

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO – FAED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E
DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL**

MARINA PINHO BERNARDES

**DIFICULDADE DE APLICAÇÃO DAS APPS EM TOPO DE MORROS EM
RELAÇÃO À DIVERSIDADE DO RELEVO E ÀS NORMATIVAS VIGENTES:
ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS E JOAÇABA, SANTA CATARINA**

FLORIANÓPOLIS

2022

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO – FAED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E
DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL**

MARINA PINHO BERNARDES

**DIFICULDADE DE APLICAÇÃO DAS APPS EM TOPO DE MORROS EM
RELAÇÃO À DIVERSIDADE DO RELEVO E ÀS NORMATIVAS VIGENTES:
ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS E JOAÇABA, SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada como parcial para obtenção do título de mestre em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, área de concentração em Análise e Gestão Ambiental, do Programa de Pós-Graduação em Planejamento em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental - FAED, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.
Orientadora: Prof. Dra. Edna Lindaura Luiz.

**FLORIANÓPOLIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do FAED/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Bernardes, Marina Pinho

Dificuldade de aplicação das APPs em topo de morros em relação à diversidade do relevo e às normativas vigentes : estudo de caso em Florianópolis e Joaçaba, Santa Catarina / Marina Pinho Bernardes. -- 2022.

114 p.

Orientadora: Edna Lindaura Luiz

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, Florianópolis, 2022.

1. Área de Preservação Permanente. 2. Metodologias de definição de APPs. 3. Topos de morros. 4. Relevo Cristalino. 5. Relevo Tabular. I. Luiz, Edna Lindaura. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todas as pessoas que, de alguma maneira, participaram ajudando a concretizar esta etapa da minha trajetória acadêmica.

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, Maria Elena e Nilton, que sempre estiveram comigo, acreditando no meu potencial e me incentivaram em todas as escolhas da minha vida.

Ao meu querido irmão Mateus, que me inspira a seguir um caminho parecido ao seu, que esteve me auxiliando (e me acalmando) em todo o percurso do mestrado: obrigada, mano!

Agradeço de um modo especial à Professora Edna Lindaura Luiz, pela sua orientação, paciência e confiança. Obrigada por me ensinar todo o caminho para realizar uma pesquisa!

Aos membros da banca, Professor Kleber Isaac Silva de Souza e Professor Rodrigo Pinheiro Ribas, pelas valiosas contribuições ao estudo.

Aos meus amigos e amigas, Aquiles, Camila, Guilherme, Hélia, Larissa, Matheus e Yuri, por me auxiliarem, me escutarem e entenderem a minha ausência em determinados momentos. Um agradecimento especial à Angel, Hatan, Wesley e Yasmim, pelo companheirismo e pelo auxílio com dúvidas relacionadas ao Qgis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental (PPGPLAN) e à Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC) pela oportunidade desta formação. A todos os professores que acompanharam minha formação, tanto na graduação quanto na pós-graduação.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade de bolsa de estudos. Por fim, agradeço a Fundação do Meio Ambiente (FLORAM), que por meio do estágio de graduação, pude desenvolver o problema desta pesquisa.

RESUMO

Este estudo visa discutir a aplicação dos critérios para delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) em topos de elevações de acordo com a fisiografia do relevo e a partir dos critérios estabelecidos pelos Código Florestal de 1965 (revogado) e o de 2012 (atual). Para isto, foram estudados dois recortes espaciais distintos em Santa Catarina, um com relevo cristalino, em Florianópolis, e outro com relevo em derrames de lavas com estrutura concordante horizontal, em Joaçaba. A instituição da Lei de Preservação da Vegetação Nativa (LPVN - Lei n.º 12.651/2012) também conhecida como Código Florestal de 2012, provocou modificações na delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APPs) em topo de morros, principalmente por conta da reformulação dos critérios de altura mínima e declividade, anteriormente definidos pela Resolução Conama n.º 303/2002, a qual regulamentava o antigo Código Florestal (Lei n.º 4.771/1965). Também foi suprimida a proteção das linhas de cumeada no Código Florestal de 2012. A realidade do relevo brasileiro não é de elevações em forma de morros isolados como é citado nos Códigos Florestais em vigor e revogado, mas de maciços e planaltos apresentando vários topos. Nesta pesquisa, a delimitação de topo de morros nos maciços estudados foi realizada conforme a metodologia de Souza (2021), utilizando um Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta resolução espacial e considerando as características geológicas e geomorfológicas dos relevos locais. Os resultados obtidos evidenciam que é necessário analisar os diferentes relevos para poder delimitar devidamente as APPs em seus topos. Desta forma, dependendo da fisiografia do relevo, foram feitos ajustes na delimitação das bases dos maciços, na identificação dos cumes e na segmentação de suas elevações. Como a legislação ambiental apresenta imprecisões, provocando diferentes interpretações, nesta pesquisa, ao aplicar os critérios do Código Florestal de 2012, foi utilizado o ponto de sela apenas para o cálculo do terço superior das elevações em terras altas (relevo ondulado), enquanto o cálculo de altura e declividade média foi realizado a partir da base real das elevações (depressão mais baixa). Segundo os critérios do Código Florestal de 1965 e da Resolução Conama n.º 303/2002, todos os maciços apresentaram APPs em topo de morros, enquanto com uso do Código Florestal em vigor, nenhum maciço apresentou APP em topo de morros, reduzindo a proteção e conservação das áreas superiores destes maciços. Pode-se perceber que diferentes modelados de relevos apresentam formas e topos distintos, os quais influenciam na delimitação de APPs em topo de morro e que as áreas de proteção com esta categoria de APPs foram reduzidas com o novo Código Florestal em vigor. É importante reconhecer a necessidade de analisar o tipo de relevo e suas particularidades, e utilizar os métodos automáticos apenas como ferramenta de análise e não como fator determinante para a delimitação das APPs em topo de elevações. Além disto, é imprescindível que o Código Florestal de 2012 seja regulamentado por uma resolução criada por profissionais que compreendam os diferentes relevos e suas necessidades de proteção.

PALAVRAS-CHAVE: Área de Preservação Permanente; Metodologias de definição de APPs; Topos de morros; Relevo Cristalino; Relevo Tabular.

ABSTRACT

This study aims to discuss the application of the criteria for the delimitation of Permanent Preservation Areas (PPA) on hilltops according to the physiography of the relief and based on the criteria established by the Forest Code of 1965 (revoked) and 2012 (current). For this purpose, two distinct spatial clippings were studied in Santa Catarina, one with crystalline relief, in Florianópolis, and the other with relief in lava spills with horizontal concordant structure, in Joaçaba. The establishment of the Native Vegetation Preservation Law (LPVN - Law No. 12,651/2012) also known as the Forest Code of 2012, caused changes in the delimitation of Permanent Protection Areas (PPAs) on hilltops, mainly due to the reformulation of the minimum height and slope criteria, previously defined by Conama Resolution No. 303/2002, which regulated the old Forest Code (Law No. 4,771/1965). The protection of ridge lines in the 2012 Forest Code was also removed. The reality of the Brazilian relief is not of elevations in the form of isolated hills as it is mentioned in the Forest Codes in force and repealed version, but of massifs and plateaus presenting several hilltops. In this research, the delimitation of hilltops in the studied massifs was carried out according to Souza's methodology (2021), using a Digital Terrain Model (MDT) of high spatial resolution and considering the geological and geomorphological characteristics of local reliefs. The results show that it is necessary to analyze the different reliefs in order to be able to properly delimit the PPAs on their hilltops. Thus, depending on the physiography of the relief, adjustments were made in the delimitation of the bases of the massifs, in the identification of the ridges and in the segmentation of their elevations. As the environmental legislation presents inaccuracies, causing different interpretations, in this research, when applying the criteria of the Forest Code of 2012, the saddle point was used only for the calculation of the upper third of elevations in highlands (wavy relief), while the calculation of height and average slope was performed from the actual base of the elevations (lower depression). According to the criteria of the Forest Code of 1965 and Conama Resolution No. 303/2002, all the massifs presented PPAs on hilltops, while with the use of the Forest Code in force, no massif presented PPAs on hilltops, reducing the protection and conservation of the upper areas of these massifs. It can be seen that different relief models have distinct shapes and tops, which influence the delimitation of hilltops PPAs and that the protection areas with this category of PPAs have been reduced with the new Forest Code in force. It is important to recognize the need to analyze the type of relief and its particularities, and to use automatic methods only as an analysis tool and not as a determining factor for the delimitation of PPAs on hilltops. In addition, it is essential that the 2012 Forest Code be regulated by a resolution created by professionals who understand the different reliefs and their protection needs.

KEYWORDS: Permanent Preservation Area (PPAs); Methodologies for defining PPAs; Hilltops; Crystalline relief; Tabular relief.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Relevo Tabular	18
Figura 2 - Representação do Relevo Cuestiforme e seus elementos	19
Figura 3 - Domo de compactação recém-formado	20
Figura 4 - Domo dissecado por processos de erosão apresentando relevos de Cuesta e Hog-backs em sua periferia	20
Figura 5 - Representação do Relevo Jurássico e do Relevo Invertido	22
Figura 6 - Representação do Relevo Apalacheano	22
Figura 7 - Representação de um relevo de blocos falhados	24
Figura 8 - Relevo Falhado que adquire forma de degraus, destacando as escarpas de falhas, grabens e horsts	24
Figura 9 - Representação de um Relevo Cristalino onde a rocha ígnea (batólito) se encontra aflorada na superfície terrestre	26
Figura 10 - Representação de relevo vulcânico	27
Figura 11 - Representação de Relevo Kárstico com destaque para formas endocársticas cavernas e seus depósitos de carbonato de cálcio incrustados (espeleotemas)	28
Figura 12 - Municípios da área de estudo e seus relevos	43
Figura 13 - Área de estudo na Ilha de Santa Catarina	44
Figura 14 - Aspectos geológicos dos maciços do Morro da Cruz (A) e do Morro do Jurerê (B)	45
Figura 15 - Aspectos geológicos dos maciços da Pedreira e do Aeroporto	48
Figura 16 - Tamanho mínimo de bacia (área de contribuição) para os maciços do Morro de Jurerê e do Morro da Cruz, utilizando a resolução espacial de 1 metro	59
Figura 17 - Identificação de cumes numa mesma curva de nível fechada para o maciço do Morro da Cruz a partir de dois tamanhos de área de contribuição (bacias)	61
Figura 18 - Cumes identificados no maciço do Morro da Cruz utilizando 15.000 pixels	62
Figura 19 - Feições de relevo no maciço de Jurerê com tamanho mínimo de bacias de 500 pixels	63

Figura 20 - Feições de relevo no maciço do Morro da Cruz com tamanho mínimo de bacias de 15.000.....	65
Figura 21 - Feições de relevo no maciço do Morro da Cruz com tamanho mínimo de bacias de 500 pixels	66
Figura 22 - APPs em topo de morro no maciço de Jurerê, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 500 pixels, segundo os critérios do Código Florestal de 1965 e Resolução Conama nº 303/2002	68
Figura 23 - APPs em topo de morro no Maciço do Morro da Cruz, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 15.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002	70
Figura 24 - APPs em topo de morro no Maciço do morro da Cruz, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 500 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002	73
Figura 25 - Base dos maciços da Pedreira e do Aeroporto delimitadas pelo fundo do vale em comparação com a declividade	76
Figura 26 - Configuração dos cursos d'água presentes no município, os quais serviram para delimitar as bases dos maciços seguindo o fundo dos vales escavados	76
Figura 27 - Maciços estudados em Joaçaba/SC.....	77
Figura 28 - Tamanho mínimo de bacia (área de contribuição) para os maciços da Pedreira e do Aeroporto utilizando a resolução espacial de 2 metros.....	78
Figura 29 - Elevações e cumes do maciço da Pedreira utilizando o tamanho mínimo de bacias de 5.000 pixels	80
Figura 30 - Elevações e cumes do maciço do Aeroporto utilizando o tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixels	81
Figura 31 - Elevações e cumes do maciço do Aeroporto utilizando o tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels	82
Figura 32 - Feições de relevo no maciço da Pedreira com tamanho mínimo de bacias de 5.000 pixels.....	83
Figura 33 - Feições de relevo no maciço do Aeroporto com tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixels.....	84
Figura 34 - Feições de relevo no maciço do Aeroporto com tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels.....	86

Figura 35 - APPs em topo de morros no maciço da Pedreira, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 5.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002	87
Figura 36 - APPs em topo de morro no maciço do Aeroporto, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002	89
Figura 37 - Fragmentação da APP em topo de morro na Elevação 12 do maciço do Aeroporto pela segmentação de bacias com o tamanho mínimo de 64.000 pixels.....	90
Figura 38 - APPs em topo de morro no Maciço do Aeroporto, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Reavogado e Resolução Conama n.º 303/2002	92
Figura 39 - Fragmentação da APP em topo de morro na elevação 4 do maciço do Aeroporto pelo tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de delimitação de APPs em topo de morros segundo o Código Florestal Revogado e o Código Florestal de 2012.....	38
Quadro 2 - Comparação da segmentação das bacias, topos identificados e área de APPs em topo de morro em relação aos maciços estudados	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação os valores de APPs em topo de morro em estudos que usam escalas e base de dados diferentes para o município de Campinas (SP)	32
Tabela 2 - Comparação dos parâmetros topográficos do Maciço de Jurerê para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 500 pixels como o tamanho de bacias	68
Tabela 3 - Comparação dos parâmetros topográficos do Maciço do Morro da Cruz para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 15.000 pixels como o tamanho de bacias	71
Tabela 4 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Morro da Cruz para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 500 pixels como o tamanho de bacias	74
Tabela 5 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço da Pedreira para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 5.000 pixels como o tamanho de bacias	88
Tabela 6 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Aeroporto para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 64.000 pixels como tamanho de bacias	91
Tabela 7 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Aeroporto para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 8.000 pixels como o tamanho de bacias	95
Tabela 7 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Aeroporto para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 8.000 pixels como o tamanho de bacias	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APPs	Áreas de Preservação Permanente
ASTER	<i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection</i>
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção e Recursos Naturais
Dilic	Departamento de Licenciamento Ambiental
Floram	Fundação do Meio Ambiente de Florianópolis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa
MDT	Modelo Digital de Elevação
MDTHC	Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente
MP	Medida Provisória
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RL	Reserva Legal
SDE	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO PRINCIPAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 RELEVOS ESTRUTURAIS E SUAS FISIONOMIAS CARACTERÍSTICAS	16
2.1.1 Relevo Tabular	17
2.1.2 Relevo Cuestiforme	18
2.1.3 Relevo dômico	19
2.1.4 Relevo esculpido em dobras	20
2.1.5 Relevo em estrutura falhadas	23
2.1.6 Relevo de rochas cristalinas	25
2.1.7 Relevo vulcânico	26
2.1.8 Relevo Cárstico	27
2.2 NORMATIVAS LEGAIS QUE TRATAM SOBRE APPS EM TOPO DE MORRO	28
2.2.1 Primeiro Código Florestal (Decreto n.º 23.793/1934)	28
2.2.2 Segundo Código Florestal (Lei n.º 4.771/1965)	29
2.2.3 Código Florestal de 2012 (Lei nº 12.651/2012)	37
3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	43
3.1 ÁREA DE ESTUDO EM FLORIANÓPOLIS	43
3.2 ÁREA DE ESTUDO EM JOAÇABA	46
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
4.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO NO RELEVO DE FLORIANÓPOLIS	50
4.1.1 Código Florestal Revogado (Lei n.º 4.771/1965) e Resolução Conama n.º 303/2002	52
4.1.2 Código Florestal de 2012 (Lei n.º 12.651/2012)	53
4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO NO RELEVO DE JOAÇABA	55

4.2.1 Delimitação das APPs em topo de morro segundo o Código Florestal Revogado (Lei n.º 4.771/1965) e Resolução Conama n.º 303/2002	56
4.2.2 Código Florestal de 2012 (Lei n.º 12.651/2012)	56
5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	58
5.1 RESULTADOS REFERENTES AOS MACIÇOS CRISTALINOS DA ILHA DE SANTA CATARINA	58
5.1.1 Definição do tamanho mínimo das bacias hidrográficas	58
5.1.2 A quantidade de cumes identificados em relação ao tamanho mínimo das bacias	60
5.1.3 Feições de relevo presentes nos maciços do Jurerê e do Morro da Cruz envolvidas na delimitação de APPs em topos de morros	62
5.1.4 Delimitação das APPs em topo de morros nos maciços do Morro do Jurerê e do Morro da Cruz de acordo com os critérios do Antigo e do Código Florestal de 2012	67
5.2 RESULTADOS REFERENTE AOS MACIÇOS TABULARES DE JOAÇABA	74
5.2.1 Adaptação no procedimento de delimitação dos maciços da Pedreira e do Aeroporto em Joaçaba	75
5.2.2 Definição do tamanho mínimo das bacias hidrográficas	77
5.2.3 A quantidade de cumes em relação ao tamanho mínimo de bacia e a equidistância das curvas de nível nos topos	78
5.2.4 Feições de relevo presentes nos maciços da Pedreira e do Aeroporto envolvidas na delimitação de APPs em topo de morros	82
5.2.5 Delimitação das APPs em topos de morros nos maciços da Pedreira e do Aeroporto de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado e o de 2012	86
5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	96
6 CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS	103

1 INTRODUÇÃO

Em 2012 ocorreu a instituição da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), Lei n.º 12.651, também conhecida como Código Florestal de 2012, revogando o Código Florestal de 1965 (Lei n.º 4.771/1965) e provocando mudanças nos critérios de definição de Áreas de Preservação Permanente (APPs), como na proteção em topos de morros. As alterações consistem principalmente na revogação da proteção das linhas de cumeada, estabelecidas pela Resolução Conama n.º 303/2002, e modificações nos critérios de altura mínima e na declividade para a conservação e proteção dos topos das elevações.

Os critérios estabelecidos pela legislação ambiental, tanto pela resolução Conama n.º 303/2002 quanto pelo Código Florestal de 2012, são de difícil aplicação. Como explicam Francelino e Silva (2014) e Guimarães e Moreira (2018), na Resolução Conama n.º 303/2002 não eram determinados critérios padrões para o mapeamento das APPs em topo de morro, como o tamanho da resolução espacial e a escala de análise para serem utilizadas. Além disso, o conhecimento geológico e geomorfológico não é levado em conta no estabelecimento das leis ambientais brasileiras (FRANCELINO; SILVA, 2014; NEVES et al., 2009). Por exemplo, “topo ou cume” na ciência geomorfológica tem apenas uma conceituação descritiva e não delimitativa como preconiza a legislação ambiental, ou seja, não há critérios definidos para onde começam esses topos ou cumes. Guerra e Guerra (2008, p. 613), no dicionário geomorfológico, definem topo como “a parte mais elevada de um morro ou de uma elevação. Usa-se, algumas vezes, como sinônimo de cume. É um termo descritivo, sendo comum dizer-se: no topo do morro, no topo da montanha, no topo do planalto etc.”. Neves et al. (2009) argumentam que os conceitos geomorfológicos presentes na legislação ambiental precisam ser amplamente discutidos, pois por muitas vezes são imprecisos e tornam difícil a delimitação de APPs.

A legislação ambiental manteve o estabelecimento de critérios únicos para a delimitação das APPs em topo de morro (SILVA, 2011), desconsiderando que há diversos tipos de elevações e topos presentes no relevo do território brasileiro. As formas de relevo dependem muito de suas características litológicas e tectônicas e da dissecação do clima local. Em outras palavras, dependem do tipo de relevo estrutural e seus modelados. Existem relevos característicos de estruturas de derrames de lava ou de rochas sedimentares em camadas horizontais, constituindo relevos tabulares; relevos dissecados desenvolvidos a partir de rochas cristalinas em climas úmidos (por exemplo os mares de morros); relevos com depressões

características como no caso de áreas carbonáticas (dolinas, *poldjés*, sumidouros); relevos com forte influência tectônica, como os relevos dobrados ou os relevos de falhas, entre outros (AB’SABER, 1975; CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; PISÓN, TELLO 1986; STRAHLER, 1984).

Todas essas tipologias de relevos ligadas aos diversos aspectos geológicos ainda são diferenciadas em função do tipo de clima em que foram originadas e estão submetidas atualmente. Isto cria uma diversidade de relevo muito ampla que não é contemplada pelos critérios da legislação ambiental, tal como o Código Florestal de 1965 (revogado) e o Código Florestal de 2012 (atual).

A partir da revisão bibliográfica realizada para a presente pesquisa, poucos foram os trabalhos que trataram de APPs em topo de morro e apresentam análise sobre elementos do relevo. Borges, Neves e Castro (2011), Luppi et al. (2015), Neves et al. (2009) e Paes et al. (2014) descreveram os compartimentos de relevo das suas áreas de estudo, para definição de APPs nos recortes espaciais estudados. No entanto, não detalham os tipos de modelados dos relevos e suas fisionomias. É necessário aprofundar as pesquisas sobre a aplicação dos critérios de Áreas de Preservação Permanente, em especial as APPs em topo de morros, levando em consideração os aspectos geológicos e geomorfológicos de detalhe.

Uma questão muito discutida é a aplicação da Resolução Conama n.º 303/2002 no que trata da proteção das linhas de cumeada como APPs. Conforme Barros (2016), esta resolução recebia crítica em relação a criação das APPs em linhas de cumeada (não presente no Código Florestal de Revogado), questionando sua legalidade. Assim, como o elemento linha de cumeada não é citado tanto no Código Florestal Revogado como no Código Florestal de 2012 como uma tipologia de APP, ele não deveria receber proteção, uma vez que uma resolução não tem o mesmo valor que uma lei. Esta discussão mostra o problema de não se conhecer e/ou considerar o relevo tanto no momento de se elaborar a redação de uma lei ou resolução que tratam deste componente da paisagem, bem como na sua interpretação, pois a linha de cumeada é um elemento presente em diferentes relevos com modelado de dissecação em montanhas, morros e colinas.

Os modelados de dissecação em montanhas, morros e colinas estão presentes em compartimentos de terrenos mais altos do que a sua volta, constituindo maciços, planaltos, serras etc. O que diferencia os compartimentos de terras altas de maciços e planaltos é a sua extensão espacial - sendo os maciços menos extensos que os planaltos. Para Guerra e Guerra (2008, p. 403) “os maciços são áreas montanhosas, que já foram parcialmente erodidas”,

enquanto os planaltos são superfícies irregulares e ressaltadas em altitudes variadas por processos erosivos, configurando-se em conjuntos de morros, colinas, serras, chapadas etc. (SUERTEGARAY, 2008). Enquanto as serras costumam ser associadas com planaltos fortemente dissecados. Segundo Guerra e Guerra (2008) e Suertegaray (2008), as serras são caracterizadas por superfícies acidentadas que possuem fortes desníveis. Por exemplo, em Santa Catarina, pode-se denominar o conjunto de terras altas fortemente dissecadas no continente, ao sul de Florianópolis, como Planalto do Tabuleiro ou Serra do Tabuleiro.

No território brasileiro, especialmente nos climas úmidos junto ao litoral, apresenta estes compartimentos de maciços e planaltos dissecados e/ou serras. Deste modo, não é comum a existência de elevações isoladas na forma de morros, montanhas e colinas, mas sim de maciços, planaltos e/ou serras contendo estas formas em conjunto no seu interior, criadas pela forte dissecação dos processos erosivos. A linha de cumeada nada mais é do que o conjunto dos cumes resistentes a dissecação, que sustentam elevações interligadas de colinas, morros e montanhas esculpidas em um bloco maior de terras altas (maciços, planaltos e/ou serras). Os pontos de sela se caracterizam pelas partes mais erodidas entre um cume e outro nestes blocos de terrenos altos.

Desta forma, é difícil aplicar os critérios de APPs em topo de morros presentes tanto no Código Florestal Revogado e quanto no Código Florestal de 2012, sendo que os critérios da Resolução Conama n.º 303/2002 estavam mais próximos da realidade encontrada na paisagem. A discussão de que linhas de cumeada não mereceriam proteção por não ser topo de morro é complexa porque realmente não são elevações isoladas, mas sim vários cumes interligados, contudo, a linha de cumeada representa o conjunto das partes mais elevadas dos blocos de maciços, planaltos e/ou serras. Cabe questionar se estas partes mais elevadas não merecem proteção, uma vez que são cumes (topos).

Com o estabelecimento do Código Florestal de 2012 todas essas lacunas continuaram existindo, como a questão da não definição da padronização dos dados para análise (resolução espacial e escala), a revogação da proteção em linhas de cumeada e os critérios geomorfológicos são ainda mais genéricos que a legislação anterior, tornando o texto legislativo ambíguo e possibilitando interpretações diferentes da lei quanto ao relevo, como é o caso da base da elevação e o ponto de sela. Soares-Filho et al. (2014) e Souza (2021) adotam a base do morro como o limite de declividade igual a 10%, pois o Conama define tipologias planas como menor de 10%. Barros (2016), Hott et al. (2004, 2005), Guimarães e Moreira (2018) e Oliveira (2002) definem a base do morro como se ela equivallesse a sua bacia de contribuição. Todas estas

questões surgem porque não se está trabalhando com elevações isoladas, mas com terrenos de maciços, planaltos e/ou serras dissecados.

Barros (2016) afirma que o Código Florestal de 2012 é ambíguo em relação a qual ponto de sela deve ser usado: a) o ponto de sela mais próximo do cume, necessariamente interceptado pelo contorno do morro; b) o ponto de sela mais próximo do contorno do morro, cujo contorno não o intercepta; e c) o ponto de menor cota no contorno do morro. Dependendo de qual ponto de sela for utilizado, irá interferir na extensão da APP em topo de morros.

Além disso, o Código Florestal de 2012 teve como efeito a redução da proteção e conservação das áreas superiores de morros e montanhas. Estudos comprovaram que a redução foi considerável, muitas vezes chegando à extinção desta APP nas elevações analisadas (BARROS, 2016; FRANCELINO; SILVA, 2014; GUIMARÃES; MOREIRA, 2018).

Sendo assim, o presente estudo busca analisar os diferentes tipos de relevos em relação aos critérios de delimitação das áreas de preservação permanente em topo de morros apresentados no Código Florestal de 2012 e no Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002. Para isto serão estudados o relevo de duas regiões de Santa Catarina: relevos esculpidos em rochas graníticas em Florianópolis (maciço de Jurerê e maciço do Morro da Cruz) e dois relevos tabulares de derrames de lavas basálticas localizados no município de Joaçaba (maciço da Pedreira e maciço do Aeroporto), no oeste catarinense. Para isto pretende-se responder as questões: 1) Como está sendo a interpretação de pesquisadores sobre o Código Florestal atual em relação a definição de APPs em topo de morros? 2) Quais as limitações dos dois últimos Códigos Florestais e Resolução Conama n.º 303/2002 em relação a diversidade de relevo que ocorre nas áreas de estudo? 3) Qual o grau de perda ou incerteza provocado pela mudança nos critérios de definição de APPs em topo de morros entre a lei do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e o Código Florestal de 2012?

O interesse em realizar essa pesquisa surgiu durante o estágio não obrigatório da graduação em Geografia, realizado no Departamento de Licenciamento Ambiental (Dilic), na Fundação do Meio Ambiente de Florianópolis (Floram). Nesse período de estágio, foi possível constatar a dificuldade de aplicação da lei, devido aos critérios genéricos e pouco específicos em relação aos aspectos de relevo presentes em Florianópolis, bem como porque algumas áreas nos topos das elevações já apresentam ocupação consolidada há anos. Ainda, a mudança do Código Florestal tornou a delimitação das APPs em topo de morros mais difícil, pois os critérios se apresentam menos detalhados do que anteriormente. Diante destes motivos, passou-se a questionar o quanto determinadas mudanças na legislação ambiental prejudicam o meio

ambiente, estabelecem grande dificuldade de continuidade no planejamento territorial das cidades brasileiras e desconsideram as diferentes paisagens e contextos de ocupação humana de um país de extensão continental como o Brasil.

No atual momento (2021 e 2022), a validade da Resolução Conama nº 303/2002 vem sendo discutida. Ela foi revogada pela Resolução Conama nº 500/2020, mas esta última resolução foi posteriormente considerada inconstitucional pelo Supremo Tribunal Federal (STF). Assim, a Resolução Conama nº 303/2002 foi restabelecida. Contudo, no que se refere à definição de APPs em topo de morros, a Resolução Conama nº 303/2002 apresenta critérios incompatíveis com o Código Florestal de 2012, criando-se assim uma insegurança jurídica.

Em relação a todo este contexto, se almeja com a presente pesquisa complementar o conhecimento científico produzido a respeito do tema de APPs em topo de morros, contribuindo para uma melhor aplicação ou discussão da legislação ambiental brasileira. Espera-se com isso auxiliar nas tomadas de decisões do poder público tanto para o planejamento territorial quanto para a proteção e a conservação ambiental.

1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Discutir as limitações de aplicação das Áreas de Preservação Permanente em topos de elevações de acordo com a realidade do relevo e sua diversidade no território catarinense, considerando o nível de proteção conferido a esses espaços territoriais pelos Códigos Florestais de 1965 (revogado) e de 2012 (atual).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar recortes espaciais característicos do relevo de Santa Catarina para aplicação dos critérios de proteção como APP em topo de morros segundo os Códigos Florestais de 1965 (revogado) e de 2012 (atual).
2. Verificar quais critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012 se aplicam nos recortes escolhidos;
3. Delimitar as elevações e seus cumes presentes nos estudos de caso e aplicar os critérios das legislações ambientais citadas, comparando o grau de proteção entre os Códigos Florestais;

4. Analisar as fisionomias de relevo nos estudos de caso em relação as áreas protegidas como APPs em topo de morros de acordo com os critérios das duas legislações ambientais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico presente neste estudo será dividido em duas partes. A primeira abordará conteúdos relacionados a geomorfologia e incluirá a introdução aos diferentes relevos estruturais, suas principais formas modeladas e uma breve reflexão sobre a aplicação dos critérios de delimitação das áreas de preservação permanente em topos de morros. A segunda parte será voltada ao histórico da legislação ambiental brasileira quanto às APPs em topos de morros, os estudos recentes sobre essa temática e as mudanças introduzidas pelo Código Florestal de 2012 em relação ao regime anterior, definido pela Lei n.º 4.771/1965, regulamentada pela Resolução Conama n.º 303/2002.

2.1 RELEVOS ESTRUTURAIS E SUAS FISIONOMIAS CARACTERÍSTICAS

Os relevos são diferenciados segundo suas características geológicas (litológica e tectônica) e pelos processos morfogenéticos, influenciados pelo clima (AB'SABER, 1975; CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; PISÓN, TELLO, 1986; STRAHLER, 1984). Eles podem ser divididos em Relevo Tabular (Plataforma ou Horizontais), Cuestiforme, Esculpido em Dobra, Dômicos, Elaborado em Estrutura Falhada, Modelados em Rochas Cristalinas (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; PISÓN, TELLO, 1986; STRAHLER, 1984) e Relevo Vulcânico (PENTEADO, 1983; PISÓN, TELLO, 1986; STRAHLER, 1984). Casseti (2005) e Strahler (1984) ainda acrescentam o Relevo em Rochas Carbonáticas (Relevos Cársticos). As elevações presentes em cada um desses tipos de relevos possuem formas diferenciadas, que variam de acordo com a estrutura geológica e o padrão de dissecação do clima local.

A evolução dos relevos estruturais é altamente relacionada às mudanças climáticas em decorrência do tempo geológico, influenciando os processos modeladores a criarem determinadas feições de relevo. Geralmente, quando determinada região se encontra influenciada pelo clima úmido, a evolução será verticalizada, ou seja, ocorrendo a organização da drenagem e o entalhamento dos talwegues, e os processos erosivos serão muito atuantes (PENTEADO, 1983; AB'SABER, 1975). Quando o clima seco atuar na região, os processos de desagregação mecânica serão mais evidentes, a evolução da morfologia será horizontal, apresentando o alargamento dos vales e o recuo paralelo das vertentes (CASSETI, 2005).

