parte norte da área de estudo próximas às áreas ótimas, onde as declividades < 15% com planos convergentes, a presença de hidrografia de terceira ordem, a exposição à precipitações acumuladas entre (1.032 – 1.371) mm e a presença de vegetação com NDVI compreendidos entre a faixa de (0,38 – 0,61) geram de forma individual o conjunto de conformação de setores que apesar de não constituir uns obstáculos consideráveis para esta tecnologia de mobilidade, repercute na eficiência dos deslocamentos pelo qual devem ser consideradas para estudos mais detalhados que permitam gerar conhecimento espacial que possam ser vinculado com atividades de adestramento e familiarização para permitir o uso eficiente das capacidades do deslocamento dos blindados do tipo lagarta em frente a este tipo de terrenos e converter suas condições particulares em vantagens durante o exercício do combate terrestre (Figura 31).

Figura 31 - Área adequada para o deslocamento de blindados do tipo lagarta.



Fonte: Milton Abreu (2012).

5.5.3 Áreas Restritiva e Muito Restritiva

Constituem setores de 17.132,46 km² que representam 21,46% do total da área da bacia, localizados predominantemente nos setores de piedemonte que circunda a planície aluvial, onde o predomínio de declividades compreendidas entre 15% - 45%, a presença de correntes hídricas de quarta e quinta ordem, a exposição a precipitações acumuladas entre (1.371 – 2.255) mm e a presença de cobertura vegetal com NDVI entre (0,61 – 0,85) geram de forma individual um conjunto de conformação de setores onde a mobilidade de unidades blindadas sobre lagartas se vê notavelmente limitada comprometendo a eficiência operativa deste tipo de tecnologia militar (Tabela 19).

