

**DELIMITAÇÃO DE APP - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COM
USO DA GEOMÁTICA**

AUTORES

Joseney Rodrigues Moro

Radegaz Nasser Junior

Carlos Augusto Arantes

REALIZAÇÃO

DELIMITAÇÃO DE APP - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COM USO DA GEOMÁTICA

RESUMO

No Brasil, leis e normas jurídicas determinam áreas de preservação permanente (APP) e softwares de SIG (sistema de Informação Geográfica) delimitam estas zonas de restrições do uso sem demonstrar como seus valores altimétricos são determinados. O objetivo deste trabalho visa demarcar o terço superior de topos de morros e montanhas em imagens de modelo digital de terreno (MDT) aplicando conceitos da estatística descritiva para sumarizar valores de pixels, que identificam a maior elevação juntamente com os quantis e percentis. Em análise com a rede de drenagem, mais especificamente, ao escoamento superficial, possibilita a determinação da base das elevações e enquadramento ao conteúdo legal. O resultado desta análise com a utilização de scripts - método automático - desenvolvido em linguagem livre, elimina a interpretação visual e subjetiva, incluindo tutoriais de softwares de geoprocessamento, possibilitando aferir ao conjunto de valores numéricos - cotas - com precisão superior aos que utilizam curvas de nível, por fim foram sugeridos novos critérios na delimitação de porções em relevos, baseado em modelos matemáticos, menos suscetíveis a interpretação com o caso de pontos de sela.

Palavras-chave: Preservação, Permanente, Topos, Morros, SIG

ABSTRACT

In Brazil, laws and legal norms determine areas of permanent preservation (APP) and GIS (Geographic Information System) software delimits these use restriction zones without demonstrating how their altimetric values are determined. The objective of this work is to demarcate the upper third of the tops of hills and mountains in digital terrain model (MDT) images, applying concepts of descriptive statistics to summarize pixel values, which identify the highest elevation along with quantiles and percentiles. In analysis with the drainage network, more specifically, the surface runoff, it allows the determination of the base of the elevations and framing to the legal content. The result of this analysis with the use of scripts - automatic method - developed in free language, eliminates the visual and subjective interpretation, including tutorials of geoprocessing software, making it possible to measure the set of numerical values - dimensions - with greater precision than those using curves of level, finally, new criteria were suggested for the delimitation of portions in reliefs, based on mathematical models, less susceptible to interpretation with the case of saddle points.

Keywords: Preservation, Permanent, Hilltops, Hillside, GIS

1 INTRODUÇÃO

As montanhas brasileiras apresentam uma riqueza de biodiversidade quando comparadas com outros biomas segundo [Martinelli \(2007, p.588\)](#) , devido ao clima, a geomorfologias e as características do solo que trazem particularidades extremamente sensíveis ao uso humano. Fatos que decorrem em muitas perdas de atividade bióticas para [Martinelli \(2007\)](#) *apud* [Chaverri \(1998\)](#).

Ainda em [Martinelli \(2007, p. 589\)](#) entre as principais ações de agressão a estes biomas, estão a introdução de espécies exóticas, o desmatamento, queimas, mineração e o turismo predatório citados como exemplo (Cavelier & Etter 1995, Chaverri & Herrera 1996).

Todas essas relações são consideradas ações antrópicas que de acordo com a definição de [Oliveira \(2017, p. 48\)](#) o termo "antrópico" possui como significado uma intervenção humana sobre o meio ambiente e vem ocasionando aumento nos processos erosivos ao topo destas montanhas que são locais de refúgio ambiental.

Justamente sobre os processos erosivos o texto de [Almeida e Paula \(2018\)](#) "(...) cita que: "(...) Os processos erosivos e os movimentos de massa ocorrem de forma natural, porém podem ser intensificados por intervenções antrópicas em áreas destinadas à preservação permanente (APPs), como os topos de elevação de terrenos..(..."

Outra função destas áreas para proteção, com a retenção de água para evitar os deslizamentos, conforme [Landslide \(2012\)](#) estes locais são mais suscetíveis a deslizamentos ocasionados por solos instáveis, contribuindo por causa de sua topografia íngreme.

1.1 Dispositivos Legais

Conforme [Nadalini \(2007, p. 7\)](#) descreve o terceiro marco temporal que é a Constituição Federal do Brasil de 1988 mais especificamente no artigo 225: "(...) preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas (...)"que ainda estabelece ferramentas de controle no artigo 5:

"(...) LXXIII - qualquer cidadão é parte legítima para propor ação popular que vise a anular ato lesivo ao patrimônio público ou de entidade de que o Estado participe, à moralidade administrativa, ao meio ambiente e ao patrimônio histórico e cultural, ficando o autor, salvo comprovada má-fé, isento de custas judiciais e do ônus da sucumbência; (...)"

Anteriormente com a Lei Federal nº 6.938/81 que instituiu o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, e é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, dispondo sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto nº 99.274/90. Sendo que o SISNAMA é um órgão colegiado se compõe de: a) Conselho de Governo; b) CONAMA, c) Ministério do Meio Ambiente; d) IBAMA e Instituto Chico Mendes; e) Órgãos ambientais estaduais; f) Órgãos ambientais municipais.

Dentre as competências do CONAMA descritos em [Oliveira \(2017, p 211\)](#) e

relacionadas no art. 8º da Lei nº 6.938/1981 estão: "(...) estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos (...)"

1.1.1 Resolução CONAMA Nº303/2002

A Resolução CONAMA 303/2002, de forma clara e unívoca entende que as APPs:

"(...) são delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base ... Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível."

Na ausência interpretativa ou extrapolação de competência, o Superior Tribunal de Justiça (STJ) já se posicionou sobre APP e de acordo com [Rodrigues \(2021, p. 111\)](#) "(...) O novo Código Florestal não pode retroagir para atingir o ato jurídico perfeito, direitos ambientais adquiridos e a coisa julgada, tampouco para reduzir de tal modo e sem as necessárias compensações ambientais o patamar de proteção de ecossistemas frágeis ou espécies ameaçadas de extinção. (...)".

Ainda em [Rodrigues \(2021, p. 111\)](#) a ausência do Estado não pode agir "(...) a ponto de transgredir o limite constitucional intocável e intransponível da 'incumbência' do Estado de garantir a preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais (art. 225, § 1º, I (...))."

Até o Supremo Tribunal Federal (STF) se pronunciou a respeito do tema dos efeitos da Resolução CONAMA nº 500/2020, que trazia um retrocesso a questões ambientais, conforme [Sarlet e Fensterseifer \(2021\)](#) o qual pode ser encontrado no site <<https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=478437&ori=1>> (Online; acessado 22-marco-2023) a seguir descrição:

Áreas de proteção

Por sua vez, a Resolução 303/2002 estabelece parâmetros, definições e limites de APPs. De acordo com a relatora, a sua revogação foi um "verdadeiro retrocesso relativamente à satisfação do dever de proteger e preservar o equilíbrio do meio ambiente".

A ministra Rosa Weber reforçou que a revogação das três resoluções agravou a situação de inadimplência do Brasil para com suas obrigações constitucionais e convencionais de proteção adequada e efetiva do meio ambiente. Segundo ela, o Código Florestal não impede que as autoridades administrativas ambientais, mediante avaliação técnica, prevejam critérios mais protetivos. “O que não se pode é proteger de forma insuficiente ou sonegar completamente o dever de proteção”, frisou.

Como destacado por Almeida e Paula (2018) o processo de delimitação das APPs tem levado várias interpretações tanto por gestores públicos como analistas ambientais e empresas de consultoria, e parte desse problema está em face do texto trazido por Cortizo (2011) traçando a análise geométrica aos termos presentes na Resolução CONAMA nº 303/02. Parte desta bi-interpretação se faz devido ao exposto pelo atual Código Florestal Brasileiro de 2012(NCF) que em seu Artigo 4º diz:

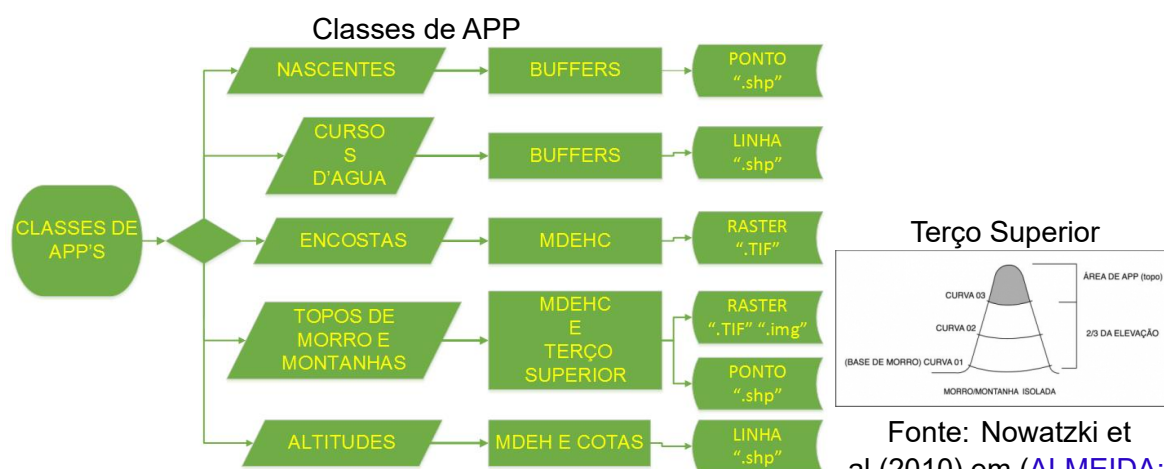
No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (BRASIL, 2012)

1.2 Revisão de Conceitos Técnicos

1.2.1 Classes de App

Apresenta-se a seguir a classificação das APPs (Figura 1) e quais são as primitivas gráficas, leia-se dados, utilizadas para sua determinação.

Figura 1 – Escolha do método de análise de APP



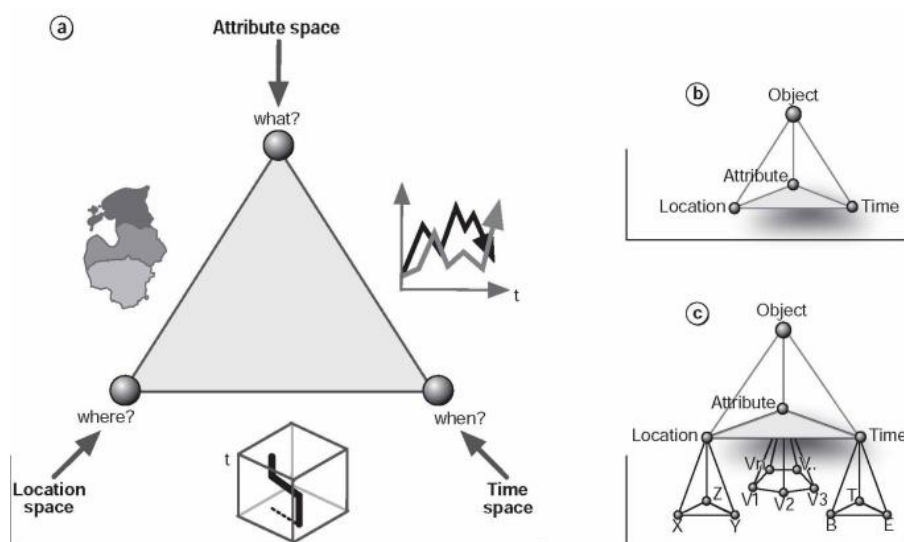
Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Fonte: Nowatzki et al.(2010) em (ALMEIDA; PAULA, 2018)

1.2.2 Geoinformação

Para [Menno e Ormeling \(2010, p. 1\)](#) os mapas são usados para visualizar dados geoespaciais com sua referência de localização e seus atributos e também fenômenos localizados, utilizando sistemas de referências geográficas. Para isso são desenvolvidos modelos conceituais para representação da superfície terrestre com entidades e campos. Para [Heywood, Cornelius e Carver \(2006, p. 3\)](#) a representação de fenômenos geoespaciais com utilização de ferramentas com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tem como premissa as condições de: a) localização, b) Padrões, c) Tendências e d) Temporalidade. Para isso utilizamos primitivas gráficas como vetores (pontos, linhas, polígonos) e/ou "raster"(imagens). ([BURROUNG; DONNELL, 2009, p. 21](#))

Figura 2 – Resposta a questões geográficas



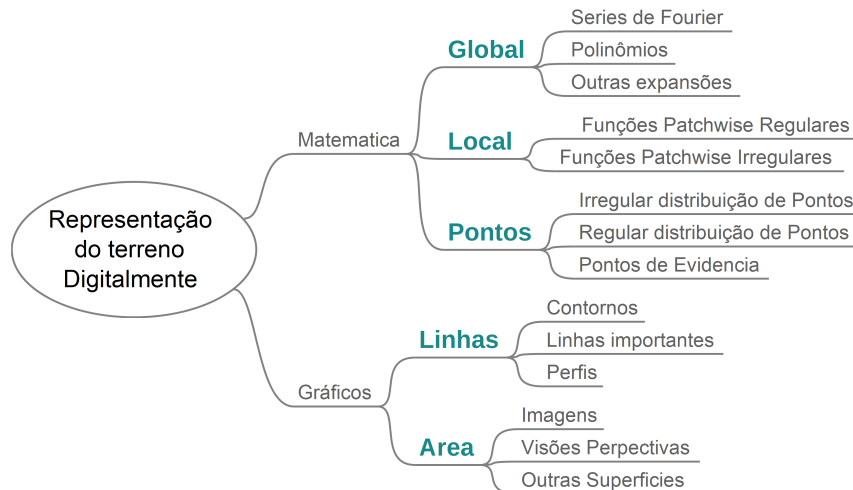
Fonte: ([MENNO; ORMELING, 2010, p. 4](#))

Digital de Terreno (**MDT**). Segundo o docentes do INPE [Felgueiras e Camara \(2002, p. 7\)](#) estes modelos são obtidos a partir de amostragem (X,Y,Z) de fenômeno dentro da região de interesse e vão representar a variabilidade do fenômeno nessa região, assim modelos conceitual e matemático.

E para que se possa representar uma superfície com localização geográfica, ou em outras palavras, uma superfície de tendência, temos de escolher a melhor primitiva gráfica das opções disponíveis, adequado com a Figura 3.