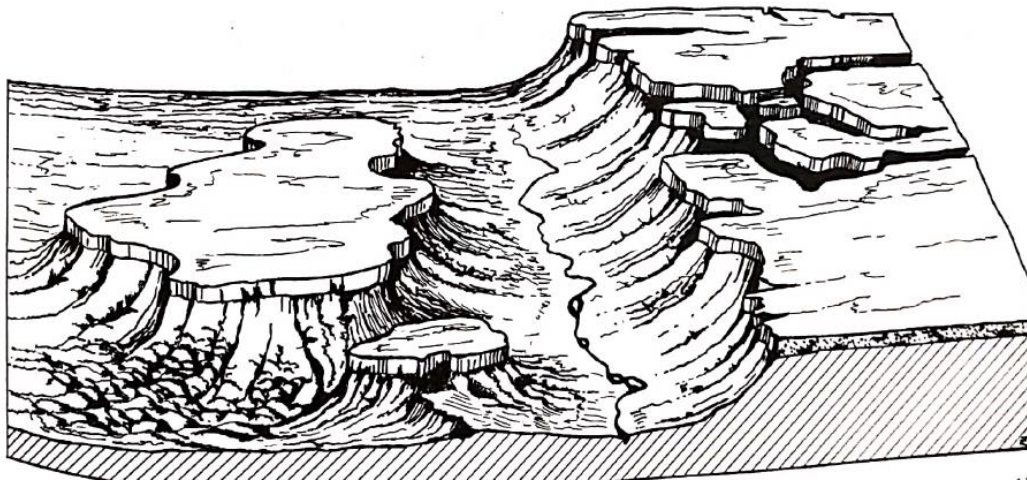
2.1.1 Relevo Tabular

Os Relevos Tabulares são desenvolvidos em rochas sedimentares e/ou basálticas, originadas de derrames de lavas, que se sedimentam em estratos horizontais (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984). As formas características desse relevo são as plataformas estruturais (chapadões, chapadas, tabuleiros, mesas) que quando possuem a camada superior resistente, as cornijas (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984) (como arenitos silificados, derrames de lavas e calcários), formam elevações com o topo extenso e plano (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; PISÓN, TELLO, 1986; STRAHLER, 1984). Penteado (1983) afirma que a simetria de cornijas e de vertentes são consideradas como características básicas do Relevo Tabular.

A erosão forma vales nessas plataformas estruturais, podendo apresentar-se na forma de vales em cânions ou em manjedouras. As características deste relevo se modificam segundo as influências climáticas. Em climas úmidos, as cornijas serão salientes, as vertentes abruptas e a base da encosta será convexa (AB'SABER, 1975; STRAHLER, 1984). Em climas secos, as cornijas serão menos visíveis, os vales côncavos e reduzidos por conta do intemperismo físico muito atuante (AB'SABER, 1975; STRAHLER, 1984). Como exemplo deste relevo tem-se o Grand Canyon (EUA) e relevos tabuliformes basálticos no oeste de Santa Catarina.

Este tipo de relevo, tende a possuir o topo mais plano, sem selas marcadas. Desta forma, apresentaria difícil aplicação dos critérios quanto as APPs em topo de morro segundo o Código Florestal de 2012. Se o relevo for altamente dissecado, poderá tornar visível maior quantidade de topos planos, mas poucos extensos, sendo mais fácil o mapeamento dessas APPs. Além disso, a declividade média da elevação tende a ser menor.

Figura 1 - Representação do Relevo Tabular



Fonte: Suertegaray (2008, p. 119)

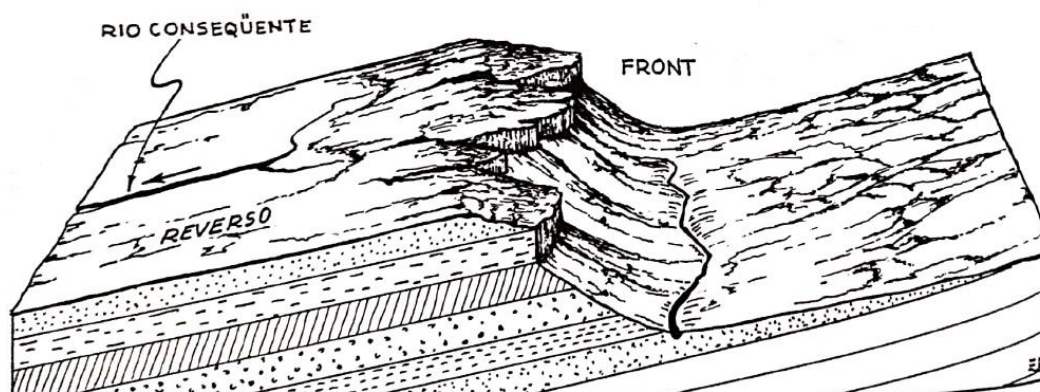
2.1.2 Relevo Cuestiforme

Os relevos de *Cuesta* ou Cuestiformes são formados por camadas sedimentares e/ou basálticas, como os Relevos Tabuliformes, porém suas camadas serão sub-horizontais ou inclinadas (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983). Este tipo de estrutura geológicas são comuns em bordas de bacias sedimentares em contato com escudos cristalinos (CASSETI, 2005), de domos (PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984) e de dobras (PENTEADO, 1983). As elevações, também denominadas como *Cuesta*, são mantidas por camada superior mais resistentes e são caracterizadas por apresentar as encostas dissimétricas (com inclinações diferentes): uma encosta íngreme, o *front*, uma encosta suave, o reverso (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983). Nos relevos dissimétricos, dependendo da inclinação das camadas, recebem diferentes nomeações como *Cuestas* (inclinação suave, com mergulho inferior a 30°) *Hog-backs* (mergulho superior a 30°) e Cristas Isoclinais (inclinação praticamente na vertical) (PENTEADO, 1983).

Segundo Penteado (1983), em climas úmidos há uma maior acumulação de detritos na base das encostas, em detrimento ao intemperismo químico e conseqüentemente a encosta será côncava, sendo mais evidente em clima temperado úmido. Já nos climas tropicais, também úmidos, o escoamento intenso não deixará que se forme um depósito de *tálus* tão incipiente quanto no clima temperado, ocasionando num maior recuo da encosta (PENTEADO, 1983). Nos climas semiáridos, a vertente tende a sofrer um recuo rápido, tornando-se escarpada (PENTEADO, 1983). As elevações no Relevo de *Cuesta* podem ser isoladas ou na forma de

uma frente de *Cuesta*, a qual representa o limite entre um planalto e terras baixas a sua frente. O importante é compreender que este tipo de relevo é dissimétrico em relação a inclinação de suas encostas e que seus topos são em geral contínuos entre as duas partes do *front* e do reverso.

Figura 2 - Representação do Relevo Cuestiforme e seus elementos



Fonte: Suertegaray (2008, p. 116).

2.1.3 Relevo Dômico

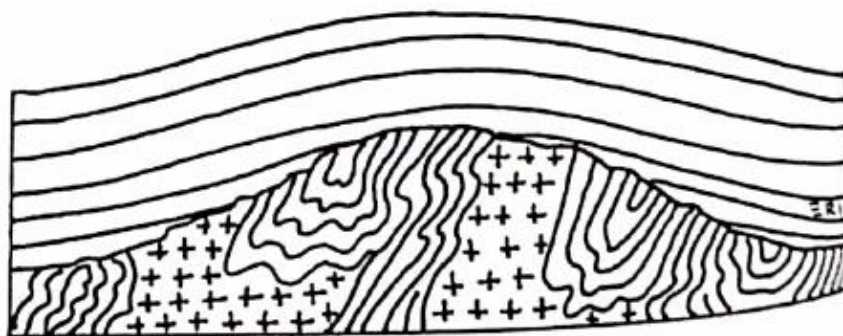
Os Relevos Dômicos são formados por processos tectônicos, quando a pressão é demasiada e o corpo intrusivo (batólitos, lacólitos, entre outros) é empurrado em direção a superfície (CASSETI, 2005), gerando o “arqueamento convexo das camadas sedimentares” (PENTEADO, 1983, p. 50) (Figura 3). Nesse processo é comum que ocorra metamorfismo de contato nas rochas encaixantes.

Existem vários tipos de domos, mas um em particular não é formado por processos tectônicos, os domos salinos. Eles são “resultantes de processos atectônicos, por baixa densidade do cloreto de sódio que tende a ocupar um nível superior em relação às rochas sobrejacentes” (CASSETI, 2005, p. [69]).

Os domos mais antigos passam por um processo de dissecação (erosão), chegando a expor a rocha da intrusão presente no seu interior. Nestes casos, há duas fisionomias de relevo: uma mais rebaixada no seu centro, apresentando feições de morros, colinas com topos convexos, caso o clima seja úmido, ou feições aplainadas, caso o clima seja semiárido; na periferia do domo, onde estão as camadas de rochas sedimentares ou derrames inclinados, se desenvolverão relevos de *Cuesta* e de *Hog-Backs* (Figura 4) (CASSETI, 2005, PENTEADO, 1983).

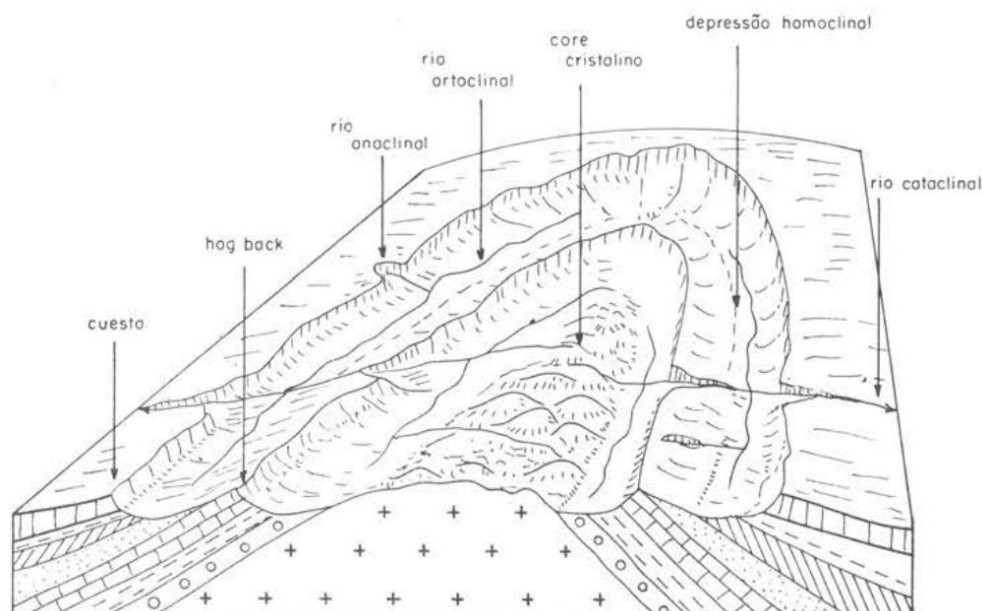
Como exemplo de relevo dômico tem-se as Colinas Negras, a oeste de Dakota do Sul e o domo Teapot, a leste de Wyoming, ambos nos EUA (STRAHLER, 1984). No Brasil, tem-se como exemplos a Serra Negra, no município de Patrocínio (MG) (CASSETI, 2005) e o domo de Lages (SC).

Figura 3 - Domo de compactação recém-formado



Fonte: Suertegaray (2008, p. 102).

Figura 4 - Domo dissecado por processos de erosão apresentando relevos de *Cuesta* e *Hog-backs* em sua periferia



Fonte: Penteado (1983, p. 51).

2.1.4 Relevo Esculpido em Dobras

O Relevo Esculpido em Dobras ocorre em camadas sedimentares, que por efeitos tectônicos, tornam-se curvadas ou flexionadas. Para que ocorra as dobras, as rochas

sedimentares necessitam possuir uma grande capacidade de deformação plástica, como as argilas. Se ocorrer o fraturamento das rochas, outro tipo de relevo estrutural é gerado, o Relevo de Falhas (AB’SABER, 1975). Durante o dobramento pode ocorrer modificações nas rochas sedimentares encaixantes (metamorfismo de contato) (AB’SABER, 1975).

Em áreas de dobras, os relevos tendem a possuir características particulares em relação a natureza das dobras, somadas ao tempo de submissão expostas ao intemperismo e erosão. Aqui será tratado dois tipos de relevos dobrados, o Jurássico e o Apalacheano.

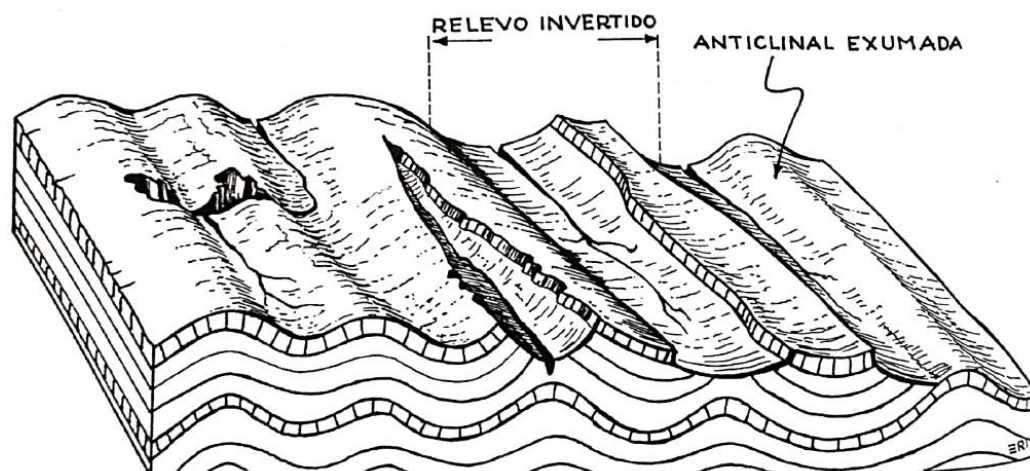
2.1.4.1 Relevo Jurássico

O Relevo Jurássico é um relevo que apresenta dobras contínuas, pouco atacadas por processos erosivos, onde as dobras anticlinais (convexas) formam elevações e as dobras sinclinais (côncavas) formam os vales (PENTEADO, 1983). Sua aparência lembra a telhas *eternit* (AB’SABER, 1975). Os montes Jura, nos alpes suíços e franceses é um grande exemplo deste relevo (CASSETI, 2005; STRAHLER, 1984).

A evolução (erosão) do Relevo Jurássico pode ocasionar em um Relevo Invertido, ou seja, quando a parte anticlinal da dobra (topos) são constituídas de rochas tenras e por ação dos processos erosivos são aplainadas, enquanto a parte sinclinal das dobras (fundos de vales) são de materiais mais resistentes ao intemperismo e erosão e se mantém salientes no relevo, ou seja, o que era topo vira vale, e o que era vale vira topo (Figura 5) (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984).

Geralmente, nesse tipo de relevo, as elevações terão a camada superior côncavas e alongadas. Quando o relevo é invertido, pode ocorrer cristas extensas e paralelas, dependendo da resistência aos agentes erosivos. Segundo os critérios do Código Florestal de 2012, essas feições de relevo seriam de difícil aplicação de APPs em topo de morro, pois os topos extensos na forma de cristas deste tipo de relevo não são abordados nem no Código Florestal Revogado e nem no Código Florestal de 2012.

Figura 5 - Representação do Relevo Jurássico e do Relevo Invertido

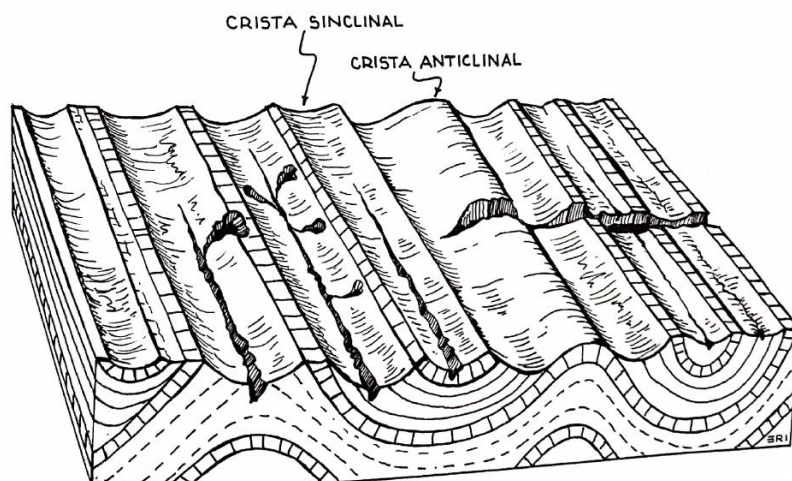


Fonte: Suertegaray (2008, p. 104).

2.1.4.2 Relevo Apalacheano

O Relevo Apalacheano ocorre a partir de um processo de aplainamento da estrutura dobrada por erosão, num clima semiárido seco e volta para o clima úmido (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; PISÓN, TELLO, 1986; STRAHLER, 1984). Este relevo quando formado em rochas muito resistentes (como quartzitos, arenitos ou conglomerados), poderá formar ao longo da dobra uma extensa crista alongada horizontalmente, constituindo um divisor de águas contínuo (Figura 6). Este tipo de crista é de difícil aplicação a delimitação de APPs em topo de morro, pois é um relevo sem topos em sobressaltos ou selas escavadas, sua forma se aparentaria a uma grande muralha.

Figura 6 - Representação do Relevo Apalacheano



Fonte: Suertegaray (2008, p. 103).

2.1.5 Relevo em Estrutura Falhadas

O relevo originado por falhamentos são formados quando as camadas estratigráficas não suportam a compressão originada por atividades tectônicas, e se rompem, podendo ocasionar o movimento de blocos (Figura 7). Este relevo é comum em regiões cristalinas, ou seja, de rochas rígidas com pequeno grau de plasticidade, como os granitos (AB'SABER, 1975; CASSETI, 2005).

As formas desse relevo dependem das características litológicas, da intensidade e do tempo em que as forças atuam no relevo. As elevações podem formar escarpas (como as escarpas da Serra do Mar e da Mantiqueira), montanhas de blocos falhados (ou *horst*, como os maciços da África oriental), blocos rebaixados (fossas tectônicas, *grabens* ou *rift valleys*) (Figura 8), além da geração apenas de fraturas, sem o deslocamento de blocos, formando um alinhamento de rochas alteradas no relevo (AB'SABER, 1975; CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984).

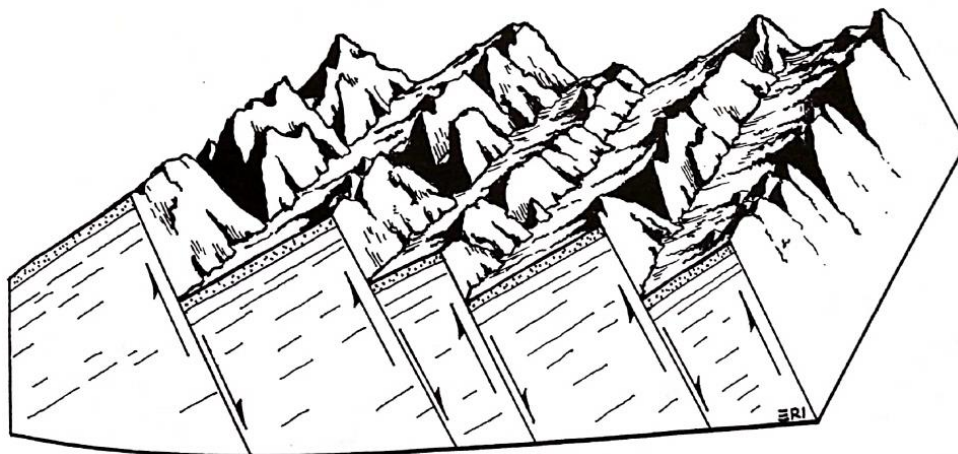
A movimentação de blocos por falhamentos pode gerar metamorfismo de atrito, com criação de rochas específicas deste processo no plano de falha (plano de movimentação). As rochas criadas pelo metamorfismo de atrito podem ser mais resistentes ou menos resistentes do que aquelas que compõem os blocos movimentados, isto implica intemperismo e erosão diferencial quando estes materiais afloram na superfície, podendo originar cristas em linhas de falha (rochas metamórficas de atrito mais resistentes) ou vales em linhas de falhas (rochas metamórficas de atrito menos resistentes).

No caso de relevo com blocos movimentados, uma feição que se destaca é a escarpa em linha de falha, que limita o bloco mais alto e o bloco mais baixo. Quando a escarpa é recente está pouco dissecada e seu topo é uma linha contínua. Quando há dissecção desta feição, vários vales escavam suas encostas e o seu topo pode estar dividido em vários cumes.

Há situações em que não há movimentação de blocos, mas apenas quebra das rochas pré-existentes, as quais podem se configurar em zonas de fraqueza ao intemperismo e à erosão. É possível também que estas zonas de fraturas sejam preenchidas posteriormente por magmas, formando diques com rochas mais resistentes ou menos resistentes que as encaixantes, além da criação de zonas de metamorfismo de contato. É possível que as rochas que constituem os diques ou as rochas metamorfizadas por contato quando afloram na superfície desenvolvam cristas que seguem a linha da fratura, caso sejam resistentes.

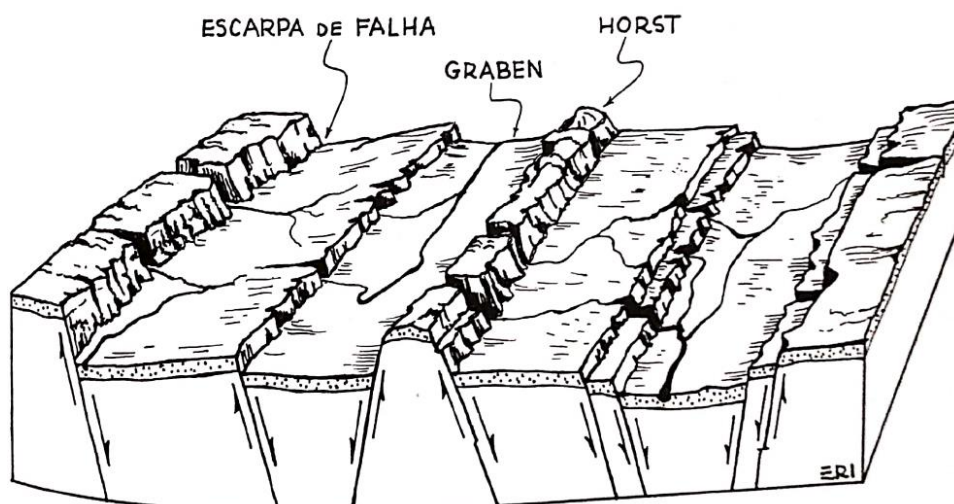
A formação de cristas no relevo que tem influência de falhas e fraturas é uma feição comum em diferentes paisagens do Brasil. Elas podem ser contínuas e alongadas, sendo difícil a identificação de topos isolados, pois as selas costumam ser mais distantes e pouco escavadas pela erosão.

Figura 7 - Representação de um relevo de blocos falhados



Fonte: Suertegaray (2008, p. 105).

Figura 8 - Relevo Falhado que adquire forma de degraus, destacando as escarpas de falhas, *grabens* e *horsts*



Fonte: Suertegaray (2008, p. 109).

2.1.6 Relevo de Rochas Cristalinas

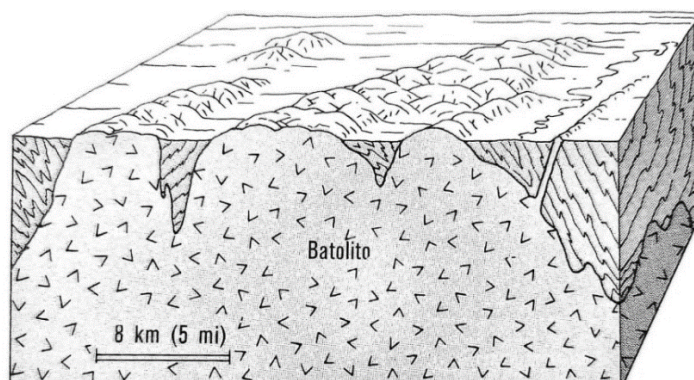
Este relevo ocorre em regiões cristalinas é formado por rochas ígneas e metamórficas, submetidas a processos tectônicos (CASSETI, 2005; STRAHLER, 1984). As rochas ígneas (granitos, sienitos) ocorrem na forma de intrusões (batólitos, lacólitos, diques e outros), enquanto as rochas metassedimentares (micaxistos, xistos, gnaisses) são resultadas de processos de metamorfismo (de contato, atrito ou regional). Deste modo, não há formas iniciais nesse relevo, é necessário que ocorra o tectonismo e intensa erosão para que a rocha intrusiva aflore na superfície e aconteça a esculturação do relevo (STRAHLER, 1984).

Após afloradas, as elevações cristalinas são altamente relacionadas a estrutura litológicas e modeladas pelo clima. As elevações podem ser convexas se apresentarem pouco quartzo nas rochas, ou angulares se apresentarem muito quartzo (PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984).

Em clima úmido, o relevo é dissecado, um relevo de mares de morros, os granitos formam as elevações com cristas convexas, com matacões e relevos residuais salientes, os vales são próximos e formados por rochas menos resistentes ao intemperismo (micaxistos e gnaisses) e os xistos formam colinas pouco onduladas e cristas convexas (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983). Em climas temperados, o relevo será composto por elevações com os topos convexos e a base das encostas côncavas, por conta do acúmulo de detritos (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983). Em climas semiáridos, as elevações são formadas principalmente por gnaisses, que resistem ao intemperismo físico, enquanto os granitos formam área mais rebaixadas, os pediplanos (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983). Além disso, rochas xistosas podem formar relevos monoclinais, onde as vertentes acompanham o mergulho das camadas (como o relevo tipo *Cuesta* ou *Hog-back*) (CASSETI, 2005; PENTEADO, 1983).

Neste tipo de relevo, sem serem modificados por eventos de deformação (como falhas e fraturas), a delimitação de APP em topos de morro é facilmente realizada, pois os topos são mais individualizados e as selas escavadas pela ação da erosão diferencial. Contudo, há o problema de que estas formas de relevo são contínuas umas com as outras constituindo maciços, planaltos e/ou serras, e não elevações isoladas na paisagem.

Figura 9 - Representação de um Relevo Cristalino onde a rocha ígnea (batólito) se encontra aflorada na superfície terrestre



Fonte: Strahler (2008, p. 652).

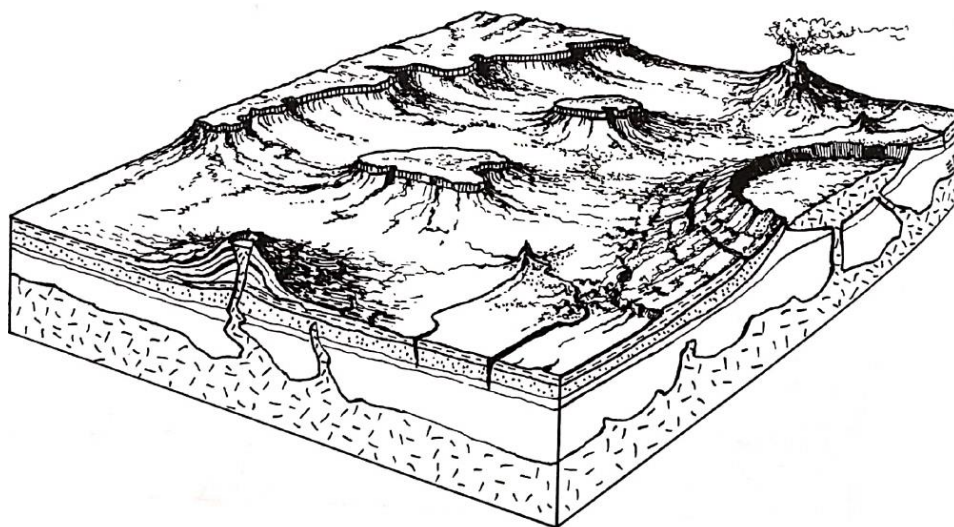
2.1.7 Relevo vulcânico

O relevo em estrutura vulcânica é um relevo formado por rochas magmáticas, que são criados por vulcanismo e que se relacionam com formas já existentes e modeladas por processos erosivos. O relevo pode ser formado por erupções que partem dos cones com orifícios centrais (os próprios cones vulcânicos), ou serem tranquilas ocasionadas por fissuras no relevo (corridas de lavas) (PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984). Campos de escórias (material piroclástico) pode preencher antigas depressões do terreno próximo dos vulcões.

Os Relevos Cônicos têm sua morfologia diretamente relacionada aos materiais que emitem, podendo ser diferenciados em Escudo-vulcão (produzido por lavas), Estratovulcão ou Vulcão Piroclástico (formado por camadas de lavas ricas em sílica e por erupção de cinzas, lapilis, escórias e bombas), Vulcão Compósito (constituído por lavas e cinzas) e Domo-vulcão ou Cúmulo-vulcão (formado por lavas viscosas ricas em sílica) (PENTEADO, 1983; STRAHLER, 1984). Além disso, há as formas de caldeiras, quando o edifício vulcânico sofre desabamento, gerando uma grande cratera, que pode contar com a formação de um lago em seu interior (STRAHLER, 1984).

As corridas de lavas podem ser relacionadas às erupções ou por fissuras, podem criar planaltos e regularizar as superfícies. Os derrames de lavas podem apresentar estrutura horizontal ou inclinada, semelhante aos relevos tabulares ou de *Cuestas* e *Hog-backs*, respectivamente (PENTEADO, 1983). Como exemplo deste relevo tem-se os planaltos basálticos brasileiros, como o relevo do Oeste Catarinense.

Figura 10 - Representação de relevo vulcânico



Fonte: Suertegaray (2008, p. 112).

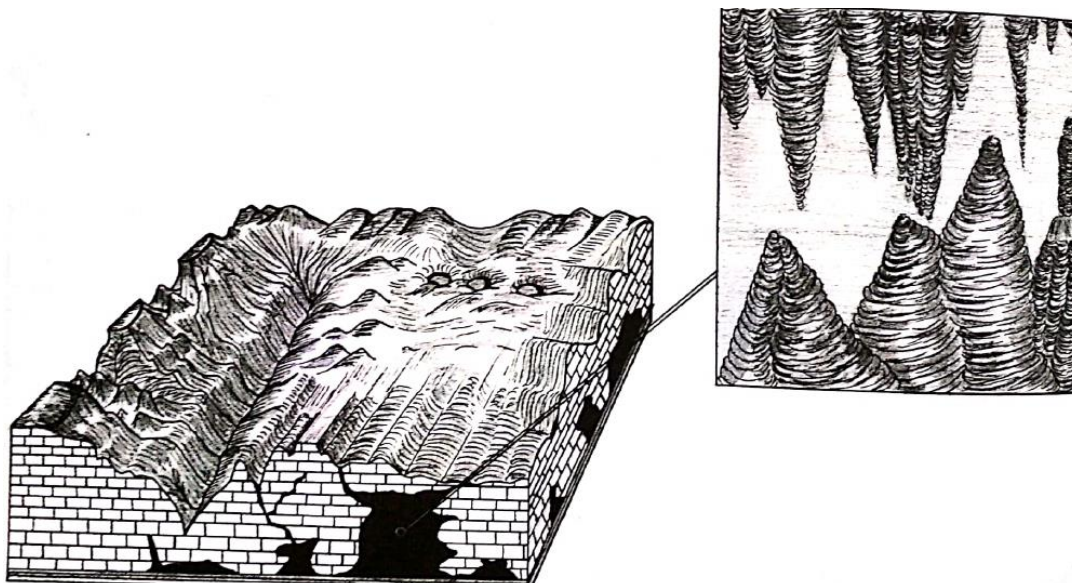
2.1.8 Relevo Cárstico

Os Relevos Cársticos são formados por rochas carbonatadas (como os calcários), que quando são submetidas ao intemperismo físico e químico, em processos de dissolução (ataque de água acidificada), formam o Relevo Cárstico (CASSETI, 2005; STRAHLER, 1984). Segundo Casseti (2005), para que ocorra este tipo de relevo é necessário que a rocha seja fraturada e o clima seja úmido, para que aconteça a dissolução da rocha.

Podem desenvolver feições endocársticas (subterrâneas) e exocársticas (superficiais). As formas endocársticas são caracterizadas pelas cavernas e por seus depósitos de carbonato de cálcio incrustados, os espeleotemas (estalactites e estalagmites) (CASSETI, 2005; STRAHLER, 1984). As formas exocársticas são as elevações residuais como muralhas e paredões (cones cársticos ou *cockpits*), as depressões circulares que ocorrem pela dissolução das rochas (dolinas), a junção das dolinas (uvalas), as junções das uvalas (*poljê*), as fendas resultantes da dissolução da água superficial escoada (lápias) e os cânions (CASSETI, 2005; STRAHLER, 1984). Os cursos d'água que podem desaparecer e reaparecer sob forma de fontes de ressurgência (semidouros ou *ponors*) (CASSETI, 2005; STRAHLER, 1984).