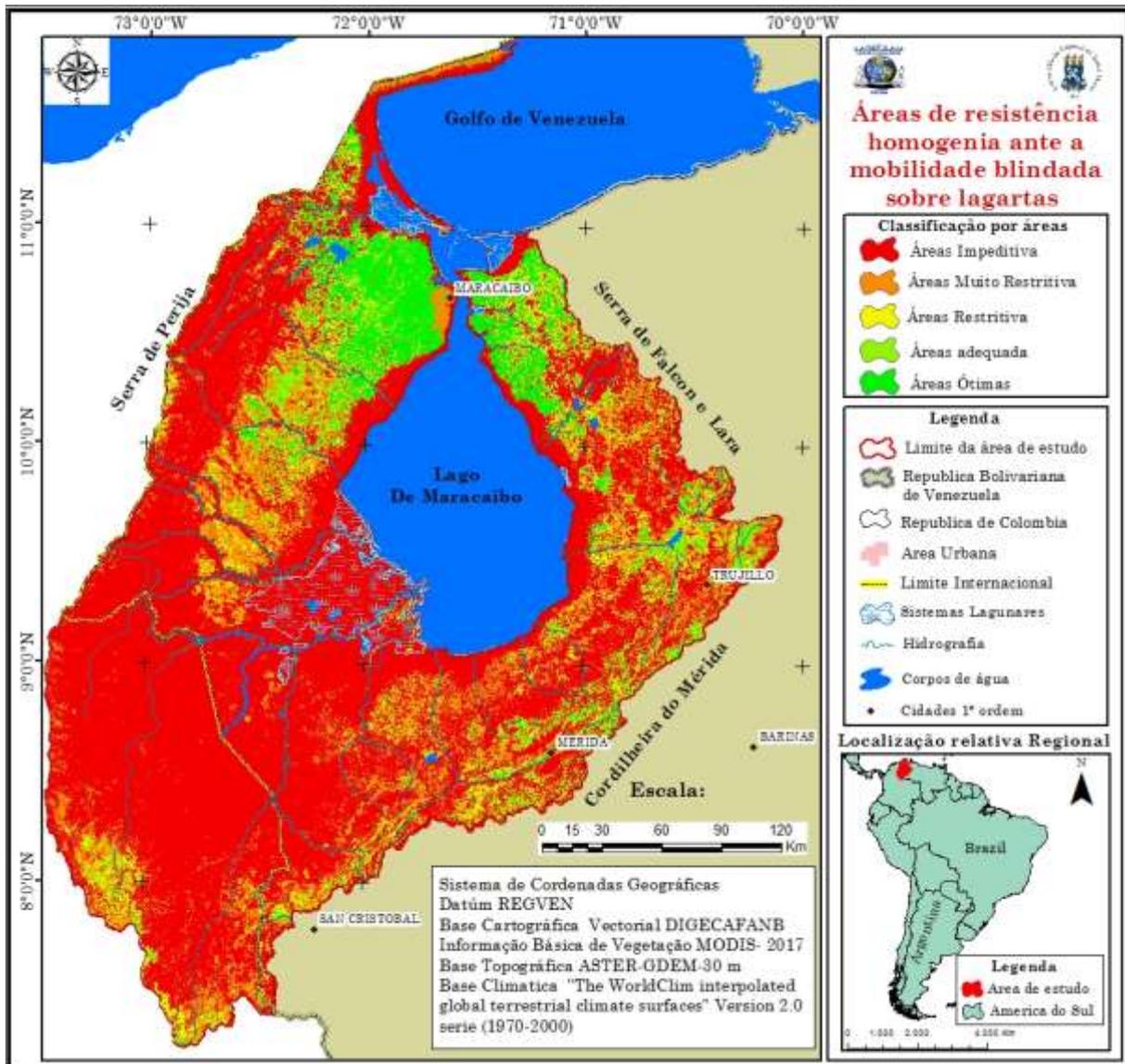
5.5.4 Áreas Impeditivas

Constitui setores que representam 65,73% da área total da bacia hidrográfica, onde: as alturas ≤ 0 metros, as declividades $> 45\%$, a presença de correntes hídricas

de sexta ordem, a exposição a precipitações acumuladas > 2.255 mm a existência de coberturas vegetais com NDVI > 0,85 atuando de forma individual e em conjunto forma setores onde a mobilidade blindada sobre lagartas em sua condição natural (sem apoio de engenharia militar) não pode ser empregue devido as limitações técnicas de construção associadas ao peso e capacidade máxima de superar: declividades, cursos de água, densidades arborizadas e para transitar sobre determinados tipos de solos. Os quais, se encontram principalmente localizados nas áreas de subsidência que margeiam ao Lago de Maracaibo com ênfase em sua parte media e sul onde a proximidade ao nível freático gera a saturação dos solos argilosos afetando a sua capacidade de resistência à deslocação de unidades blindadas, os setores que circundam as correntes hídricas de quarta, quinta e sexta ordem, bem como também os setores de altas montanhas onde as declividades superiores a 45% supera as capacidades técnicas de construção dos blindados.

A Figura 32 representa o mapa de classificação dos elementos analisados por áreas de resistência homogêneas ante a mobilidade blindada sobre lagartas da bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo.

Figura 32 - Áreas de resistência homogêneas ante a mobilidade blindada sobre lagartas na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

A Tabela 20 representa a síntese dos parâmetros considerados para a classificação das áreas de resistência homogêneas da mobilidade blindada sobre lagarta na bacia hidrográfica do Lago de Maracaibo.

Tabela 20 - Quadro síntese dos parâmetros conceituados para a classificação da área de estudo.

Áreas	Ambientes formadores de solos	Hidrografia ordem	Precipitação acumulada	Vegetação NDVI
Ótimas	Declividades < 15% com planos divergentes	Primeira 1 e segunda 2 Ordem	< 1.032 mm	Solos (< 0,38)
Adequadas	Declividades < 15% com planos convergentes	Terceira (3) Ordem	(1.032 – 1.371) mm	Espinales ralos (0,38 – 0,61)
Restritiva e muito Restritiva	Declividades entre (15% - 45%)	Quarta (4) e Quinta (5) Ordem	(1.371 – 2.255) mm	Bosques com alta intervenção (0,61 – 0,85)
Impeditivas	Alturas ≤ 0 metros Declividades > 45 %	Sexta (6) Ordem	> 2.255 mm	Bosques densos (> 0,85)