Hoje trabalha-se com três tipos de modelos: 1) Conceitual; 2) Físico; 3) Matemático. Na representação do modelo físico (o relevo terrestre), que pode ser obtido com técnicas de levantamento, seja com atuais laser escâner ou a consolidada fotogrametria, até mesmo a segura topográfica, tem um dos seus produtos o conhecido Modelo

Figura 3 – Escolha da primitiva gráfica

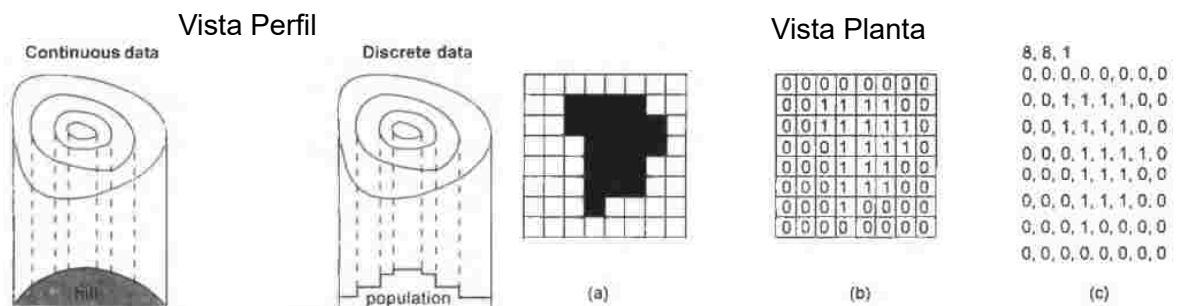


Fonte: Adaptado de (LI; GOLD, 1960, p. 4)

Existem vários métodos de se obter esta superfície de tendência, podem ser baseados em pontos, triângulos, malhas retangulares "grids", ou mesmo híbridos, e com diferentes tipos de interpolação, mas não será objeto deste estudo, como também erros em sua obtenção. Somente será destacado a respeito de curvas de nível (curvas de igual valor altimétrico) em seção (3.2) específica em a representação pertinente.

Ao utilizar "raster"(imagens), há de se que compreender o conceito de discretização, que, em termos simples consiste em uma malha retangular alocada de valores de cota na coordenada z, mostrado na Figura 4a. O enfoque de trabalhar com mais profundidade em representação "raster", devido aos dados primários que representam a modelagem do terreno, é pela obtenção de imagens estereoscópicas, que foram transformadas em imagens com "pixels" de 2 (dois) metros de resolução espacial e com a coordenada de altitude (altura elipsoidal) em valores de nível de cinza.

Figura 4 – Discretização de imagens



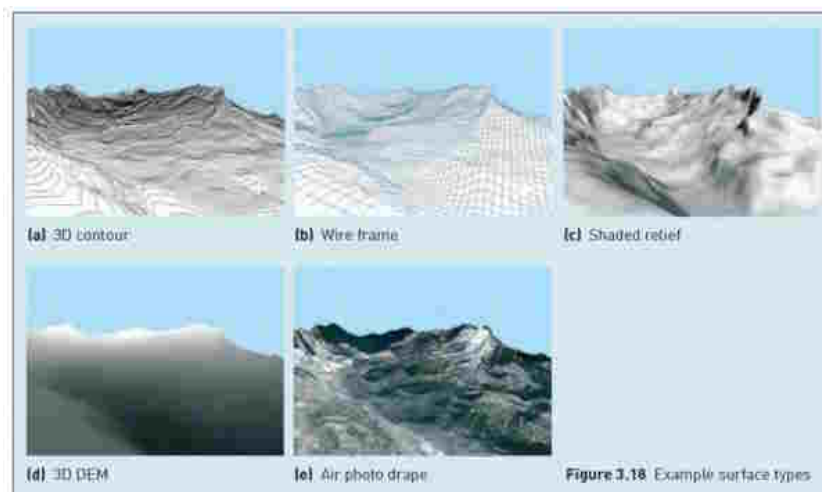
(a) Fonte: (REDDY, 2008, p. 4)

(b) Fonte: Heywood, Cornelius e Carver (2006, p. 80)

A Figura 5 mostra como pode ser rica de diferentes tipos de representação a superfície. Mas cabe lembrar que o importante é a precisão e a qualidade do dado amostrado, com validação altimétrica específica. E a escolha do método de representação deve ser levado a segundo plano. Melhor esclarecendo, dar ênfase em informações gráficas (imagens ou desenho) de acordo com o que se quer evidenciar.

Observa-se Figura 5 todas as imagens correspondem ao mesmo objeto, e o mesmo local geográfico. E as informações geográficas podem ser adicionadas, de forma a melhorar o entendimento do consumidor da informação cartográfica que, para o analista com profundos conhecimentos sobre o tema, o que importa é a qualidade dos valores assim representados, em outros termos, a qualidade dos dados.

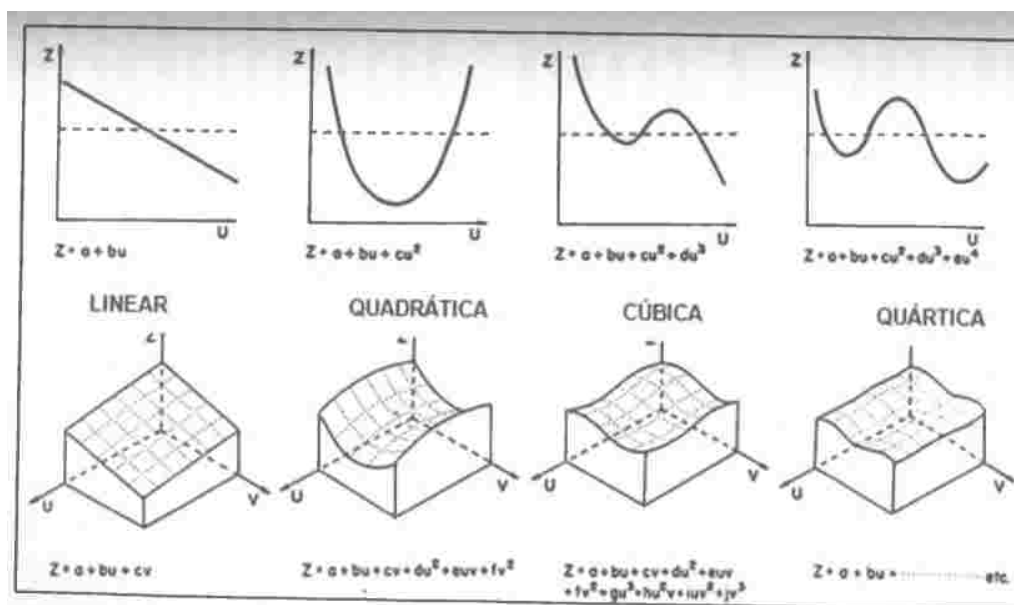
Figura 5 – Tipos de Representação de Superfícies do Terreno



Fonte: (HEYWOOD; CORNELIUS; CARVER, 2006, p. 87)

o analista com profundos conhecimentos sobre o tema, o que importa é a qualidade dos valores assim representados, em outros termos, a qualidade dos dados.

Figura 6 – Equações de Modelagem de Terrenos



Fonte: (FERREIRA, 2014, p. 245)

Em brilhante obra de Ferreira (2014), professor da UNESP que reproduz as equações matemáticas que podem e geram modelos. E estas podem ser chamadas

de superfície de tendência como mostradas na Figura 6. Com uma descrição simples pode ser $z = f(x, y)$ que pode ser relacionado com o Modelo Digital de Terreno (MDT). Sendo que o MDT é originado por equipamentos que observam o relevo e geram, já na superfície são modelos obtidos por equações e valores x,y,z.

1.2.3 Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD

De acordo com [Smith, Goodchild e Longley \(2013\)](#) a reclamação comum de usuários de softwares de GIS é que estes apontam desvantagem tipos de recursos quando utilizam dados em grandes volumes, por mais que as ferramentas de visualização seja o ponto forte do GIS. A resposta a esta demanda foi solucionada com a inclusão de SGBD e com outras linguagens de alto nível como: VBA, Matlab, Python e R, que podem solucionar estas necessidades.

Inclusive o SGBD possui ferramenta específica para trabalhar com dados gráficos ou não, incluindo facilidade para organização, armazenamento e recuperação.

1.2.4 Modelos Topológicos

Quando se pensa em Desenho Auxiliado por Computador (CAD) ou Sistema de Informação Geográfica (GIS), define-se identidades gráficas com pontos, linhas e polígonos; estas podem ser planas ou tridimensionais e não guardam relações de vizinhança, ou seja, não guardam nenhuma informação de sua localização e se o vetor está ao lado de, a direita de, sobre a, abaixo de, nem menos informações de sua extremidades, que em termos corretos corresponde as arestas ou "nós". ([PEUCKER; CHRISMAN, 1975](#), p. 1).

A resposta para estas indagações é procurada na teoria de grafos, mais especificamente a topologia. Com a topologia fechamos a tríade do sistema base de informação composto por: localização, atributos e topologia ([BURROUNG; DONNELL, 2009](#)).

Segundo [Reddy \(2008, p. 228\)](#) descreve a topologia:

"(...) Em GIS, topologia é o termo usado para descrever a característica geométrica de objetos que não mudam sob transformações e são independentes de qualquer sistema de coordenadas (Berghardsen, 1992). As características topológicas de um objeto também são independentes da escala de medição (Chrisman, 1997). Topologia, como relaciona-se com dados espaciais, consiste em três elementos, a localização, adjacência, contenção e conectividade (Burrough, 1986). A topologia pode ser definida como constituindo aqueles propriedades de figuras geométricas que são invariantes sob deformação contínua (Mc Donnell e Kemp, 1995) '(...)"

1.2.5 Análise da Rede Hídrica

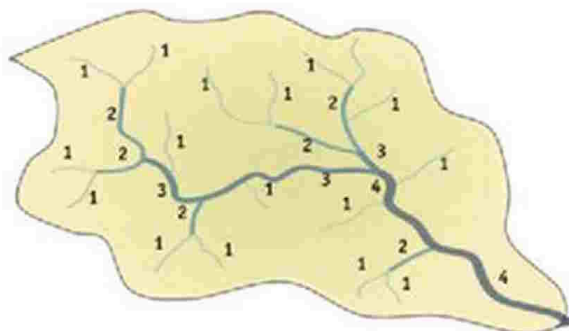
Inicialmente deve-se conhecer o conceito de sub-bacia e microbacia, de acordo com o Decreto-Lei nº 94.076/87 (que criou o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas) e ao mesmo tempo, compreender o conceito de hierarquia de drenagem

hídrica.

Florenzano (2008) define a microbacia como: "uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma seção transversal, para qual convergem as águas que drenam a área considerada. É entendida como uma unidade espacial mínima, definida pelos canais fluviais de primeira ordem."

Ainda em Florenzano (2008, p. 220) na hierarquia de drenagem proposta por Strahler (1952), as águas superficiais das nascentes, seguem para um único ponto de saída, caracterizando o exutório, que significa o "ponto mais inferior para onde converge toda a descarga hídrica da bacia". Traçando um perfil longitudinal de um segmento fluvial, a nascente está em primeira ordem em direção ao exutório das microbacias, a partir deste ponto e de segunda ou terceira ordem em diante.

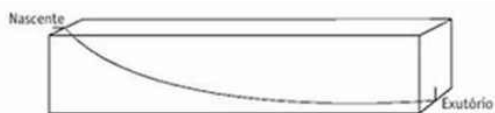
Figura 7 – Hierarquia de Drenagem



Fonte: (FLORENZANO, 2008, p. 220)

1.2.6 Direção de Fluxo

Figura 8 – Perfil transversal fluvial de primeira ordem



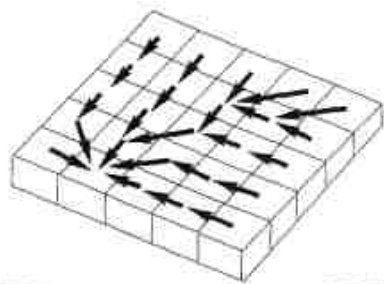
Fonte: (FLORENZANO, 2008, p. 221)

Conseguiu-se elaborar algoritmos utilizando imagens "raster" e com operações de vizinhança determinar a direção de fluxo em uma grande área plana. Levando em consideração inclinação, aspecto e pontos de inflexão (JENSON; DOMINGUES; RODRIGUES, 1988, p. 1599).

Procedimentos logo adotados por softwares de Arcgis (ESRI), SCOP++, DTMaster, DVP, entre outros e mais atualmente pelo QGIS. A Figura 9 mostra em perspectiva como ocorre o fluxo hídrico.

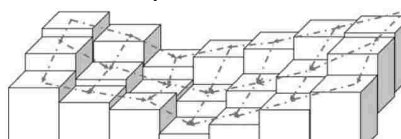
Figura 9 – Direção de Fluxo

Fig 9.a - Direção de Fluxo em Perspectiva



Fonte: Burroung e Donnell (2009, p. 194)

Fig 9.b - Direção de Fluxo em Perspectiva Frontal

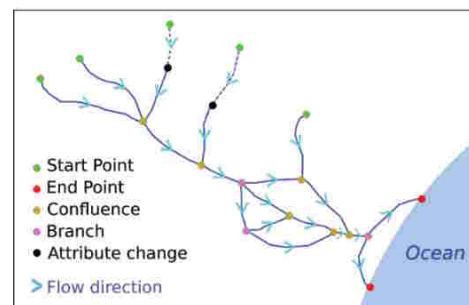


Fonte: (SINGH, 2017)

Para Singh (2017) antes da criação de algoritmos para demarcação automática por MDT, o procedimento era manual, utilizando curvas de nível, restringia-se a escala da carta cartográfica. O que eventualmente ocasionava erros pela subjetividade e experiência do foto intérprete (FRANÇA; PASSOS; PORTUGAL, 2020).

Trabalhos de validação de modelos hidrologicamente consistentes (MDEHC) podem ser encontrados em Poletto et al. (2008) em Ribeiro e Ferreira (2014) e posterior em Ribeiro e Ferreira (2018), e por ultimo em França, Passos e Portugal (2020) trazendo um esquema de análise topológica, conforme Figura 10

Figura 10 – Tipos de topologia em Drenagem



Fonte: (FRANÇA; PASSOS; PORTUGAL, 2020)

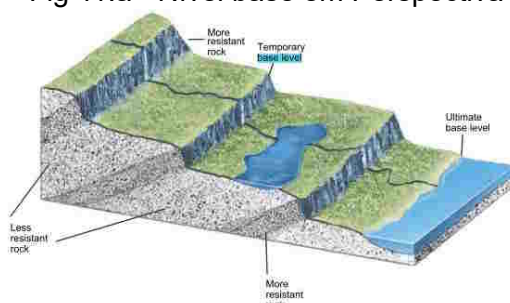
1.2.7 Nível de Base

Para Petersen, Sack e Gabler (2011, p. 334) todos os riachos tem um nível de base onde ocorre a ausência de drenagem interna e pode ser definido como nível de base regional. Voltando a Christopherson e Birkeland (2016), massas de água naturais ou artificiais podem ser consideradas nível de base.

Como citado por Christopherson e Birkeland (2016), a ideia de nível de base sendo o nível do mar a base final, consiste em vários níveis intermediários entre a crista e a primeira hierarquia hídrica. Os níveis intermediários de nível de base correspondem a locais onde registram a primeira imposição a erosão. Em melhores termos, ocorre o desnudamento e este se estende sobre a paisagem

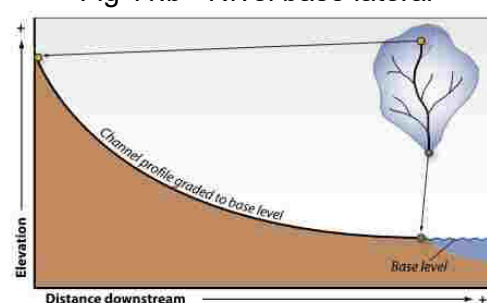
Figura 11 – Definições de nível de Base

Fig 11.a - Nível base em Perspectiva



Fonte: (PETERSEN; SACK; GABLER, 2011, p. 335)

Fig 11.b - Nível base lateral



Fonte: (BIRERMAN; MONTGOMREY, 2014, p. 231)

Como em Figura 11 temos degraus de erosão, que se inicia no gradiente.