Em climas úmidos, as rochas calcárias são facilmente erodidas e tendem a formar vales, devido sua reação com o ácido carbônico. Já nos climas secos, o calcário resiste ao intemperismo, o que leva a formação de cristas ou mesas (STRAHLER, 1984).

Figura 11 - Representação de Relevo Kárstico com destaque para formas endocársticas cavernas e seus depósitos de carbonato de cálcio incrustados (espeleotemas)



Fonte: Suertegaray (2008, p. 172)

De acordo com o que foi exposto nesta seção, observa-se que o relevo pode ser muito diverso em função dos aspectos geológicos e do clima. Os relevos estruturais aqui descritos ocorrem no território brasileiro, mas não são alvo das discussões sobre APPs em topo de morros. A seguir serão apresentadas as questões relativas ao que as normativas legais tratam dos aspectos de relevo para definição de APPs em topo de morros.

2.2 NORMATIVAS LEGAIS QUE TRATAM SOBRE APPS EM TOPO DE MORRO

Na segunda parte do referencial teórico será abordado o histórico da legislação ambiental brasileira quanto às áreas de preservação permanente em topo de morros, os problemas encontrados para a delimitação destas APPs de acordo com uma revisão bibliográfica, além de uma discussão sobre as mudanças criadas pela aprovação do Código Florestal de 2012.

2.2.1 Primeiro Código Florestal (Decreto n.º 23.793/1934)

O primeiro Código Florestal brasileiro (Decreto n.º 23.793, de 23 de janeiro de 1934) foi estabelecido durante a Era Vargas. Dentre as medidas instituídas, se encontram a classificação de florestas como: protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento, evidenciando um cuidado à proteção da fauna e flora brasileiras (BRASIL, 1934). Neste

documento não é mencionado o termo Área de Preservação Permanente, porém pode-se dizer que Florestas Protetoras sejam correspondentes a esta denominação (BARROS, 2016). Segundo este código, estas florestas eram consideradas como aquelas que “conservam o regime de água, evitam a erosão, fixam dunas, auxiliam na defesa das fronteiras em nível militar, conservam a beleza cênica das paisagens, preservam a fauna indígena e possibilitam a salubridade pública” (art. 4º, BRASIL, 1934), porém, não especificava estes espaços como protegidos.

2.2.2 Segundo Código Florestal (Lei n.º 4.771/1965)

No segundo Código Florestal do Brasil (Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965) foram instituídas as Áreas de Preservação Permanente e as Reservas Legais (RL)¹. Ficou estabelecido que florestas e vegetação natural são consideradas como área de preservação permanente quando situadas em: faixas marginais de cursos d’água, nascentes, lagos e lagoas; topo de morros, montes, montanhas e serras; encostas com declividade superior a 45º; restingas; bordas de tabuleiros e chapadas; e áreas com altitude superior a 1.800 metros (BRASIL, 1965). Além disto, a supressão total ou parcial de florestas em APP deverá possuir a autorização prévia do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras de utilidade pública ou interesse social (BRASIL, 1965).

Vinculados ao segundo Código Florestal, há outros documentos da legislação importantes. Segundo Souza (2021), a Política Nacional do Meio ambiente (PNMA) (Lei n.º 6.938/1981) incorporou as APPs previstas no Código Florestal em Reservas Ecológicas, e seu poder regulamentar foi atribuído ao Conama. A Resolução Conama n.º 04/1985, que regulamentava as reservas ecológicas criadas pela PNMA, definia conceitos que eram citados no Código Florestal, mas que não eram aprofundados, como cume ou topo, morro ou monte, serra, montanha, base de morro, do monte ou da montanha, depressão, linha de cumeada, tabuleiro, chapadas, entre outros (BRASIL, 1985). Além disso, deliberava critérios e limites para determinadas áreas, como o terço superior de topos de morros, montes e montanhas sendo as “áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente à 2/3 (dois terço), da altura

¹ De acordo com a MP n.º 2.166-67/2001, a Reserva Legal é uma “área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas” (BRASIL, 2001).

mínima da elevação em relação à base (BRASIL, 1985, art. 3º, inciso III) e em linhas de cumeadas, sendo a “área delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terço) da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a 1000 (mil) metros” (BRASIL, 1985, art. 3º, inciso IV).

A Lei n.º 7.511/1986, conta com a reformulação dos parâmetros para a proteção permanente de cursos d’água (BRASIL, 1986). A Medida Provisória (MP) n.º 1.956-50/2000 restringe o uso das Áreas de Preservação Permanente e as conceitua como áreas coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade, do fluxo gênico de fauna e flora, proteção do solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2000).

Ainda em 2000, com o a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) pela Lei n.º 9.985/2000, as reservas ecológicas foram extinguidas e consequentemente a proteção e conservação de muitas áreas, como os topo de elevações ficaram sem proteção legal por cerca de dois anos, quando foram estabelecidos novos critérios (SOUZA, 2021). A Resolução Conama n.º 303/2002 determinava parâmetros, definições e limites às Áreas de Preservação Permanente, que não eram expressas no Código Florestal, reproduzindo o que estava estabelecido na Resolução Conama n.º 04/1985 para proteção de topo de elevações e linhas de cumeada (SOUZA, 2021). Segundo Barros (2016), tanto as Medidas Provisórias que alteraram o Código Florestal, quanto as Resoluções do Conama, foram grandes responsáveis pela regulamentação do código, pois esclareciam detalhes associados às APPs (BRASIL, 2002).

O Código Florestal de 1965, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002, estabelecia que para delimitar as APPs de topo morros ou montanhas, era necessário considerar morro como a elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre 50 e 300 metros e encostas com linha de maior declividade superior a 30% (aproximadamente 17 graus); e montanha como elevação do terreno com cota em relação a base superior a 300 metros (BRASIL, 2002). Sendo que a base de morro ou montanha é considerada como o plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor (BRASIL, 2002).

2.2.2.1 *Lacunas normativas presentes na Resolução Conama n.º 303/2002*

Por mais que a Resolução Conama n.º 303/2002 defina muitos conceitos geomorfológicos e apresenta de forma detalhada os parâmetros e limites para a delimitação das APPs em topo de morros, há determinados elementos que tornam a aplicação da lei subjetiva, possibilitando diversas interpretações diferentes por parte dos pesquisadores.

O número de pesquisas acadêmicas disponíveis com a temática sobre às APPs de topo de morros apresentou um grande destaque no começo do milênio, com a instituição da Resolução Conama n.º 303/2002. Geralmente os temas eram focalizados no desenvolvimento de metodologias automáticas em ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) (HOTT et al., 2004, 2005; OLIVEIRA, 2002; PELUZIO et al., 2010; RIBEIRO et al., 2005), e sobre o uso de Geoprocessamento para a identificação de uso da terra em APPs (BORGES, NEVES, CASTRO, 2011; LUPPI et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2005a, 2005b; NEVES et al., 2009; RIBEIRO et al., 2010a, 2010b, SILVA, 2011).

Diversos autores consideravam que a delimitação das APPs em topo de morros era de difícil aplicação em estudos, devido à falta de definição de critérios normativos para o mapeamento, como o tamanho mínimo e máximo da resolução espacial ou da escala para a análise (COTA; MOURA, 2009; FRANCELINO; SILVA, 2014; GUIMARÃES; MOREIRA, 2018, OLIVEIRA; FERNANDES FILHO, 2013), a falta de determinação de um método único para o cálculo da declividade (COTA; MOURA, 2009). Souza (2021) ainda salientava a falta de definição normativa para planícies e relevos ondulados. Enquanto para outros autores eram necessários profissionais ainda mais experientes e capacitados para interpretação da legislação (COTA; MOURA, 2009; HOTT et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2005a; 2005b; NEVES et al., 2009; PELUZIO et al., 2010; RIBEIRO et al., 2005; VICTORIA, 2010) ou de profissionais que interpretem de forma devida à geomorfologia local (NEVES et al., 2009).

2.2.2.1.1 Fator de escala e resolução espacial

A área de proteção em topos de morros está estritamente relacionada com a escala ou resolução espacial que será utilizada no mapeamento realizado em ambiente SIG. No trabalho de Hott et al. (2005), os autores fazem o mapeamento para o município de Campinas/SP, utilizando duas escalas diferentes. Com a escala de 1:50.000, que equivale a uma resolução espacial de 20m, as APPs em topo de morro somam 116 km² (14,5% da área do município) e

quando usam a escala de 1:250.000 (resolução espacial de 90m), as APPs em topo de morro equivalem a uma área de 27 km² (3,4% do município).

No estudo de Victoria (2010), o autor também possui como área de estudo Campinas/SP, utilizando base de dados diferentes de Hott et al. (2005) para a demarcação de APPs em topo de morros, em que para a escala 1:50.000 foram encontrados 173,8 km² de APP em topo de morros (equivalendo a 21,8% do município), e em mapeamento na escala de 1:10.000, a área total dessa APP foi 213,1 km² (26,3% da área total do município). A comparação das informações destes estudos estão presentes na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Comparação os valores de APPs em topo de morro em estudos que usam escalas e base de dados diferentes para o município de Campinas (SP)

Pesquisas	Escala utilizada	Área de Proteção Permanente em topos de morros	Relação entre a área de APP e a área total do município
Hott et.al, 2005	1:250.000	27 km ²	3,4%
	1:50.000	116 km ²	14,5%
Victoria et al., 2010	1:50.000	173,8 km ²	21,8%
	1:10.000	213,1 km ²	26,3%

Fonte: Hott et al. (2005) e Victoria et al. (2010), adaptado pela autora (2022).

Cota e Moura (2009) em seus estudos obtiveram diferentes resultados de APPs quando utilizaram bases de dados com escalas díspares sobre uma mesma área. Usando os dados de topografia do IBGE, que possuem escala de 1:100.000, a APP em topo de morros totalizou 1032,02 ha. Enquanto com os dados de topografia do SRTM² (escala de 1:250.000, equivalendo a resolução espacial de 90m), as APPs em topo de morros equivaleram a 1045,80 ha. Além disso, as autoras também concluíram que o uso de *softwares* diferentes também influencia na área total de APPs em declividade, visto que pode ocorrer diferenciação dos métodos empregados em cada programa.

Segundo Almeida e Berger (2007), quando comparadas as APPs em topo de morro em seus estudos utilizando as escalas de 1:10.000 e 1:50.000, ocorre a redução de cerca de 89% da área destas APPs. Estes estudos comprovam, portanto, que quanto maior as escalas, melhor a resolução espacial ou a base de dados utilizada para determinação das APPs em topos de morro, maior será a área protegida.

² Shuttle Radar Topography Mission (Missão Topográfica Radar Shuttle)

Além disto, a qualidade do MDT também importa para o resultado da pesquisa. Segundo Guth et al (2021), é necessário garantir a qualidade de dados do MDT, por exemplo: como se os dados horizontais e verticais do modelo correspondem com a representação do pixel ou que os erros de geolocalização não apresentem um deslocamento horizontal.

Oliveira, Cessa e Oliveira (2020) comparam em sua pesquisa as APPs em topo de morros utilizando MDT de 30 metros, de dois mapeamentos diferentes, a SRTM 30 metros e a ASTER 30 metros (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection*). Segundo seus resultados, pelos critérios do Código Florestal de 2012, o uso do MDT da SRTM-30 apresentou uma área média de 14,34 ha como APP em topo de morros, enquanto o ASTER-30 mostra cerca de 11,95 ha, cerca de 16,66% a menos de área deste tipo de APP em relação ao encontrado no SRTM-30. Segundo os autores, os dados da ASTER mapeiam áreas fragmentadas, enquanto o SRTM agrupa áreas próximas como APP. A diferença nos mapeamentos é influenciada pela qualidade dos dados que foram utilizados para gerar a superfície de elevação, mesmo considerando que os dois produtos possuem 30 m de resolução espacial (MAHALINGAM, OLSEN, 2016 *apud* OLIVEIRA, CESSA, OLIVEIRA, 2020).

2.2.2.1.2 Base da elevação em planícies, superfície de espelho d'água adjacente ou nos relevos ondulados

A Resolução Conama n.º 303/2002 define que a base da elevação, quando está localizada em áreas de planícies ou em espelho d'água adjacente, ela deve ser definida pelo plano horizontal; e em relevos ondulados, ela será definida pela cota de depressão mais baixa ao redor (BRASIL, 2002). O termo “relevos ondulados” citados na legislação ambiental, mesmo não definido, provavelmente se referem aos blocos de relevo representados por maciços, planaltos e/ou serras com modelados de dissecação.

Como essa legislação não define o conceito de planície e de plano horizontal, existem formas diferentes para delimitar a base. Sendo assim, Hott et al. (2004, 2005) afirmam que a base de uma elevação é de difícil limitação pois ela é irregular, assim foi criado um método em ambiente SIG, em que a base é definida a partir da base hidrológica da elevação, pois o escoamento superficial é utilizado para individualizar as elevações modeladas em planalto. Nascimento et al. (2005a, 2005b), Peluzio et al. (2010) e Ribeiro et al. (2005) foram autores que seguiram o exemplo e em seus métodos passaram a utilizar as bacias hidrográficas como base da elevação.

Em estudos posteriores, como o de Soares-Filho et al. (2014) e Souza (2021) foram utilizadas a prerrogativa que em que a Resolução Conama n.º 303/2002 determinava que tipologias planas seriam caracterizadas por apresentar declividade média inferior a 10% (BRASIL, 2002, art. 2º, inciso XI), a partir disso passaram a adotar a base do morro como o limite de declividade igual a 10%, sendo as feições maiores de 10% de inclinação, as próprias elevações.

Além disso, segundo Victoria (2010, p. 484) para o mapeamento de APPs em Topo de Morro, “o Departamento Estadual de Proteção e Recursos Naturais (DEPRN) e o Ministério Público de São Paulo (MP-SP) consideram que as áreas com menos de 10% de declividade não fazem parte da encosta e devem ser ignoradas” para o cálculo de inclinação. Esta interpretação é errônea em Geomorfologia, pois sabe-se que encostas de certos modelados de relevo podem apresentar patamares ou ombreiras cujas superfícies podem ter inclinações menores que 10%.

Outra questão é que na Geomorfologia, o conceito de planície não é tão simples. De acordo com Guerra e Guerra (2008), a planície é definida como superfície de extensão plana ou suavemente ondulada, pouco acidentada, onde os processos de deposição superam os de desagregação ou dissecação. Sendo assim, não é interessante para a Geomorfologia definir valores de declividade para uma classificação de fisionomias planas ou onduladas. Para realizar o mapeamento das APPs em topo de morro é necessário ter conhecimento das características geológicas e geomorfológicas presentes na área de estudo a fim de entender quais critérios da legislação deverão ser considerados.

2.2.2.1.3 Outras questões geomorfológicas que não são normatizadas na legislação

O Código Florestal de 1965 criou as APPs em topos de morros para garantir a proteção e conservação dos topos das elevações. No entanto, determinadas definições geomorfológicas e critérios de delimitação não são aprofundados em sua redação e nem nas resoluções do Conama que o regulamentam. Segundo Neves et al. (2009), as questões geomorfológicas precisam ser mais claras quando apresentadas na legislação ambiental, para que ocorra uma aplicação reguladora de qualidade e próxima a realidade.

Segundo o dicionário geomorfológico, o topo do morro é “a parte mais elevada de um morro ou de uma elevação. Usa-se, algumas vezes, como sinônimo de cume. É um termo descritivo, sendo comum dizer-se: no topo do morro, no topo da montanha, no topo do planalto etc.”. (GUERRA; GUERRA, 2008, p. 613). Dessa forma, a delimitação de APPs em topo de

morros é de difícil aplicação, pois apresenta inúmeras lacunas que não cooperam para que ocorra a aplicação das APPs em topo de morros e que levem em consideração as particularidades geológicas e geomorfológicas do território brasileiro.

A realidade do relevo brasileiro também não é considerada, como é o caso das diversas fisionomias modeladas em diferentes relevos estruturais, como apresentado na primeira parte deste capítulo. Segundo Silva (2011), a legislação ambiental manteve o estabelecimento de critérios únicos para a delimitação das APPs em topo de morro, ou seja, não considera as características do relevo brasileiro.

Ribeiro et al. (2010a), consideram que os critérios estabelecidos pela legislação (Resolução Conama n.º 303/2002) são capazes de proteger de forma mais eficaz o território brasileiro. Em seu estudo, foram analisadas três localidades que possuem biomas e características topográficas diferentes, sendo eles: 1) a bacia do rio Crepori (PA, bioma Amazônico); 2) a bacia do rio Sepotuba (MT, transição entre Floresta Amazônica, Cerrados e o Pantanal) e; a sub-bacia do rio Camapuã/Brumado (MG – Mata Atlântica/Cerrado). Porém, os autores não especificam qual tipo de relevo é trabalhado ou suas características geológicas e geomorfológicas, além disso, o estudo realizado foi extremamente genérico no sentido de utilizar dados médios de altitude e a declividade de cada recorte espacial, o que inviabiliza sua afirmação de que os critérios estabelecidos pela legislação dão conta de aplicar a proteção das APPs em topo de morro.

A revisão bibliográfica realizada para a presente pesquisa constatou que poucos foram os trabalhos que trataram de APPs em topo de morros e apresentaram análise detalhada sobre o relevo. Borges, Neves e Castro (2011), Luppi et al. (2015), Neves et al. (2009) e Paes et al. (2014) abordaram o relevo na escala de compartimentos para caracterizar a área de estudo, porém não aprofundaram o relevo do local das APPs. Neves et al. (2009) tinham como área de estudo a Alta Bacia do Ribeirão João Leite, no estado de Goiás, e apresentaram que o relevo é predominantemente tabular, com planícies recortadas por morros testemunhos ao sul. Borges, Neves e Castro (2011) além de trabalhar com a Alta Bacia do Ribeirão João Leite, também estudaram a Bacia do Ribeirão Extrema, com relevo caracterizado por superfícies aplainadas, apresentando relevo tabular e serras circundantes, além de morros e colinas altamente dissecados com topos convexos, e pediplanos desnudados.

Paes et al. (2014) que abordam o papel das APPs na prevenção e atenuação da erosão através da perda de solo, citam Ross (1996) para caracterizar o relevo da área de estudo que compõe o município de Santa Rita do Sapucaí (sul de Minas Gerais), mas não o detalham em

relação as elevações que contém as APPs. Segundo os autores, a área de estudo pertence a Unidade Geomorfológica do Planalto da Serra da Mantiqueira, que é formada por estrutura geológica e formações litológicas antigas (Pré-Cambriana), esculpida por diversos ciclos de dobramentos e apresentando metamorfismo regionais e falhamentos (PAES et al., 2014).

No estudo de Luppi et al. (2015), os autores afirmam que o relevo do município de João Neiva, no estado do Espírito Santo, é modelado em rochas cristalinas, sendo assim muito elevado e acidentado. Também comparam seus resultados com o de Eugênio et al. (2010), que utilizou metodologia semelhante, no município de Alegre (ES). Em João Neiva, as APPs em topo de morro ocuparam 23,01%, enquanto em Alegre o resultado foi 30,69%. Desta forma, os autores afirmam que essa diferença de APPs em topo de morro pode ser explicada pelo tipo de relevo diferente, mas não aprofundam essa questão. Segundo Eugênio et al. (2010), o relevo de Alegre é modelado em rochas cristalinas, com maiores altitudes que o de João Neiva. Sendo assim, com o mesmo tipo de litologia, o relevo pode se distinguir devido à ação do clima local e de eventos geológicos de deformação tectônica regional.

A Resolução Conama n.º 303/2002 ao menos chama a atenção para a questão de que os topos podem estar em elevações isoladas ou ao longo de linhas de cumeadas. No geral, esta resolução proporciona a proteção e conservação de áreas consideráveis de terços superiores de elevações, seja considerando estas APPs em topos de morro, montanhas ou linhas de cumeadas. Nos estudos de Ribeiro et al. (2005), a Bacia do Córrego Paraíso, estas APPs somam mais de 55 ha (26,13% da área total da bacia); Na Alta Bacia do Ribeirão João Leite (GO), as APPs em terço superior totalizaram 2.302,49 ha (11,24% da área total) (NEVES et al., 2009); Na Bacia do rio Alegre (MG), as APPs em topo de morro totalizaram 3.886 Km² (29,48% da área de estudo) (PELUZIO et al., 2010).

As APPs dispostas em linhas de cumeadas produzem corredores entre remanescentes, ligando ou servindo de intersecção entre as outras APPs, auxiliando no fluxo gênico (BARROS, 2016; RIBEIRO et al., 2005, RIBEIRO et al., 2010a). Além disso essas APPs proporcionam a maior extensão das áreas protegidas em topos de elevações, pois no território brasileiro é mais comum encontrar relevos altos (maciços, planaltos, serras) com sucessivos picos dissecados, do que encontrar elevações isoladas, que quando existem, são testemunhos ou relevos residuais desses relevos proeminentes.

Além disso, Barros (2016, p. 26) afirma que “os autores do Código Florestal revogado, de maneira sábia e visionária, conceberam as categorias de APP tal que sua localização geográfica fosse estrategicamente determinada pela configuração da bacia hidrográfica [...]”.

Em outras palavras, nas pesquisas que tratam sobre APPs é comum serem usadas as bacias hidrográficas como área de estudo. Isto pode ser visualizado em pesquisas como Borges, Neves e Castro, 2011; Cota, 2008; Nascimento et al., 2005a; Nascimento et al., 2005b; Neves et al., 2009; Nowatzki et al., 2010; Oliveira, 2002; Peluzio et al., 2010; Ribeiro et al., 2005; Ribeiro et al., 2010a, Ribeiro et al., 2010b. Porém, utilizando este tipo de recorte espacial só se trabalha com um lado do divisor de água, ou seja, da linha de cumeada. Isto faz com que se ignore os maciços (relevos ondulados) inteiros e suas particularidades geológicas e geomorfológicas.

2.2.3 Código Florestal de 2012 (Lei nº 12.651/2012)

A Lei n.º 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, é reconhecida popularmente como o “Novo Código Florestal³ ou Código Florestal de 2012” e determinou sérias modificações nos critérios de aplicação às APPs. Passou a definir essas áreas como zonas rurais ou urbanas de faixas marginais de qualquer curso d’água, no entorno de nascentes, lagos e lagoas naturais, em áreas com declividade maior que 45 graus, em restingas, manguezais, áreas de bordas de tabuleiros ou chapadas, em topos de morros, em veredas, entre outros (BRASIL, 2012, art 4º).

Esta definição que as APPs podem ser localizadas em zonas rurais e urbanas, era algo que o Código Florestal de 1965 também afirmava quando especificava que nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, os planos diretores deveriam respeitar os princípios e limites referentes à definição e delimitação de APPs segundo o Código Florestal Revogado (BRASIL, 1965, art. 2º, parágrafo único).

O Código Florestal de 2012 suprimiu determinadas APPs do Código Florestal Revogado, como as de cursos d’água efêmeros (BRASIL, 1965, 2012, 2002). Além disso, modificou os critérios de determinação das APPs de topo de morros, montes, montanhas e serras. Definindo que a elevação deve possuir altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25 graus, sendo que as APPs têm de ser 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).

³ É importante destacar que o Código Florestal de 1965, em sua ementa, é reconhecido também como “Novo Código Florestal”.

Quadro 1 - Critérios de delimitação de APPs em topo de morros segundo o Código Florestal Revogado e o Código Florestal de 2012

	Código Florestal Revogado (1965) e Resolução Conama nº 303/2002	Código Florestal de 2012 (Lei nº 12.651/2012)
Altura	50 metros	100 metros
Declividade	17° na linha de maior declive para elevações até 300 metros (morros)	25° de inclinação média
Nível de base para delimitação da APP	plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor	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
Linha de cumeada	área delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terço) da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a 1000 (mil) metros	suprimida

Fonte: Brasil (1965; 2002; 2012).

O quadro 1 mostra a comparação diferenças entre os critérios estabelecidos entre o Código Florestal Revogado e o de 2012 para a delimitação das APPs em topo de morros no território brasileiro, onde se diferenciam a altura, a declividade e a base para a delimitação do 1/3 de APP nos topos superiores de morros ou montanhas. Dito isso, o Código Florestal de 2012 dispõe de critérios mais restritivos ao estabelecimento de proteção no terço superiores de morros ou montanhas, proporcionando uma redução considerável, muitas vezes chegando à supressão desta APP (BARROS, 2016; FRANCELINO; SILVA, 2014; GUIMARÃES; MOREIRA, 2018, VIEGAS et al., 2014).

2.2.3.1 *Lacunas normativas presentes no Código Florestal de 2012*

As pesquisas que abordavam topo de morro aumentaram quando a Lei n.º 12.651/2012 estabeleceu modificações nos limites dessas APPs. Essas pesquisas científicas se voltaram à temática da delimitação de determinadas áreas seguindo os novos critérios (OLIVEIRA; FERNANDES FILHO, 2013; FERNANDES et al., 2015, VIEGAS et al., 2014), a identificação de regiões de conflitos no uso da terra com base com os novos limites dessas APPs (GASPARINI et al., 2013; LUPPI et al, 2015, VIEGAS et al., 2014), a comparação dos critérios

entre o Código Florestal de 2012 e o Revogado (FRANCELINO; SILVA, 2014; GUIMARÃES; MOREIRA, 2018), e somadas a este último tema, pesquisas que propõem a modificações nesses critérios de APP a fim de evitar a redução nas APPs de topo de morros (FRANCELINO; SILVA, 2014; BARROS, 2016; GUIMARÃES; MOREIRA, 2018). Geralmente essas pesquisas têm como área de estudo bacia hidrográficas localizadas em relevos movimentados nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e Goiás.

2.2.3.1.1 Lacunas normativas do Código Florestal de 2012 x Lacunas normativas da Resolução Conama n.º 303/2002

Com o estabelecimento do Código Florestal de 2012 todos os entraves que havia na Resolução Conama n.º 303/2002 continuaram existindo, como a questão da não definição da padronização dos dados para análise (resolução espacial e escala). Além disso, as modificações consistiram na revogação da proteção em linhas de cumeada, enquanto os critérios geomorfológicos se tornaram ainda mais genéricos que a legislação anterior. Não havendo mais a definição de morros, montanhas, base de morros e montanhas, e nem mesmo o conceito de ponto de sela.

Desta forma, o texto legislativo tornou-se mais confuso e possibilitou interpretações dúbias da lei quanto seus critérios de delimitação, principalmente em relação a elementos geomorfológicos, distanciando-a ainda mais do relevo do território brasileiro.

2.2.3.1.2 Base da elevação em planícies, superfície de espelho d'água adjacente ou nos relevos ondulados

A base do morro era uma questão problemática na Resolução Conama n.º 303/2002 e permanece assim no Código Florestal de 2012. Esta legislação manteve a questão de bases definidas pela base da elevação em planícies, superfície de espelho d'água adjacente ou nos relevos ondulados, mas utilizando parâmetros diferentes. A definição normativa de planície continua sendo ignorada. Desta forma Soares-Filho et al. (2014) e Souza (2021) continuam adotando a base do morro como o limite de declividade igual a 10%.

O relevo ondulado passou a ser definido pelo Código Florestal de 2012 (não era definido no Código Florestal Revogado e pela Resolução Conama n.º 303/2002), porém apresentando incerteza. Segundo o Código Florestal de 2012, o relevo ondulado é uma “expressão geomorfológica usada para designar área caracterizada por movimentações do

terreno que geram depressões, cuja intensidade permite sua classificação como relevo suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso” (BRASIL, 2012, art. 3º, inciso XXIII).

Segundo Souza (2021), esta definição de classes de declividade (relevo suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso) possivelmente faz referência à súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos realizada pela Embrapa (1979), que considera que o relevo ondulado é uma “superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando expressiva ocorrência de áreas com declives entre 8% e 20%” (EMBRAPA, 1979). No entanto, a Embrapa tende a definir relevo com apenas um de seus atributos, a declividade, generalizando-o. Na Geomorfologia, o relevo é mais complexo de se definir, há outros atributos a se considerar, como: geometrias (fisiografias), dinâmicas (funcionamento), gêneses e idades. Esses relevos considerados como ondulados são as grandes terras altas (maciços, planaltos e/ou serras) com modelados de dissecação. Sendo assim, qual base deve ser considerada para mapear este relevo de terras altas?

Barros (2016) utiliza o ponto de sela como base das elevações, quando elas estão localizadas em relevo ondulado. Porém afirma que o Código Florestal de 2012 é ambíguo em relação a qual ponto de sela deve ser utilizado, tendo-se três opções: 1) o ponto de sela mais próximo do cume, necessariamente interceptado pelo contorno do morro; 2) o ponto de sela mais próximo do contorno do morro, cujo contorno não o intercepta; e 3) o ponto de menor cota no contorno do morro. Dependendo de qual ponto de sela for utilizado, irá interferir na extensão da APP (BARROS, 2016).

Oliveira e Fernandes Filho (2013), utilizaram a base do morro delimitada pelo ponto de sela mais próximo ao cume e que esteja interceptado pelo contorno da base hidrológica. A partir do ponto de sela até o topo, calcula-se a altura e declividade da elevação, onde eles afirmam "difícilmente serão encontradas elevações que contenham altitude superior a 100 metros em relação à base (considerando o ponto de sela mais próximo) e ao mesmo tempo declividade média superior a 25°" (OLIVEIRA; FERNANDES FILHO, 2013, p. 4447). Já Souza (2021) propõe que, em relevos ondulados (relevos de terras altas) se deve considerar a base das elevações como o ponto de sela somente quando inexistir planície ou espelho d'água adjacente.

Segundo Victoria (2010, p. 480), a utilização do ponto de sela como base da elevação é refutável pois

para cada elevação existe um nível de base local, que pode ser considerado a base da elevação, onde processos de sedimentação predominam sobre processos erosivos. O

ponto de sela é um local onde predominam processos erosivos, não podendo ser, portanto, a base de uma elevação.

A interpretação quanto aos relevos ondulados utilizada nesta pesquisa, é a de utilizar como referencial para a altura e declividade da elevação sua base real (depressão mais baixa ou espelho d'água), e usar o ponto de sela como base apenas para calcular o terço superior que seria a APP, interpretando a lei desta forma:

no topo de morros, montes, montanhas e serras, **[deve-se primeiro considerar se as elevações]** com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, **[e posteriormente calcular]** as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) 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, 2021, art. 4º, inciso IX). Grifos da autora.

Em outras palavras, nessa interpretação de relevos ondulados (terras altas), primeiramente devem ser analisadas as elevações que possuem os critérios de no mínimo 100 metros de altura e declividade média maior que 25°, segundo sua base real (depressão mais baixa ou espelho d'água). Para as que possuírem, posteriormente serão calculadas as APPs no terço superior a partir do ponto de sela mais próximo ao cume.

Segundo os preceitos da Geomorfologia, seria impensável considerar o ponto de sela como base para o cálculo de altura e declividade média. Para isto é necessário analisar o relevo para definir o referencial de base dos relevos de terras altas (maciços, planaltos ou serras).

2.2.3.2 A questão da redução de APPs em relevos ondulados e as propostas alternativas de modificações dos critérios estabelecidos pelo Código Florestal de 2012

Quando se considera que o ponto de sela é a base legal da elevação para o cálculo da altura e declividade média em elevações situadas em relevos ondulados, ocorre uma redução drástica das APPs em topo de morro. Por exemplo, no estudo de Francelino e Silva (2014), na Bacia do Rio Cacaria, em Piraí (RJ), segundo os critérios da Resolução Conama n.º 303/2002, a APP em topos de morros equivale a 2.295 hectares (31% da bacia), enquanto para o Código Florestal de 2012 ocorreu a redução para apenas 36 hectares (0,5% da área total da bacia). Segundo o mapeamento de Guimarães e Moreira (2018), em sua área de estudo, entre as mesorregiões da Zona da Mata e Vale do Rio Doce (MG), 29% da área de estudo compreendia APP em topo de morros, e com o Código Florestal de 2012, a APP foi totalmente suprimida.

Desta forma, o Código Florestal atual teve como efeito a redução da proteção e conservação das áreas superiores de morros e montanhas, provocando perdas consideráveis ao

meio físico. Na pesquisa de Oliveira, Cessa e Oliveira (2020), o Código Florestal de 2012 reduziu cerca de 98% das APPs em topo de morros na sua área de estudo.