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível estabelecer relações sistêmicas entre a compartimentação geomorfométrica e outras características do meio físico (substrato geológico, clima e hidrografia) e diferenciar setores com diferentes ambientes para a formação de solos, implantação de determinados tipos de vegetação, etc.; além disso, a partir deste entendimento, considera-se que é possível o planejamento e ordenamento do território para diversos fins, como por exemplo na sua utilização para fins de defesa territorial com a definição de mobilidade militar, tal como foi proposto na presente pesquisa.

Foram abordados os fatores do relevo indicando ambientes formadores de solo, hidrografia, vegetação e precipitação ante a mobilidade blindada sobre lagartas em uma escala de análise regional. Na procura do conhecimento geográfico geral sobre as relações sistêmicas existentes entre as características físico-naturais desta área de operação e seus níveis de influência ante as ações antrópicas de segurança e defesa que empregam esta tecnologia de mobilidade militar, que servirão de base científica para a realização de trabalhos com maiores níveis de detalhes que considerem além dos elementos propostos outras variáveis associadas à análise geográfica militar em escalas táticas; onde a formação acadêmica e a experiência in situ do oficial especialista em geografia tem um papel crucial não só na identificação destas variáveis de índole espacial, mas também na atribuição de seus respectivos pesos e níveis de influência.

A análise geográfica realizada permitiu espacializar a escala regional os diferentes níveis de atitude ante a transitabilidade sobre lagarta presentes na área de estudo, bem como evidenciar as relações existentes entre os fatores e processos físico-naturais avaliados. Entre os quais merece especial destaque as variações na dinâmica erosiva influenciada pela pluviosidade, altura, declividade e a umidade. As quais permitiram hierarquizar a parte norte ocidental da bacia hidrográfica do lago de Maracaibo como o setor com as melhores atitudes para o emprego da tecnologia de movimento blindado sobre lagartas, bem como também delimitar setores em sua parte média e sul, onde as características herdadas de sua evolução físico natural restringem seu emprego.

A eficiência da aplicação de ferramentas computacionais para subsidiar os processos de tomada de decisão em ambientes operacionais, depende da correta

avaliação geográfica, a qual varia com os tipos de tecnologias e as características geográficas de cada área de operação, incluindo suas alterações temporárias como por exemplo as pluviométricas que variam consideravelmente os graus de resistência ao movimento exercido pelos solos.

A complexidade das análises geográficas de índole militar reafirma a importância do especialista em geografia cuja formação, tanto acadêmica como profissional (experiência in situ) lhe permitirá relacionar eficientemente as características tanto do espaço físico natural (Clima, geologia, relevo, hidrografia, vegetação etc.) como do espaço humano (adestramento, estado moral, motivacional etc.) com as atividades operacionais.

O espaço geográfico e as tecnologias tanto dos sistemas de armas militares como as dirigidas a apoiar as análises de índole espacial se encontram experimentando constantes e dinâmicas transformações evolutivas, que exigem dos geógrafos militares uma permanente atualização acadêmica para viabilizar o apropriado emprego das ferramentas das geotecnologias contemporâneas, durante as avaliações espaciais de índole multidisciplinares realizadas de forma permanente sobre o território venezuelano, dirigidas a estimular a geração de informação no nível de detalhe adequado que lhe assegure à Força Armada Venezuelana o uso exclusivo das vantagens que proporciona o conhecimento geográfico durante toda a ação de índole militar.

Os estudos realizados a partir da unidade de análise bacia hidrográfica facilitam o entendimento das relações existentes entre as características físico naturais dos ecossistemas naturais, que permitem tanto a descobertas de suas influências com as atividades antrópica, como as influências que as ações humanas exercem sobre os sistemas naturais, constituindo-se como uma forma adequada de geração de conhecimento de índole espacial indispensáveis para o estabelecimento de medidas associadas à conservação de suas riquezas naturais e o impulso de tecnologias tanto de aproveitamento econômico como de defesa territorial compatíveis com as características do espaço geográfico.