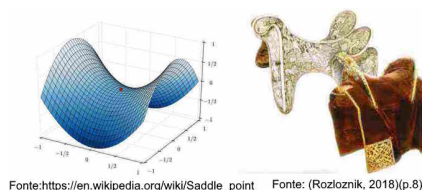
1.2.8 O temível Ponto de Sela

Rozlozzník (2018) lembrando uma sela de equitação (Figura 12), o ponto de sela é o local geométrico de uma superfície matemática que deriva para as direções ortogonais com valor de zero, mas ao mesmo tempo não é o ponto máximo e também pode se curvar ao mesmo tempo para duas direções opostas Figura (12.b).

Parte do problema da falta de clareza do Código Florestal é a determinação da cota mais próxima deste ponto, mas, ao mesmo tempo, não diz a distância entre os picos ou proeminência, que pode ser de metros, em caso de relevos planos e levemente ondulados ou de milhares de quilômetros em caso de cumes distantes.

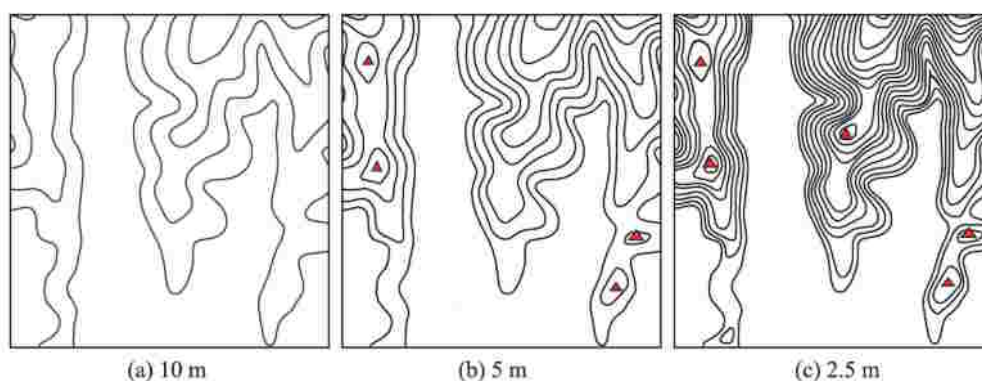
Outra questão é a escala de visualização e a escala de mapeamento, como na Figura 13

Figura 12 – Os pontos de Sela



Fonte: (ROZLOZZNIK, 2018)

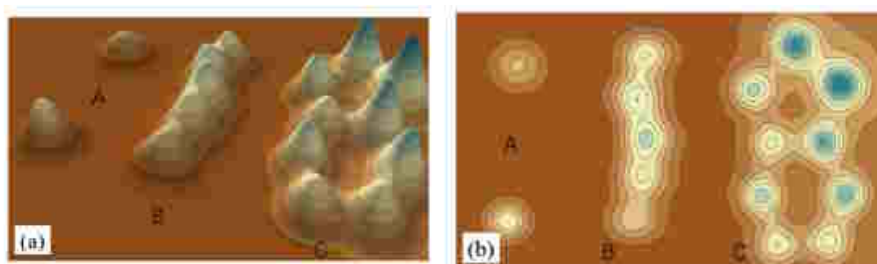
Figura 13 – Escala de mapeamento



Fonte : (HUANG; YANG; LIU, 2020)

E a situação piora com delineamento ainda mais complicado quando analisado um agrupamento de elevações.

Figura 14 – Agrupamento de Montanhas

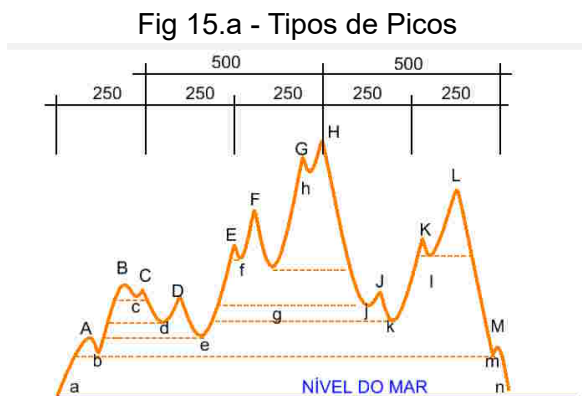


Fonte : (YANG; TANG; MENG XIN ANDXIONG, 2019)

1.2.9 Proeminência e dominância

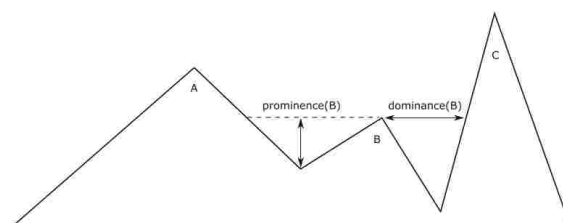
De acordo com [Maizlish \(2013\)](#), a proeminência topográfica, independentemente de sua altitude, é uma razão absoluta e está diretamente ligada ao destaque desta às que a rodeiam. E devido a isto torna-se mais relevante que a altitude é menos subjetiva do que o conceito de elevação, pois elevações variam de acordo com o relevo. [Figura 15](#)

Figura 15 – Picos e Proeminência com Dominância



Fonte: Os autores adaptado de wikipedia

Fig 15.b - Proeminência e Dominância



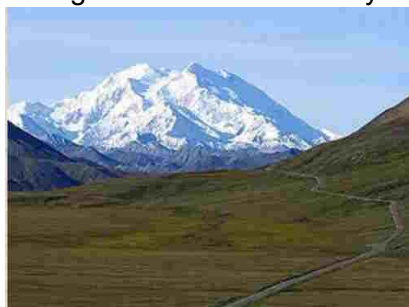
Fonte: ([SCHMIDT; STUMME, 2018](#))

Em [Ioan \(2012\)](#), numa proeminência em cume podem haver vários outros cumes próximos ou distantes, deste cume principal ou pai (*parent peak*, em inglês), para tanto existem várias proeminências e respectivos pontos de sela.

Situação de separação de elevações/proeminências e a dominância, [Schmidt e Stumme \(2018\)](#) traz que "(...)dominância topográfica é medida pela menor distância horizontal a um terreno com pelo menos a mesma altura (...)".

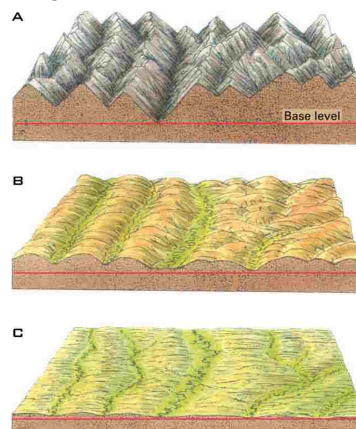
Figura 16 – Nível de Base em Elevações

Fig 16.1 - Monte mckinley



Fonte: ([IOAN, 2012](#))

Fig 16.b - Níveis de Base



Fonte: ([STRAHLER; MERALI, 2008](#), p. 378)

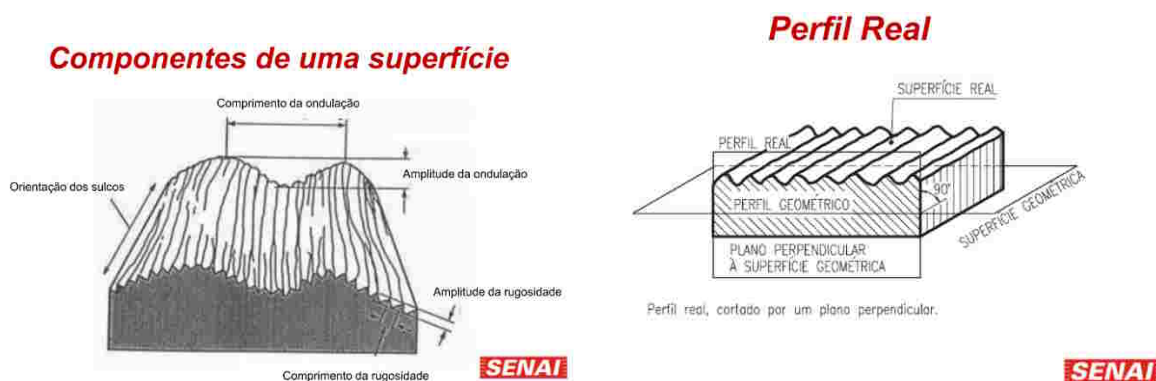
Existindo várias elevações topográficas e respectivos subcumes definidos por uma linha d'água, estas podem ser agrupadas em "famílias"; a "*encirclement paren-*

tage”(paternidade de circunscrição), a proeminência **prominência** ”parentage”(paternidade de proeminência), e a ”height parentage”(paternidade de altitude) (IOAN, 2012) e (MAIZLISH, 2013)

1.2.10 Rugosidade

Segundo ilustração da Figura 17, a rugosidade superficial é um conjunto de irregularidades com espaçamento regular ou irregular e que tende a formar um padrão ou textura característica.

Figura 17 – Rugosidade de uma superfície



Fonte: site:<https://pt.slideshare.net/VagnerRodriguesDosSa1/rugosidade-superficialppt>

”As simulações nos permitem começar a explorar a sutil interação entre singularidades, estruturas, estatísticas e morfologias gerais”(GAGNON; LOVEJOY; SCHERTZER, 2006), possibilitando examinar e contrastar tanto modelos determinísticos como estocásticos, e que está diretamente ligado a escala topográfica utilizada.

1.2.11 Objetivos, teses e hipóteses

Considerando os dois dispositivos legais, ambos apresentam elementos de discordância, então, será utilizada hipótese nula a interpretação da resolução CONAMA n° 303 e a hipótese alternativa a Lei Federal n° 12.621/12.

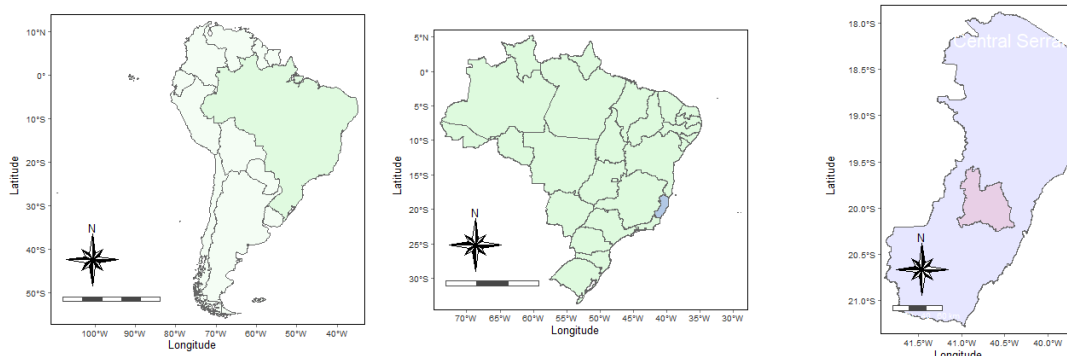
Neste sentido, este estudo tem como objetivo geral promover com técnicas geomáticas, o enquadramento legal dos dois dispositivos legais, e comparar cada uma das interpretações em forma gráfica.

Objetivando especificamente estabelecer uma sequência de ações com ferramentas, implementadas por funções e procedimentos matemáticos e utilizando linguagem de programação livre, em melhores palavras, *scripts*, que possam ser reutilizados no processamento em grandes áreas de abrangência municipal, e assim contrastar o impacto da delimitação das APPs, em estudo de casos.

2 MATERIAL E MÉTODO

Este estudo restringiu-se a microrregião serrana do Estado do Espírito Santo, dentro da Federação Brasileira, na América do Sul.

Figura 18 – Região do Estado



Brasil na América

Estado do Brasil

Região do Estado

Fonte: Elaborado pelos Autores(2023)

2.1 Caracterização da Área de Estudo

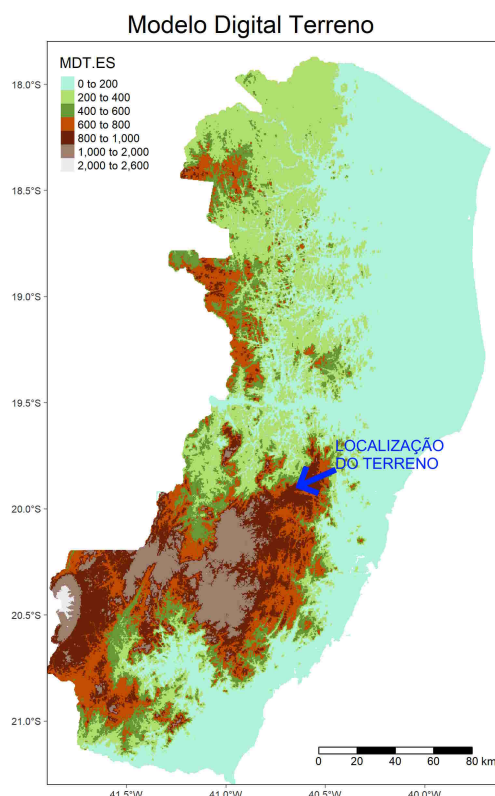
O Estado do Espírito Santo com uma grande variedade de relevos, Figura 19, deste, uma grande parte com regiões extremamente planas, regiões com relevo ondulado, mas o local deste estudo possui característica altamente ondulado para escarpado, altitude média de 600 metros, e segundo Embrapa (2013) em escala 1:250000, os solos estão classificados como Cambissolos Distróficos e Latossolos Vermelho amarelos.

Com revisão sobre a base cartográfica em nível nacional elaborada pelo DSG-Diretoria de Serviços Geográficos com base em fotografias aéreas de 1966. Curvas de nível equidistante de 40m. Folhas utilizadas denominadas Aracruz e Colatina.

Base Hidrográfica Ottocodificada

Elaborada pela Agência Nacional de Aguas - **A.N.A**, utilizando o modelo digital de superfície do projeto "Shuttle Radar Topography Mission- SRTM para trechos hídricos e codificados pelo método de Otto Pfaffter. Os dados utilizados foram obtidos somente por órgãos oficiais nacionais e estaduais, sendo demonstrados e Tabela 1.

Figura 19 – Cadeias de Montanhas do Estado



Fonte: Elaborado pelos Autores(2023)

Tabela 1 – Base de dados utilizados

Tema	Dado Base	Descrição	Fonte	Origem
Drenagem	Hidrografia	Esc:1:100.000	A.N.A vetorização sobre Cartas do DSG-IBGE	https://dadosabertos.ana.gov.br
AGERH-Rede Hídrica	Hidrografia	Esc:1:25.000	GEOBASES	https://geobases.es.gov.br/
MDT(Imagem)	Altimetria	Esc:1:25.000	GEOBASES	https://geobases.es.gov.br/
Relevo	Carta(SE-24-Y-C-VI)	Esc:1:100.000	Carta do Brasil-DSG-IBGE	https://biblioteca.ibge.gov.br/
Curvas de Nível 5 metros	Altimetria	Esc:1:25.000	GEOBASES	https://geobases.es.gov.br/
Foto Aérea(2020)	Ortofotomo-saico	Esc:1:15.000	GEOBASES	https://geobases.es.gov.br/

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

2.2 Método

Os trabalhos de [Hott, aes e Miranda \(2005\)](#), [Eugenio, Santos e Louzada Franciane Lousada Rubini de Oliveria and Pimentel \(2011\)](#), [Ribeiro e Ferreira \(2014\)](#), [Oliveira e Filho \(2016\)](#), [aes e Moreira \(2018\)](#), [Ulises e Francisco Cristiane Nunes. Rodriguez \(2019\)](#) e [Oliveira, Francisco e Bohrer \(2021\)](#) utilizaram o software proprietário Arcgis, da família ESRI'S, para produção de seus artigos. Com certeza a utilização desta ferramenta limita grande parte de interessados ao desenvolvimento de trabalhos correlatos, justo que necessita de licença para utilização.