A fim de manter as APPs em topo de morros, diversos estudos realizaram propostas alternativas de modificações ou correções dos critérios estabelecidos pelo Código Florestal de 2012. Oliveira (2015) propôs que fosse aplicado um fator de correção para a declividade. Esse fator tem relação ao Código Florestal de 2012 não informar a resolução espacial que deve ser utilizada, assim, deve-se levar em conta que quanto melhor a resolução espacial, mais próximos da realidade serão os resultados de inclinação obtidos.

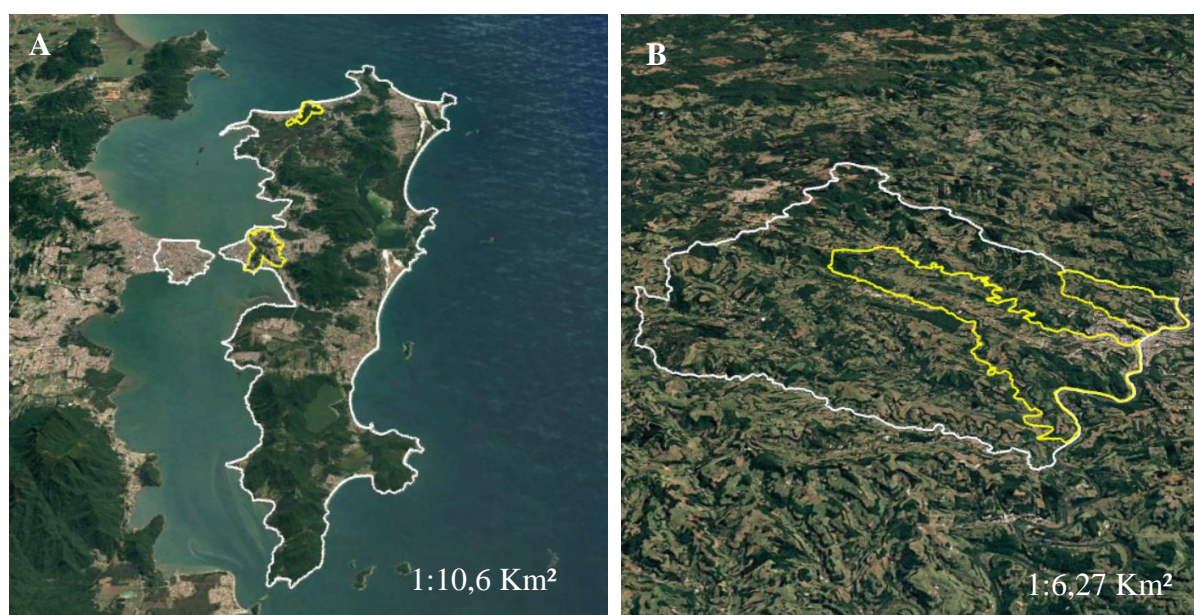
Ainda sobre o fator de correção, Guimarães e Moreira (2018) afirmam que se o pesquisador utilizar o MDT ASTER II de 30 metros de resolução espacial e quiser possuir a declividade com melhor resolução (2 metros), deve corrigir o fator de declividade de (25°) para 17,48°. Ao delimitarem as APPs de topo de morros utilizando este valor de declividade corrigido, esses últimos autores definiram que a área de estudo, a qual eram nulas quando utilizaram 25° de declividade, passaria a ter 154,01 hectares de APPs nos terços superiores de elevações (0,4% da área total da bacia).

Francelino e Silva (2014) também afirmam que o critério da declividade média superior a 25° limita que os topos das elevações possuam APP. Os autores propõem que seja utilizada a inclinação média superior a 25° na linha de maior declive, que iria reduzir as APPs de topo de morros estabelecidas pela Resolução Conama (31% da bacia), e manteria 24,5 % dessas áreas protegidas.

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é representada por dois maciços localizados no município de Florianópolis (SC), o maciço de Jurerê (a noroeste da ilha) e o maciço do Morro da Cruz (na parte central), e os maciços tabulares de Joaçaba, no oeste catarinense, o maciço da Pedreira (a nordeste) e do Aeroporto (na parte central do município), conforme pode ser visto na Figura 12, a seguir.

Figura 12 - Municípios da área de estudo e seus relevos



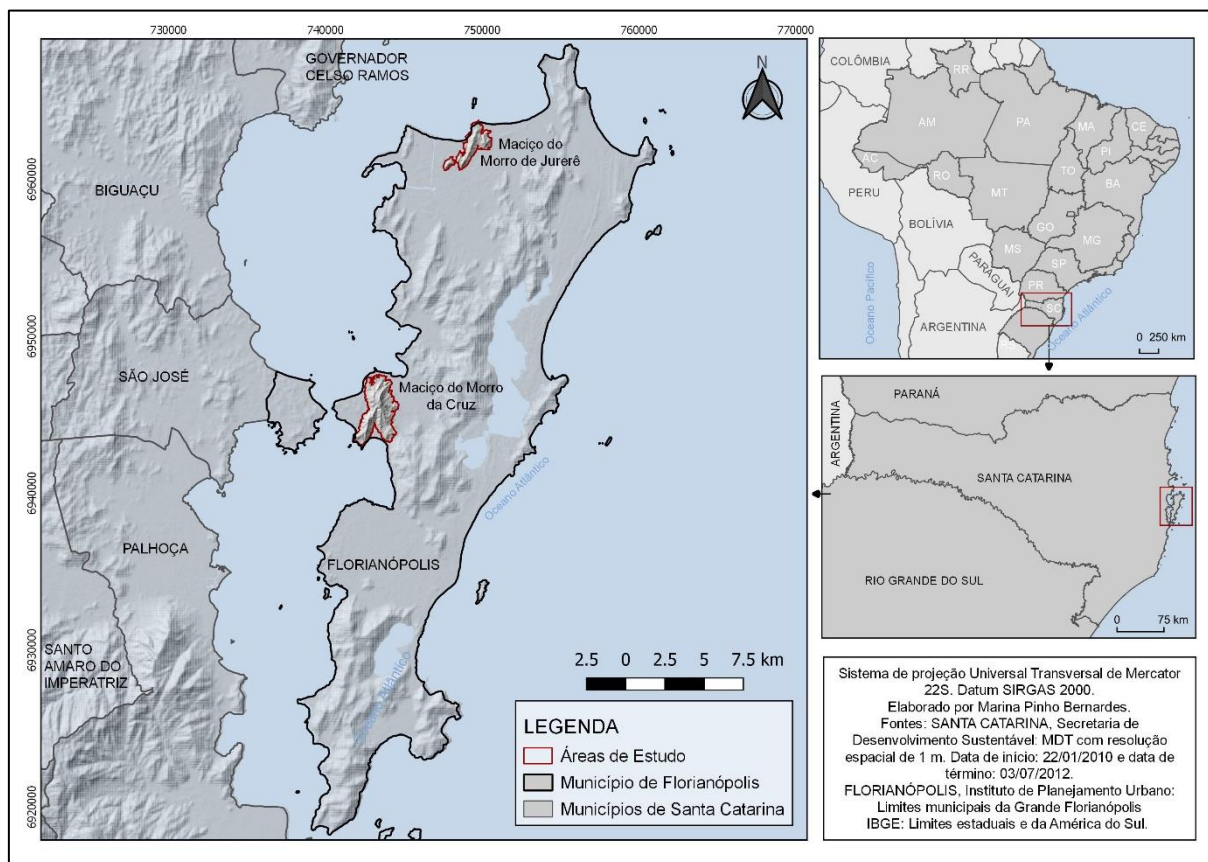
A: Município de Florianópolis (em branco) com os maciços estudados (em amarelo), B: Município de Joaçaba (em branco) com os maciços estudados (em amarelo). Fonte: Google Earth (2020) adaptado pela autora (2022).

3.1 ÁREA DE ESTUDO EM FLORIANÓPOLIS

O relevo de Florianópolis apresenta sequências de elevações orientadas no sentido nordeste e sudoeste, originadas da Unidade Geomorfológica da Serra do Leste Catarinense, cujo modelos de dissecação se dão em forma de morrarias (outeiros) e montanhas (HERRMANN; ROSA, 1991).

Segundo Herrmann e Rosa (1991), os modelados em morrarias apresentam altitudes abaixo de 200 metros, com vales pouco dissecados e encostas convexa-côncavas, enquanto as montanhas possuem altitudes superiores a 300 metros, com dissecação em “vales encaixados, ocasionalmente com terraços alveolares, interflúvios angulosos e vertentes com diferentes graus de declividade” (HERRMANN; ROSA, 1991, p. [15]).

Figura 13 - Área de estudo na Ilha de Santa Catarina



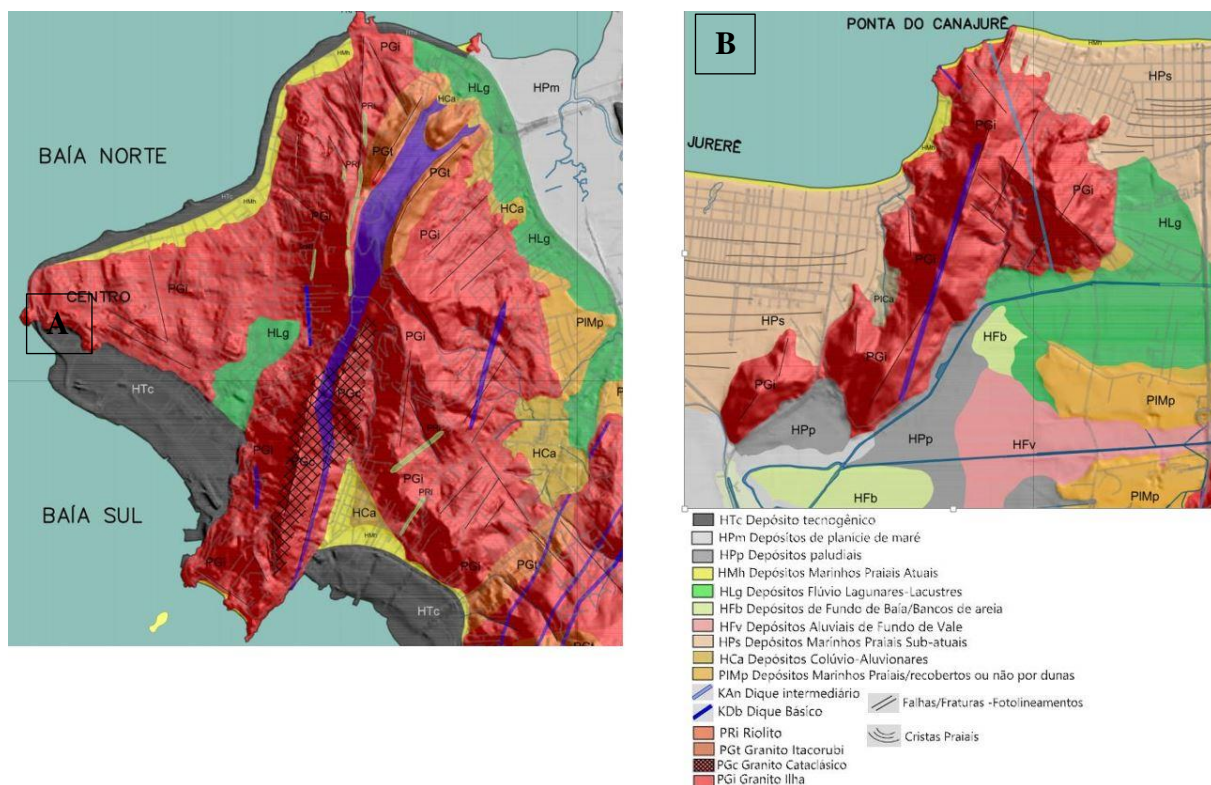
Sendo assim, segundo o mapeamento geomorfológico de Herrmann e Rosa (1991) o maciço de Jurerê é um modelado de dissecação em morraria (148 metros), que apresenta interflúvios convexizados (em maior quantidade) e angulosos (em menor quantidade), além de localizar ao seu entorno depósitos de acumulação de rampas de colúvio-eluvionais, planície lacustre e planícies de restinga (HERRMANN; ROSA, 1991).

Conforme Tomazzoli e Pellerin (2014), o maciço de Jurerê é formado por Granito Ilha e possui alinhamentos estruturais em sua extensão. Um desses lineamentos encontra-se localizado no seu interflúvio principal, sendo preenchido por um dique de diabásio (rocha básica), e outro lineamento estrutural de dique intermediário, que corta o interflúvio secundário em direção noroeste-sudeste (TOMAZZOLI; PELERRIN, 2014) (Figura 14). A presença desses diques pode indicar que ocorreram metamorfismo de contato entre as rochas encaixantes, tornando-as mais resistentes ao intemperismo e a erosão.

O maciço do Morro da Cruz é um modelado de dissecação em montanha (285 metros), apresentando topos planos (topo em que se encontram as antenas e topo a noroeste do Centro Integrado de Cultura (CIC)), interflúvios convexizados e angulosos que se dão em forma de

crista, além de vale em “v”, rupturas de declive e poucas selas escavadas (HERRMANN; ROSA, 1991). Nas áreas mais baixas adjacente ao maciço do Morro da Cruz são encontrados depósitos de rampas colúvio-eluvionares, planícies fluviomarinhas e planícies marinhas (HERRMANN; ROSA, 1991).

Figura 14 - Aspectos geológicos dos maciços do Morro da Cruz (A) e do Morro do Jurerê (B)



Fonte: Tomazzoli e Pellerin (2014), escala original 1:50.000.

Analisando o mapa geológico de Tomazzoli e Pellerin (2014), o maciço do Morro da Cruz é majoritariamente formado pelos Granito Ilha e Itacorubi, sendo que estes sofreram deformações por zonas de cisalhamento e de falhas, além de intrusões tardias de rochas ácidas e básicas e formaram o Granito Cataclástico (TOMAZZOLI; PELERRIN, 2014). Este granito está localizado e alinhado na direção nordeste-sudoeste, sustentando cristas alongadas nos divisores ao sul do maciço.

Ao norte do Granito Cataclástico se encontra um dique de diabásio que se prolonga ao longo do lineamento para norte, onde é formado um vale sobre ele (TOMAZZOLI; PELERRIN, 2014). Em determinadas partes do maciço há a presença de diques ou corpos intrusivos de riólito, são irregulares e com poucos metros de espessura (TOMAZZOLI; PELERRIN, 2014).

3.2 ÁREA DE ESTUDO EM JOAÇABA

O município de Joaçaba está localizado no planalto do meio oeste catarinense, mais especificamente no Planalto dissecado Rio Iguaçu - Rio Uruguai (LUIZ, 2016). Seu centro urbano se encontra no baixo vale do rio do Peixe (a 498 metros de altitude) (PELUSO JUNIOR, 1986), possuindo elevações em seu entorno. Essas elevações possuem os topos aplainados, com modelado de dissecação de morros e serras baixas esculpidos em derrames de lavas basálticas (basaltos) (CPRM, 2010; VIERO; SILVA, 2016). As altitudes variam de 489 m a 994 m entre a parte mais baixa do vale do rio do Peixe, nível de base local, e a parte mais alta do município.

Foram escolhidos dois maciços esculpidos sobre o planalto pela ação do rio do Peixe e seus afluentes. Estes afluentes criaram um conjunto de divisores alongados desde as áreas menos dissecadas do planalto até o fundo do vale do rio do Peixe. Entre os afluentes rio do Tigre e lajeado (rio) Santa Clara foi individualizado um dos maciços aqui estudados, o qual foi denominado para a presente pesquisa de maciço do Aeroporto, pois está ali instalado o Aeroporto Santa Teresinha. O outro maciço, menor, foi individualizado entre os lajeados (rios) Ferreirinha e Antinha, recebendo o nome de maciço da Pedreira por causa de uma grande área de extração de rochas basálticas em seus terrenos. A escolha destes dois recortes ocorreu por sua representatividade em relação ao relevo local, sendo que o maciço do Aeroporto também tem como uma característica muito comum do relevo do planalto, o escalonamento em patamares, conforme é comentado por Luiz (2016).

De acordo com o Mapeamento Geológico de Santa Catarina realizado pela CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014), os dois maciços escolhidos, assim como boa parte do município de Joaçaba, são modelados sobre rochas da Formação Paranapanema, a qual é constituída por derrames de basaltos com características microgranulares cinza e alterações nas faces de disjunção vermelho-amarronadas, também podem apresentar horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolita, carbonatos, celadonita, cobre nativo e barita (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014) (Figura 15). São as rochas de disjunção colunar destes derrames que provavelmente são extraídas da pedreira observada no maciço menor denominado maciço da Pedreira. Relatos de moradores locais explicam que é muito comum encontrar geodos de basalto (dos horizontes vesiculares) no meio do manto de alteração/solo do município.

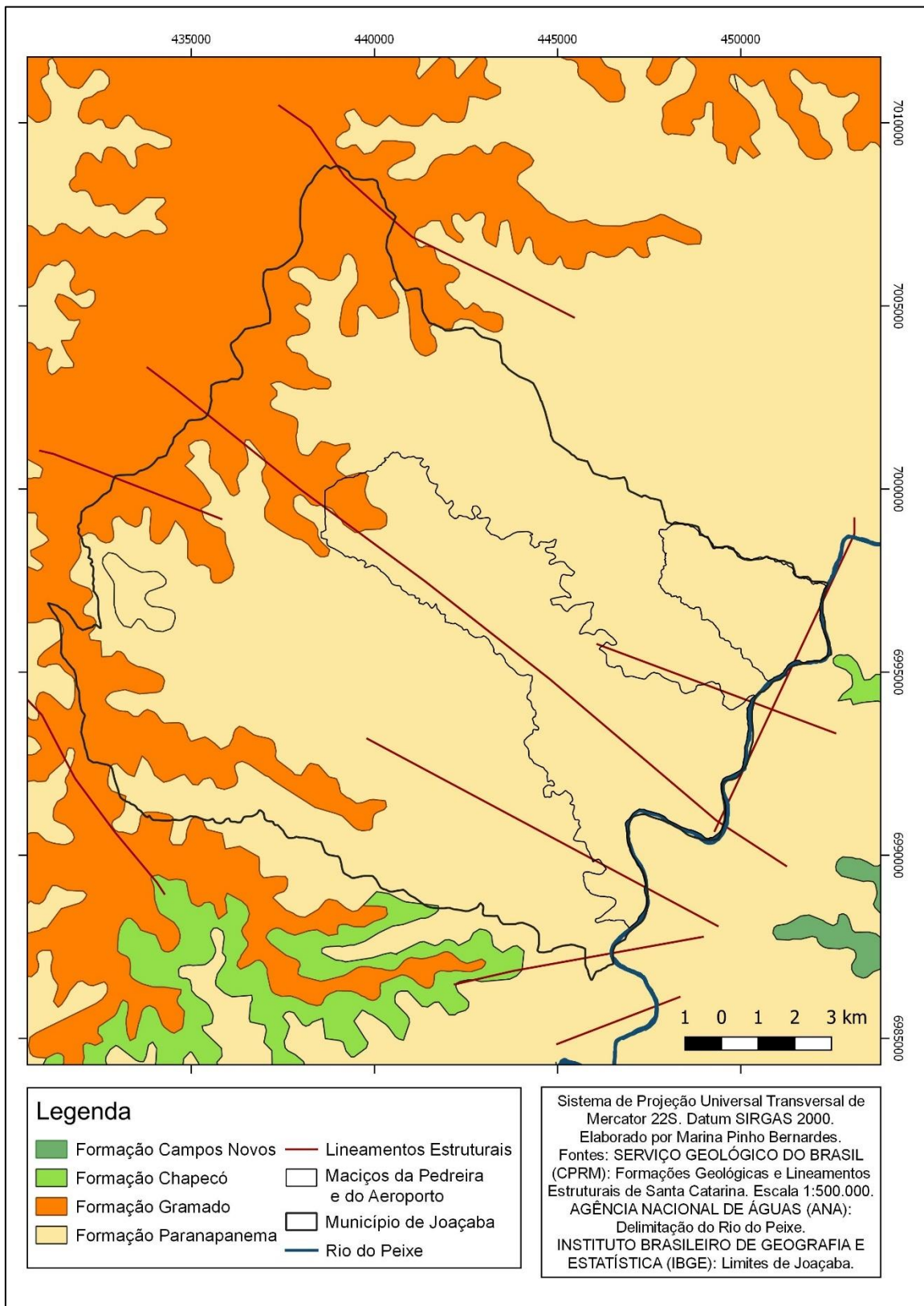
Nas partes de maior altitude do maciço do Aeroporto (acima dos 900 m) são encontradas as rochas da Formação Gramado, a qual é sobreposta a Formação Paranapanema. A Formação

Gramado é composta por derrames de basalto com formas de lóbulos de cor acinzentada, também possui horizontes vesiculares espessos e abundantes contendo zeolitas, carbonatos, apofilita e saponita no seu interior (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014). Os derrames desta formação também apresentam estruturas de fluxo, inclusive com aparência de lavas *pahoehoe*, e ainda intercalações frequentes com rochas sedimentares eólicas (intertrópicas) da Formação Botucatu (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014).

O modelado no maciço do Aeroporto é de uma superfície suavemente aplainada que foi dissecada pelos rios do Tigre e Santa Clara e por seus afluentes. Este aplainamento do relevo se deve provavelmente à estrutura geológica dos derrames de lava que o compõem que é uma estrutura concordante horizontal. Mesmo com certo aplainamento, alguns topos são observados na representação em relevo sombreado produzido a partir do MDT utilizado neste trabalho. Para noroeste, este maciço apresenta um escalonamento de suas altitudes, passando de altitudes na faixa de 700, para 800 e finalmente para 900 metros. Este maciço segue um alongado lineamento estrutural de direção noroeste-sudeste, conforme pode ser observado no Mapa Geológico de Santa Catarina (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014).

O maciço da Pedreira é menos extenso e possui menores altitudes, entre os 700 e os 800 metros. Também é caracterizado por uma superfície aplainada modelada em uma estrutura concordante horizontal dos derrames de lavas, a qual foi dissecada pelos lajeados Ferreirinha e Antinha e por seus afluentes. A dissecação do relevo também individualizou topos nesta superfície. O conjunto do maciço da Pedreira segue um lineamento estrutural com direção também noroeste-sudeste, de acordo com o que pode ser observado no Mapa Geológico de Santa Catarina (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014).

Figura 15 - Aspectos geológicos dos maciços da Pedreira e do Aeroporto



Fonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2014), escala original 1:500.00, adaptado pela autora (2022)

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O mapeamento de Áreas de Proteção Permanente em topos de morros foi realizado no *software* livre e *Open Source Qgis* 3.10, segundo a metodologia de Souza (2021) e utilizando como referência as características geológicas e geomorfológicas da área de estudo. Esta metodologia foi pensada para definir a base de uma elevação junto a uma planície adjacente, pois o autor aplicou este método no município de Florianópolis em que as elevações são rodeadas por compartimentos de planície costeira (lagos, lagoas, cursos d'água). Nos casos em que há um espelho d'água na base das elevações esta será definida junto a ele.

Tendo em vista que Souza (2021) recomendou que para a análise de APPs em morro e montanhas, seja adotada a escala mínima de 1:10.000 ou a resolução máxima de 5 metros para Modelos Digitais de Terreno (MDT) (SOUZA, 2021), optou-se por utilizar o MDT com a resolução espacial de 1 metro, disponibilizado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina (SDS), a fim de obter resultados mais detalhados.

Segundo o estudo de Souza et al. (2017), que realizou testes de tendência e precisão no MDT disponibilizado pela SDS/SC, este possui boa qualidade altimétrica, classificados em 1:10.000/Classe A, podendo variar 2,5 metros de precisão altimétrica. É importante salientar que para a área de estudo de Florianópolis foi utilizado este mesmo modelo digital de terreno, porém para a área de estudo de Joaçaba, o modelo foi degradado para a resolução de 2 metros, a partir do método de interpolação bilinear, do ArcGis.

O mapeamento das APP em topos de morros e montanhas da área de estudo foi realizado separadamente. Em primeiro, fez-se a análise do maciço de Jurerê, mapeando segundo os critérios definidos pelo Código Florestal Revogado (Lei n.º 4.771/1965) somados as definições apresentadas na Resolução Conama n.º 303/2002, e depois conforme o Código Florestal de 2012 (Lei n.º 12.651/2012). Posteriormente realizou-se os mapeamentos do maciço do morro da Cruz, seguindo a ordem realizada no maciço anterior. O mesmo roteiro foi implementado para os maciços de Joaçaba, primeiramente no maciço da Pedreira e em seguida no maciço do Aeroporto.

4.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO NO RELEVO DE FLORIANÓPOLIS

A princípio foi necessário preencher as depressões espúrias⁴ do MDT, filtrando o mesmo, para isso utilizou-se a ferramenta “*Fill Sinks xxl*”, criando assim um modelo hidrologicamente consistente (MDTHC) (OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA, FERNANDES FILHO, 2013; PELUZIO et al, 2010; SILVA et al, 2016; VICTORIA, 2010; VICTORIA, et al, 2008).

A fim de definir as bases dos morros em plano horizontal, seguiu-se o critério do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que define tipologias planas em função da declividade inferior a 10% (aproximadamente 5,71°) (SOARES-FILHO, 2014; SOUZA, 2021). Assim, o contorno dos maciços foi definido pela declividade maior que 10%, calculada a partir do mapa de declividade, realizado pela ferramenta “*slope, aspect, curvature*”, que apresenta duas classes: menor e igual a 5,71° (10%), e acima de 5,71 (10%).

Os maciços de Jurerê e do Morro da Cruz, pela Geomorfologia, são definidos como relevo ondulado e de acordo com Hermmann e Rosa (1991) se situam em ambiente de planície costeira, ou seja, terrenos planos e pouco dissecados, onde predominam modelados de deposição, como os modelados praias, eólicos e colúvio-aluvionar. Sendo assim, há um entrave em como será delimitada a sua base, de acordo com o método de relevos ondulados, ou por planície ou espelho d’água adjacente. Optou-se por considerar a base dos morros pela declividade definida por 10% (plano horizontal) para a metodologia referente a Resolução n.º 303/2002 e o Código Florestal de 2012. Para este último, a delimitação da APP em topo de morros foi considerada de duas formas de cálculo, nos relevos ondulados foi utilizado o ponto de sela como base, e nas elevações isoladas as APPs foram delimitadas pelo plano horizontal (10%).

Os maciços selecionados para análise possuem diversos cumes, portanto foi necessário setorizar cada maciços em elevações. Assim, cada elevação será representada por um único cume e pela sua área de influência hidrológica. A setorização ocorre por meio da geração da direção de fluxo e das bacias hidrográficas do relevo invertido (HOTT et al., 2005; OLIVEIRA, FERNANDES FILHO, 2013; SOUZA, 2021; VICTORIA, 2010). A inversão do MDT propicia

⁴ Depressões espúrias são sumidouros que provocam a descontinuidade do escoamento superficial do MDT (algo que posteriormente será realizado).

na melhor identificação dos cumes e de suas elevações, pois os cumes se tornam depressões, enquanto a direção de fluxo mostrará onde o escoamento superficial converge (o cume como depressão), e as bacias hidrográficas facilitam na definição do limite de cada elevação.

Para a criação do relevo invertido, foi utilizado o MDTHC anteriormente criado, e na “calculadora *raster*” utilizou-se a expressão “ $MDTHC*(-1)$ ”. A direção de fluxo invertida foi realizada pela ferramenta “*terraflow*” utilizando como arquivo de entrada o MDTHC invertido.

Para a geração das bacias hidrográficas invertidas foi utilizada a ferramenta “*watershed*”, sendo realizado testes em relação aos tamanhos mínimos (segmentação) das bacias. Nesta mesma ferramenta também foi gerada a segmentação de fluxo invertido, que representam a linhas de cumeadas do relevo normal.

Para a identificação dos cumes de cada elevação é necessário utilizar determinados critérios como: a intersecção dos deflúvios das bacias determinadas pelo relevo invertido; o segmento de fluxo invertido; e as curvas de nível com equidistância de 10 m que se fecham em si junto dos cumes. Estes três critérios foram empregados por Souza (2021), porém esta identificação de cumes apresenta certa subjetividade, mas é utilizada a fim de evitar que ombreiras sejam consideradas como elevações, pois não há regulamento quanto à resolução espacial adequada para esta identificação.

Quando ocorre de uma curva de nível com equidistância de 10 metros fechada entre si apresentar mais de um cume em seu interior, é necessário selecionar o cume de maior altitude. Para isto utilizou-se a ferramenta “*Terrain Profile*” que gera o perfil de uma determinada área apresentando a altitude (em números decimais) de cada ponto do perfil. Para selecionar o cume, deve-se traçar um seguimento na linha de cumeada onde se encontram todos os cumes da elevação. Esta precisão da localização do cume também servirá na delimitação da APP em topo de morros segundo os critérios estabelecidos na Resolução Conama n.º 303/2002, pois é necessário medir a distância entre os cumes das elevações na linha de cumeada.

A segmentação das elevações é realizada pela direção de fluxo invertido e do limite das bacias hidrográficas anteriormente elaborados com o MDTHC invertido, com apoio da ferramenta “*Qgis2threejs*” que mostra o relevo normal em três dimensões (3D).

Com base nestas informações, se analisa e delimita as áreas que pertencem a cada cume. Ao longo da linha de cumeada onde estão os cumes, a delimitação das áreas da elevação de cada um é realizada a partir do ponto de sela entre eles, utilizando como base as curvas de nível com equidistância de 1 metro. Os outros limites das elevações ao longo do maciço são feitos manualmente aglutinando as bacias de tamanhos menores que se encontram na elevação,

utilizando o “mesclar feições” do *QGIS*, até que exista uma elevação única delimitada para cada cume.

Tendo em vista o reconhecimento pontos máximos (cumes), da área e da base das elevações definidas de cada maciço, passou-se a utilizar os critérios estabelecidos pelos Códigos Florestais Revogado e o de 2012 para a definição da APP em topo de morros (e em linha de cumeada para o Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002):

4.1.1 Código Florestal Revogado (Lei n.º 4.771/1965) e Resolução Conama n.º 303/2002

O Código Florestal Revogado previa que os topos de elevações eram considerados como APPs, mas não estabelecia critérios para delimitação dessas áreas. As Resoluções Conama n.º 04/1985 e n.º 303/2002 passaram a apresentar os critérios de definição dessas APPs. Este trabalho irá se ater mais à resolução mais recente (Resolução Conama n.º 303/2002⁵), trazendo seus resultados em relação à área de estudo.

A resolução Conama n.º 303/2002 previa que para uma elevação possuir APP em topo de morros, ela precisaria possuir altura acima ou igual a 50 metros e encostas com declividade superior a 17° na linha de maior declive (BRASIL, 2002). Dessa forma, para o cálculo da altura das elevações utilizou-se a ferramenta “estatística zonal”, onde pode-se obter a altura mínima (a partir da base do maciço onde a declividade é menor ou igual a 10%), a altura máxima (altitude) e a diferença entre elas (altura de cada elevação) (SILVA et al., 2016). Para cálculo da declividade máxima das elevações, foi necessário primeiramente criar um mapa de declividade do MDTHC, utilizando a ferramenta “*slope, aspect, curvature*”. Após feito isso, a declividade média foi calculada pela ferramenta “estatística zonal” (PELUZIO et al, 2010).

A Resolução Conama n.º 303/2002 entende que caso os cumes estejam em linha de cumeada, devem ser caracterizados por estarem distantes em até 500 metros uns dos outros, calcula-se a APP considerando o cume mais baixo. Caso os cumes ultrapassem essa distância, se configuram então como cumes isolados ou novas linhas de cumeadas. Assim, para identificar a distância entre os cumes, usou-se a ferramenta “linhas” do *QGIS*. Quando a linha de cumeada é divergente (tipo em “T”), a medida entre os topos é realizada seguindo a linha de cumeada.

⁵ A Resolução Conama n.º 303/2002 foi revogada pela Resolução Conama n.º 500/2020, sendo esta posteriormente considerada inconstitucional pelo Supremo Tribunal Federal (STF), restabelecendo novamente a Resolução Conama n.º 303/2002.