A abordagem da investigação promove impulsionar o exercício de uma defesa territorial compatível com o ecossistema natural, promove-se o desenvolvimento de estudos detalhados sobre as relações estabelecidas entre o terreno e as equipes militares para reforçar o entendimento e a geração do conhecimento que permita sua reconstrução com fins de adestramento tanto, em ambiente computacional

(simuladores 3D ou 4D) como sua duplicação física mediante o emprego de materiais artificiais que gerem os mesmos níveis de resistências ao movimento encontrados naturalmente no terreno, conseguindo o adestramento e a familiarização do soldado com as características reais, com um menor grau de afetação ecológica dentro de espaços reduzidos (campos artificiais) e diminuir os processos erosivos dinamizados por esta forma de uso já que, o espaço geográfico submetido a determinado trânsito militar de forma constante e repetitiva, perde drasticamente suas condições naturais reais constituindo-se como um ambiente de adestramento diferente ao ambiente natural.

A compartimentação geomorfométrica do terreno proporciona um marco cartográfica, que abordado a partir de uma escala de análise compatível com a resolução espacial dos insumos geotecnológicos disponíveis, proporcionam informação sobre o terreno e seus ambientes formadores de solo, que permitem deduzir com alto grau de acerto suas características e níveis de influência ante as diferentes tecnologias de mobilidade militar, permitindo compensar com inferência geossistêmica a carência de informação detalhada existente em alguns setores.

Os SIG constituem valiosas ferramentas de análise espacial que permitem realizar geoprocessamentos para a extração de informações de diversas naturezas (NDVI, Índice de drenagem, pluviosidade, temperatura, declividade, hipsometria, etc.) a partir dos modernos MDE e as imagens de satélites, que proporcionam dados de forma rápida e atualizada sobre qualquer área de operação a nível mundial, vinculando-as dentro do mesmo SIG com outras indagações de índole militar necessárias para fortalecer os processos de tomada de decisões, focados em empregar as capacidades das unidades militares de acordo com as características específicas de cada espaço geográfico.

Os MDT consolidaram-se como ferramentas de análises, que a cada dia demonstra melhores capacidades para o desenvolvimento de estudos, que geram dados vitais para diferentes usos, incluindo os vinculados a fins de segurança e defesa nacional, onde os enfoques tradicionais e procedimentos digitais se complementam na geração de conhecimento sobre as características dos solos e suas diferentes influências em operações de índole militar. Portanto, requer-se de seus desenvolvimentos de forma compatível e simultânea; para permitir que as informações obtidas mediante levantamentos convencionais, possam ser utilizadas para o manejo dos modelos com o objetivo de deduzir as classes e propriedades dos solos em áreas