Este estudo tem como prioridade o desenvolvimento de SCRIPTs em linguagem livre, e não menos, também com dados disponíveis gratuitamente ao público como explicitado na tabela 1. E a visualização das Figuras a serem vistas na seção 3 Resultados foram visualizados com software para geoprocessamento QGIS, este em código aberto (*Open Source*). Mas destaca-se a não utilização de ferramentas do QGIS, somente seu ambiente de visualização.

As atividades de Extração, Leitura e Manipulação, com a sigla no idioma inglês (ETL), foram realizadas com SCRIPTS ao SGBD - Postgresql 12. E biblioteca de funções Postgis versão 3.0.2, tanto para vetores ou para imagens "raster".

A escolha deste ambiente de trabalho, além das vantagens de compressão de uma imagem com tamanho de 50Mb ser reduzida a 26Mb, existe a possibilidade de manipulação integrada, isto é, sem permuta de informações entre softwares e a capacidade de processamento de grande volume de dados, e, mesmo assim, ter a certeza do resultado.

Outra questão é a qualidade dos dados espaciais, diferente ao desenvolvido por [Hott, aes e Miranda \(2005, p. 3062\)](#) e outros autores, que utilizaram MDT com pixel de resolução radiométrica de 30 metros por dados originários do SRTM, o que equivale a uma escala de 1:50.000 aproximadamente nas melhores condições, foi utilizado neste estudo um MDT na escala 1:25.000 obtido no portal <https://geobases.es.gov.br>, com

resolução radiométrica de um (01) metro e resolução espacial de dois (02) metros, obtendo assim o valor altimétrico em metro a metro.

2.2.1 Determinação da cota máxima (Cume)

Análise da imagem MDT

Como prática de [Ulises e Francisco Cristiane Nunes. Rodriguez \(2019\)](#), é necessário ter uma noção da altitude do local pesquisado. Diferente do autor citado, foi desenvolvido neste estudo um SCRIPT matemático para obter os valores descritivos desta imagem, em formato sumário. E este SCRIPT (01) foi realizado em linguagem SQL utilizando "Data Query Language"(DQL), em tradução: linguagem de consulta de dados:

```
1 -- SCRIPT 01
2 WITH stats AS (SELECT (ST_SummaryStats(rast, 1)).* FROM mdt_articu.
   mdt33_781
3 WHERE rid = 1 ) SELECT count, sum, round(mean::numeric, 2) AS mean,
4 round(stddev::numeric, 2)
5 AS stddev, min, max FROM stats;
6 count          |          sum          | mean | stddev | min | max
7 -----+-----+-----+-----+-----+-----
8 25005000 | 16187613327 | 647.38 | 239.40 | 134 | 1006
```

Sendo que estes resultados , "(pag.6), são dos valores em nível de cinza, que correspondem ao valor altimétrico em modelo elipsoidal SIRGAS 2000 e projeção UTM, com sistema de referência EGS (*European Petroleum Survey Group*) com o código 31984.

Examinando a distribuição dos valores altimétricos em porcentagem com o SCRIPT 02:

```
1 -- SCRIPT 02
2 WITH hist AS (
3 SELECT (ST_Histogram(rast, 1)).* FROM mdt_articu.mdt33_7811 WHERE rid = 1)
4 SELECT round(min::numeric, 2) AS min, round(max::numeric, 2) AS max,
5 count, round(percent::numeric, 12) AS percent FROM hist ORDER BY min;
6 min          | max          | count | percent
7 -----+-----+-----+-----
8 187.00 | 234.06 | 313 | 0.005805326805
9 234.06 | 281.12 | 817 | 0.015153201276
10 281.12 | 328.18 | 954 | 0.017694190964
11 328.18 | 375.24 | 1170 | 0.021700422880
12 375.24 | 422.29 | 1563 | 0.028989539283
13 422.29 | 469.35 | 2054 | 0.038096297945
14 469.35 | 516.41 | 2588 | 0.048000593516
15 516.41 | 563.47 | 2799 | 0.051914088582
16 563.47 | 610.53 | 2578 | 0.047815119816
17 610.53 | 657.59 | 2402 | 0.044550782699
18 657.59 | 704.65 | 2478 | 0.045960382818
19 704.65 | 751.71 | 2384 | 0.044216930039
20 751.71 | 798.76 | 5515 | 0.102288745456
21 798.76 | 845.82 | 9487 | 0.175958899028
22 845.82 | 892.88 | 9663 | 0.179223236145
23 892.88 | 939.94 | 6359 | 0.117942725721
24 939.94 | 987.00 | 792 | 0.014689517026
```

Exploramos a distribuição por quartis com o SCRIPT 03.

```

1 -- SCRIPT 03
2 SELECT (pvq).* FROM (SELECT ST_Quantile(rast, ARRAY
   [0,0.07,0.25,0.30,0.45,0.5,0.667,0.75,1]) As pvq FROM mdt_articu.
   mdt33_781 WHERE rid=1) As foo
3 ORDER BY (pvq).quantile;
4 quantile | value
5 -----+-----
6 0         | 187
7 0.07      | 392
8 0.25      | 585
9 0.3       | 637
10 0.45     | 776
11 0.5      | 795
12 0.667    | 840
13 0.75     | 861
14 1        | 987

```

Compreendendo os resultados acima, temos no quartil o valor mais baixo desta imagem com relevo e o valor do quartil 1 o valor mais alto.

2.2.2 Definindo as Classes de Declividade

Diferente dos autores citados na seção anterior, foram obtidas as declividades deste estudo com o Script 04.

```

1 -- SCRIPT 04
2 CREATE TABLE temp.mdt33_781_ASPECT_slope AS
3 SELECT 1 rid,
4 ST_Slope(rast::raster, '1'::int, '32BF'::text, 'PERCENT'::text, '111120'::
   double precision) AS rast
5 FROM mdt_articu.mdt33_781;

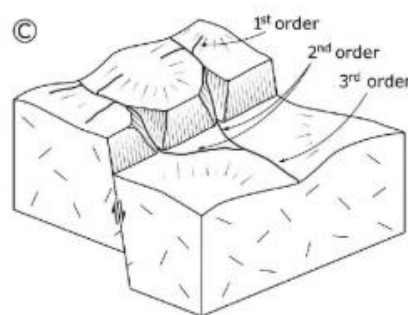
```

E o resultado das classes de declividade foi validado conforme Figuras 26 e 36

2.3 Determinação base hidrográfica

A ligação ao conceito explanado na geografia física, hierarquia hídrica e o conceito de nível de base ocorreu posteriormente à leitura do artigo de [Grohmann, Riccomini e Chamani \(2011\)](#). Este autor da Universidade de São Paulo, citando (Golts e Rosenthal, 1993), utiliza para escalas aproximadas a 1:50.000, e o mesmo autor citando (Chaplot et al, (2006) e (Berry, 1997), desconsidera córregos de 1ª ordem, definindo linhas de base para córregos de 2ª e 3ª ordem de drenagem na 1ª linha de base. Como mostrado em Figura 20.

Figura 20 – Linha de Base Geomorfológico



Fonte: ([GROHMANN; RICCOMINI; CHAMANI, 2011](#))

Justamente pela melhora na qualidade de mapas de relevos (MDT) que realizam a extração automáticas de linhas de drenagem, destaca-se que o autor não aconselhou para 4ª (quarta) ordem ou superiores.

Como na execução de [Ulises e Francisco Cristiane Nunes. Rodriguez \(2019\)](#) e [Oliveira, Francisco e Bohrer \(2021\)](#), antes de iniciar os procedimentos SCRIPT 05, fez-se uma validação da topologia para detectar e corrigir possíveis erros de validação tanto na rede de drenagem (A.N.A) como na rede hídrica (AGERH) conforme tabela 1. Referencia com à teoria em pag. 8 e 10

O procedimento de análise topológica para hidrografia primeiramente para eliminar os "pseudo nós", erros de trecho de drenagem com linhas com mudança de direção e sem nós, limpar linhas (trechos de drenagem) subdivididas inadequadamente, pois análise hidrológica, segmentos de um sistema fluvial devem ser limitados apenas nós e iniciais, finais e junções.

```
1  -- SCRIPT 05
2  -- ADICIONANDO AS EXTENSÕES
3  CREATE EXTENSION postgis;
4  CREATE EXTENSION postgis_topology;
5  -- VERIFICAR A VALIDADE DA TOPOLOGIA
6  SELECT ST_IsValidReason(geom) FROM rede_hidrica.trecho_de_drenagem_es WHERE
   ST_IsValid(geom) = FALSE;
7  -- 1- Criar esquema de topologia
8  SELECT topology.CreateTopology('myhidro',31986, 0.5);
9  -- 2- Criar estrutura de tabela idêntica à que será convertida
10 create table schema.table2
11 -- 3- adicionar topogeom col a uma tabela e registrá-la como uma camada na
   tabela topology.layer
12 SELECT topology.AddTopoGeometryColumn('myhidro_topo', 'myhidro', '
   trecho_drenagem', 'topo', 'LINESTRING');
```

2.3.1 Confluência da Hidrografias

Como a hidrografia da agência A.N.A está na escala 1:100.000 e a da agência AGERH está na escala 1:25.000, foi necessário elaborar o SCRIPT 06, para que as duas hidrografia apresentem os mesmos vértices (leia-se: nós) e possuam também os trechos de drenagem com valores de 2ª ordem na hierarquia de Strahler.

```
1  -- SCRIPT 06
2  CREATE VIEW temp.consulta3_pt AS
3  SELECT t2.id, ST_Intersection(t2.geom, t1.geom) AS geom
4  FROM rede_hidrica.trecho_curso_agua_12_13_17_20 t2
5  INNER JOIN rede_hidrica.trecho_de_drenagem_es t1
6  ON t1.geom && t2.geom = TRUE
7  AND t1.nustrahler = 2
8  LIMIT 5;
```

O resultado acima será uma *linestring*, com os vértices (leia-se:nós), da integração das duas hidrografias. O próximo passo é a determinação do mínimo que corresponde a base da elevação. Em [Oliveira, Francisco e Bohrer \(2021\)](#) procedimento homólogo foi realizado, porém, utilizando o software Arcgis®.

2.3.2 Base da elevação

Diferente dos autores citados, foi aprimorado o procedimento com o Script 07, fornecendo em valores numéricos, o valor do vértice/nó, na maior altitude da hidrografia com base na imagem do MDT utilizado.

```
1  -- SCRIPT 07
2  SELECT MAX(elevation) FROM ( SELECT ST_Value(rast,geom) AS elevation
3  FROM mdt_articu.mdt33_781, temp.consulta3_pt
4  where ST_Intersects(geom,rast))AA;
```

2.3.3 Terço superior

A partir deste momento temos o vértice/nó da base e o valor máximo do cume da região analisada, a seguir foram juntadas todas as informações em uma consulta única delimitando a porção do terço superior, contendo um arquivo vetorial na extensão *shapefile* com a coordenada dos vértices e o valor da cota elipsoidal .

```
1  -- SCRIPT 08
2  CREATE TABLE TEMP.TERCO_COOR as SELECT * FROM ( SELECT coordenada , MAX(val
) AS VALORES, ST_X(geom),ST_Y(geom), geom FROM ( WITH _tmp_item AS (
SELECT x, y, val, ST_AsText(geom) as coordenada , geom FROM (SELECT (
ST_PixelAsPoints(rast, 1)).* FROM temp.recorte_mdt2 WHERE rid = 1) foo)
SELECT * FROM _tmp_item ) as foo GROUP BY coordenada,geom ORDER BY
VALORES deSC ) AA WHERE valores > ( (select ((2.0/3)*( ( WITH stats AS
(SELECT (ST_SummaryStats(rast, 1)).* FROM temp.recorte_mdt2 WHERE rid =
1 ) SELECT max FROM stats) - (SELECT MAX(elevation) FROM ( SELECT
ST_Value(rast,geom) AS elevation FROM mdt_articu.mdt33_781, temp.
consulta3_pt where ST_Intersects(geom,rast))AA )+ (SELECT MAX(elevation
) FROM ( SELECT ST_Value(rast,geom) AS elevation FROM mdt_articu.
mdt33_781, temp.consulta3_pt where ST_Intersects(geom,rast))AA )) ) ;
```

O resultado pode ser apreciado na Figura 23.