Dentro de uma linha de cumeada, deve-se estabelecer a APP a partir da altura do menor morro (aqui denominados como elevação) (BRASIL, 2002). A elevação foi identificada por sua altura, calculada anteriormente. Em seguida, foi calculado o seu terço superior pela “calculadora de campo” com a expressão: “*altura_max*” - (*amplitude_altura*/3)”. Este terço superior foi depois expandido para toda a linha de cumeada, desde que não ultrapassasse 1.000 metros de extensão de linha de cumeada (BRASIL, 2002).

Visto que se estava usando um MDT com alta resolução espacial, utilizou-se as curvas de nível com equidistância de 1 metro, para delimitar a APP pelo valor do terço superior de sua elevação, respeitando o limite de cada uma dessas. Posteriormente, adquiriu-se as áreas de APP, pela ferramenta “linhas para polígonos” do *QGis*.

Para definir as APPs em topos de morro de elevações isoladas ou de segmentos de linha de cumeadas com cumes afastados mais do que 500 metros, o processo se deu da mesma forma. Com a altura e declividade já calculadas, restou apenas computar o terço da elevação pela “*calculadora de campo*” segundo a expressão utilizada anteriormente. Para delimitar os polígonos de APPs também foram utilizadas as curvas de nível com equidistância de 1 metro na ferramenta “*linhas para polígonos*”.

Para definir as APPs em topos de elevações isoladas ou de segmentos de linha de cumeadas com cumes afastados mais do que 500 metros, o método ocorreu da mesma forma. Com a altura e declividade já calculadas, bastou calcular o terço da elevação pela “*calculadora de campo*” segundo a expressão utilizada anteriormente e delimitar os polígonos que representam as APPs pelas curvas de nível com equidistância de 1 metro, e posteriormente usar a ferramenta “linhas para polígonos”.

4.1.2 Código Florestal de 2012 (Lei n.º 12.651/2012)

Segundo o atual Código Florestal as APPs no terço superior de morros, montes, montanhas e serras precisam possuir no mínimo 100 metros de altura em relação a sua base e inclinação média maior que 25°, sendo esta definida pelo plano horizontal definido por planície ou espelho d’água adjacente, ou pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (para relevos ondulados) (BRASIL, 2012).

Para o mapeamento, precisou-se identificar a altura de cada elevação, para isto foi utilizada a amplitude altimétrica, calculada anteriormente pela ferramenta “estatística zonal”, considerando novamente a altitude mínima, onde a declividade é menor ou igual a 10%

(BRASIL, 2002) e a altitude máxima, o pico (cume) de cada elevação. A declividade média também foi calculada pelo complemento “estatística zonal”.

Quando as elevações possuíam estes dois requisitos, de altura maior ou igual a 100 metros e declividade média maior que 25°, podem ser consideradas aptas para a delimitação das APPs. Para os maciços cristalinos de Florianópolis foram utilizadas duas metodologias distintas, expostas no Código Florestal de 2012, a delimitação da APP para relevos ondulados para os maciços, e usando o plano horizontal para elevações isoladas.

Como o Código Florestal de 2012 usa o termo relevo ondulado para mapear as APP de maciços, provavelmente se remetendo ao critério de declividades que aparece na Súmula da Embrapa citada anteriormente, foi necessário primeiramente encontrar o ponto de sela mais próximo de elevação. Segundo Oliveira e Fernandes Filho (2016) e Silva (2021), o ponto de sela é um ponto de declividade nula presente na linha de cumeada e que coincide com a delimitação em comum das bases hidrológicas entre as elevações adjacentes. Assim, para identificar o ponto de sela mais próximo ao cume foi utilizada a ferramenta “linhas”, que calcula as distâncias. Novamente utilizou-se as curvas de nível de equidistância de 1 metro para identificar, em linhas, a cota do ponto de sela, posteriormente foi usada a ferramenta “linha para polígono” para se obter a área a ser calculada a APP.

Para calcular o terço superior (a APP), considerou-se que o cume é a altura máxima da elevação, enquanto a cota do ponto de sela seria a altura mínima. A diferença desses dois valores divididos por 3, levaria à identificação do terço superior da elevação. Por fim, transforma-se a curva de nível correspondente ao limite do terço superior em polígono e passa-se a conhecer a APP em topo de morros nos relevos ondulados.

Na metodologia para o reconhecimento de APP de topo de morro em elevações isoladas, a base das elevações é definida pelo plano horizontal, que anteriormente foi considerado como a superfície que possui declividade igual ou inferior a 10%. Sendo assim, não é necessário identificar os pontos de sela mais próximos a elevação, pois não se trata de um relevo ondulado. Desta forma, para calcular o terço superior da elevação isolada que deve apresentar 100 metros de altura e inclinação média maior do que 25°, foi utilizada a ferramenta “calculadora de campo”, novamente com a expressão $"altura_max" - ("amplitude_altura"/3)$, porém diferente do relevo ondulado, a altura mínima das elevações isoladas é definida pela menor altura da base da elevação (declividade inferior a 10%). Depois desta operação, a delimitação do polígono que representa a APP do terço superior da elevação isolada foi feita conforme o especificado na metodologia de relevo ondulado.

4.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO NO RELEVO DE JOAÇABA

Para o mapeamento da área de estudo de Joaçaba foi necessário compor uma base de dados. Assim foi utilizado um MDT da SDS/SC, que originalmente possui resolução espacial de 1 metro, mas nesta pesquisa ele foi degradado para 2 metros, pois já era um arquivo mosaicado e disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente de Santa Catarina. O limite municipal e as cartas topográficas foram adquiridas do banco de dados do IBGE, enquanto a camada *shapefile* de cursos d'água é pertencente à Agência Nacional de Águas (ANA) e disponibilizada pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE).

Para iniciar o processo de delimitação das APPs em topo de morro foi necessário transformar o MDT em um modelo hidrológicamente consistente, ou seja, com as depressões espúrias preenchidas. Esta transformação foi realizada ferramenta *"r.fillnulls"*, do *Qgis*.

Com intuito de realizar um teste, a definição das bases dos maciços foi feita pelo plano horizontal, ou seja, a partir da declividade maior que 10%, conforme feito na área de estudo de Florianópolis. No entanto, o resultado não foi satisfatório, assim, optou-se por delimitar a base dos maciços pelo fundo dos vales de maior hierarquia fluvial da área de estudo.

Para setorizar as elevações e cumes do maciço inverteu-se o relevo pela ferramenta *"r.watershed"*. Primeiramente, se manteve a segmentação de bacias proporcionais a 0,1% da quantidade de pixel de cada maciço (5.000 para o maciço da Pedreira e 64.000 para o maciço do Aeroporto), e posteriormente, apenas para o maciço do Aeroporto se fez a segmentação de 32.000, 16.000 e 8.000 pixels, a fim de se obter melhor resultando quanto as elevações delimitadas.

Para a identificação dos cumes foi necessário a adequação do critério da metodologia de curva de nível fechada, pois os topos deste relevo tendem a ser mais planos. A segmentação das elevações é realizada utilizando arquivos como: a direção de fluxo do relevo invertido, curvas de nível de 1 metro (para maior precisão) e ferramenta *"Qgis2threejs"*. Desta forma, as bacias presentes em uma elevação são analisadas para a segmentação, utilizando a ferramenta *"mesclar feições"*, aglutinando as bacias que pertencem a uma mesma elevação. Quando cada elevação presente no maciço apresentar apenas um cume, se parte para a análise do critério de altura e declividade das legislações ambientais para a delimitação das APPs em topo de morro.

4.2.1 Delimitação das APPs em topo de morro segundo o Código Florestal Revogado (Lei n.º 4.771/1965) e Resolução Conama n.º 303/2002

A delimitação das APPs em topo de morros seguiu os critérios apresentados na Resolução Conama n.º 303/2002, a qual determina que para conter APP em topo de morros, as elevações necessitam possuir altura maior ou igual a 50 metros e declividade de 17° na linha de maior declive. Assim, como foi realizado na área de estudo de Florianópolis, a altura das elevações foi calculada a partir da ferramenta “estatística zonal”, onde obteve-se o valor mínimo, máximo e o intervalo entre esses dois valores (a altura da elevação) (SILVA et al., 2016).

A declividade na linha de maior declive foi obtida primeiramente, gerando o mapa de declividade da área de estudo, e depois usando novamente a ferramenta “estatística zonal”, para obter o valor de declividade na linha de maior declive, usando a variável “máxima” (PELUZIO et al, 2010). Quando as elevações possuíam a altura e declividade necessárias, calcula-se seu terço superior, ou seja, onde será delimitada a APP. Os terços eram calculados na “calculadora de campo”, pela expressão: $""altura_max" - ("amplitude_altura"/3)""$.

Segundo a Resolução Conama n.º 303/2002, quando o cume de uma elevação se encontra a uma distância inferior de 500 metros de um cume pertencente a elevação adjacente, a APP será determinada pelo terço superior da elevação de menor altura, sendo que este trecho não poderá ultrapassar 1.000 metros. Dito isto, foi utilizada a ferramenta “linhas” para obter a distância entre os topos, seguindo a linha de cumeada. Caso os cumes não apresentassem topos próximos, eram considerados como cumes de APP isoladas, e quando os cumes próximos a 500 metros ultrapassassem os 1.000 metros, eram estabelecidos novos trechos de APPs.

Com o terço calculado, a APP em topo de morro era demarcada pela curva de nível com equidistância de 1 metro que correspondia ao terço superior. Posteriormente, utilizava a ferramenta “linhas para polígonos” para obter a APP em área.

4.2.2 Código Florestal de 2012 (Lei n.º 12.651/2012)

O atual Código Florestal considera elevações aptas a receber proteção em seus terços superiores as que apresentarem altura maior que 100 metros e declividade média superior a 25° (BRASIL, 2012). Como a lei é ambígua quanto a base do morro, nesta pesquisa optou-se por considerar o fundo dos vales como a base dos maciços tabulares. Sendo assim, as alturas das elevações já haviam sido calculadas anteriormente, enquanto a declividade média foi calculada

a partir do mapa de declividade, utilizando a ferramenta “estatística zonal”, usando a variável “média”.

As elevações que atenderam os critérios estabelecidos pelo Código Florestal de 2012 poderiam ter suas APPs em topo de morro delimitadas. Utilizou as curvas de nível com equidistância de 1 metro para identificar os pontos de selas mais próximos ao cume das elevações. Sendo assim, o terço superior é identificado a partir do ponto de sela (altura mínima) até o cume (altura máxima) dividido por 3. O terço é identificado pela curva de nível com equidistância de 1 metro e posteriormente transformada em polígono pela ferramenta “linhas para polígono”.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados dos testes de procedimentos metodológicos para os maciços dos dois recortes espaciais: em Florianópolis/SC e Joaçaba/SC. Também são apresentadas e discutidas as áreas consideradas como APPs em topo de morro para os maciços trabalhados nos dois recortes espaciais a partir dos critérios estabelecidos pelo Código Florestal Revogado, detalhados pela Resolução Conama n.º 303/2002, e pelo Código Florestal de 2012.

5.1 RESULTADOS REFERENTES AOS MACIÇOS CRISTALINOS DA ILHA DE SANTA CATARINA

Na área de estudo de Florianópolis, serão abordados diferentes resultados: em relação aos testes de tamanho mínimo para a segmentação das bacias hidrográficas no processo de individualização das elevações presentes nos maciços e na quantidade de cumes identificados; em relação ao modo como as configurações de relevos dos maciços estudados influenciam na delimitação das APPs em topos de morro; e ainda as mudanças na quantidade e tamanho das áreas consideradas como APPs em topo de morro de acordo com os critérios estabelecidos no Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e no Código Florestal de 2012.

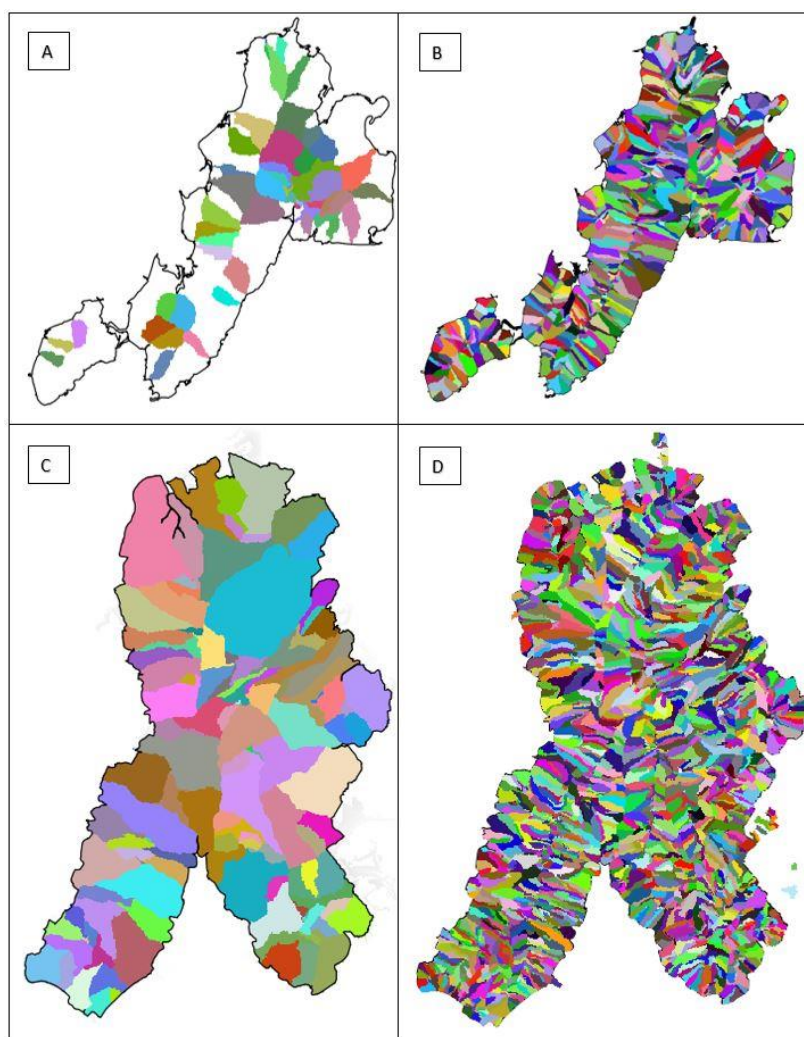
5.1.1 Definição do tamanho mínimo das bacias hidrográficas

Quando as elevações estudadas são maciços, planaltos ou serras (elevações altas dissecadas por agentes modeladores) é comum aparecerem mais de um cume. Como as áreas estudadas em Florianópolis são maciços, foi necessário individualizar as elevações associadas a cada um dos cumes que este maciço apresentam para delimitar as APPs em topo de morros. Para isto, foram realizados testes com diferentes tamanhos de áreas de contribuição (bacias hidrográficas) no relevo invertido, de acordo com os procedimentos metodológicos apresentados anteriormente.

Assim, para definir esse tamanho pensou-se em determinar um critério único a ser aplicado em todos os maciços aqui estudados, o qual seria utilizar uma porcentagem mínima de 0,1% dos pixels que compõem estes maciços a partir do MDT escolhido. Isto deu um resultado de 10.000 pixels para o maciço de Jurerê e 15.000 pixels para o maciço do Morro da Cruz.

Souza (2021) declara que definir o tamanho mínimo de segmentação das áreas de contribuição (bacia hidrográfica) para esta metodologia de identificação de elevações e cumes em relevos ondulados é algo muito sensível à resolução espacial utilizada. Os resultados obtidos para o critério de 0,1% dos pixels que compõem os maciços utilizando o MDT de resolução com 1 metro não foram satisfatórios, pois as bacias (áreas de contribuição) geradas não preencheram toda a área do maciço de Jurerê, perto de sua base sobravam espaços sem bacias delimitadas (Figura 16). Sendo assim, a fim de preencher a elevação com bacias, foi realizado inúmeros testes, diminuindo o valor de 0,1% até se chegar em um resultado satisfatório. Neste caso, para o maciço do Jurerê, o resultado adequado encontrado foi o tamanho mínimo de 500 pixels.

Figura 16 - Tamanho mínimo de bacia (área de contribuição) para os maciços do Morro de Jurerê e do Morro da Cruz, utilizando a resolução espacial de 1 metro



Maciço do Morro de Jurerê - 10.000 (A) e 500 (B); Maciço Morro da Cruz - 15.000 (C) e 500 (D).

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para o maciço do Morro da Cruz, o critério de usar 0,1% dos pixels mostrou resultado satisfatório, pois toda a área do maciço foi preenchida com bacias (área de contribuição) de 15.000 pixels. Entretanto, para fins de comparação entre os dois maciços estudados em Florianópolis foi também realizado um mapeamento utilizando o tamanho das bacias para 500 pixels (tamanho de *pixel* igual ao segundo mapeamento do maciço de Jurerê). Interessante destacar que em relação ao número de cumes identificados neste maciço, a quantidade foi menor utilizando o tamanho mínimo de 15.000 pixels (11 cumes) do que usando o tamanho mínimo das bacias de 500 (17 cumes).

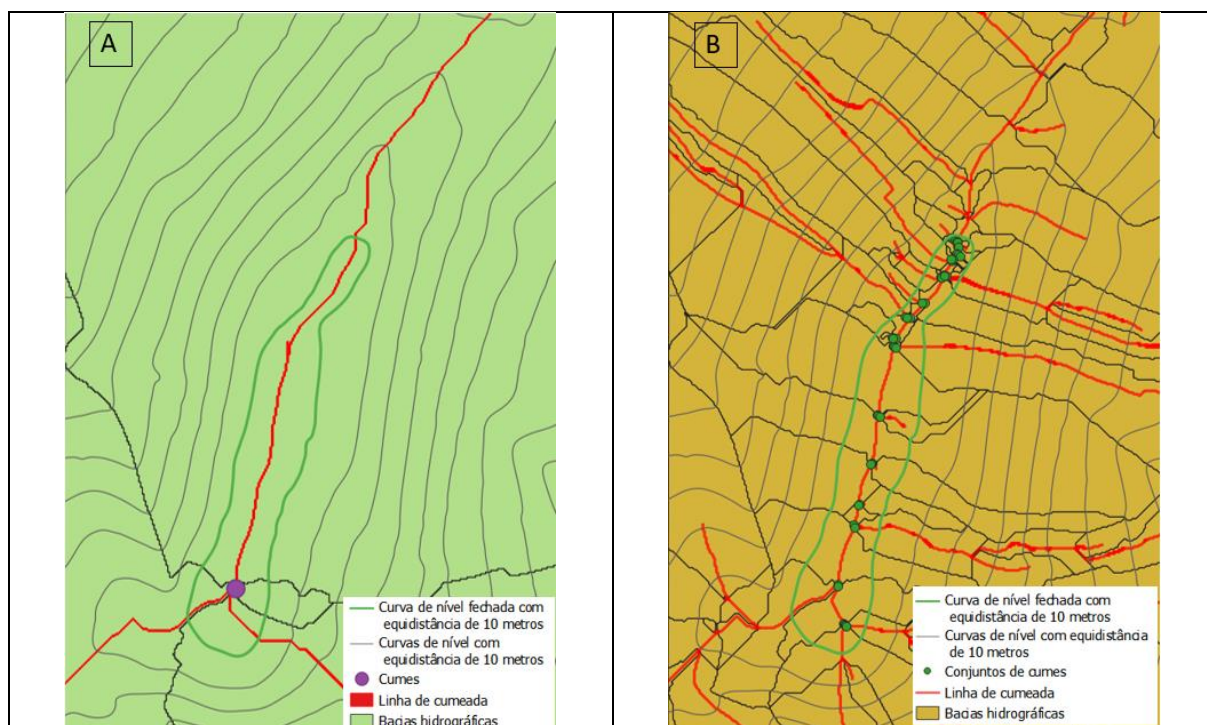
5.1.2 A quantidade de cumes identificados em relação ao tamanho mínimo das bacias

Para o processo de individualização das elevações dos maciços é necessário reconhecer os cumes e sua área de influência hidrológica. Para isto, os cumes são identificados nas áreas de curvas de nível fechadas com equidistância de 10 metros, que coincidem o segmento de fluxo invertido (linhas de cumeada) e a intersecção dos deflúvios das bacias (áreas de contribuição) determinadas pelo fluxo invertido.

Na delimitação dos cumes nessa pesquisa foi possível notar a presença de mais de um cume em determinadas elevações do maciço de Jurerê e do Morro da Cruz, sendo este fato mais recorrente quando aumentava-se as segmentações das bacias (áreas de contribuição). No maciço do Morro da Cruz, utilizando o tamanho das bacias como 15.000 pixels, na curva de nível fechada da elevação 2 foi identificado um cume, enquanto com a segmentação de 500 pixels, a mesma elevação apresentou um agrupamento de cumes, equivalendo a 25 cumes. Isto pode ter ocorrido devido ao aumento de deflúvios das bacias e das linhas de cumeada, possibilitando maior número de cumes em curvas de nível fechadas (Figura 17).

Esta ocorrência pode estar vinculada as características geológicas e geomorfológicas do relevo deste maciço que apresenta rochas mais resistentes seguindo lineamentos estruturais, gerando. A utilização de um MDT de alta resolução (1 metro) possibilitou que as irregularidades da crista (geradas pela erosão diferencial), fossem consideradas na delimitação dos cumes, permitindo que em cada elevação delimitada pela metodologia ocorresse a presença de um conjunto de cumes.

Figura 17 - Identificação de cumes numa mesma curva de nível fechada para o maciço do Morro da Cruz a partir de dois tamanhos de área de contribuição (bacias)

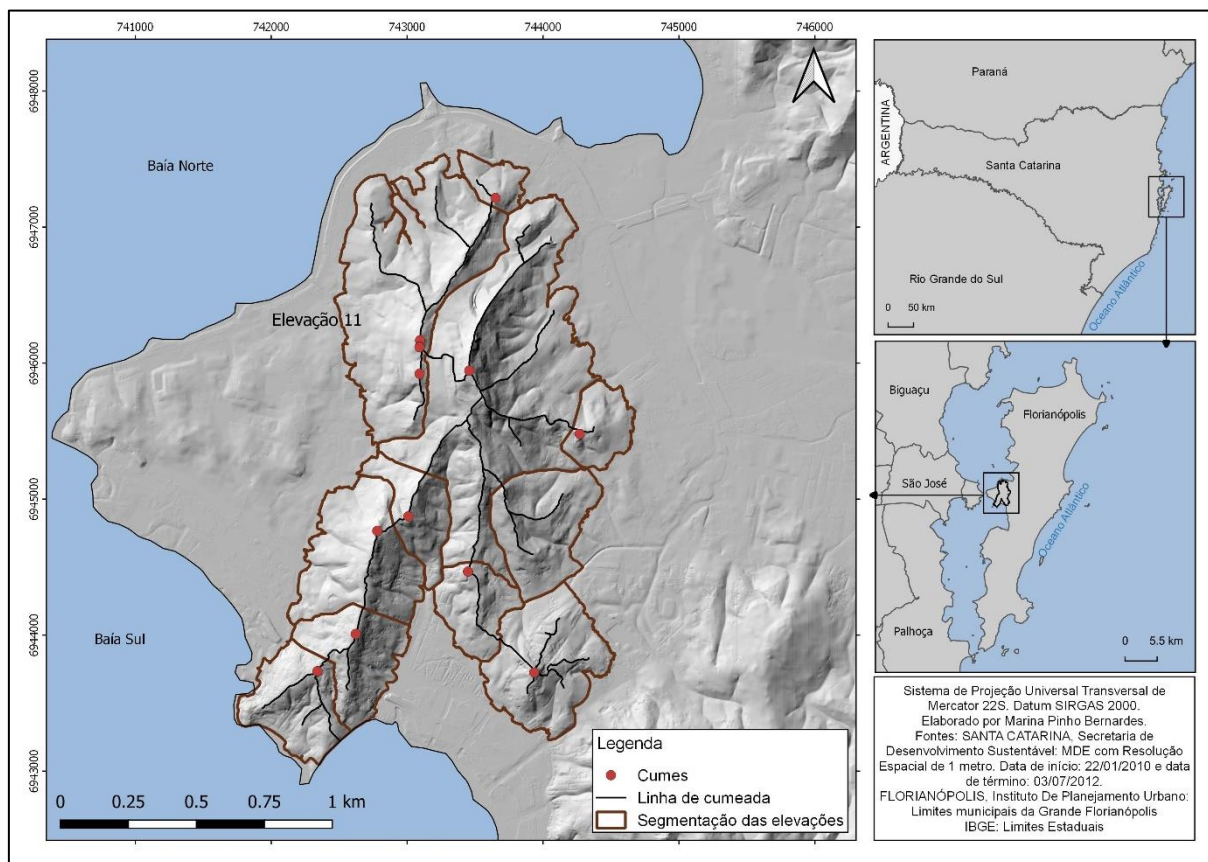


Tamanho mínimo de bacias com 15.000 pixels (A) e 500 pixels (B).

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

É importante destacar que uma exceção foi analisada. Quando utilizado o tamanho mínimo de 0,1% de pixels do maciço para o Morro da Cruz (15.000), apenas a elevação 11 possuiu mais de um cume identificado (Figura 18). Assim, foi utilizada a ferramenta “*Terrain Profile*”, do software *QGIS*, traçando um seguimento pela linha de cumeada onde se encontravam os cumes da elevação e foi obtida a altitude em números decimais de todos os pontos desta linha. Deste modo, foi selecionado de forma precisa o cume de maior altitude para representar a elevação.

Figura 18 - Cumes identificados no maciço do Morro da Cruz utilizando 15.000 pixeis



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.3 Feições de relevo presentes nos maciços do Jurerê e do Morro da Cruz envolvidas na delimitação de APPs em topos de morros

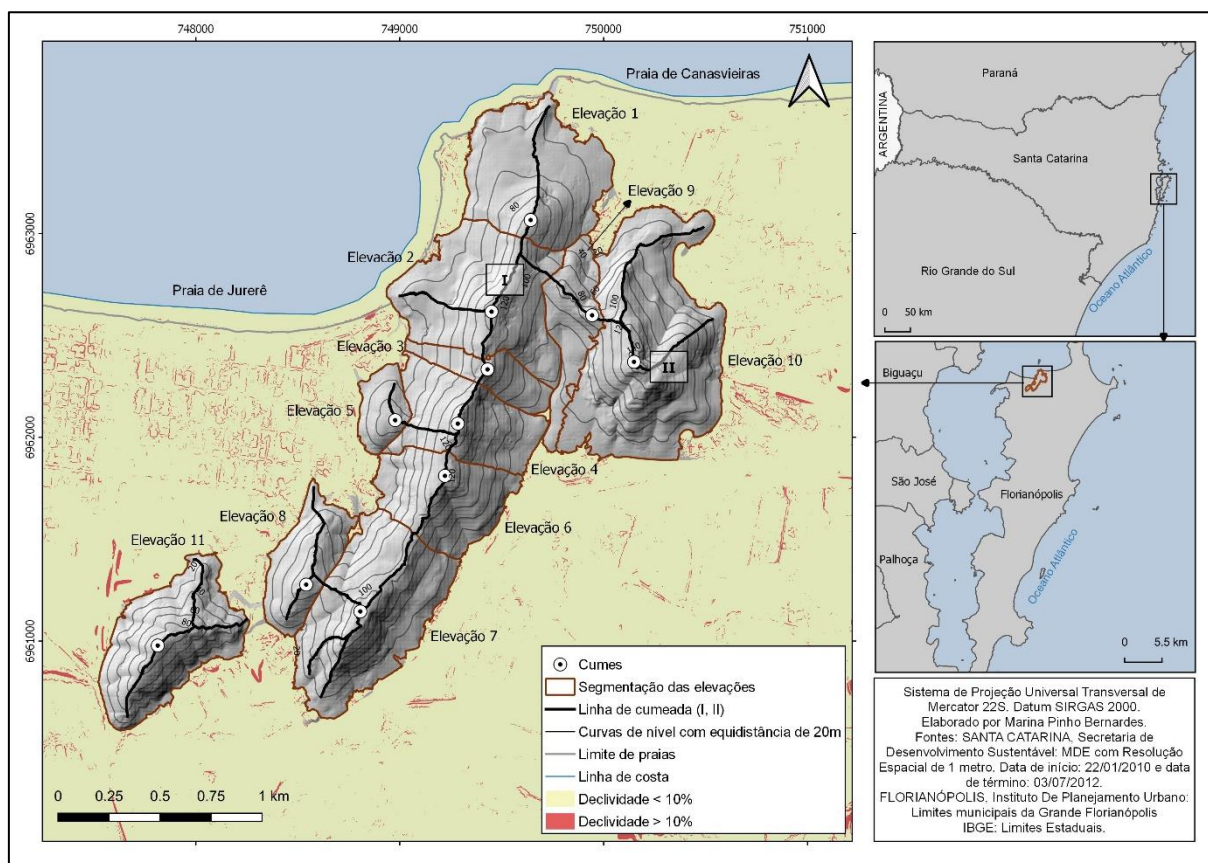
5.1.3.1 Maciço de Jurerê

Utilizando o tamanho mínimo de bacias hidrográficas como 500 pixeis, foram encontrados no maciço de Jurerê onze cumes, os quais seis se localizam na cumeada principal (Cumeada I), dois cumes na cumeada secundária (Cumeada II), dois em elevações menores e paralelas a cumeada principal e um cume em uma elevação quase isolada no maciço, a sudoeste, resultado da erosão ao longo do tempo (Figura 19).

A linha de cumeada I é preenchida pelo dique de rocha básica (diabásio), sendo que neste tipo de dique em climas úmidos é comum ocorrer mais intemperismo e erosão, criando relevos mais rebaixados, no entanto este não é o caso do dique presente no maciço de Jurerê. Uma explicação possível para esta situação é a criação de rochas mais resistentes nas paredes das rochas encaixantes do dique por metamorfismo de contato do magma da intrusão mais

quente. Assim, na linha de Cumeada I, as rochas das paredes do dique ficaram mais resistentes e estão mantendo uma crista, apesar de que elas já se encontram desgastadas pelos processos modeladores de relevo em alguns pontos, pois há vários cumes individualizados, apresentando pontos de sela escavados entre eles.

Figura 19 - Feições de relevo no maciço de Jurerê com tamanho mínimo de bacias de 500 pixels



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No maciço de Jurerê há onze elevações sendo que nove destas se encontram ligadas pela mesma linha de cumeada, e uma elevação está praticamente isolada. As elevações 1, 2, 3, 4, 6 e 7 compõem a linha de Cumeada I, as elevações 5 e 8 são ramificações da Cumeada I, as elevações 9 e 10, a linha de Cumeada II, enquanto a elevação separada consiste na elevação 11 (Figura 19). A área total dessas elevações equivale a 3,38 Km². Sendo que as alturas dessas elevações variam de 51 metros e 147 metros, enquanto as declividades máximas ficam em torno de 35°.