não mapeadas. Esta forma de manejo combinado de dados tradicionais e digitais permite que extensas regiões sejam mapeadas, com grande precisão e exatidão, otimizando o emprego dos recursos humanos e financeiros nesta atividade.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. **Vehiculo Dragoon de combate em castilletes**. 2012. 1 fotografia colorida. Disponível em: <<http://milbreuster.blogspot.com.br/2012/05/de-la-vida-militar-en-paraguaipoa-debo.html>>. Acesso em: 10 mar.2017.
- ACOSTA, C.; FERNÁNDEZ, O. **La problemática ambiental y sus implicaciones**. 1 ed. Maracaibo: Universidad del Zulia, Secretaría de Luz, 1999. 206 p.
- ALBANO, J. C. Processos de Obtenção de Tecnologia Militar. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. Rio de Janeiro, n. 1877, p. 99, 2013. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/90960/1/776479679.pdf>>. Acesso em 19 jul. 2017.
- BARRIOS, C. M. **Medanos de Zapara**. 2012. 1 fotografia colorida. Disponível em <http://castvillangls.blogspot.com.br/2012/08/isla-zapara-edo-zulia_8.html>. Acesso em: 03 mar. 2017.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. 1. Ed. São Paulo, n. 13, 1972. p.1-27.
- BIZZI, L. A. et al. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: texto, mapas e SIG.1 ed. Brasília: CPRM, 2003. 643p.
- BRADFORD, M. E.; PETERS, R. H. The relationship between chemically analyzed phosphorus fractions and bioavailable phosphorus. **The American Society of Limnology and Oceanography**, Montreal, n. 32, vol. 5, p.1124-1137, 20 abr. 1987.
- BRASIL. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. **Diretriz de Trafegabilidade para Viaturas sobre Rodas e sobre Lagartas**. Brasília, 2011.
- CADDY, J.; SHARP G. **Un marco ecológico para la investigación pesquera**. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación,1988. 155p.
- CARVALHO, M. P. L. A avaliação de trafegabilidade no estudo do terreno: um óbice na atualidade. **Revista Liderança Militar**, Rio de Janeiro, v.2, n.1, p.5-9,1. sem. 2005.
- CASLER, C.; CASTELLANO, A. Preservando la fauna en el Sistema del Lago de Maracaibo. **Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas**, Maracaibo, v. 42, n. 2, p. 281–298, 2008.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec-Edusp, 1979. 106p.
- DALRYMPLE, J. B.; BLONG, R. J.; CONACHER, A. J. A hypothetical nine unit land surface model. Z. **Geomorphology**, Berlin, v.12, n.1, p.60-76, 1968.

DE NARDIN, D. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas**. 2009. 230 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DE SMITH, M. J. et al. **Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles**. 3 ed. Reino Unido: Matador, 2009. 55p.

DENGO, C.; COVEY, M. Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: Implications for trap styles and regional tectonics. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Tulsa, n. 77. v. 20, p. 1315-1337, 1993.

DUARTE, É. E. Tecnologia Militar e Desenvolvimento Econômico: uma análise histórica. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, Rio de Janeiro, n.1748, p. 37, jul. 2012. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/90920/1/71940_0392.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2017.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS® 10.1 License Manager and Installation**. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/get-started/license-managerguide/license-manager-installation-and-startup.htm/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

ESPINOZA, B. A. **Sinopsis fisiográfica de la región zuliana**. 1 ed. Caracas: Academia Nacional de Ciencias Económicas, 1992. 151 p.

GONÇALVES, P.; WALTER, C. Da geografia às geo-grafias: um mundo em busca de novas territorialidades. In: CECENA, A. E. S. et al (Orgs.). **La Guerra Infinita: hegemonía y terror mundial**. 1. ed. Buenos Aires: CLACSO, 2002. Disponível em: <<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/gt/20101018013328/11porto.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

GONZÁLEZ de J. C.; ITURRALDE, J. M.; PICARD, X. **Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas**. Caracas: Foninves, 1980. 1031 p.

GONZÁLEZ, C. F. J. La regionalización en Venezuela: Conceptualización de la Región. Impacto político sobre el federalismo y las autonomías provinciales. **Provincia**, Merida, n. 22, vol. 1, p. 67 - 85, 17 set. 2009.

GOOGLE EARTH PRO. **Interface do Usuário**. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 11 jan. 2017.

GUADAGNIN, P.M. **Caracterização e mapeamento da vegetação florestal e sua relação com os componentes do relevo na bacia hidrográfica do arroio Caverá – Oeste do RS/ Brasil**. 2015. 101 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

GUNDLACH, E. R. et al. Remediation and transportation planning, Lake Maracaibo, Venezuela. **Perspectives, Updates, Logistics**. Florida, n. 2, vol. 1, p. 26-29, 2001.

HARVEY, D. **Spaces of global capitalism**. 1 ed. London: Ed Verso, 2006. 155p.

HERNÁNDEZ, J. **Breve historia de la segunda guerra mundial**. 3. ed. Madrid: Nowtilus, 2009.55 p.