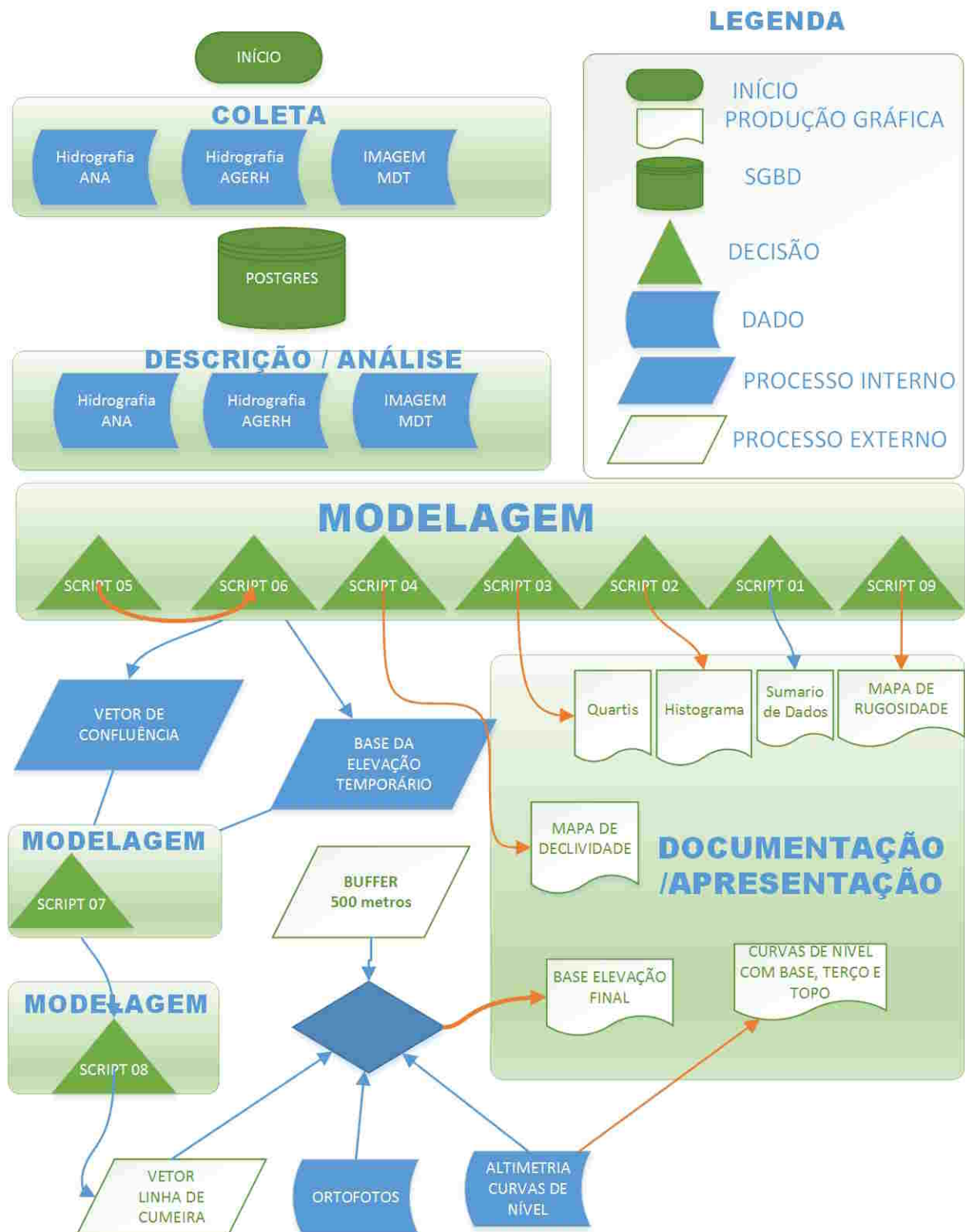
Seguindo o conceito de [Podobnikar \(2012\)](#) e tendo a base o topo e o terço, a próxima etapa é a determinação da linha de cumeada. Para isso o conceito de rugosidade e para tanto foi utilizado o SCRIPT09.

```
1  -- SCRIPT 09
2  CREATE TABLE temp.verif_raster_recorte_mdt_RUGOSIDADE AS
3  WITH _tmp_item AS (
4  SELECT x, y, val, ST_AsText(geom) as coordenada , geom
5  FROM (SELECT (ST_PixelAsPoints(rast, 1)).* FROM TEMP.Roughness_RECORTE
WHERE rid = 1) foo)
6  SELECT * FROM _tmp_item WHERE val < 15;
```

Com resultado em Figura 23 que possui semelhança com [Oliveira e Filho \(2016\)](#).

Por último foi realizado o *Buffer*, este sim com as ferramentas do QGIS, primeiramente com distância de 249 (duzentos e quarenta e nove metros) para facilitar a visualização Figura 36 e posterior o Buffer de 500 (quinhentos metros) para o agrupamento dos picos.

Figura 21 – Fluxograma de Trabalho



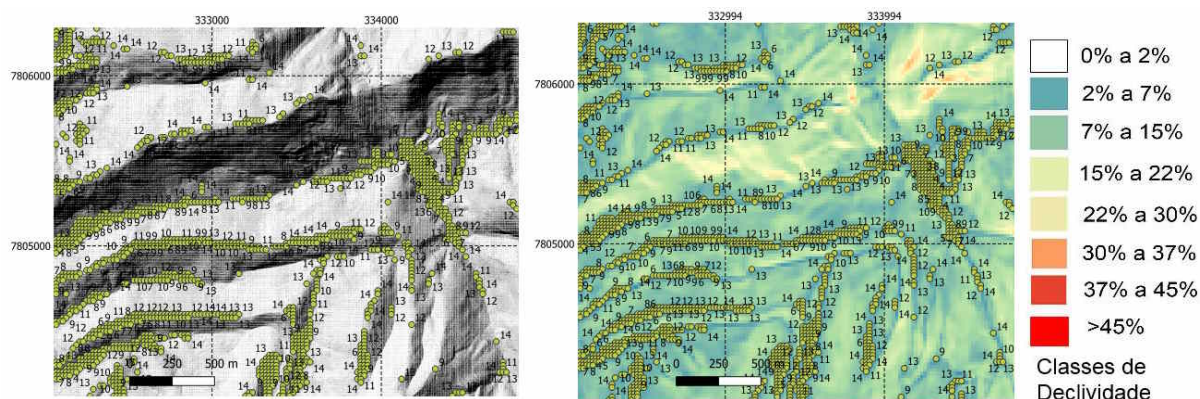
Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

3 RESULTADOS

A propriedade de rugosidade, também estudada por [Grohmann, Smith e Riccomini \(2011\)](#), originou a Figura 22, vista ao lado esquerdo com o relevo MDT em sobreamento, "hill shading", ou "shaded relief" que pode ser melhor conhecida esta visualização de MDT no livro de ([SLOCUM et al., 2009](#), p. 376), sendo os valores dos pontos em sobreposição a imagem em "overlay" (sobreposição).

Na vista ao lado direito (Figura 22) os mesmos valores sobre a imagem de declividade.

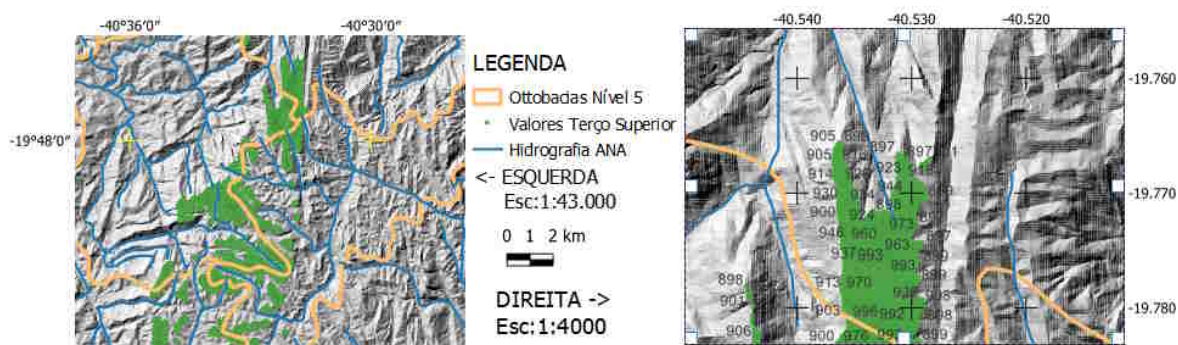
Figura 22 – Picos Regionais



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

A intenção deste processo é definir locais com características planas como hidrografias, massas de água e linhas de cumeeada em segunda necessidade.

Figura 23 – Determinação do Terço superior por pontos



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Percebe-se que a existência de valores iguais para as regiões mais baixas, que representa a possibilidade da existência de rede hídrica e valores próximos para locais de cumee ou cumeeiras. Isso deve-se a propriedade da rugosidade que destacou locais com a declividade próxima. (Figura 22 direita.)

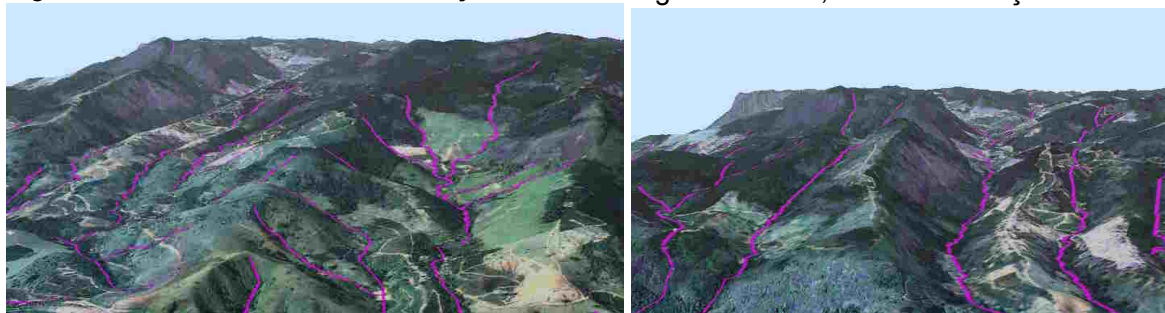
Fato ao utilizar o Script 03 delimitando a primeira versão do terço superior, e, posteriormente o Script 09, que auxiliou na determinação dos vértices notáveis (leia-se: picos regionais) de cada elevação. Pois com o Script 06 foi possível visualizar a

primeira visão do terço superior baseado na hidrografia de segundo grau de hierarquia de Strahler.

Entende-se que o nível de base como visto em Figura 24, em cor magenta e o local onde torna-se possível encontrar um espelho d'água, em termos leigos "ver a cor do céu refletido pela primeira vez".

Figura 24 – Linhas d'água na superfície do relevo imagem

Fig24.a: Vista local 2,5 D com elevação arbitraria Fig24.b: Vista 2,5 D com elevação arbitraria



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

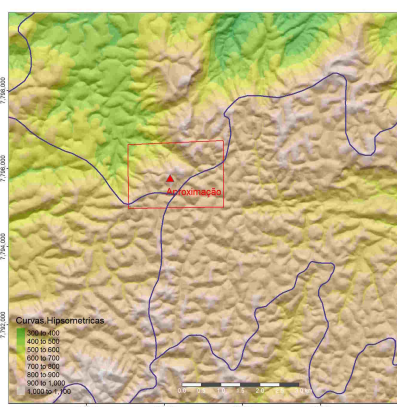
Tanto na Figura 24 como na 16.b , que representam o nível de base, ou melhor a altitude que contém o nível d'água de corrente e o de segunda hierarquia de Strahler, os demais são nascentes e fluxos de água que se encerram após a parada da chuva.

3.1 ESTUDO DE CASO - NÍVEL 01

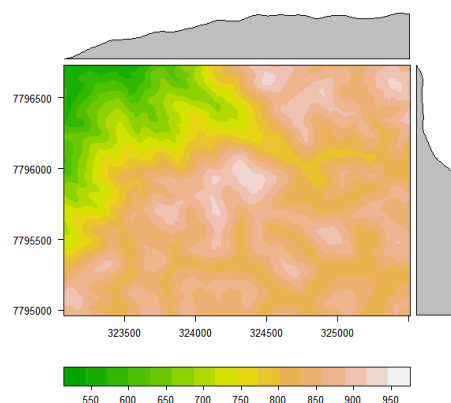
Para compreender o relevo da região estudada, destacada na cor vermelha, foi elaborada a Figura 25.a . A esta uniram-se dois conceitos, o relevo em "hill shading" abaixo e acima alturas elipsoidal em cores hipsométricas, aproximando no local estudado, Figura 25 .b e fazendo duas linhas de perfil nas bordas oeste para leste e norte a sul, sendo que estes perfil estão em igual escala horizontal e vertical.

Figura 25 – Análise do Relevo Estudo Caso 01

(a) Localização sobre o relevo ondulado



(b) Perfil do Terreno de Localização

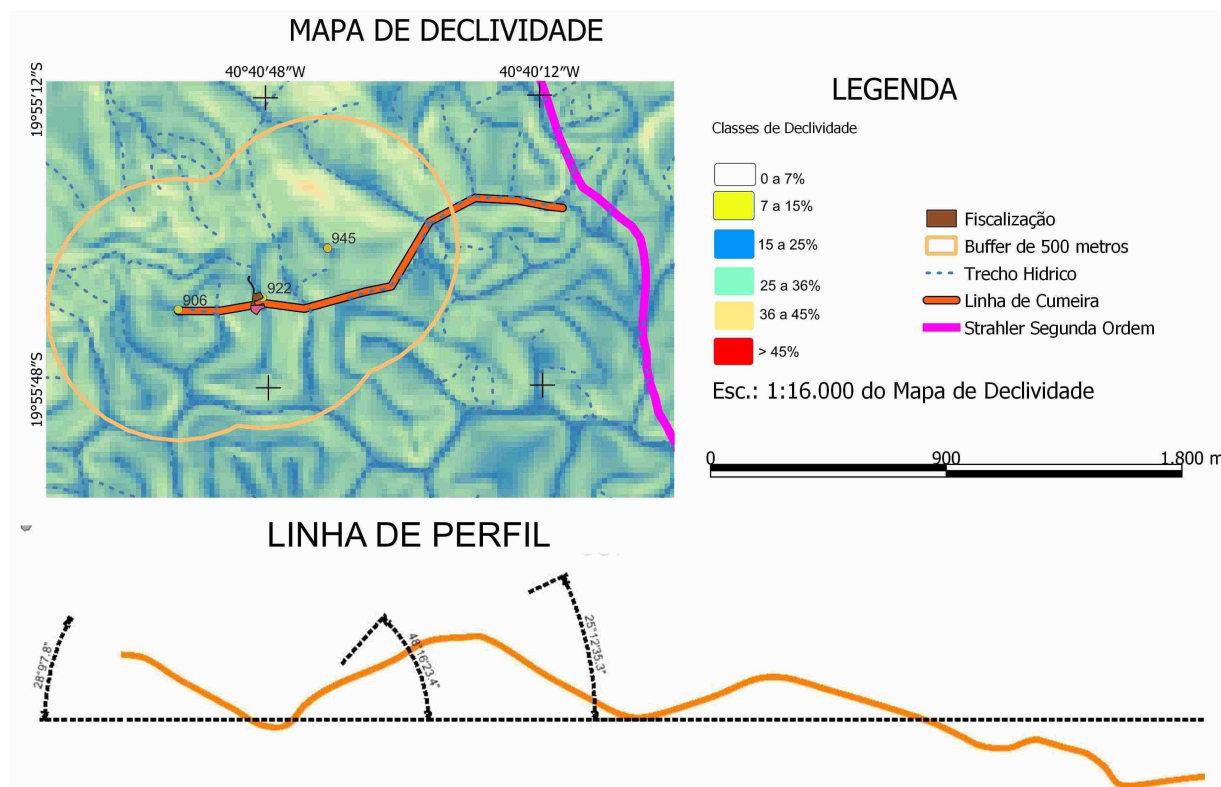


Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

3.1.1 Declividade - Código Florestal

Na leitura fiel da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (**NCF**), está escrito "(...) X - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°; (...)".

Figura 26 – Mapa de Declividade Estudo Caso 01



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Na Figura 26, em mapa, como fundo a imagem de declividade, já apresentada e traçada uma linha de perfil saindo do cume lateral e passando pelo ponto de interesse, indo até o córrego próximo a 1a (primeira) e subindo pela cumeada novamente e descendo até a linha de 2a (segunda) hierarquia.

Com isso; a) validam-se os valores do mapa de declividade, b) estabelece-se um padrão de escala demonstrada, c) identifica-se uma linha de perfil do local e aproximações.