5.1.3.2 *Maciço do Morro da Cruz*

5.1.3.2.1 Elevações e cumes encontrados com tamanho mínimo de bacias de 15.000 pixeis

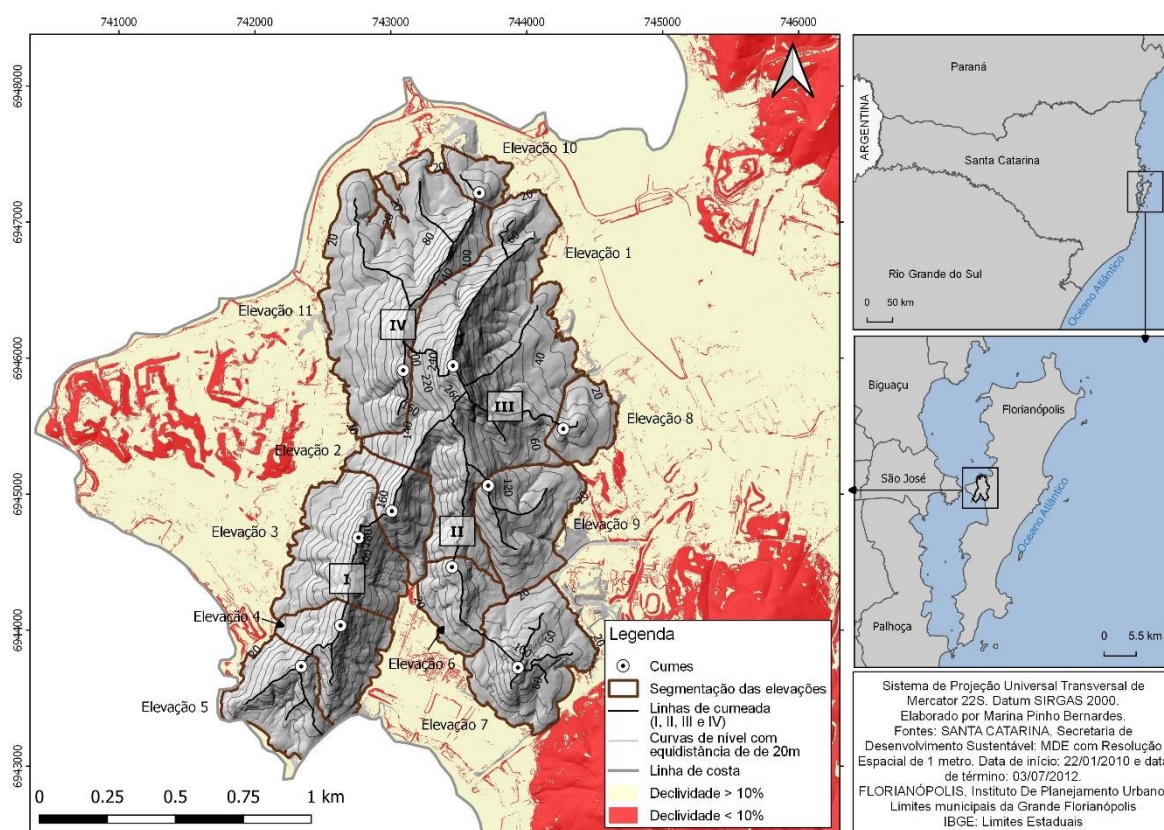
Quando se utilizou o tamanho mínimo de bacias de 15.000 *pixeis* no maciço do Morro da Cruz foram encontrados 11 cumes que se localizavam em quatro linhas de cumeada (Figura 20). Na linha de cumeada principal (Cumeada I), se encontram cinco cumes, a cumeada secundária (Cumeada II) é formada por dois cumes, enquanto a Cumeada III possui 1 cume, na IV há dois cumes.

A Cumeada I é formada pelas elevações 1, 2, 3, 4, 5, modeladas pelo Granito Itacorubi ao norte e pelo Granito Cataclástico ao sul. As rochas de Granito Itacorubi foram modificadas pelo metamorfismo de contato que ocorreu neste local pela intrusão do dique de diabásio (mesma situação do maciço do Jurerê), tornando as mesmas mais resistentes aos agentes de intemperismo e à erosão. Desta forma, tem-se o topo mais elevado do maciço (283 metros) em uma crista contínua. As elevações formadas pelo Granito Cataclástico também podem ter sofrido deformações, pois se encontram no mesmo lineamento de cumeada que o Granito Itacorubi metamorfozido.

A cumeada secundária (Cumeada II) é composta pelas elevações 6 e 7 e encontra-se localizada no sul do maciço, paralela à cumeada principal (Cumeada I). Esta cumeada é formada por Granito Ilha e cortada por dois diques de riolito. A Cumeada III é uma extensão da principal que se alonga à leste. É formada pela elevação 8 e modelada pelo Granito Itacorubi, apresentando um dique de diabásio que corta seu cume. Este dique se estende até próximo a base da elevação considerada como “isolada” (elevação 9), sendo uma ramificação à sudeste da linha da cumeada II.

A Cumeada IV é formada por uma crista paralela ao trecho norte da Cumeada I. É modelada pelo Granito Ilha, pelo dique básico que se encontra adjacente à mesma, por um tênue dique de riolito e pelo Granito Itacorubi ao sul. É importante salientar que é uma crista que sofre influência do metamorfismo de contato comentado anteriormente, formando rochas mais resistentes. Esta cumeada é formada pelas elevações 10 e 11.

Figura 20 - Feições de relevo no maciço do Morro da Cruz com tamanho mínimo de bacias de 15.000



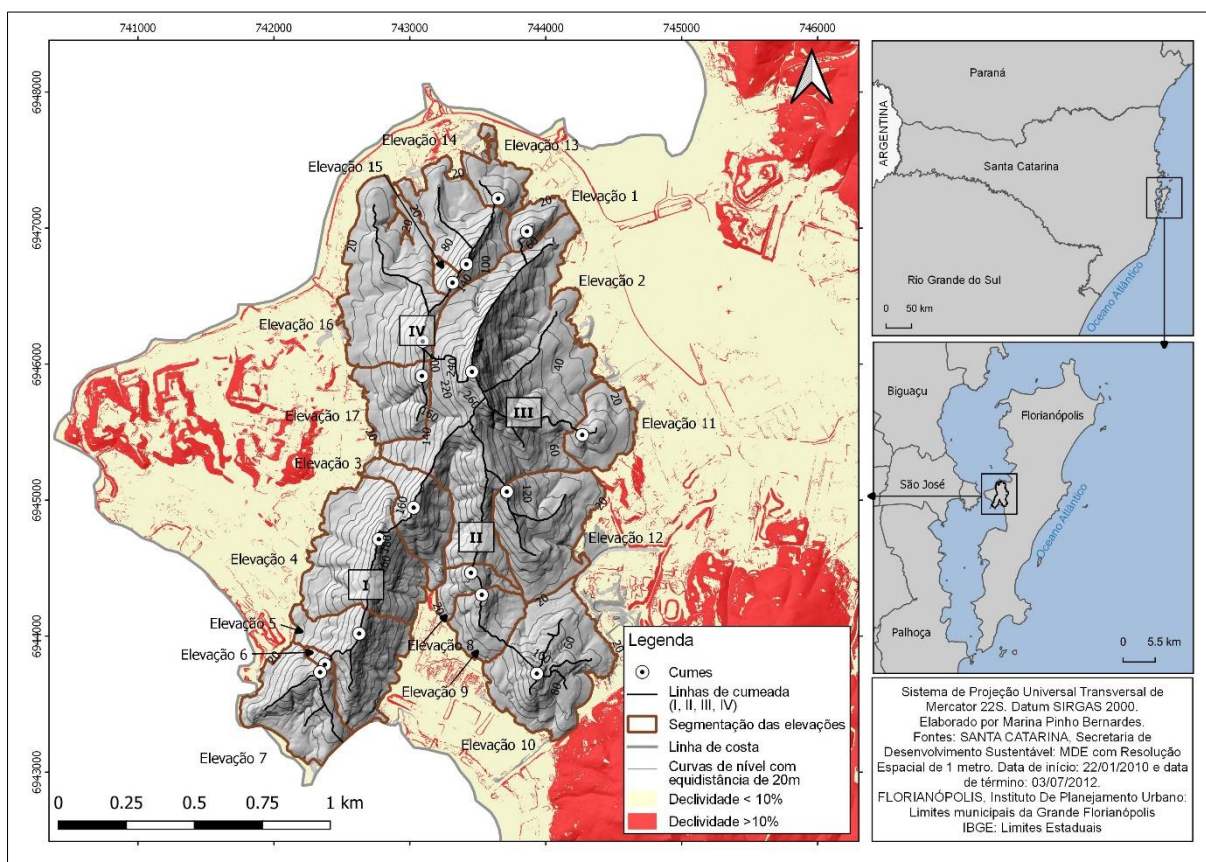
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.3.2.2 Elevações e cumes encontrados com tamanho mínimo de bacias de 500 pixels

Quando utilizado 500 pixels como o tamanho mínimo das bacias (áreas de contribuição) do maciço do Morro da Cruz foram também encontradas quatro linhas de cumeadas, no entanto o número total de cumes aumentou, sendo delimitados 17 cumes, e consequentemente dezessete elevações (Figura 21).

A linha de cumeada principal (Cumeada I) passou a ser de cinco cumes (15.000 pixels) para sete, sendo formada pelas elevações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. A linha de Cumeada II possui um cume a mais, sendo composta pelas elevações 8, 9 e 10. A Cumeada III continua com apenas um cume delimitado (elevação 11). A elevação isolada continua sendo isolada e é passa a ser denominada como elevação 12. Já a Cumeada IV, teve o aumento de três cumes, consistindo nas elevações 13, 14, 15, 16 e 17. As alturas das elevações do maciço do Morro da Cruz variam de 57 a 283 metros, e as declividades são em torno de 41° a 66°.

Figura 21 - Feições de relevo no maciço do Morro da Cruz com tamanho mínimo de bacias de 500 pixels



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Comparando o maciço de Jurerê com o maciço do Morro da Cruz, este último possui praticamente o dobro da área do primeiro (respectivamente 3,38 km² e 7,64 km²), assim pode-se notar que o maciço do Morro da Cruz possui poucos cumes. Isto pode ser explicado pelo fato de que este maciço possui em seus topos modelados em rochas mais resistentes que o de Jurerê, fazendo com que ação dos agentes de intemperismo e erosivos sejam mais facilmente identificadas no maciço de Jurerê. No maciço do Morro da Cruz foram poucos os pontos das suas cristas que foram dissecados, resultando em selas alongadas e pouco aprofundadas.

Desta forma, por mais que os maciços de Jurerê e do Morro da Cruz tenham litologia composta por rochas cristalinas intrusivas, determinados eventos tectônicos e magmáticos (zonas de falhamentos e cisalhamento, além de intrusões magmáticas) fizeram com que eles recebessem de modo desigual a ação do intemperismo e da erosão, se diferenciando um do outro. Além disso, essa diversificação do relevo nesses maciços também interfere na delimitação de cumes e na compartimentação de elevações.

5.1.4 Delimitação das APPs em topo de morros nos maciços do Morro do Jurerê e do Morro da Cruz de acordo com os critérios do Antigo e do Código Florestal de 2012

Nesta parte serão mostrados os resultados da delimitação das APPs em topo de morros nos maciços de Jurerê e no maciço do Morro da Cruz segundo os critérios do Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002 e do Código Florestal de 2012 e a partir dos diferentes testes de segmentação de bacias (áreas de contribuição).

5.1.4.1 Maciço de Jurerê

5.1.4.1.1 Delimitação das APPs em topo de morro pelos critérios do Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002

Segundo os critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002, o maciço de Jurerê apresentou APPs em topo de morro em todas suas 11 elevações (Figura 22), utilizando a segmentação de bacias de 500 pixels. Como a maioria dos topos (cumes) se encontram com distâncias inferiores de 500 metros entre si, a maior parte de suas APPs foram mapeadas de acordo com os critérios de linhas de cumeada e não de elevações isoladas, respeitando o limite de 1.000 metros, conforme os critérios estabelecidos na Resolução Conama n.º 303/2002.

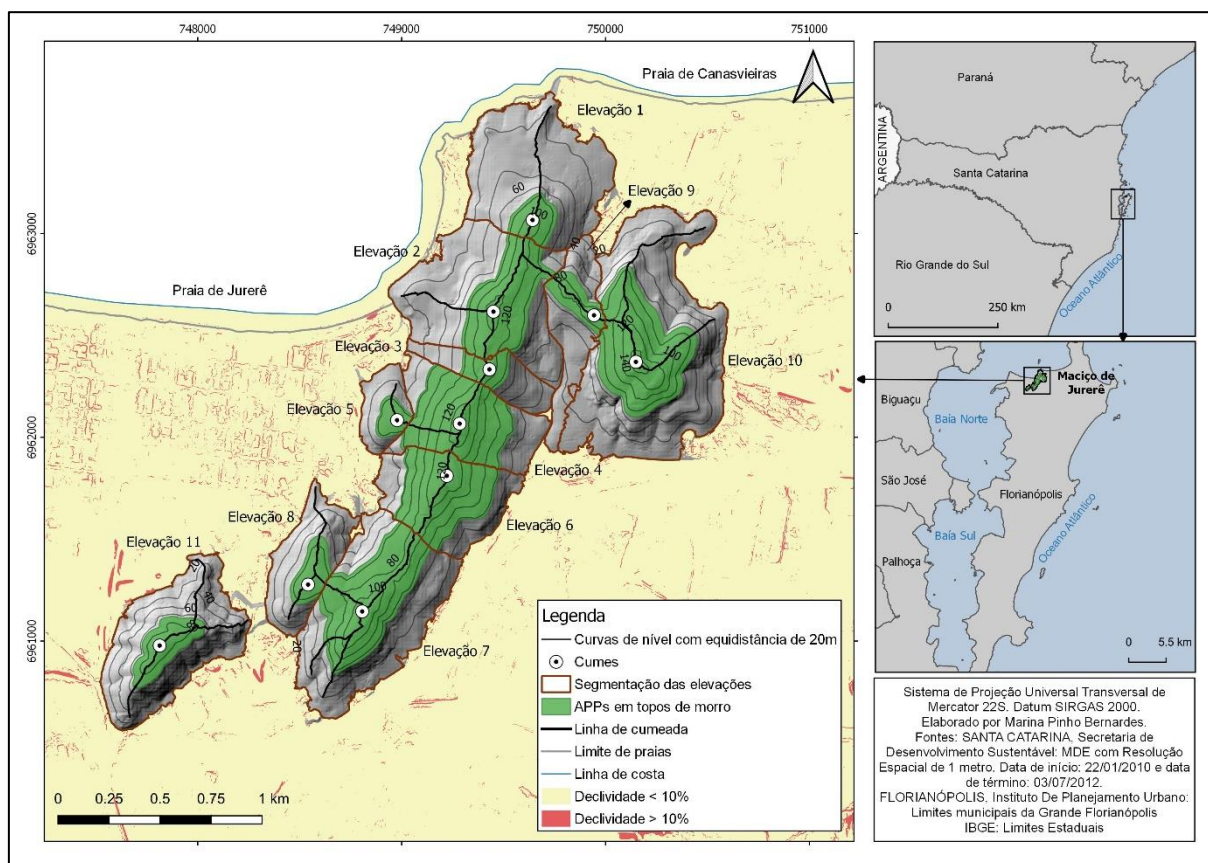
Em função deste mapeamento a partir de cada topo de morro, foram delimitados quatro trechos diferentes de APPs, o que provocou mudanças na faixa de APP ao longo das linhas de cumeadas, ficando alguns trechos mais largos que outros. O trecho 1 é formado pelas APP das elevações 1, 2 e 3, sendo que a elevação 1 apresenta menor altitude (111,30 metros) então a APP deste trecho da cumeada é definida pelo terço dela (aproximadamente 74 metros).

O trecho 2 da linha de cumeada é constituído pelas elevações 4, 5 e 6, sendo que a APP é delimitada pela curva de nível que representa o menor terço (37 metros) de sua elevação (elevação 5, altura de 51,5 metros) (Tabela 4). O trecho 3 é formado pelas elevações 7 e 8, com a APP delimitada a partir de 53 metros (elevação 8, 76,46 metros).

O trecho 4 é formado pela linha de cumeada localizada à leste da Cumeada I, é composta pelas elevações 9 e 10 e sua APP é definida pela curva de nível de 67 metros (elevação 9, altura 97,74 metros). A elevação separada do maciço teve sua APP delimitada segundo o critério de elevação isolada, sendo que o limite de sua APP é de 66 metros. A área total protegida pelos

critérios do Código Florestal de 1965 e da Resolução Conama nº 303/2002 foi de 1,14 Km², correspondendo a 34,13% da área total do maciço de Jurerê.

Figura 22 - APPs em topo de morro no maciço de Jurerê, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 500 pixels, segundo os critérios do Código Florestal de 1965 e Resolução Conama nº 303/2002



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.4.1.2 Delimitação das APPs em topo de morro pelos critérios do Código Florestal de 2012

Pelos critérios estabelecidos pelo Código Florestal de 2012 nenhuma das elevações presentes no maciço de Jurerê possuem APPs em topo de morro (Tabela 2). O fator declividade foi o que limitou a aplicação, pois nenhuma elevação apresentou declividade média superior que 25°, sendo a maior declividade apresentada a de 21, 38°. Já o fator altura não foi alcançado nas elevações 5 (51,60 metros), 8 (76,46 metros), 9 (99,33 metros) e 11 (97,74 metros), conforme a tabela a seguir.

Tabela 2 - Comparação dos parâmetros topográficos do Maciço de Jurerê para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e

Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 500 pixels como o tamanho de bacias

		Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
Elevação	Altura (m)	Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
1	111,30	39,76	74	12,55	nulo
2	124,84	50,48	83	16,47	nulo
3	111,44	35,56	77	17,67	nulo
4	138,42	48,60	94	19,29	nulo
5	51,60	35,33	37	16,28	nulo
6	121,70	47,90	83	20,11	nulo
7	114,68	47,22	77	18,89	nulo
8	76,46	47,78	53	18,06	nulo
9	99,33	40,80	67	14,81	nulo
10	147,75	55,12	99	18,34	nulo
11	97,74	43,37	66	21,38	nulo

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.1.4.2 Maciço do Morro da Cruz

5.1.4.2.1 Delimitação das APPs em topo de morro pelos critérios do Código Florestal Revogado e pela Resolução Conama n.º 303/2002, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 15.000 pixels

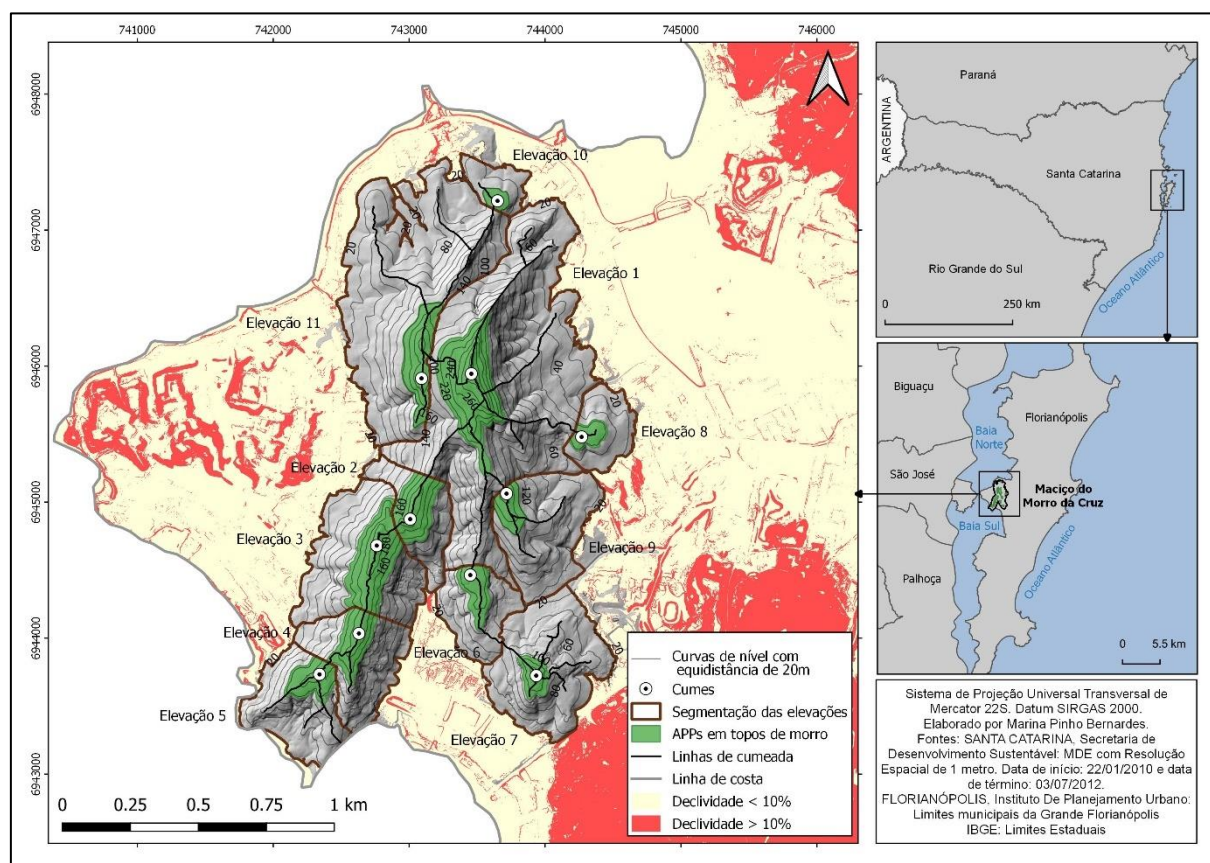
De acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002, e tendo como base as elevações formadas quando foram utilizado o tamanho mínimo da bacia como 15.000 pixels, todas as 11 elevações apresentaram APP em topo de morros (Figura 23).

No maciço em questão foi delimitado apenas um trecho de APP em topo de morros que utilizava o critério de linhas de cumeadas de acordo com o que prevê a Resolução Conama n.º 303/2002, considerando a distância máxima de 500 metros entre os topos nos interflúvios e o limite de 1.000 metros em cada trecho de APP. Este trecho é encontrado na linha de cumeada I, contendo os cumes das elevações 2, 3 e 4. Neste caso, a elevação de menor altura é a 4, com 160,81 metros, cujo terço superior se inicia a 74 metros, determinado assim a delimitação da APP (Tabela 3).

O restante das elevações foi considerado como isoladas (1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11), por se encontrarem a uma distância maior que o permitido entre os cumes, pela Resolução n.º

303/2002 (Tabela 3). Como afirmado anteriormente isto decorre porque o maciço do Morro da Cruz apresenta o topo com rochas resistentes, formando cristas com pontos de sela pouco profundos.

Figura 23 - APPs em topo de morro no Maciço do Morro da Cruz, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 15.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para estas elevações consideradas isoladas, suas APPs foram calculadas a partir do terço superior de sua altura: elevação 1 - 192 metros, elevação 5 - 74 metros, elevação 6 - 56 metros, elevação 7 - 119 metros, elevação 8 - 70 metros e a elevação 9 - 87 metros. A área total de APPs em topo de morro para este tamanho mínimo de bacias é de 1,2 Km², ou seja 16,28% do total do maciço.

5.1.4.2.2 Delimitação das APPs em topo de morro pelos critérios do Código Florestal de 2012, utilizando o número mínimo de bacias de 15.000 pixels

Segundo os critérios estabelecidos pelo Código Florestal de 2012, nenhuma das elevações presentes no Maciço do morro da Cruz possuem APPs em topo de morro. Sobre o critério altura, as elevações 6, 8 e 10 não são superiores a 100 metros, possuindo, 90,25 metros, 76,58 metros e 56,92 metros, respectivamente. Sobre a declividade, nenhuma das APPs possuem 25° de declividade média. A elevação 2 é a que apresenta maior declividade média (21,77°) (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação dos parâmetros topográficos do Maciço do Morro da Cruz para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 15.000 pixels como o tamanho de bacias

Elevação	Altura (m)	Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
		Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
1	283,26	65,95	192	19,22	nulo
2	170,39	47,88	122	21,77	nulo
3	184,11	61,24	126	21,04	nulo
4	160,81	50,56	107	21,24	nulo
5	110,75	49,80	74	17,38	nulo
6	90,25	50,80	70	15,62	nulo
7	129,56	50,22	87	14,77	nulo
8	76,58	41,51	56	13,22	nulo
9	168,99	50,57	119	16,40	nulo
10	56,92	41,93	41	12,73	nulo
11	103,64	49,20	138	16,36	nulo

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.1.4.2.3 Delimitação das APPs em topo de morro pelos critérios do Código Florestal Revogado e pela Resolução Conama n.º 303/2002, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 500 pixels

Utilizando o tamanho mínimo de 500 *pixels* para a segmentação das áreas de contribuição (bacias) são encontrados mais cumes no Maciço do Morro da Cruz, cinco a mais que os demarcados quando são utilizadas o tamanho mínimo de 15.000 pixels. As linhas de

cumeada permanecem a mesma, mas são incluídos dois cumes na Cumeada I (sete cumes no total), um cume na Cumeada II (três cumes no total) e três cumes na Cumeada IV, (totalizando cinco cumes) (Figura 24).

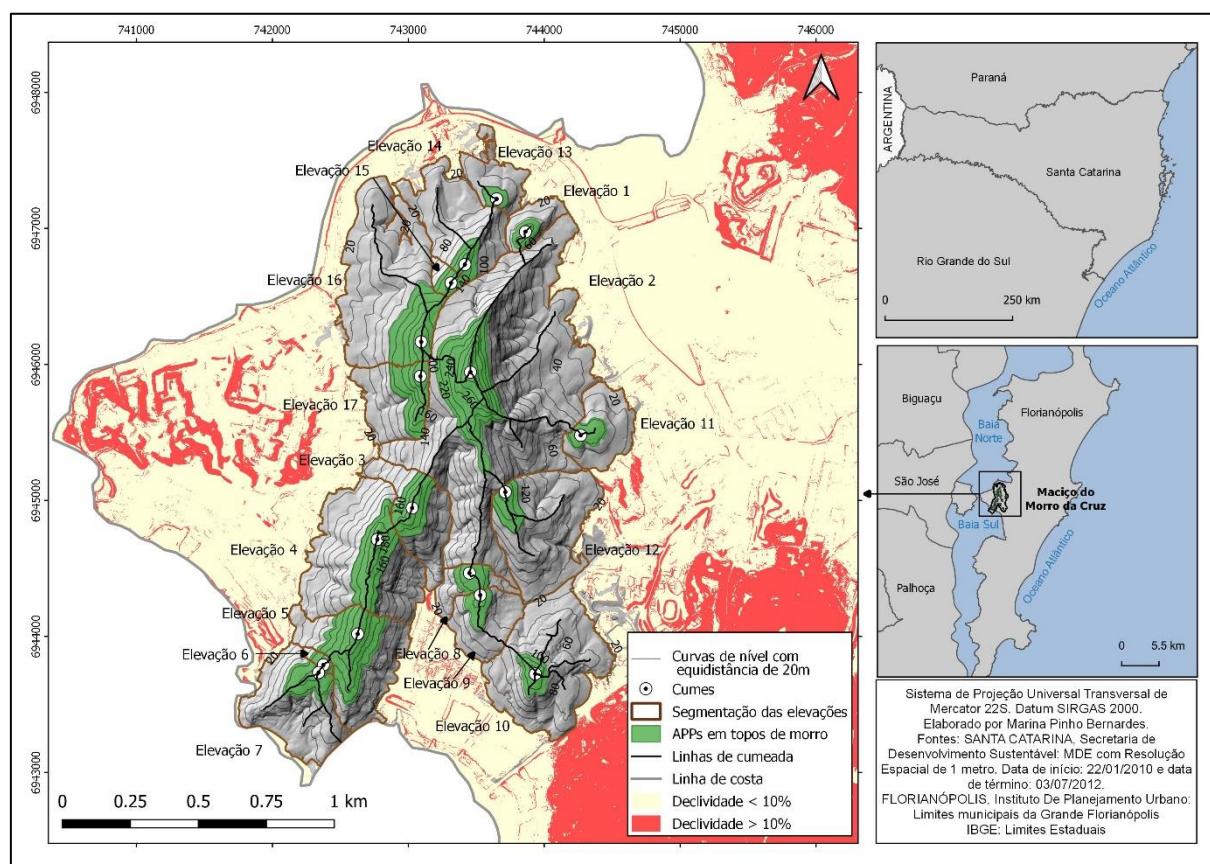
Em relação à aplicação dos critérios presentes na Resolução Conama n.º 303/2002 para definição das APPs em topos de morro para segmentação de bacias de 500 pixels, a Cumeada I do maciço do Morro da Cruz ficou dividida em quatro trechos diferentes destas APPs. O trecho 1 consiste em que a elevação 1 permaneceu isolada (por ser distante de 500 metros do cume 2), sendo sua delimitação de APP definida pela curva de nível de 46 metros (Tabela 5). O trecho 2 é equivalente a elevação 2, com APP acima da curva de nível de 192 metros. O trecho 3 é composto pelas elevações 3 e 4, sendo que sua APP é definida pelo terço superior da elevação 3 (122 metros). O trecho 4 engloba as elevações 5, 6 e 7, com a APP delimitada pela curva de nível de 73 metros.

A Cumeada II ficou com dois trechos de APPs: um deles é formado pelas elevações 8 e 9, com APP definida pelo terço superior da elevação 9 (64 metros); e o outro trecho pela elevação 10 que se encontra isolada, com a APP delimitada a partir de 87 metros. A Cumeada III possui o trecho de APP definido a partir da elevação 11, que é considerada isolada de acordo com os critérios da Resolução, iniciando a faixa de proteção na curva de nível de 56 metros.

Foram definidos dois trechos de APPs na Cumeada IV: um deles é definido pelo cume da elevação 13, que recebeu proteção de forma isolada por estar mais distante dos outros cumes desta cumeada, sendo que sua APP começa na curva de nível de 41 metros; o segundo trecho de APP contém as elevações 14, 15, 16 e 17 de forma contínua, sendo que quem define esta faixa de proteção é a altitude do terço superior da elevação 14, a partir da curva de nível de 103 metros.

Sendo assim, a área total protegida pela APP em topo de morros no maciço do Morro da Cruz, a partir dos critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002 foi de 1,45 Km², correspondendo a 19,54% da área total do maciço.

Figura 24 - APPs em topo de morro no Maciço do morro da Cruz, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 500 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.1.4.2.4 Delimitação das APPs em topo de morro do maciço do Morro da Cruz pelos critérios do Código Florestal de 2012, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 500 pixels

Segundo os critérios definidos pelo Código Florestal de 2012, novamente o maciço do Morro da Cruz não recebe faixas de proteção nos topos de morro. Em relação ao critério altura, algumas elevações não apresentaram altura suficiente, como as elevações 1 (62,63 metros), elevação 6 (76,84), elevação 8 (90,01 metros), elevação 9 (81,49 metros), elevação 11 (76,58), elevação 13 (57,29 metros) (Tabela 5). Enquanto nenhuma elevação atingiu o critério de declividade média de 25°, sendo a que a maior declividade média faz parte da elevação 15 (22,03°).

Tabela 4 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Morro da Cruz para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 500 pixels como o tamanho de bacias

		Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
Elevação	Altura (m)	Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
1	62,63	39,71	46	17,68	Nulo
2	283,26	66,00	192	19,34	Nulo
3	170,39	47,88	122	21,77	Nulo
4	184,11	61,24	126	21,26	Nulo
5	160,81	51,06	107	20,71	Nulo
6	76,84	40,96	85	18,07	Nulo
7	110,05	49,18	73	17,45	Nulo
8	90,01	50,80	70	16,99	Nulo
9	80,22	46,79	64	14,13	Nulo
10	129,56	50,22	87	14,94	Nulo
11	76,58	41,51	56	13,10	Nulo
12	169,13	50,57	119	16,31	Nulo
13	57,29	41,93	41	12,59	Nulo
14	148,57	49,20	103	15,97	Nulo
15	107,28	39,50	115	22,03	Nulo
16	203,64	47,80	138	14,82	Nulo
17	186,59	47,18	137	20,38	Nulo

Fonte: Elaboração da autora (2022).

Mesmo apresentando elevações com extensões diferentes, modelados variados e diferentes números de elevações e cumes, nenhuma APP em topo de morros foi delimitada segundo os critérios do Código Florestal de 2012 para os maciços de Jurerê e do Morro da Cruz. De acordo com o apresentado até aqui, é possível observar que algumas elevações presentes nestes maciços possuem alturas significativas, bem como trechos de encosta com inclinações acentuadas, especialmente no Morro da Cruz.

5.2 RESULTADOS REFERENTE AOS MACIÇOS TABULARES DE JOAÇABA

Sobre os resultados obtidos na área de estudo de Joaçaba serão abordadas as adaptações necessárias para aplicação da metodologia de delimitação dos maciços estudados, os testes para definição do tamanho mínimo das áreas de contribuição (tamanho mínimo das bacias) para definição das elevações presentes nos maciços, a delimitação dos cumes e das elevações.

Também serão apresentadas as feições de relevo presentes nos maciços da Pedreira e do Aeroporto e as áreas que recebem proteção como APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado complementado com os da Resolução Conama n.º 303/2002 e do Código Florestal de 2012.