HIJMANS, R. J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International journal of climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005.

HOEPERS, G.; SANTOS, N. A. **O Geoprocessamento Aplicado ao Método de Estudo Militar do Terreno**. 2001. 98 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento)–Laboratório de Sensoriamento Remoto, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2001.

HUGGETT, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil Genesis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 1-22, 1975.

KNOB, M. J. **Estudo de Trafegabilidade Aplicado a Veículos de Roda em Transporte e Tração**. 2010. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

LACOSTE, I. **La Geografía: un Arma para la Guerra**. 1 ed. Barcelona: Anagrama, 1977.151 p.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 1, p. 1-15, 1971.

MAIA, A.C.; DE OLIVEIRA, D. A. Discutindo categorias e conceitos: uma contribuição geográfica dentro das análises da relação rural-urbano. In: TEIXEIRA, P.R. **História do pensamento geográfico e epistemologia em geografia**. 1 ed. São Paulo: USP e UNESP, 2010. Disponível em: <[http://www.geoplan.net.br/material_didatico/livro%20HISTORIA%20DO%20PENSAMENTO%20GEOGR%3%81FICO%20E%20EPISTEMOLOGIA%20EM%20GEOGRAFIA\[1\].pdf](http://www.geoplan.net.br/material_didatico/livro%20HISTORIA%20DO%20PENSAMENTO%20GEOGR%3%81FICO%20E%20EPISTEMOLOGIA%20EM%20GEOGRAFIA[1].pdf)>. Acesso em: 19 mai 2017.

MANN, P.; ESCALONA, A. Anatomy of a supergiant: Maracaibo Basin, Venezuela: Introduction to the Maracaibo Basin theme issue. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Tulsa, n. 90, v. 4, p. 443-444, 2006.

MARTIN, A. **Geopolítica e Poder Mundial: o anti-golbery**. 2009, 118 f. Tese (Doutorado de Livre-Docência)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MEDINA, E.; BARBOZA, F. Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: Distribución, estatus y perspectivas de conservación. **Ecotropicos**, Maracaibo, n. 19. Vol. 02, p. 128 – 139, 2006.

MILLER, J. B. et al. Habitat of oil in the Maracaibo Basin, Venezuela. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Tulsa, n. 18, vol. 15, p. 601-640, 1958.

MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGIA Y PETROLEO. **Mapa Energético de Venezuela**. 1 mapa color 79,5x51,5 cm. Escala 1: 1.900.000. Petroguia, mayo de 2011. NO 4000-11-208-36.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 1. ed. São José dos Campos: Ed. Com Deus, 2001. 250p.

NOGUERA, N. et al. I Caracterización química y mineralógica de los suelos de la colección - centro de información y referencia de suelos para la Cuenca del Lago de Maracaibo. **Venesuelos**, v. 2, n. 2, p. 67-80, 2011.

NÚÑEZ, Y.; VILORIA, J.; PINEDA, M. C. Cartografía digital de unidades geomorfométricas en la cuenca del río Tucutunemo, Venezuela. In: V JORNADAS NACIONALES DE GEOMÁTICA, 2013, Caracas/DC. **Anais...** Caracas/Venezuela: Fundación Instituto de Ingeniería, 2013. p.319-323.

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS (OEA). **Estudio para el Aprovechamiento Racional de los Recursos Naturales: Región Zuliana - República de Venezuela**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1975.

PERIODICO EL SUR DEL LAGO. **Medanos de Zapara**. 1 fotografia, color. Disponível em <<http://versionfinal.com.ve/ciudad/el-sur-del-lago-perdio-su-radar/>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

PIKE, R. J.; EVANS, I.S.; HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: **GEOMORPHOMETRY: Concepts, Software, Applications**, 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2009. p.03-30.

PISSARA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, n. 28, p. 297-305, 2004.

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. 1. ed. San Pablo: Ed. Ática, 1993. 54p.