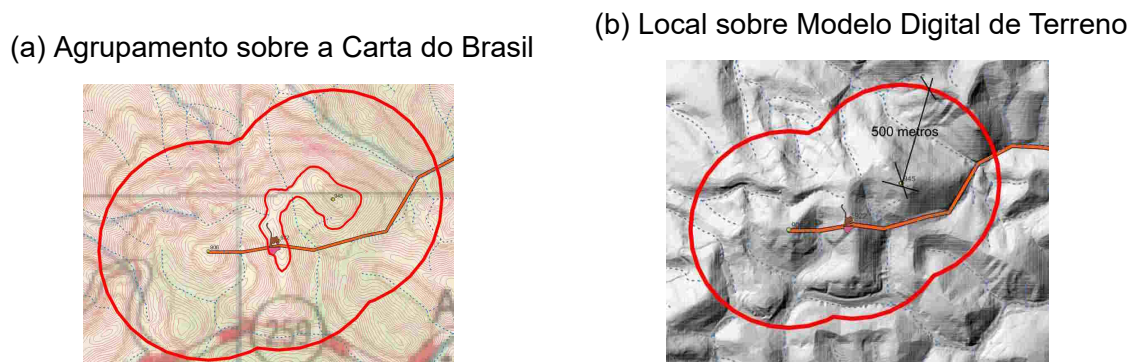
3.1.2 Agrupamento de Morros ou Montanhas

Na leitura concomitante, da Resolução CONAMA nº 303 de 2002: "(...) I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos; (...)".

Com os vértices/cumes/pontos obtidos do Script 8, em seus máximos valores, com um *offset* (buffer) de 500 metros, agrupando assim o relevo estudado. Figura 27, em vermelho.

Indica na Figura 27.b, em cor laranja, a linha de perfil antes mencionada e linhas de cor azul tracejadas, as hidrografias.

Figura 27 – Agrupamento Estudo Caso 01



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

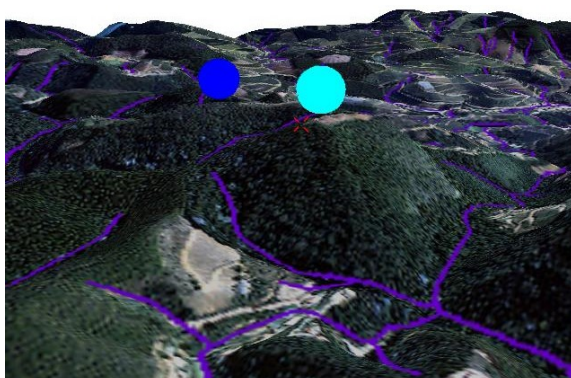
O agrupamento de elevações por distância fixa traz o conceito de dominância, em outras palavras, todas as elevações são agrupadas a uma distância de quinhentos metros e correspondem a dominância de seus picos e se forem maiores que quinhentos metros, então fazem parte de outro agrupamento de picos, outra dominância.

3.1.3 Espelho d'água - Código Florestal

Como descreve a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 "(...) as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação(...)".

Figura 28 – Localização Isolada

(a) Local em Visualização 2,5 Dimensão



(b) Definição do Terço Superior



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

O círculo na cor azul claro na Figura 28a é a cota máxima local (pico), o círculo na cor azul escuro é o local na infração.

Neste trecho da lei, alguns destacam: "ou, nos relevos ondulados, pela cota do

ponto de sela mais próximo”. Por isso deve-se rever a definição de relevo, a saber:.

De acordo com a literatura técnica em *"Elsevier's Dictionary of Geography"*, em língua; inglesa, russa, francesa , espanhola e alemã. Escrita por [Kotlyakov e Komarova \(2007, p. 223\)](#) o significado de relevo é:

"(. . .) A distância vertical acima de um nível específico, por ex. acima do nível do mar, **ou entre a base e o seu topo** 2. O ângulo vertical entre a horizontal e um ponto alto, por ex. entre o horizonte e uma estrela. (. . .)"

Igual definição trazida pelo *"A dictionary of Geography"* de [Monkhouse \(2007, p. 34\)](#), 1ª edição em (1970), alterando o único termo que descreve como distancia de um ponto no horizonte e seu topo.

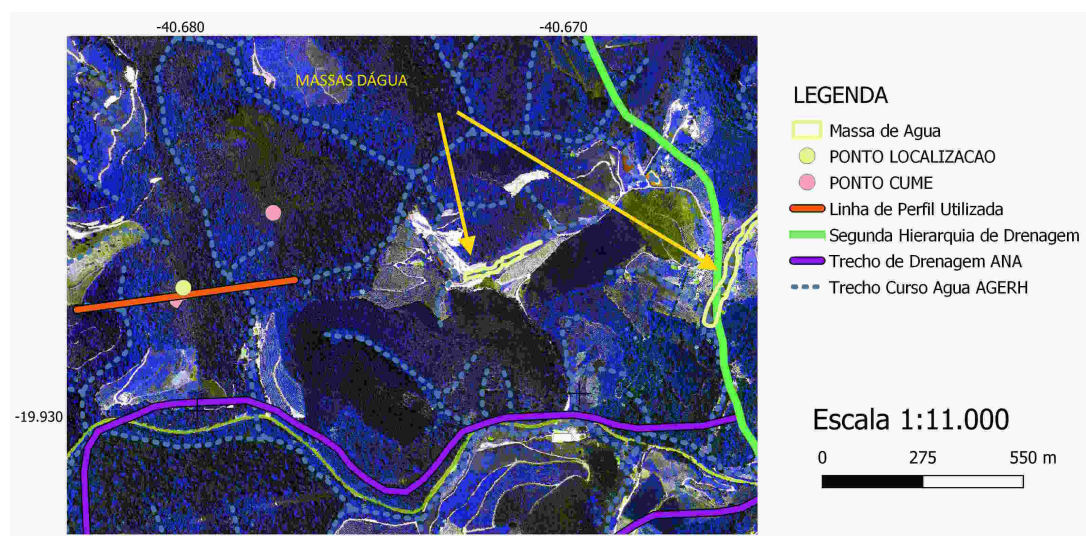
Então, segundo a definição de base de geografia física, compreende o nível onde inicia-se o processo de erosão.

Compreende-se como rios perenes, ou melhor com espelho d'água trechos hídricos em segundo nível de hierarquia de Strahler, o qual é determinada pela Agência Nacional de Água - A.N.A e novamente reconhecido pela Agência estadual de Águas - AGERH.

Tendo como base a definição acima, resta estabelecer tanto o conceitual como a prática. Para isso uniu-se duas bases de dados hidrográficos: AGERH na escala 1:25.000 e ANA na escala 1:50.000, incluindo mais a classificação do uso do solo de massas de água e para terminar a validação a ortoimagem do ano de 2020 com escala 1:15.000, que está apresentada com a composição R-Banda Azul, G-Banda Verde, B-Infravermelho.

A imagem nesta composição utilizando o infravermelho no canal do azul, pronuncia as massas de água. Figura 29.

Figura 29 – Comprovação de espelho d'água



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Respondendo assim a última parte da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 "(...) sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; (...)".

3.1.4 Cálculo da cota da APP

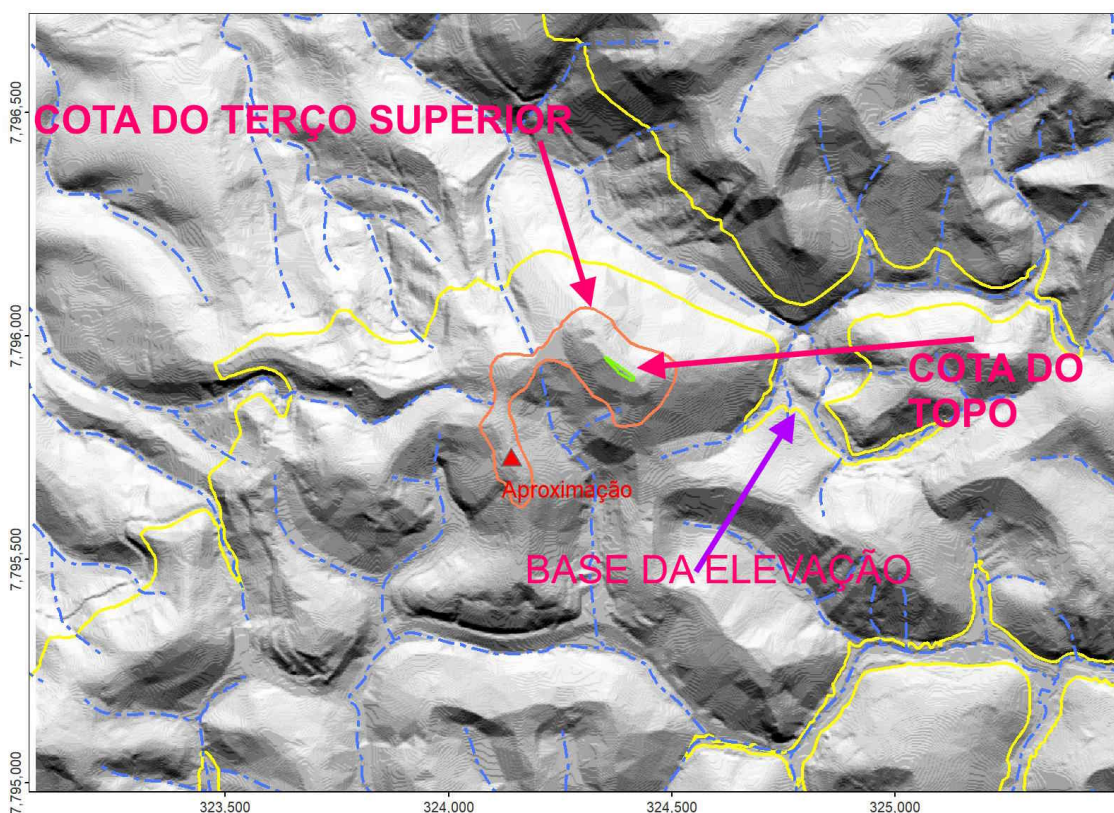
Em seguida, aplicou-se a equação de cálculo da cota da APP (Equação 1)

$$\begin{aligned} Cota_{APP} &= \left[\frac{2}{3} * (Cume - Base) + Base \right] \\ &= \left[\frac{2}{3} * (945 - 825) + 825 \right] \\ &= 905 \end{aligned}$$

Em comparação, sabe-se que o local estudado encontra-se na cota 922, ou melhor dizendo, comprovando-se que encontra-se no terço superior e seguindo para a última parte do Código Florestal.

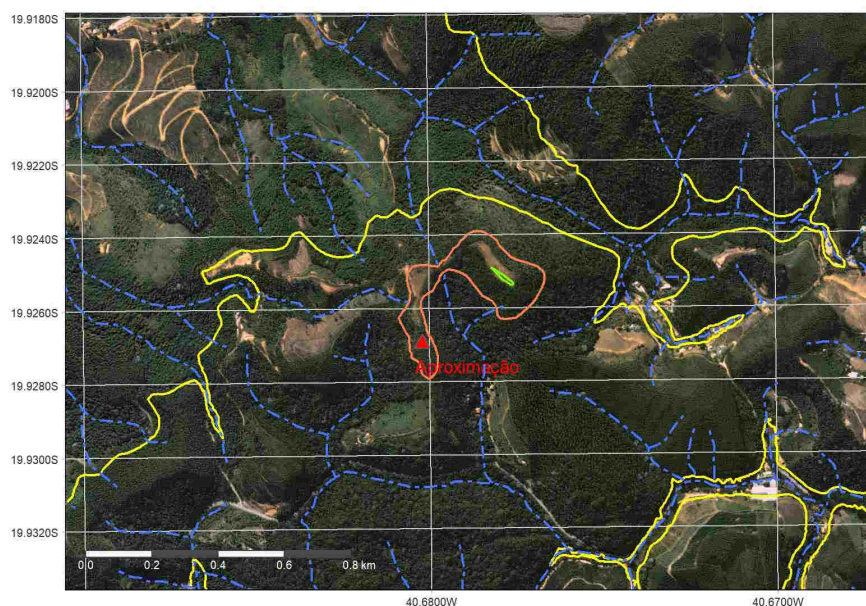
*III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e
IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.*

Figura 30 – Visualização da Área de Proteção Permanente Curvas sobre Imagem



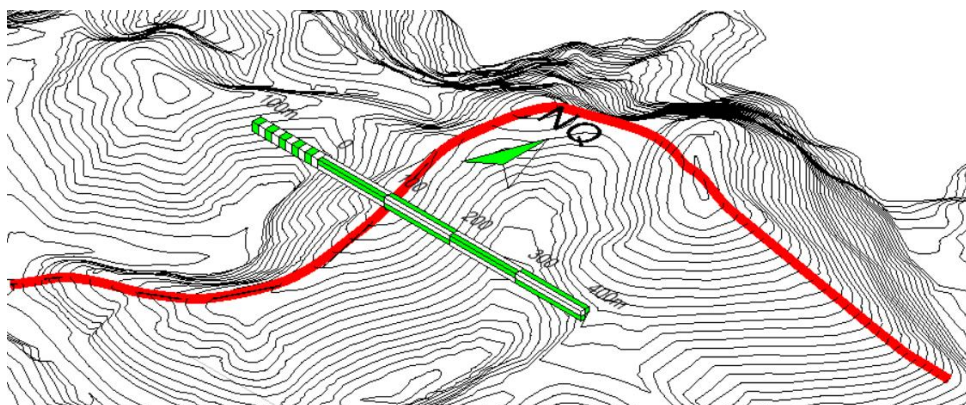
Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Figura 31 – Visualização da Área de Proteção Permanente Curvas sobre Imagem



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Figura 32 – Visão Isométrica: Linha de Cumeada na Cor Vermelho



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

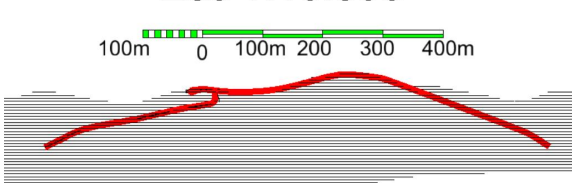
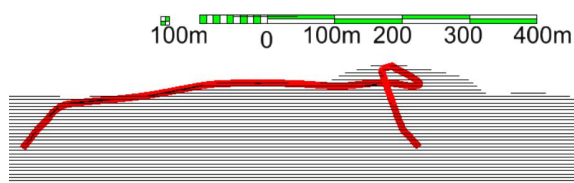
Figura 33 – Visualização da linha de ligação de Cumeadas

Vista Frontal do Relevo com curvas de nível

Visão Lateral Direita com curvas de nível (igual altitude) na cor cinza escuro

Esc 1:10.000

Esc 1:10.000



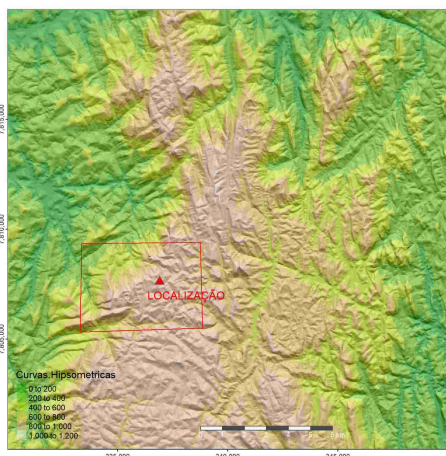
Fonte: Elaborado pelos Autores

3.2 ESTUDO DE CASO 02- NÍVEL 2

Análogo ao estudo de caso anterior, foi utilizado o mesmo método neste estudo de caso, primeiramente entendendo como se comporta o relevo com a percepção, auxiliado pela Figura 34.