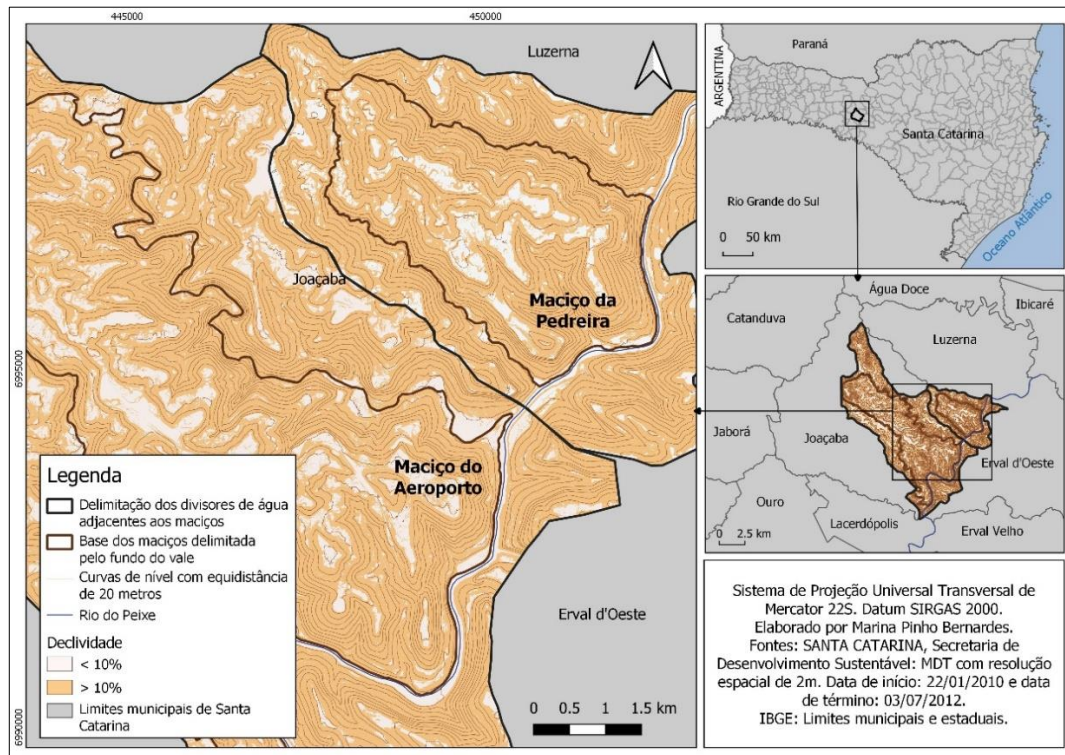
5.2.1 Delimitação da base dos maciços da Pedreira e do Aeroporto em Joaçaba

Ao contrário dos relevos da área de estudo de Florianópolis que se situam adjacentes à planície, Joaçaba se encontra em terrenos do Planalto Dissecado Rio Iguaçu-Rio Uruguai e não há extensas planícies ali que margeiem as elevações ou maciços locais. Sendo assim, não foi possível utilizar a metodologia de Soares-Filho et al (2014) e Silva (2021), ao delimitar as bases dos maciços, se empregando o critério de áreas planas como declividade inferior a 10%. Esta metodologia foi testada e comprovada que não delimitava as bases dos maciços estudados em Joaçaba, apenas uma pequena área na margem do rio do Peixe apresentava a declividade inferior a 10%. No entanto, o mais interessante foi observar que as áreas de topo apresentavam muito mais área com esta declividade de 10%, o que é resultado da estrutura concordante horizontal das camadas de derrame onde este relevo é modelado e que deixa os topos mais aplainados (Figura 25).

Desta forma, precisou-se delimitar a base dos maciços de outra forma, a melhor escolha foi utilizar o fundo dos vales mais escavados (espelho d'água adjacente como preconiza a Resolução Conama n.º 303/2002) para delimitar os maciços. Para isto foi necessário analisar o relevo a fim de individualizar os terrenos altos dos fundos de vales identificados pelos afluentes do rio do Peixe (Figura 26).

Outro fato evidenciado foi que uma vez que o relevo de Joaçaba se caracteriza por apresentar escalonamento de suas elevações, ou seja, as elevações ocorrem em grupos de degraus (patamares) que vão se sucedendo em altitude, expondo diferentes camadas de derrames. É importante destacar que o maciço do Aeroporto é muito alongado e com muitos destes patamares, então optou-se em aplicar a metodologia apenas em uma porção, não sendo mapeado o último degrau deste maciço (Figura 27).

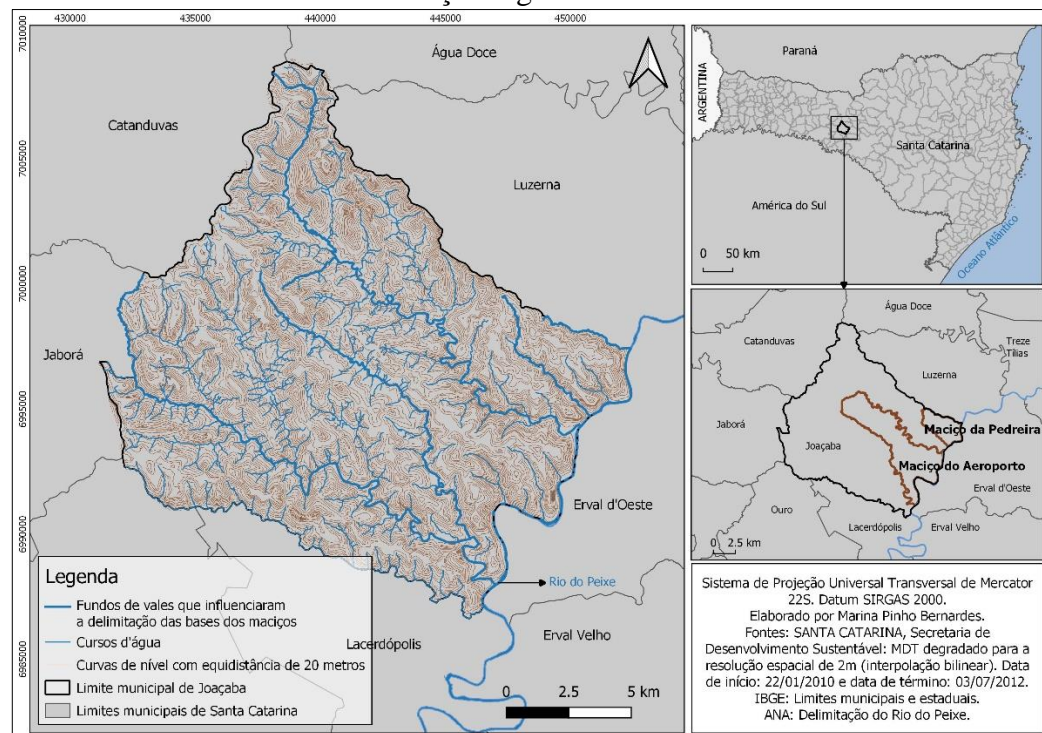
Figura 25 - Base dos maciços da Pedreira e do Aeroporto delimitadas pelo fundo do vale em comparação com a declividade



Declividade menor que 10% (considerado plano, em branco) e maior que 10% (em salmão).

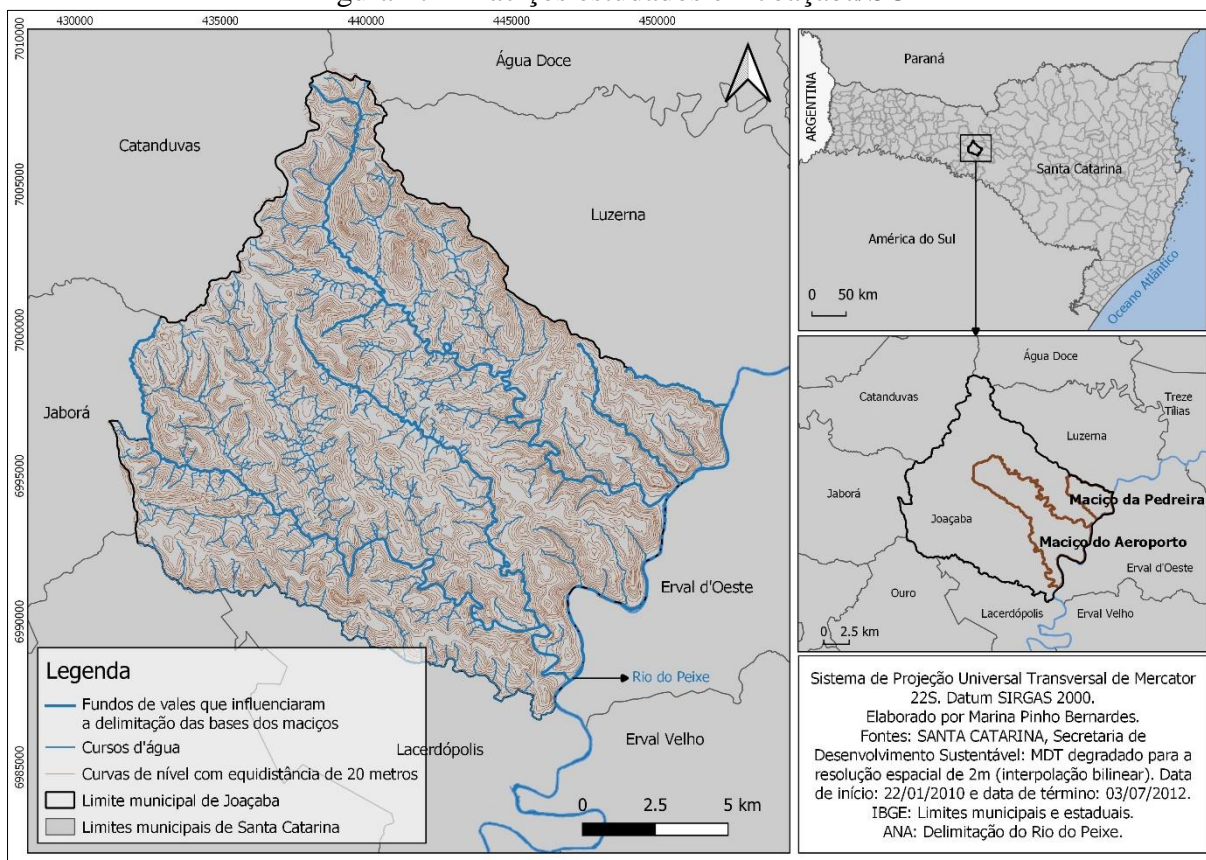
Fonte: Elaboração da autora (2022).

Figura 26 - Configuração dos cursos d'água presentes no município, os quais serviram para delimitar as bases dos maciços seguindo o fundo dos vales escavados



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 27 - Maciços estudados em Joaçaba/SC



Fonte: Elaboração da autora (2022).

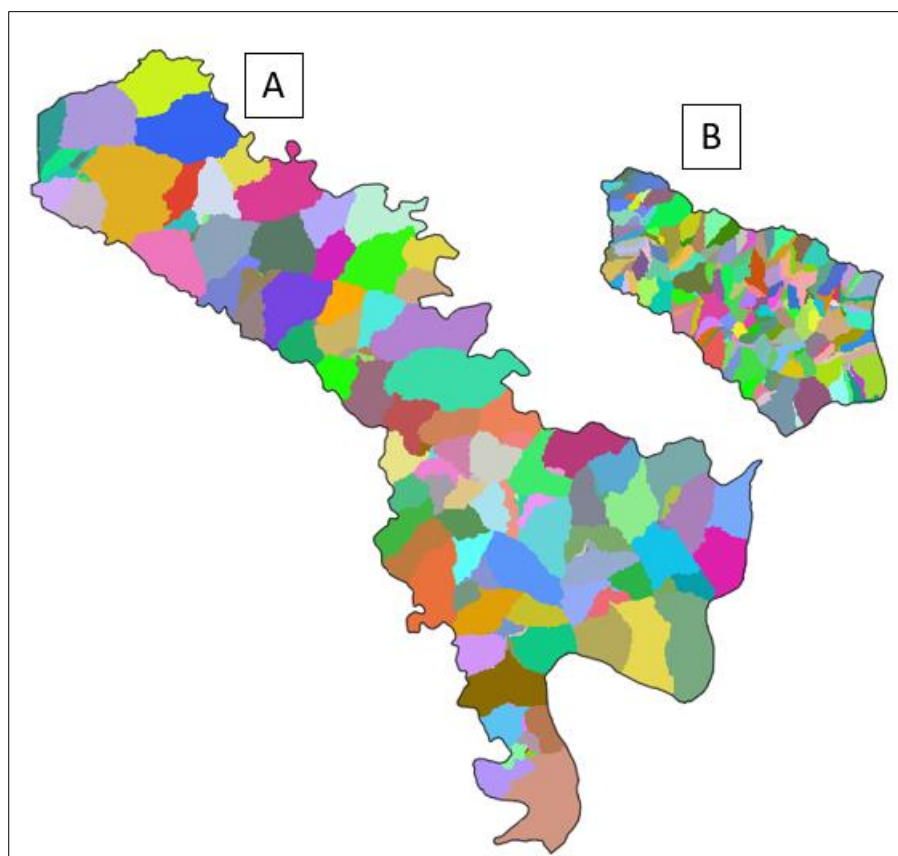
5.2.2 Definição do tamanho mínimo das bacias hidrográficas

A fim de individualizar as elevações presentes no maciço foi necessário inverter o relevo e definir as áreas de contribuição (bacias hidrográficas). Conforme o padrão utilizado na área de estudo de Florianópolis, foi utilizado uma porcentagem mínima (0,1%) de pixels da área total de cada maciço, ressaltando que no caso de Joaçaba foi utilizado o mesmo MDT, mas com resolução espacial de 2 metros. Sendo assim, no maciço da Pedreira foi utilizado 5.000 pixels como tamanho mínimo das bacias (áreas de contribuição). Enquanto, para o maciço do Aeroporto, o tamanho em questão foi de 64.000 pixels (Figura 28).

Ao contrário do que ocorreu no maciço de Jurerê, em Florianópolis, o padrão de tamanho mínimo de bacias hidrográficas proposto completou toda a área de ambos os maciços. No entanto, ao identificar os cumes e suas elevações, viu-se que na segmentação de 0,1% de pixels, a delimitação do maciço do Aeroporto não condizia com a realidade. Muitos cumes facilmente identificados por interpretação visual no relevo sombreado e no mapa planialtimétrico gerados pelo MDT não eram caracterizados como tal. Assim, foi necessário realizar testes diminuindo

a segmentação até encontrar um tamanho mínimo de bacias mais condizente com a realidade geomorfológica da área de estudo.

Figura 28 - Tamanho mínimo de bacia (área de contribuição) para os maciços da Pedreira e do Aeroporto utilizando a resolução espacial de 2 metros



Maciço do Aeroporto - 64.000 (A) e Maciço da Pedreira - 5.000 (B)

Fonte: Elaboração da autora (2022).

5.2.3 A quantidade de cumes em relação ao tamanho mínimo de bacia e a equidistância das curvas de nível nos topos

O tamanho mínimo das bacias de contribuição escolhido e a equidistância entre as curvas de nível fechadas no topo se relacionam diretamente no processo de identificação dos cumes e das elevações dos maciços e, conseqüentemente, na delimitação das APPs em topo de morros.

Nos procedimentos metodológicos é apresentado que os cumes são identificados pelas áreas internas das curvas de nível fechadas com equidistância de 10 metros que coincidem com o segmento de fluxo invertido (linhas de cumeada) e com a intersecção dos deflúvios das bacias determinadas pelo fluxo invertido. Enquanto isto, as elevações são identificadas pelos pontos

mais altos do relevo (cumes) e suas devidas áreas de contribuição hidrológica em relação ao escoamento superficial, caracterizadas pelo conjunto de bacias (áreas de contribuição).

No entanto, a metodologia de identificação dos cumes precisou ser adaptada para a área de estudo de Joaçaba. Como os topos deste relevo são mais aplainados, contendo pequenos cumes sem muita amplitude altimétrica do restante da superfície plana que constitui a parte superior dos maciços, o critério de curvas de nível fechadas no topo com equidistância de 10 metros não poderia ser mantido. A equidistância de 10 metros não detalhava os possíveis cumes com amplitude topográfica menor que 10 metros nas superfícies planas de topo. Infelizmente, com esta amplitude altimétrica ficavam ressaltados cumes que não era de fato os mais altos da superfície plana.

Desta forma, passou-se a utilizar curvas de níveis fechadas nos topos com equidistâncias de 5 metros para determinar as áreas que possibilitavam a identificação de cumes, além dos outros critérios utilizados para esta delimitação: segmento de fluxo invertido (linhas de cumeada) coincidindo com a intersecção entre os limites das bacias de contribuição determinadas pelo fluxo invertido.

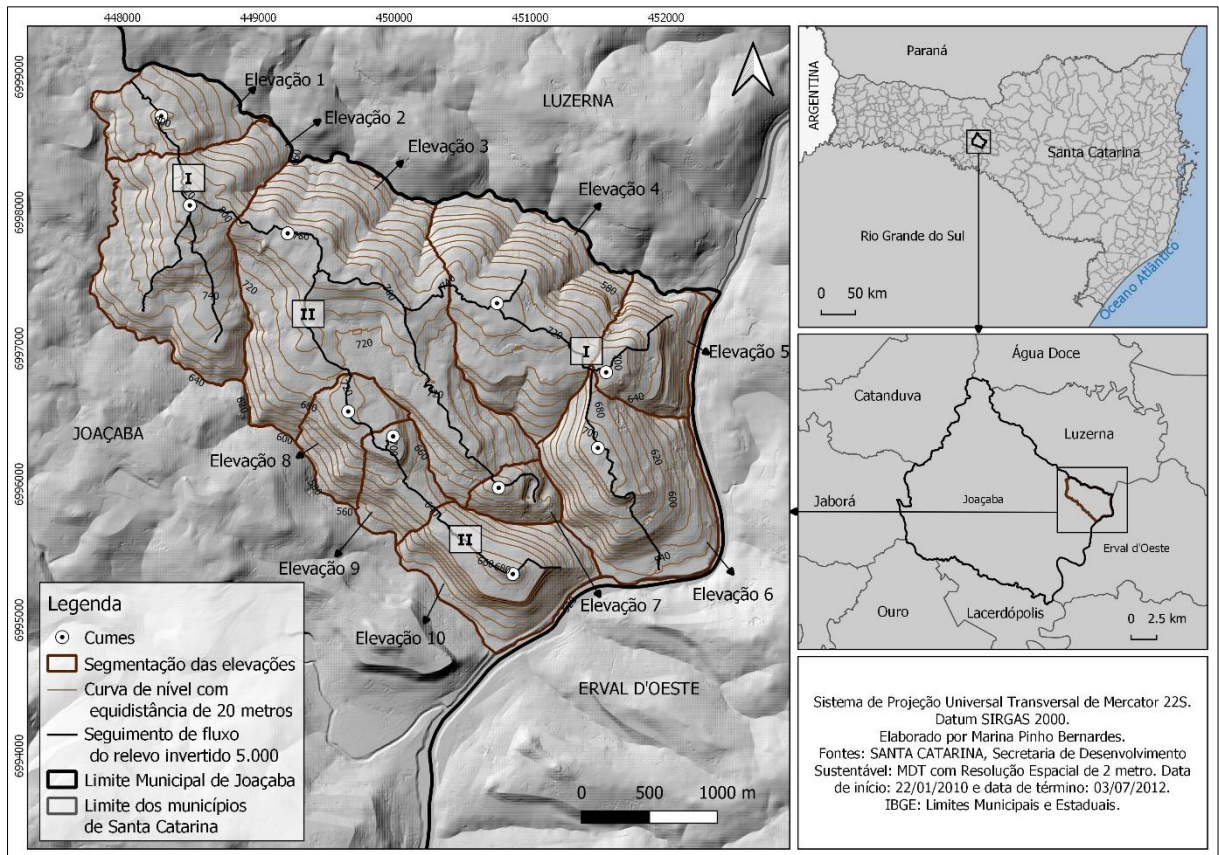
Além disso, também ocorreu que existissem mais de um cume em uma única curva de nível, como aconteceu em Florianópolis, porém os topos não se encontram em conjuntos, mas sim distantes um dos outros. Isto acontece, provavelmente, pois os topos dos maciços são planos, enquanto os de Florianópolis são em crista. Assim, foi necessário utilizar a curva de nível de 1 metro de equidistância, para analisar qual o cume de maior altitude para representar cada elevação, além da ferramenta de apoio “*Profile Tools*”, que traça o perfil do relevo identificando a altitude.

Outra particularidade deste relevo na área de estudo, são depressões situadas nos topos dos maciços, muitas vezes produzidas pela ação humana (pedreira, aeroporto, açudes, terraplanagem), que por muitas vezes podem ser confundidas com cumes e não áreas depressivas. Estas áreas deprimidas também podiam interferir no resultado da segmentação das elevações. Para isto, precisou-se conferir se as curvas de níveis fechadas nos topos do morro possuíam maior altitude que as curvas de níveis que as antecediam.

Desta forma, com estas adaptações na metodologia o maciço da Pedreira apresentou um total de 27 cumes, sendo posteriormente selecionados apenas os 10 com maior altitude para representar suas elevações (Figura 29), enquanto o maciço do Aeroporto também possui 27 cumes, mas utilizou-se os 16 cumes com maior altitude para representar suas elevações (Figura 30). É importante destacar que o número total de cumes não condiz exatamente com o número

de elevações que terá o maciço, pois a metodologia pode identificar mais de um cume (conjunto de cumes) em uma única elevação, portanto é necessário utilizar apenas o cume de maior altitude para representar a elevação.

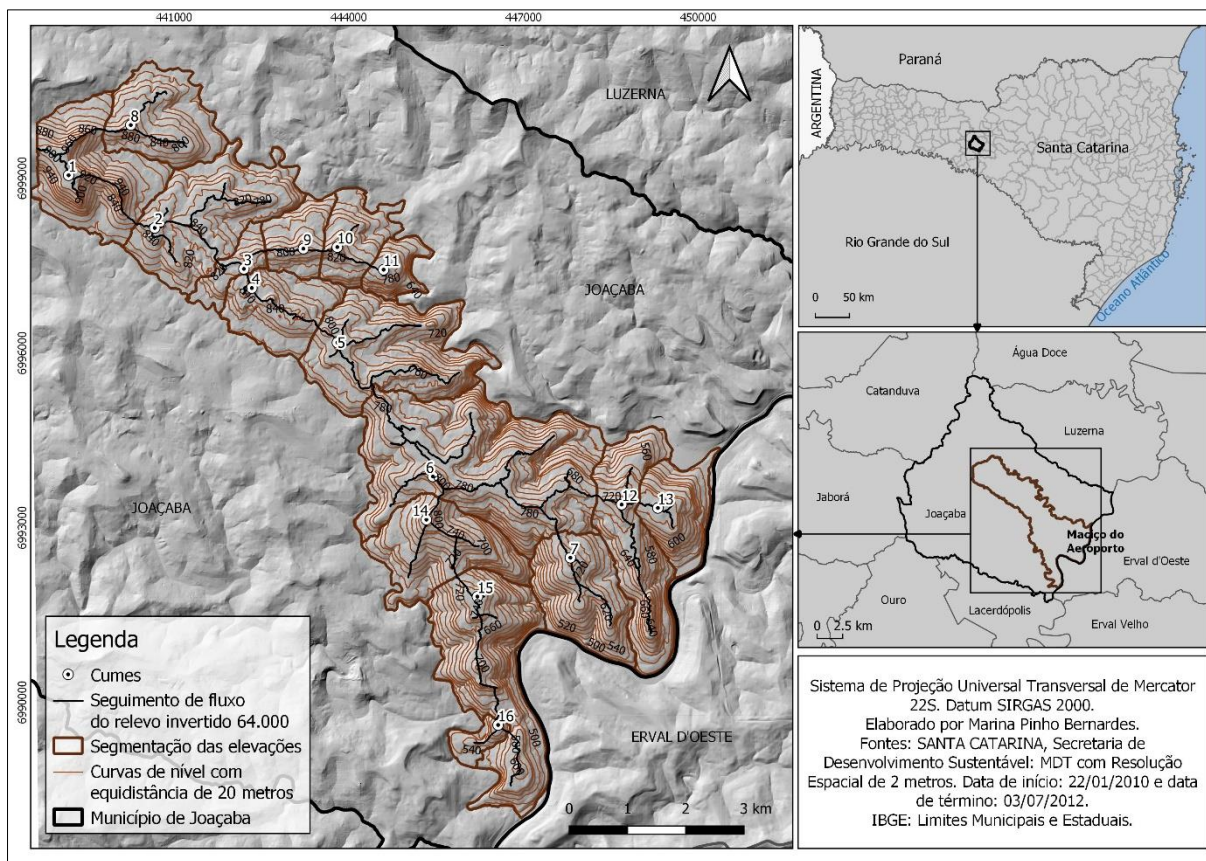
Figura 29 - Elevações e cumes do maciço da Pedreira utilizando o tamanho mínimo de bacias de 5.000 pixels



Fonte: Elaboração da autora (2022).

Além da equidistância das curvas de nível fechadas nos topos dos maciços influenciar no processo de identificação dos cumes e das elevações, o tamanho mínimo das bacias hidrográficas também influencia, conforme explicado a seguir.

Figura 30 - Elevações e cumes do maciço do Aeroporto utilizando o tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixels

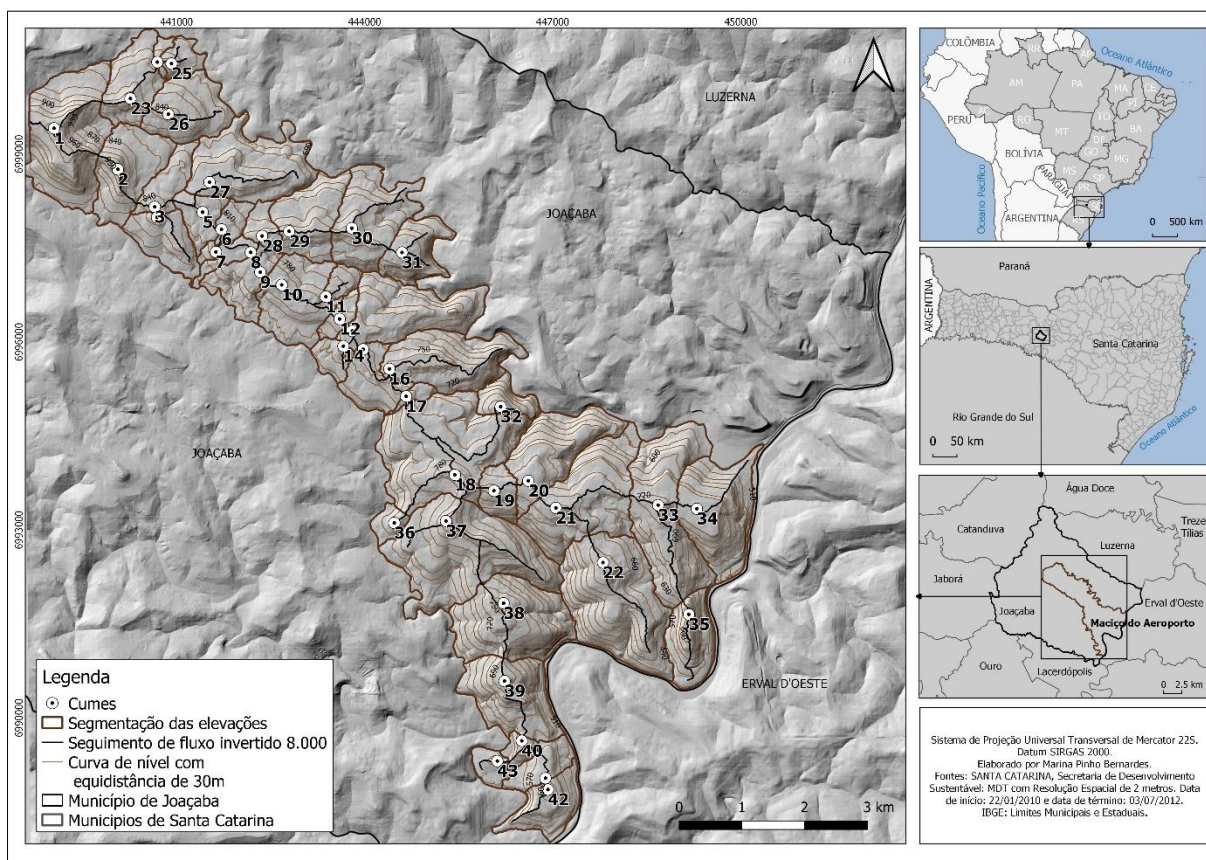


Fonte: Elaboração da autora (2022).

5.2.3.1 Delimitação dos cumes e elevações utilizando o tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels para o maciço do Aeroporto

Após delimitações das elevações pela segmentação de 0,1% dos pixels do maciço do Aeroporto, segundo o comportamento do relevo sombreado e das curvas de nível foi possível perceber que determinadas elevações não haviam sido delimitadas, sendo assim consideradas continuação de outras elevações. A fim de adaptar à realidade, foi realizado testes nas segmentações a fim de considerar o maior número de elevações possíveis, chegando à segmentação de 8.000. Desta forma, o maciço do Aeroporto passou a possuir 43 cumes para representar suas respectivas elevações (Figura 31). Estes cumes apresentam área de tamanho considerável (maior que 100 m²).

Figura 31 - Elevações e cumes do maciço do Aeroporto utilizando o tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels



Fonte: Elaboração da autora (2022).

5.2.4 Feições de relevo presentes nos maciços da Pedreira e do Aeroporto envolvidas na delimitação de APPs em topo de morros

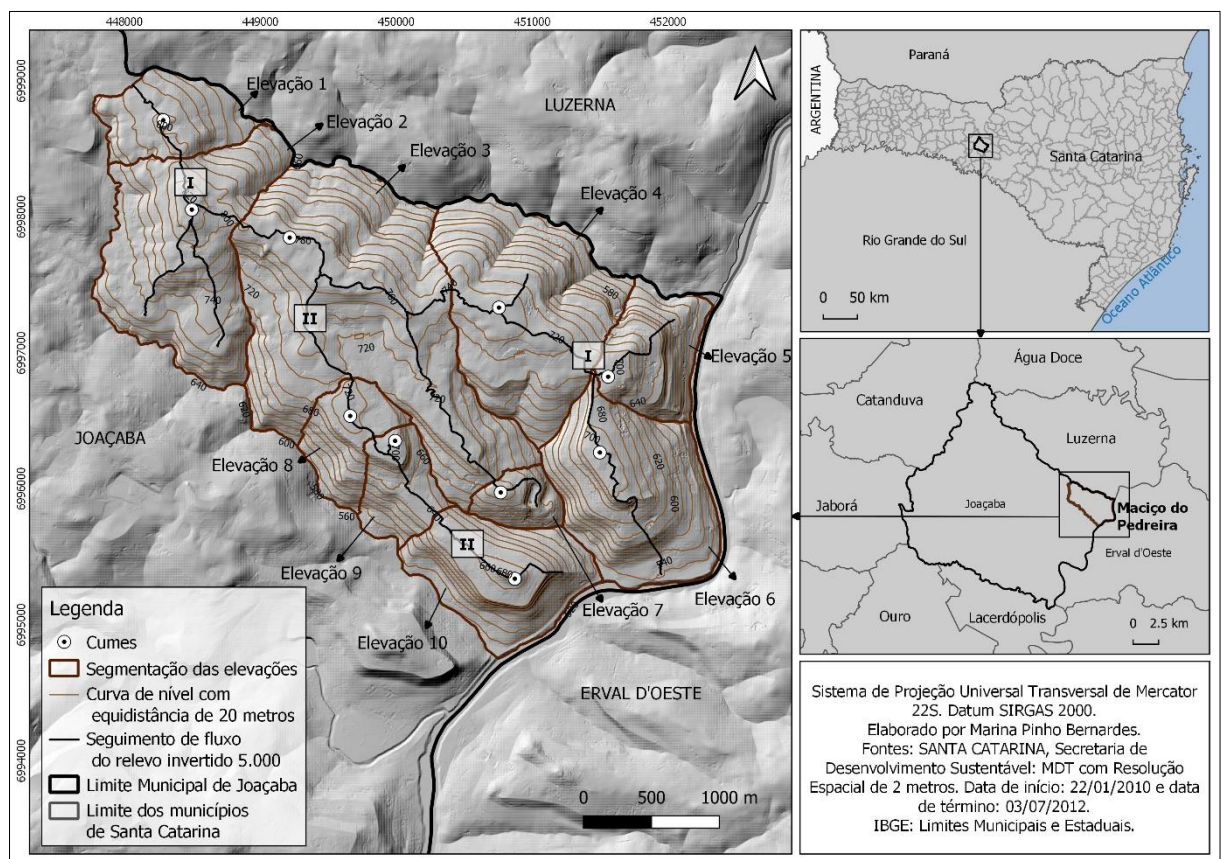
5.2.4.1 Maciço da Pedreira

Em relação ao maciço da Pedreira, foram individualizadas dez elevações distribuídas em duas linhas de cumeadas, sendo a elevação 7 caracterizada como elevação isolada (Figura 31). As alturas destas elevações variaram entre 138 e 225 metros. As declividades são muito acentuadas no terço inferior das encostas, junto dos fundos dos vales, com cerca de 90° de inclinação, provavelmente resultado de um forte encaixamento da drenagem regional. As declividades médias acabam sendo baixas em comparação com a máxima declividade observada no maciço, variando de 12° a quase 20°. As pequenas declividades do terço médio e superior das elevações são as responsáveis por diminuir a declividade média. Aqui há uma

superfície aplainada sendo dissecada pelos rios Ferreirinha e Antinha ao seu redor e pelos afluentes destes.