RIBEIRO, F. G. A **Geografia Militar no Brasil: a questão da defesa nacional**. 2015. 269 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ROBAINA, L. E. S. et al. Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil: Proposta de Classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 11-23, 2010. Disponível em:<<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg&page=article&op=view&path%5B%5D=148>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

RODRIGUES, C. A. teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 1, n.14, p. 69-77, 2001.

RODRÍGUEZ, G. The Maracaibo System: a physical profile. In: PERILLO, G. M. et al. **Estuaries of South America**. Berlin: Springer, 1999, p. 15-34.

SALAZAR, T. Epistemología de la geografía: Una aproximación para entender esta disciplina. **Terra nueva etapa**, Caracas, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72103006>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4 ed. São Paulo: Hucitec, 1996. 260p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. 1 ed. São Paulo: Oficina do Texto, 2004. 184 p.

SCHARGEL, R. Una resena de la geografía física de Venezuela, con énfasis en los suelos. **BioLlania**, Guanare, v. 10, n.1, p. 11-26, 2011.

SILVEIRA, R.; SILVEIRA, C. Clasificación Morfológica del Relieve de Uruguayo Basada en Modelos Digitales de Elevación y Técnicas Geomorfométricas. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)**, Luján, v. 6, n. 6, p. 19-36, 2014.

SIRTOLI, A. E. et al. Atributos do relevo derivados do modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 317-329, 2008. Disponível em:<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/article/view/11517/8108>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

SMITH, M. R.; MARX, L. **Does technology drive history?: the dilemma of technological determinism**. 1. ed. Cambridge: MIT Press, 1994. 284 p.

SOARES, I.C. **O uso da análise espacial no Processo de Integração Terreno, Condições Meteorológicas e Inimigo (PITCI) do Exército Brasileiro**. 2006. 94 p. Dissertação (Mestrado em Geociências)–Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

TELESUR. **Los paisajes de La Guajira venezolana**. 6 fotografia color. Disponível em <<http://www.telesurtv.net/multimedia/EN-FOTOS-Los-paisajes-de-La-Guajira-venezolana-20150930-0036.html>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

TEODORO, V. L. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, n. 20, p. 137-156, 2007.

TORRES, J. E. **Incorporación de un Especialista en Geografía Militar en la Planificación de Operaciones en las Unidades Blindadas**. 2013. 82 f. Monografía (Especialización en caballería y blindados)–Universidad Militar Bolivariana de Venezuela, Caracas, 2013.

TRENTIN, R. **Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2011. 215f. Tese (Doutorado em Geografia)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA

FÍSICA APLICADA, 2005, São Paulo/SP. **Anais...** São Paulo/SP: Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em:
<http://jararaca.ufsm.br/websites/lageolam/download/sao_paulo/romario.pdf>.
Acesso em: 18 nov. 2016.

Sun Tzu, S. **A Arte da Guerra**. Tradução: Pietro Nasseti. 1. ed. São Paulo: Martin Claret, 2003. 141p.

UNIVERSIDADE DO ZULIA. Comisión Permanente para el Estudio de la Cuenca del Lago de Maracaibo y Gestión Integral del Agua. **Eutrofización del Lago de Maracaibo: pasado, presente y perspectiva**. Maracaibo – Venezuela, 2013.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 539-546, 2003.

VENEZUELA. Decreto n. 478, de 08 de enero de 1980. Instituido por orden presidencial, para establecer la división regional del País. **Decreto Presidencial**, Poder Ejecutivo, Caracas, DC, 8 ene. 1980.

VENEZUELA. Ministério da Defesa, Universidade Militar - Escola do Exército. **Manual de Geografia Militar**. Caracas, 1992.

VENEZUELA. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. **Dirección de Geología, Relieve, Formaciones Geológicas, Sectorización y Geomorfología**. Caracas, DC, 1969.

VENEZUELA. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. **Estudio Integral sobre la Contaminación del Lago de Maracaibo y sus Afluentes**. Caracas, DC, 1979.

VELOSO, A. Importância do estudo das vertentes. **Geographia**, v. 4, n. 8, p 1-5, 2002.