Figura 34 – Analise do Relevo Regional

(a) Âmbito Regional



(b) Âmbito Local

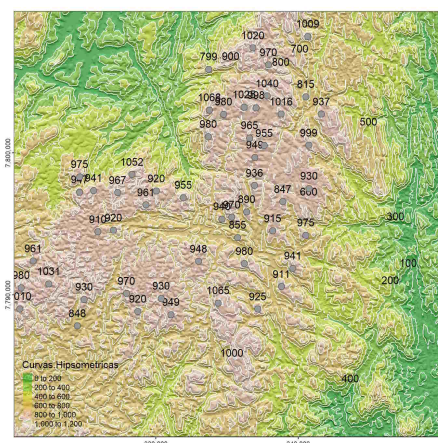


Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

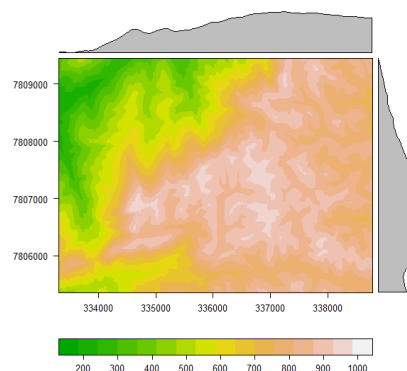
Mas neste caso, por ser uma região maior, sendo a Figura 34.a, uma região de 20x20 quilômetros e mais homogênea, necessitou-se que pontos notáveis fossem filtrados e evidenciados pelas maiores altitudes. Figura 35.a.

Figura 35 – Como compreensão do relevo

(a) Pontos Notáveis



(b) Perfil Regional



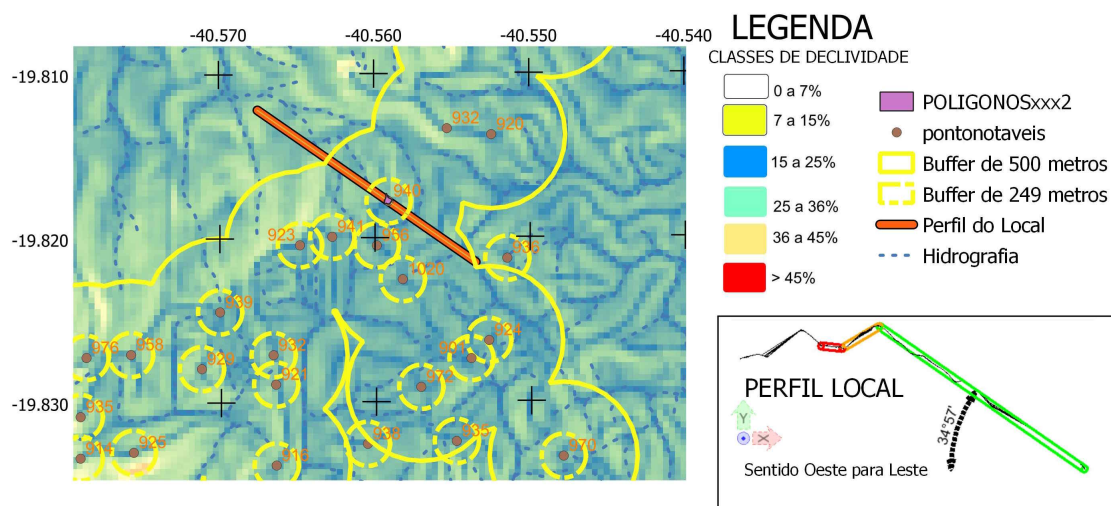
Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Para que assim fosse possível realizar uma aproximação/*zoom*, e produzir um novo perfil regional como anterior Norte a Sul e Oeste a Leste.

3.2.1 Declividade - Código Florestal

Evidencia-se este novo perfil em linha na cor laranja que não está diretamente ligada aos picos, pois sua função é a de fazer uma validação do mapa de declividade sem a homogeneização da linha de cumeadas. Figura 36.

Figura 36 – Mapa de Declividade Estudo Caso 02

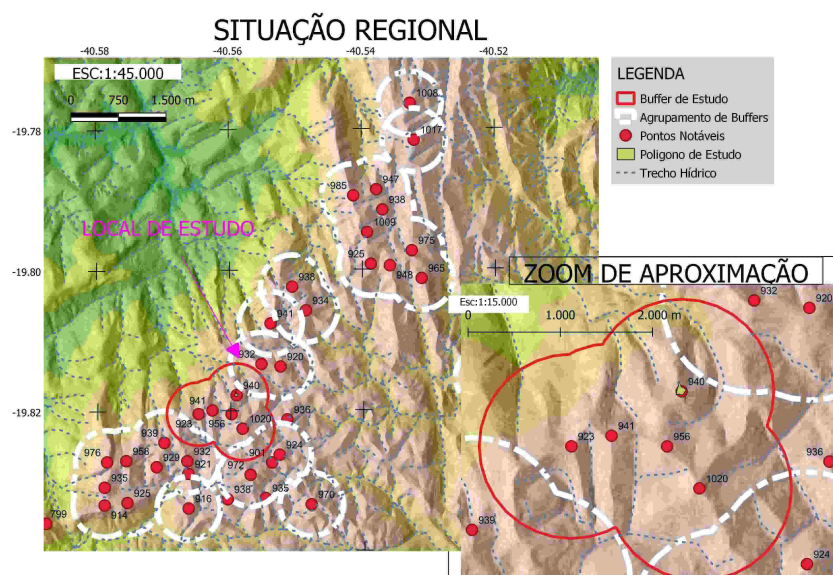


Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

3.2.2 Agrupamento de Morros ou Montanhas

Observa-se na Figura 36 que os círculos de 249 metros auxiliam delimitação dos vértices (leia-se: *buffer* de 249 (duzentos e quarenta e nove) dos cumes) na detecção de proximidade dos agrupamentos (proeminência) de 500 (quinhentos) metros.

Figura 37 – Agrupamento Estudo Caso 02



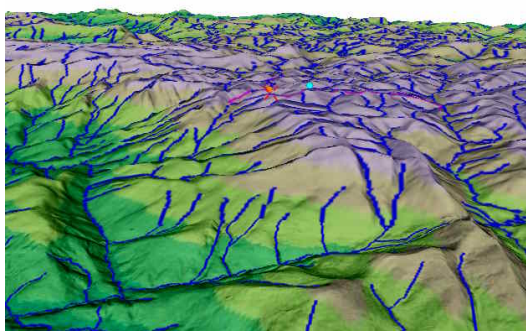
Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

3.2.3 Espelho d'água - Código Florestal

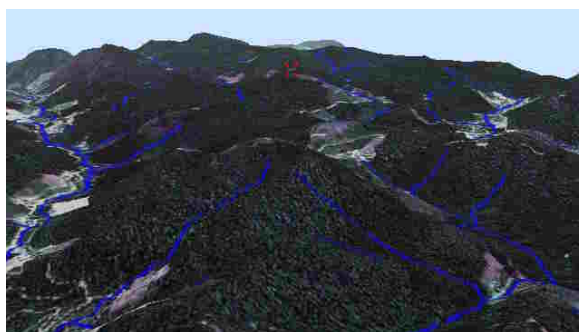
Correspondente ao caso 01, na Figura 38 observa-se que em imagem 2,5D com a superfície do solo contendo o mapa de curvas hipsométricas de altitude e a hidrografia em linhas azul, mas neste caso o cume está em círculo na cor azul e o local de interesse em círculo na cor vermelha.

Figura 38 – Análise de níveis e dimensões

(a) Visualização em relevo classificado

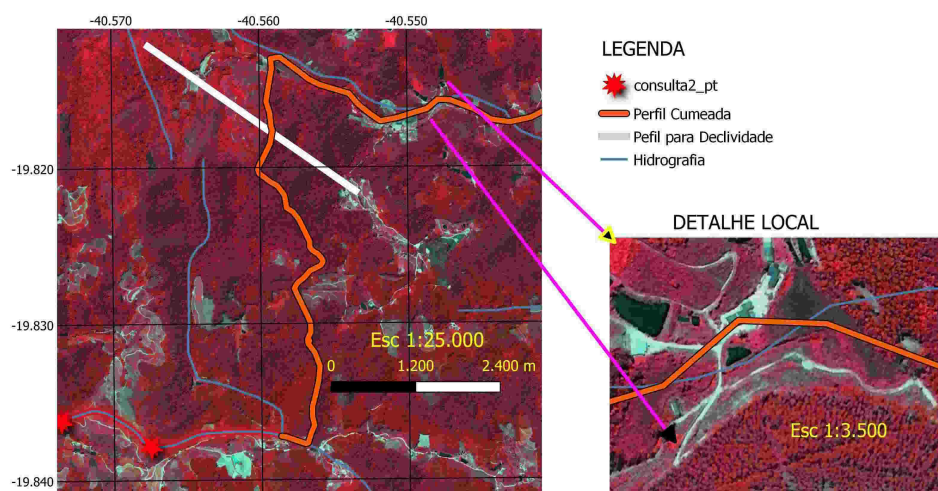


(b) Visualização sobre imagem e vertentes



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Figura 39 – Imagem com composição do infravermelho



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

3.2.4 Cálculo da cota da APP

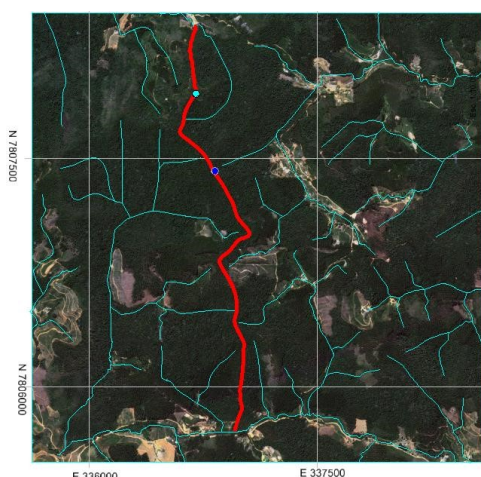
Em seguida, aplicou-se a equação de cálculo da cota da APP (Equação 1) conforme já apresentado:

$$\begin{aligned} Cota_{APP} &= \left[\frac{2}{3} * (Cume - Base) + Base \right] \\ &= \left[\frac{2}{3} * (985 - 800) + 800 \right] \\ &= 923 \end{aligned}$$

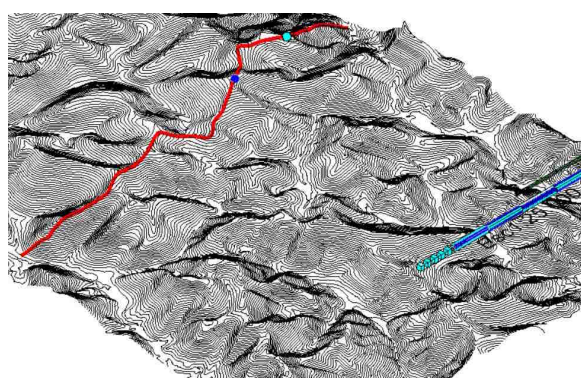
Quando na Figura 40.b está em visão isometria, equi-angular de 120°, com curvas de nível na cor preta e linha de perfil de cumeada na cor vermelha, identifica-se a escala gráfica na cor verde em isometria, que está na escala 1:25.000.

Figura 40 – Visualização da linha em Perspectiva

(a) Visão Planta



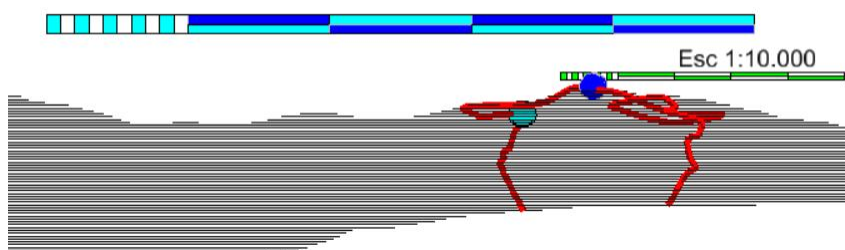
(b) Visão Isométrica



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Figura 41 – Visão Frontal, em imersão ao terreno, a linha de cumeada está na cor vermelha e as curvas de nível na cor cinza

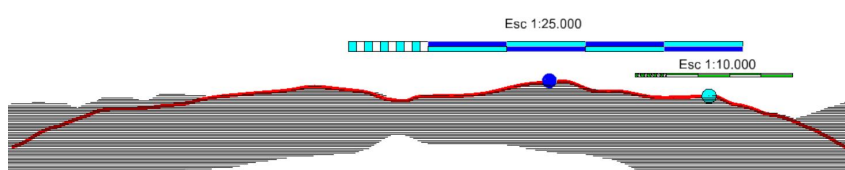
Esc 1:25.000



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Constitui uma nova visão a Figura 42 com a lateral de lado maior. Se pontua a escala gráfica e o valor de representação em Escala nominal na cor azul e verde.

Figura 42 – Visão Lateral Direita



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

4 DISCUSSÃO

Durante a exposição preliminar, apontou-se a necessidade do cuidado ao analisar topos de morros e montanhas e sua importância ambiental. Por mais que os dispositivos legais e doutrinas protejam estas áreas, ações antrópicas têm degradado estes locais, parte por brechas jurídicas.

Utilizadas técnicas em linguagem de programação livre e com procedimentos na delimitação de APPs em topo de morros e, ao mesmo tempo, contrastada com a resolução CONAMA nº 303/2002 e o Código Florestal vigente foi realizada uma correção direta entre base de nível geográfica e o 2º nível de hierarquia hídrica para determinação na base de topo de morros.

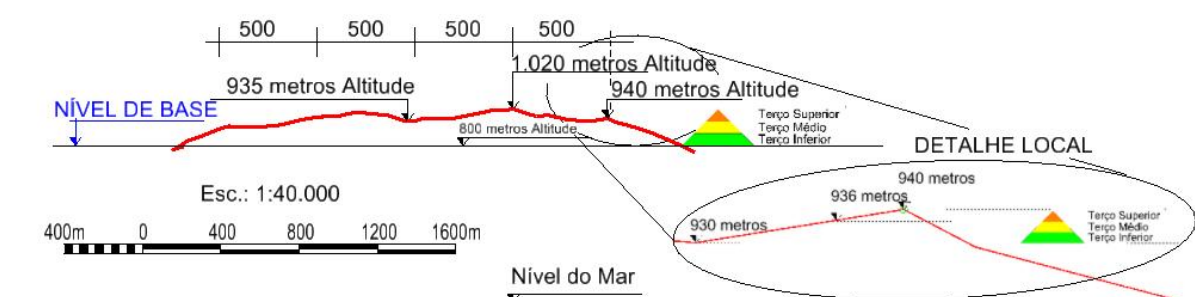
Como descrito em [Sala e J. \(1999\)](#), os modelos representativos naturais em geografia física têm a função de fornecer informações que, mesmo que fragmentada, sejam unidas e, assim, ter base para um conhecimento.

Para isso foi esclarecido que diferentes técnicas de representação de superfícies de terreno, especialmente MDT, podem ser utilizadas com esse propósito, e foram realizadas figuras com relevo em:

- (a) **Sombreado** "shaded relief" para demonstrar profundidade em imagens 2D;
- (b) Sobreposição de **mapa hipsométrico com MDT** na visualização temática de profundidade em imagens 2D;
- (c) Sobreposição de **foto aérea sobre MDT** para que o leitor pudesse reconhecer a realidade local como se estivesse voando em uma imagem 2,5D;
- (d) **Perfis** em escalas em igual escala vertical e horizontal para mostrar a inclinação e validar mapas de declividade;
- (e) **Curvas de nível** evidenciando perfis de linhas de cumeada.

Ao traçar a linha de cumeada, iniciando na hidrografia de 2º (segundo) nível de hierarquia passando pelos picos identifica-se o local de interesse, e, chegando novamente na hidrografia 2º (segundo) nível, temos identificados alguns picos e possíveis pontos de sela, visto com melhor detalhe este local em Figura 43.

Figura 43 – Perfis e Escalas



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023)

Neste detalhe local (direita inferior) da Figura 43, temos uma saliência, com dimensões de comprimento com 90 (noventa) e altura 10 (dez) metros.

A mesma escala de 1:1.000 utilizada para representação de uma área de campo

de futebol, e lembrando, ainda, que todas as representações e dados estão no mínimo na escala 1:10.000. Associando assim a existência de pontos de sela inversamente relacionados a escala, e lembrando a Figura 13

Com a revisão da literatura, revelou-se a ligação entre a hierarquia de 2ª (segunda) ordem de Stranher e o conceito geomorfológico de linha de base, que estão diretamente interligados. (GROHMANN; RICCOMINI; CHAMANI, 2011)

No termo "ponto de sela" ocorre uma falha metodológica de descrição, pois o mesmo não pode ser aplicado em diferentes tipos de relevo, já que está diretamente ligado a escala topográfica utilizada, o que em concordância com Huang, Yang e Liu (2020), em conformidade com (SILVA, 2007) no quadro 2 e que está diretamente ligado com conceitos trazidos por (ESPARTEL, 1978, p. 59) e (LOCH, 1995, p. 8).

Na Legislação Federal, em alguns campos conflituosos, pode ser aplicada de forma complementar que o Novo Código Florestal estabelece declividade e a Resolução CONAMA 303/2002 retoma o conceito de proeminência de 500 metros, em ambas observa-se o nível d'água como elemento comum. Como tem nível de espelho d'água natural em hidrografia de 2ª hierarquia para o local estudado, a água é o definidor.

Na literatura, o termo depressões "espúrios" são anomalias causadas pela resolução de dados MDT, e, em estatística, são conhecidos como pontos de alavancagem e/ou outliers. Da mesma forma ao tratar modelos de superfície de terrenos, ou MDT, tem que se trabalhar com esses valores espúrios, senão os mesmos irão causar falsa interpretação dos dados do perfil.

Para compreensão da influência de pontos espúrios, foram apresentadas figuras em visões frontais e laterais, e, como foi visto nas Figuras 33, 34 e 42, em nenhuma delas, mesmo na escala 1:10.000, são apresentados pontos de sela visíveis. Justamente a escolha deste tipo de representação para se provar que somente em escala de âmbito local como escala 1:1000 e outras menores são possíveis verificar pontos de sela.

5 CONCLUSÃO

Considerando a subjetividade e a interpretação do que é ponto de sela, este estudo buscou mostrar que, para a região escolhida, não torna-se possível avaliar um ponto de sela em escala que não seja pequena, em termos corretos, escalas que o denominador seja grande como 1:10.000, 1:20.000 e à diante.

Este estudo comprovou que a utilização dos dispositivos legais, Código Florestal e a Resolução CONAMA 303/2002 podem ser feitas de forma complementar, e podem ser usadas para delimitação de APPs ferramentas de Geomática, com metodologia livre.

Diante das conclusões deste trabalho, resta a pergunta, qual será o resultado dos mesmos procedimentos em relevos ondulados ou planos e se o somatório de áreas delimitadas de APPs por estes procedimentos impactará no quantitativo total de imóveis do Estado.

Figura 44 – Espelho de d'água



Fonte: (BURROUNG; DONNELL, 2009, p. 196)

Referências

AES, F. S. G.; MOREIRA, A. A. M. **As Área De Preservação Permanente De Topo De Morro E a Lei Federal No 12.651/2012: Um Estudo De Caso Na Região Da Zona Da Mata – Mg.** *Caminhos de Geografia*, p. 175–187, 2018. ISSN 1678-6343. Citado na página 15.

ALMEIDA, A. M.; PAULA, E. V. **Àrea de Preservação Permanente de topos: das alterações na legislação brasileira às suas diferentes interpretações.** *Confins*, [s. l.], v. 37, 2018. [Online: accessed 21-marco-2023]. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 4.

BIRERMAN, P. R.; MONTGOMREY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology.** 4. ed. New Yoork, Ny: W.F. Freeman and Company Publishers, 2014. 532 p. ISBN 978-1.42292-3892-3860-1. Citado na página 10.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988: atualizada até a Emenda Constitucional n. 128, de 22-12-2022.** Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em url <https://www.planalto.gov.br>. Citado na página 2.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. [Online: accessed 21-marco-2023]. ISSN 1677-7042. Citado na página 4.

BURROUNG, P. A.; DONNELL, R. A. M. **Principles of Geopgraphical Information Systems.** 6. ed. Oxford, New York: Oxford Universitu Press, 2009. 353 p. ISBN 978-0-19-823365-7. Citado 4 vezes nas páginas 5, 8, 9 e 33.

CHAVERRI, P. **Mountains, biodiversity and Conservation.** *Unasya* 195, p. 23–33, 1998. Citado na página 2.

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Fundaments of Physical Geography.** 4. ed. Toronto, CA: Pearson, 2016. 750 p. ISBN 978-0-13-345-522-1. Citado na página 10.

CORTIZO, S. **Topo de Morro na Resolução CONAMA 303.** 2011. Disponível em: <<http://www.isf.com.br/artigos/topo.pdf>>. Acesso em: 28 abril. 2023. Citado na página 4.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 6. ed. Porto Alegre,RS: Globo, 1978. 706 p. Citado na página 33.

EUGENIO, F. C.; SANTOS, A. R. d.; LOUZADA FRANCIANE LOUSADA RUBINI DE OLIVERIA ANDPIMENTEL, L. B. a. J. V. **Identificação Das Área De Preservação Permanente No Município De Alegre Utilizando Geotecnologia.** *Revista Cerne Lavras*, v. 04, p. 563–571, 2011. Citado na página 15.

FELGUEIRAS, C. A.; CAMARA, G. **Modelagem Numerica de Terremo**. 1. ed. São José dos Campos ,SP, Brasil: INPE, 2002. <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>>. [Online: accessed 04-abril-2023]. Citado na página 5.

FERREIRA, M. C. **Iniciação a análise geoespacial: Teoria, Técnica e exemplos para geoprocessamento**. 3. ed. São Paulo, SP: Editora Unesp, 2014. 347 p. ISBN 978-85-393-0537-7. Citado na página 7.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais** . São Paulo, SP: Oficina dos Textos, 2008. 330 p. Citado na página 9.

FRANÇA, L. L. S. d.; PASSOS, J. B. d.; PORTUGAL, J. L. **Topological Validation: a Study Applied for Hydrographic Features of a Watershed**. *Ciências Exatas e da Terra: Aprendizado, Integração e Necessidades do País*, Los Angeles,CA, p. 3061–3068, 2020. Citado na página 10.

GAGNON, J.; LOVEJOY, S.; SCHERTZER, D. **Multifractal earth topography J.-S.** *European Geosciences Union and the American Geophysical Union*, p. 541–570, 2006. Citado na página 13.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; CHAMANI, M. A. **Regional scale analysis of landform configuration with base-level(Isobase) maps**. *Hidrology and Earth System Sciences*, v. 15, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 33.

GROHMANN, C. H.; SMITH, M. J.; RICCOMINI, C. **Multiscale Analysis of Topographic Surface Roughness in the Midland Valley, Scotland**. *IEEE*, v. 49, 2011. Citado na página 21.

HEYWOOD, I.; CORNELIUS, S.; CARVER, S. **An Introduction to Geographical Information System**. 3. ed. Harlow, England: Pearson Education Limited, 2006. 465 p. ISBN 978-0-13-129317-5. Citado 3 vezes nas páginas 5, 6 e 7.

HOTT, M. C.; AES, M. G.; MIRANDA, E. E. d. **Um método para a determinação automática de Área de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo**. *XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 3061–3068, 2005. ISSN 4109108500. Citado na página 15.

HUANG, N.; YANG, X.; LIU, H. **A Method of Saddle Point Extraction based on Contour Spatial Relationship HUANG**. *Journal of Geo-information Science*, p. 410–421, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 33.

IOAN, B. **The prominence of the peaks from rodnei mountains (romania) with relevance for mountaineering. Methodological and practical aspects**. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Educatio Artis Gymnasticae*, p. 89–104, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

JENSON, S.; DOMINGUES, S.; RODRIGUES. **Extractiong topographic structure from digital elevation data for geographic informations system analysis**. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 54, p. 1.593–1.600, 1988. Citado na página 9.

KOTLYAKOV, V.; KOMAROVA, A. [S.l.: s.n.], 2007. Citado na página 25.

LANDSLIDE. **Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models in Rio de Janeiro state (Brazil)**. *Natural Hazards*, p. [s.p], 2012. Citado na página 2.

LI, Q. Z. Z.; GOLD, C. **Digital terrain modeling: principles and methodology**. 1. ed. Florida: CRC Press, 1960. 324 p. ISBN 0-415-32462-9. Citado na página 6.

LOCH, C. **Topografia Contemporanea: Planimetria**. 1. ed. Florianopolis, SC: UFSC, 1995. 320 p. Citado na página 33.

MAIZLISH, A. **Prominence and orometrics: a study of the measurement of mountains**. 2013. <<http://www.peaklist.org/theory/theory.html>>. [Online: accessed 04-abril-2023]. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

MARTINELLI, G. **Mountain biodiversity in Brazil**. *Revista Brasileira de Botanica*, p. 587–597, 2007. Citado na página 2.

MENNO, J. K.; ORMELING, F. **Cartography: Visualization of Geospatial Data**. 3. ed. London, United Kingdom: Person Education Limited, 2010. 249 p. ISBN 978-0-273-72279-3. Citado na página 5.

MONKHOUSE, F. **A Dictionary of Geography**. 2. ed. New York, USA: Taylor e Francis, 2007. 387 p. Citado na página 25.

NADALINI, A. C. V. **Direito De Propriedade Sob A Ótica Ambiental**. *Cobreap XIV*, XIV, p. 18, 2007. Citado na página 2.

OLIVEIRA, F. M. G. d. **Direito Ambiental**. São Paulo, SP: Florense, 2017. 822 p. ISBN 978-85-309-7566-1. Citado na página 2.

OLIVEIRA, G. d. C.; FILHO, E. I. F. **Automated Mapping Of Permanent Preservation Área On Hilltops**. *Revista Cerne Lavras*, v. 22, p. 111–120, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 19.

OLIVEIRA, T. G. d.; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. d. A. **área de preservação permanente (app) no topo de morros no estado do rio de janeiro: uma avaliação dos dispositivos legais em diferentes unidades geomorfológicas**. *Ciencia Florestal, C.i. Santa Maria*, v. 31, p. 491–514, 2021. ISSN 1980-5098. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 18.

PETERSEN, J. F.; SACK, D.; GABLER, R. E. **Fundamentals of Physical Geography**. 1. ed. Belmont, CA, USA: Cengage, 2011. 499 p. ISBN 978-0-538-73463-9. Citado na página 10.

PEUCKER, T. K.; CHRISMAN, N. **Cartographic Data Structures**. *American Cartographer*, v. 2, p. 55–69, 1975. Citado na página 8.

PODOBNIKAR, T. **Detecting Mountain Peaks and Delineating Their Shapes Using Digital Elevation Model, Remote Sensing and Geographic Information System Using Autometric Methodological**. *MDPI-Remote Sensing*, 2012. ISSN 2072-4292. Citado na página 19.

POLETO, L. J. D. C. et al. **Validação de Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC)**. *II Simposio Brasileiro de Ciencias Geodesicas e Tecnologias da Geoinformacao*, p. 8–11, 2008. Citado na página 10.

REDDY, M. A. **Textbook of Remote Sensing and Geographical Information System**. 3. ed. Giriraj Lane, Sultan Bazar, India: BS Publications, 2008. 478 p. ISBN 978-81-7800-135-7. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 8.

RIBEIRO, H. J.; FERREIRA, N. C. **Análise Comparativa De Redes Hidrológicas Geradas A Partir De Superfícies Hidrologicamente Consistentes**. 2014. ISSN 41982-2170, volume =. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 15.

RIBEIRO, H. J.; FERREIRA, N. C. **Conversion of the Digital Surface Model to the Hydrologically Conditioned Digital Elevation Model for the Marinheiro Stream Watershed in Sete Lagoas, Brazil**. *Revista Brasileira de Geografia Fisica*, v. 3, p. 1127–1136, 2018. Citado na página 10.

RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental Esquematizado**. 8. ed. [S.l.]: Saraiva, 2021. 800 p. Citado na página 3.

ROZLOZZNÍK, M. **Saddle-Point Problemas and Their Iterative Solution**. Prague, Czech: Birkhauser, 2018. 147 p. ISBN 978-3-030-01431-5. Citado na página 11.

SALA, M.; J., B. R. **Teoria y metodos en Geografia Fisica**. 1. ed. Madri, ES: Editorial Sintesis, 1999. 302 p. Citado na página 32.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. **Curso de Direito**. 2. ed. [S.l.]: Florense, 2021. 148 p. Citado na página 3.

SCHMIDT, A.; STUMME, G. **Prominence and Dominance in Networks**. *Knowledge Engineering and Knowledge Management*, p. 16, 2018. Citado na página 12.

SILVA, T. M. da. **Mapeamentos geomorfologicos: escalas, aplicacoes e tecnicas de compartimentacao do relevo**. *Gale Academic OneFile*, p. 89–104, 2007. Citado na página 33.

SINGH, V. P. **Handbook of Applied Hydrology**. 2. ed. New York: Mc Graw Hill, 2017. 1383 p. ISBN 978-0-07-1835509-1. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.

SLOCUM, T. et al. **Thematic Cartography and Visualization**, publisher = Prentice-Hall, edition = 3, isbn = 978-0-13-229834-6, keywords = Slocum, address = New Jersey, pages = 576. [S.l.: s.n.], 2009. Citado na página 21.

SMITH, M. J. d.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools**. 4. ed. Winchelsea, UK: Winchelsea Pres, 2013. 60 p. Citado na página 8.

STRAHLER, A.; MERALI, Z. **Visualizing Physical Geography**. 1. ed. Florida: John Wiley e Sons, 2008. 626 p. ISBN 047009572-5. Citado na página 12.

ULISES, R.; FRANCISCO CRISTIANE NUNES. RODRIGUEZ, D. A. **Aspectos Legais no Mapeamento das Área de preservacao ermanente (APP) no Topo de Morros: Um Estudo de Caso na Bacia do Rio Sao joao(RJ)**. *XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2019. ISSN 978-85-17-00097-3. Citado 3 vezes nas páginas [15](#), [16](#) e [18](#).

YANG, X.; TANG, G.; MENG XIN ANDXIONG, L. **Classification of Karst Fenglin and Fengcong Landform Units Based on Spatial Relations of Terrains Feature points DEMs**. v. 11, 2019. Citado na página [11](#).