Neste maciço, as duas linhas de cumeada mais extensas são paralelas entre si, uma é a linha que contém as elevações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 e a outra menor é a linha que contém as elevações 8, 9 e 10 (Figura 32). As duas linhas de cumeadas seguem um lineamento com direção noroeste-sudeste Catarina (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014), semelhante ao encontrado no maciço do Aeroporto. É interessante observar que estas linhas de cumeada são paralelas porque há a abertura de um vale entre elas, o qual também segue alinhado ao mesmo lineamento estrutural (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2014). Desta forma, este lineamento criou rochas resistentes, as quais mantêm estas linhas de cumeada, como também áreas com rochas mais frágeis, onde está o fundo do vale.

Figura 32 - Feições de relevo no maciço da Pedreira com tamanho mínimo de bacias de 5.000 pixels



Fonte: Elaboração da autora (2022).

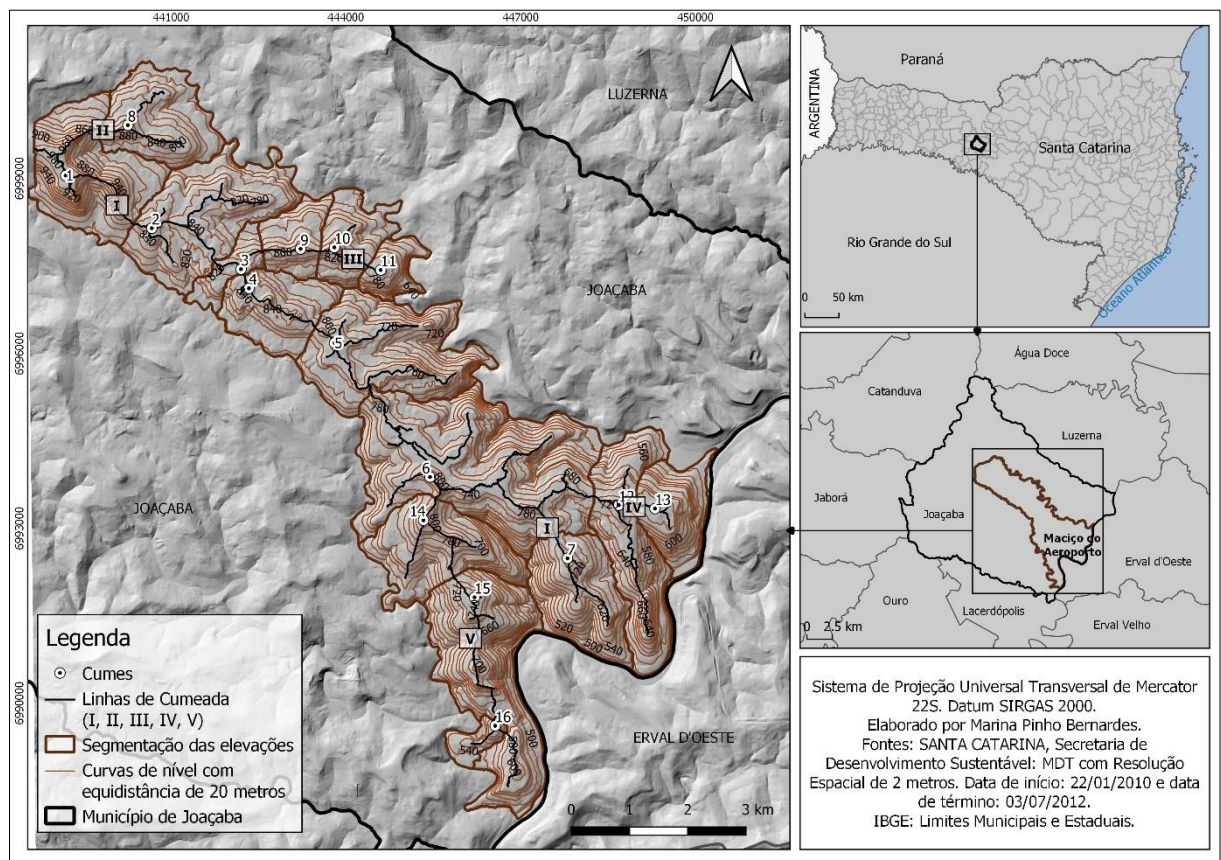
5.2.4.2 Maciço do Aeroporto

As feições de relevo presentes no maciço do Aeroporto foram um pouco diferentes de acordo com o tamanho mínimo empregado para as bacias de contribuição na definição das elevações e seus cumes. Desta forma, a seguir são apresentadas estas feições para cada segmentação de bacias obtida.

5.2.4.2.1 Elevações e cumes encontrados com tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixeis

Para a segmentação de bacias de 64.000 pixeis, foram encontradas 16 elevações no maciço do Aeroporto, com alturas variando de 94 a 300 m, distribuídas em 5 linhas de cumeadas (Figura 33).

Figura 33 - Feições de relevo no maciço do Aeroporto com tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixeis



Fonte: Elaboração da autora (2022).

As declividades destas elevações são maiores próximo dos fundos de vales, com valores próximos dos 90 graus, contudo, quando se contabiliza a declividade média de toda a elevação, este valor cai para o máximo de 16 graus. Isto ocorre por causa das declividades muito suaves nos terços médios e superiores das elevações, uma vez que se tem aqui superfícies aplainadas que foram dissecadas pelos rios.

Há uma linha de cumeada principal neste maciço que segue o lineamento de direção noroeste-sudeste citado anteriormente. Os topos presentes nesta linha de cumeada aumentam de altitude de forma escalonada desde próximo do rio do Peixe para noroeste, de altitudes de 486,90 até 994,58 metros. Esta linha de cumeada contém as elevações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Provavelmente, esta linha de cumeada é sustentada por transformações metamórficas nas rochas dos derrames em função dos fenômenos que criaram o lineamento, deixando-as mais resistentes ao longo deste lineamento. A linha de cumeada criada pelas elevações 9, 10 e 11 também seguem um lineamento estrutural menor de direção quase leste-oeste. Também a linha de cumeada que contém as elevações 14, 15 e 16 seguem um lineamento estrutural pouco extenso que segue a direção grosseiramente norte-sul. Nestes casos, também é possível que o fenômeno geológico responsável por estes lineamentos tenha criado rochas mais resistentes.

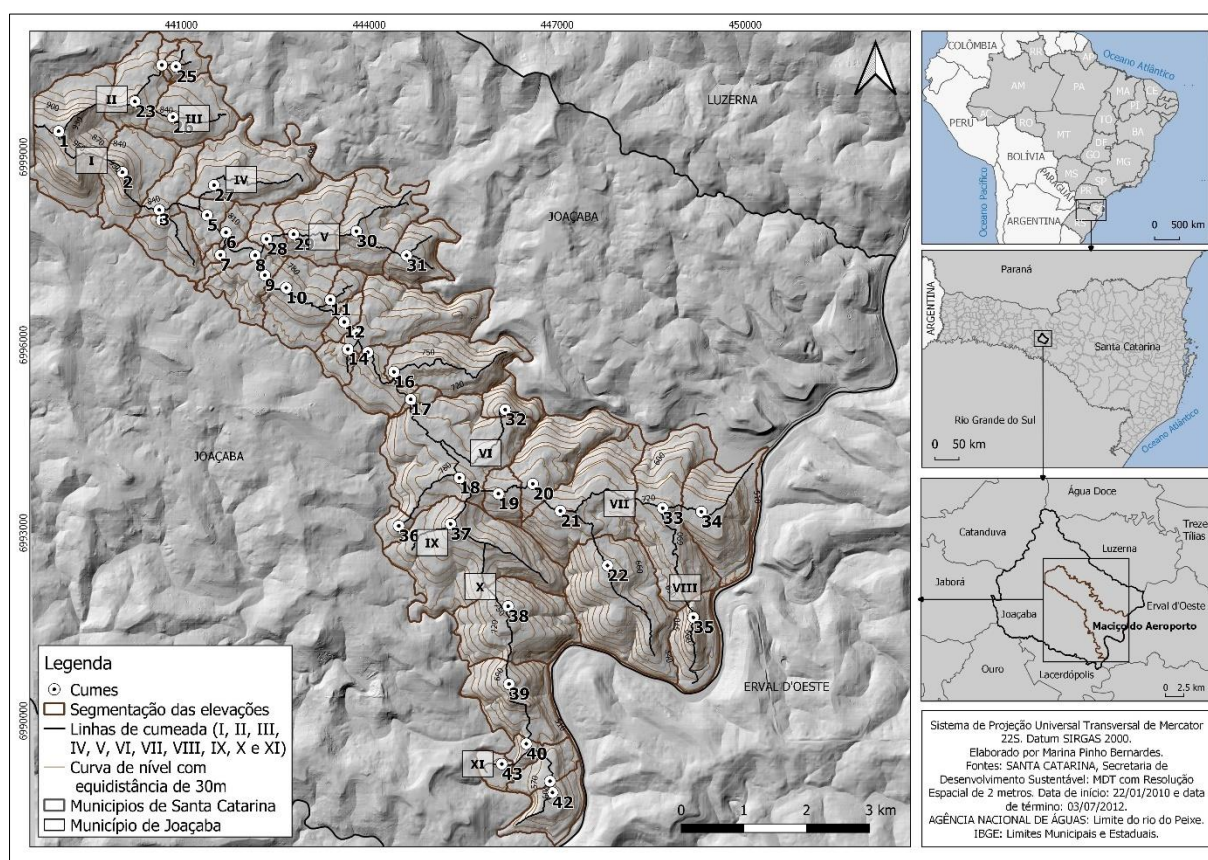
5.2.4.2.2 Elevações e cumes encontrados com tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixies

Quanto para a segmentação de bacias pelo tamanho mínimo de 8.000 pixels o maciço do Aeroporto apresentou 43 elevações. Sendo assim, ocorreu o aumento de cumeadas, pois outras elevações surgiram. Essas linhas de cumeadas existiam na segmentação anterior, porém como não existiam elevações, foram desconsideradas no final. Desta forma, com a segmentação de 8.000 pixels, as elevações foram distribuídas em 11 linhas de cumeada (Figura 34).

A cumeada principal (I) é composta pelas elevações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22. A cumeada II que anteriormente continha apenas a elevação 8, passou a ter as elevações 23, 24 e 25, sendo que a cumeada III passou a ser uma extensão da linha de cumeada 2, contendo a elevação 26. A cumeada IV compreende uma extensão da cumeada I e é composta pela elevação 27. A cumeada V apresenta as elevações 28, 29, 30 e 31. Enquanto, a cumeada VI possui apenas a elevação 32. A cumeada VII é composta pelas elevações 33 e 34, sendo que esta cumeada se ramifica na cumeada VIII sobre a qual se encontra a elevação 35. A cumeada IX apresenta a elevação 36, enquanto na cumeada X, tem-se as elevações 37, 38, 39, 40, 41 e 42. A cumeada XI é uma ramificação da cumeada X, a qual

contém a elevação 43. Observa-se que o relevo ficou mais recortado a partir do uso da segmentação de bacias de 8.000 pixels, contudo deve-se atentar que estas novas elevações, cumes e, por conseguinte, linhas de cumeada, apresentam contrastes altimétricos e planimétricos pouco significativos.

Figura 34 - Feições de relevo no maciço do Aeroporto com tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels



Fonte: Elaboração da autora (2022).

5.2.5 Delimitação das APPs em topos de morros nos maciços da Pedreira e do Aeroporto de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado e o de 2012

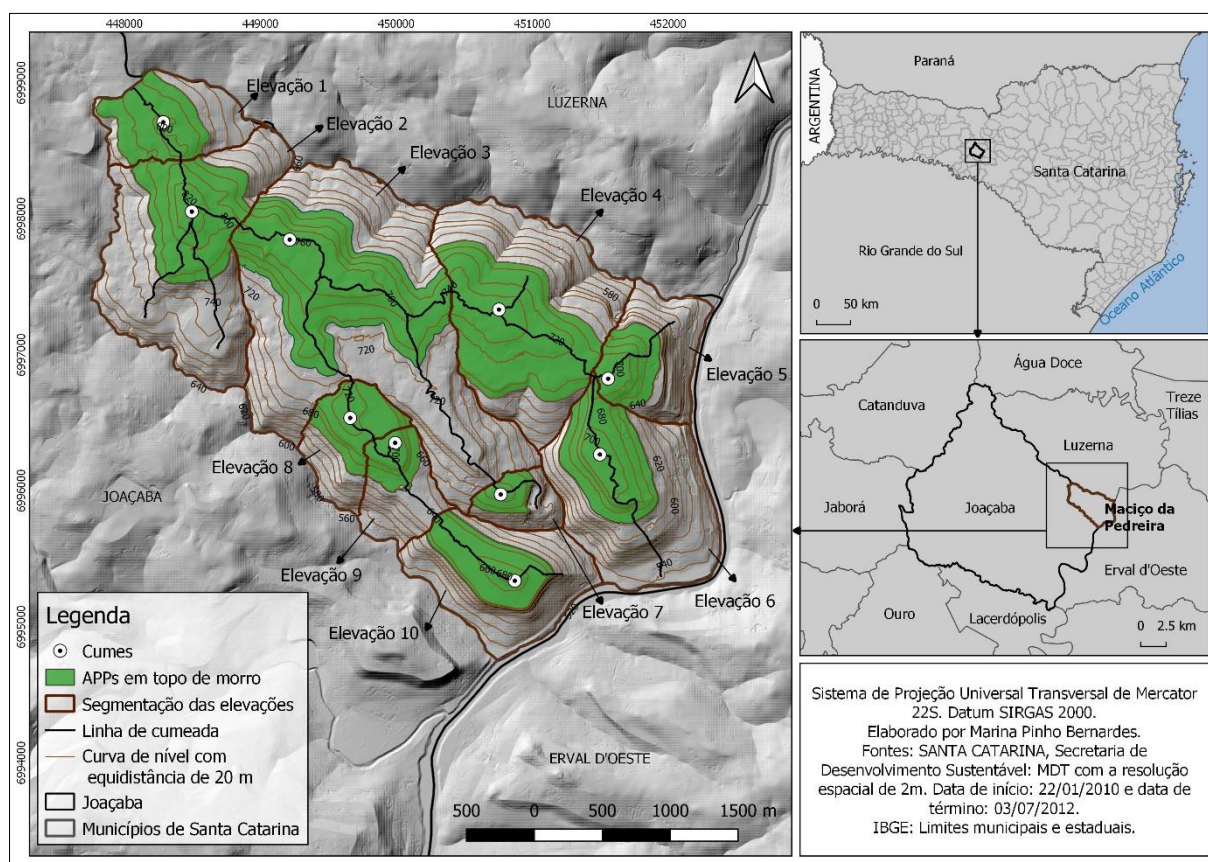
Nesta parte serão abordados os resultados da delimitação das APPs em topo de morros nos maciços da Pedreira e do Aeroporto, segundo os critérios do Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002 e do Código Florestal de 2012.

5.2.5.1 Maciço da Pedreira

5.2.5.1.1 Delimitação das APPs em topo de morros pelos critérios do Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002

Segundo os critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002, o maciço da Pedreira apresentou APPs em topo de morro em todas suas dez elevações (Figura 35). A maior parte das APPs foi determinada pelos critérios de elevações isoladas, já que possuem distância maior de 500 metros entre seus cumes. As elevações 8 e 9 são exceções, possuem a APP estabelecida pelo seu conjunto ao longo da linha de cumeada onde estão (Cumeada II), sendo determinada pelo terço superior da elevação 9 (659 metros) (Tabela 5).

Figura 35 - APPs em topo de morros no maciço da Pedreira, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 5.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002



Fonte: Elaboração da autora (2022).

A área total protegida pela APP em topo de morro no maciço da Pedreira, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002 foi de 4,5 Km²,

correspondendo a 41,47% da área total do maciço. Quase metade dos terrenos deste maciço ficam protegidos como APPs em topo de morros neste maciço.

5.2.5.1.2 Delimitação das APPs em topo de morros pelos critérios do Código Florestal de 2012

Segundo os critérios do Código Florestal de 2012, nenhuma das dezelevações presentes no maciço da Pedreira possuiriam APP em topo de morro. O fator limitante à delimitação foi a declividade média, sendo que a elevação que possui maior declividade média é a 7 (19,98°) (Tabela 5). Enquanto todas as elevações deste maciço têm mais de 100 metros de altura.

Tabela 5 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço da Pedreira para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 5.000 pixels como o tamanho de bacias

		Código Florestal revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
Elevação	Altura (m)	Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
1	138,30	89,79	761	12,07	nulo
2	224,30	89,77	762	14,00	nulo
3	222,96	89,74	728	13,09	nulo
4	225,38	89,72	679	14,91	nulo
5	205,51	89,69	641	19,57	nulo
6	210,26	89,68	643	17,61	nulo
7	141,20	58,38	622	19,98	nulo
8	178,85	89,72	659	15,13	nulo
9	184,48	89,70		15,31	nulo
10	181,04	89,69	624	18,98	nulo

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.2.5.2 Maciço do Aeroporto

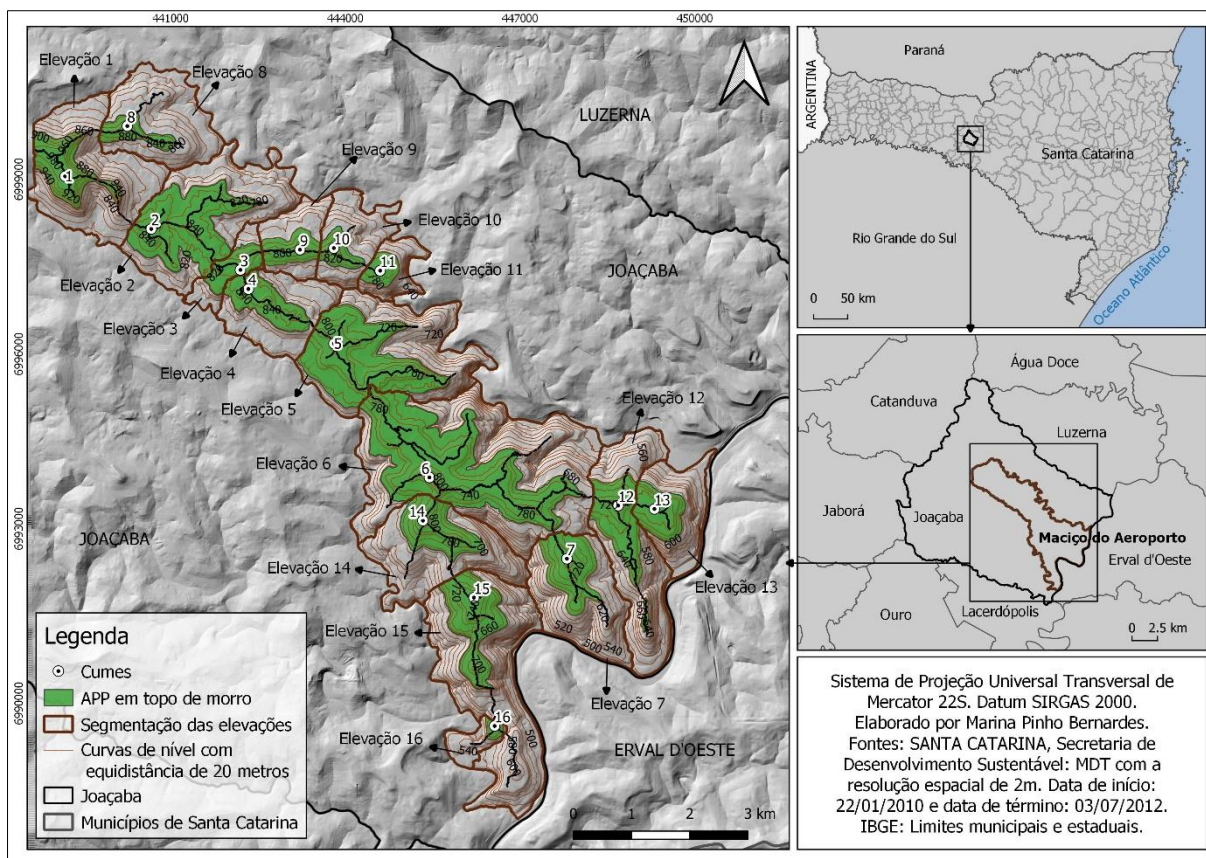
5.2.5.2.1 Delimitação das APPs em topo de morro pelos critérios do Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixels

De acordo com os critérios estabelecidos pelo Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002, e tendo como base as elevações formadas

quando foram utilizado o tamanho mínimo da bacia como 64.000 pixels, todas as dezesseis elevações apresentaram APP em topo de morros (Figura 36).

Apenas as elevações 3 e 4 (Cumeada I) apresentaram cumes com distância mínima menor que 500 metros, então sua APP em topo de morro foi definida pelo terço superior da elevação mais baixa (Elevação 4), delimitada a partir de 780 metros. O restante das elevações possui suas APPs delimitadas com os critérios de APPs isoladas (Tabela 6).

Figura 36 - APPs em topo de morro no maciço do Aeroporto, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 64.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002



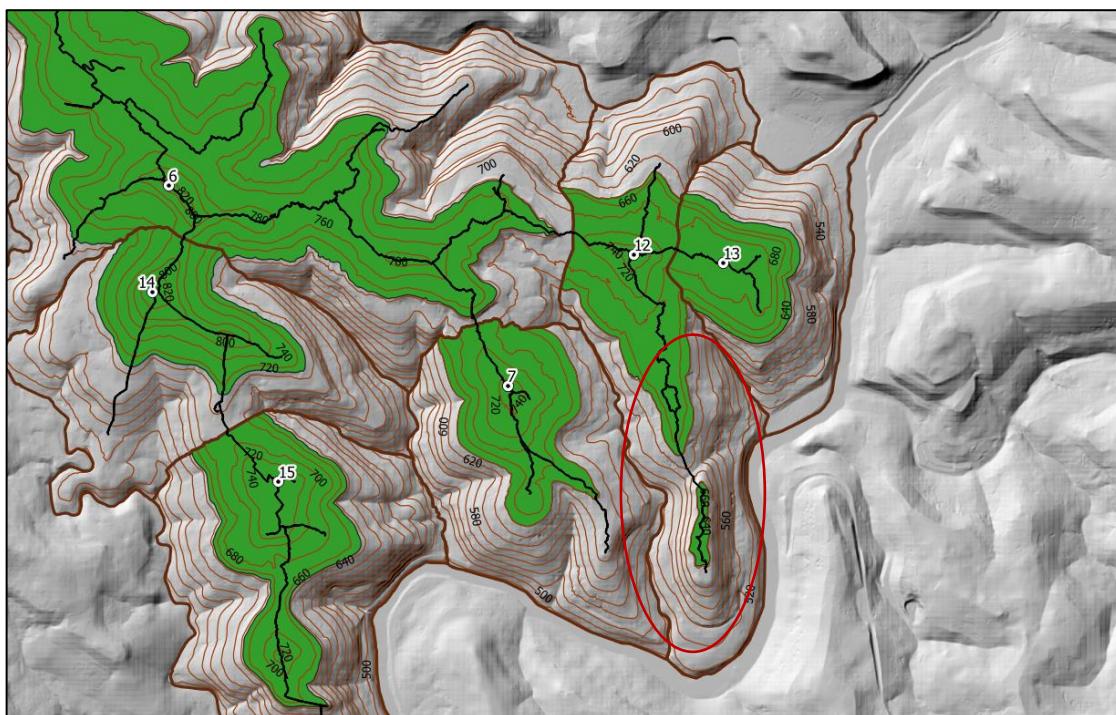
Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A área total protegida pela APP em topo de morro no maciço do Aeroporto, a partir dos critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002 foi de 16,72 Km², correspondendo a 35,31% da área total do maciço. Observa-se que houve um percentual de proteção significativo para este maciço (cerca de um terço dele).

Segundo esta segmentação, a APP em topo de morro da Elevação 12 (Cumeada IV) se fragmentou em dois polígonos (Figura 37). Analisando o relevo por meio do relevo sombreado

e as curvas de nível, pode-se perceber que a Elevação 12 consistia em duas elevações distintas. Assim, foi realizado testes em segmentação menores, a fim de considerar as elevações mais próximas à realidade do relevo em questão.

Figura 37 - Fragmentação da APP em topo de morro na Elevação 12 do maciço do Aeroporto pela segmentação de bacias com o tamanho mínimo de 64.000 pixels



Em verde, as APPs em topo de morro; a linha marrom é a divisão das elevações; o círculo vermelho evidencia a fragmentação da APP na elevação 12. Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5.2.5.2.2 Delimitação das APPs em topo de morros pelos critérios do Código Florestal de 2012, utilizando 64.000 pixels como o tamanho mínimo de bacias

Segundo os critérios do Código Florestal de 2012, diante das dezesseis elevações presentes no maciço do Aeroporto, nenhuma possui APP em topo de morro (Tabela 6). As Elevações 3 e a 16 possuem altitude menor que 100 metros, 94,33 e 88,60 metros, respectivamente. E nenhuma elevação possui declividade média suficiente para possuir a APP, sendo a Elevação 11 a que possui a maior inclinação média (17,06°), conforme tabela a seguir.

Tabela 6 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Aeroporto para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 64.000 pixels como tamanho de bacias

Elevação	Altura (m)	Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
		Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro pela curva de nível (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
1	239,64	89,83	915	14,28	nulo
2	180,82	89,79	804	10,46	nulo
3	94,33	89,78	795	8,72	nulo
4	175,65	89,78	729	10,09	nulo
5	243,03	89,77	724	13,26	nulo
6	300,43	89,76	660	13,60	nulo
7	249,39	89,67	834	16,05	nulo
8	180,95	89,78	780	10,97	nulo
9	150,41	89,76	770	11,31	nulo
10	166,14	89,76	737	11,22	nulo
11	163,75	89,75	661	17,06	nulo
12	249,62	89,69	646	15,83	nulo
13	218,07	89,68	729	15,79	nulo
14	299,61	89,74	666	14,60	nulo
15	268,05	89,71	562	16,32	nulo
16	88,60	89,68		10,84	nulo

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

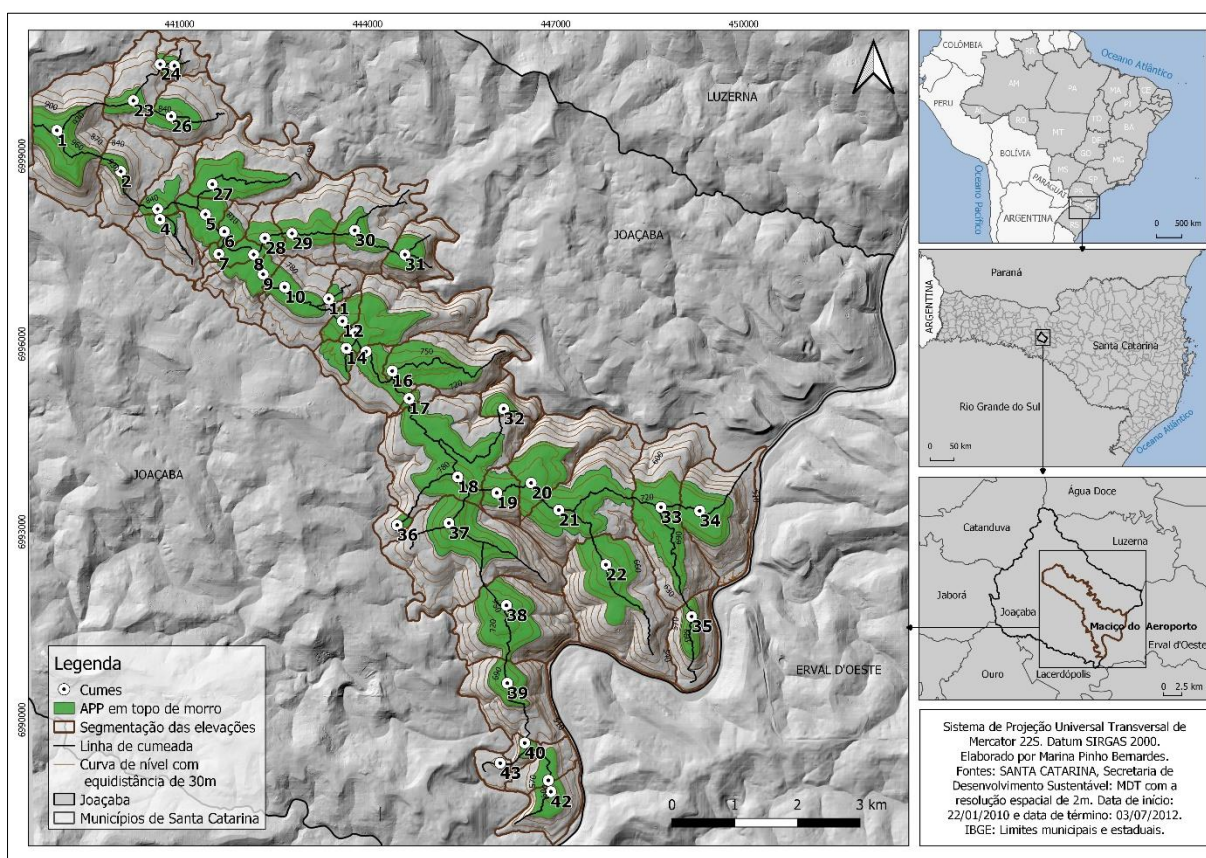
5.2.5.2.3 Delimitação das APPs em topo de morros pelos critérios do Código Florestal Revogado, regulamentado pela Resolução Conama n.º 303/2002, utilizando o tamanho mínimo das bacias de 8.000 pixels

Com a segmentação de bacias com tamanho mínimo de 8.000 pixels e segundo os critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002, o maciço do Aeroporto apresentou APP em topo de morro em 42 elevações, de 43 elevações no total (Figura 38), sendo que a elevação 43 possui 46,47 metros, ou seja, altura inferior ao critério estabelecido na Resolução Conama n.º 303/2002 (acima de 50 metros). A maior parte das APPs foram delimitadas como isoladas, pois seus cumes se encontravam em distância superior a 500 metros, porém apresentou 7 trechos de APP em linha de cumeada (Tabela 7).

O trecho 1 é formado pelas APP das Elevações 3 e 4 (Cumeada I) sendo que a Elevação 4 apresenta menor altura (115,60 metros) então a APP deste trecho da cumeada é definida pelo

terço dela (a partir da curva de nível de 822 metros). O trecho 2 é formado pelas elevações 5, 6 e 7 (Cumeada I) sendo que esta última é a elevação de menor altura, a APP do trecho foi definida a partir da curva de nível de 799 metros. O trecho 3 é formado pelas elevações 8, 9 e 10 (Cumeada I), sendo que a elevação com menor altura é a 8, possuindo 89,34 metros, assim a APP foi delimitada a partir da curva de nível de 804 metros. O trecho 4 é composto pelas elevações 12, 13 e 14 (Cumeada I), sendo que sua APP é definida pela Elevação 13, a partir da curva de nível de 740 metros. O trecho 5 é formado pelas elevações 24 e 25 (Cumeada II), e sua APP é delimitada a partir da curva de nível de 789 metros. Enquanto o trecho 6 apresenta as elevações 28 e 29 (Cumeada V), com a APP delimitada a partir da curva de nível 780 metros, ou seja, terço superior da elevação 29. E por último o trecho 7, compreendendo as elevações 41 e 42 (Cumeada X), sendo que a elevação 41 apresenta a menor altura (120,76 metros), então a APP deste trecho da cumeada é definida pelo terço dela (a partir da curva de nível de 567 metros).

Figura 38 - APPs em topo de morro no Maciço do Aeroporto, utilizando o tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002

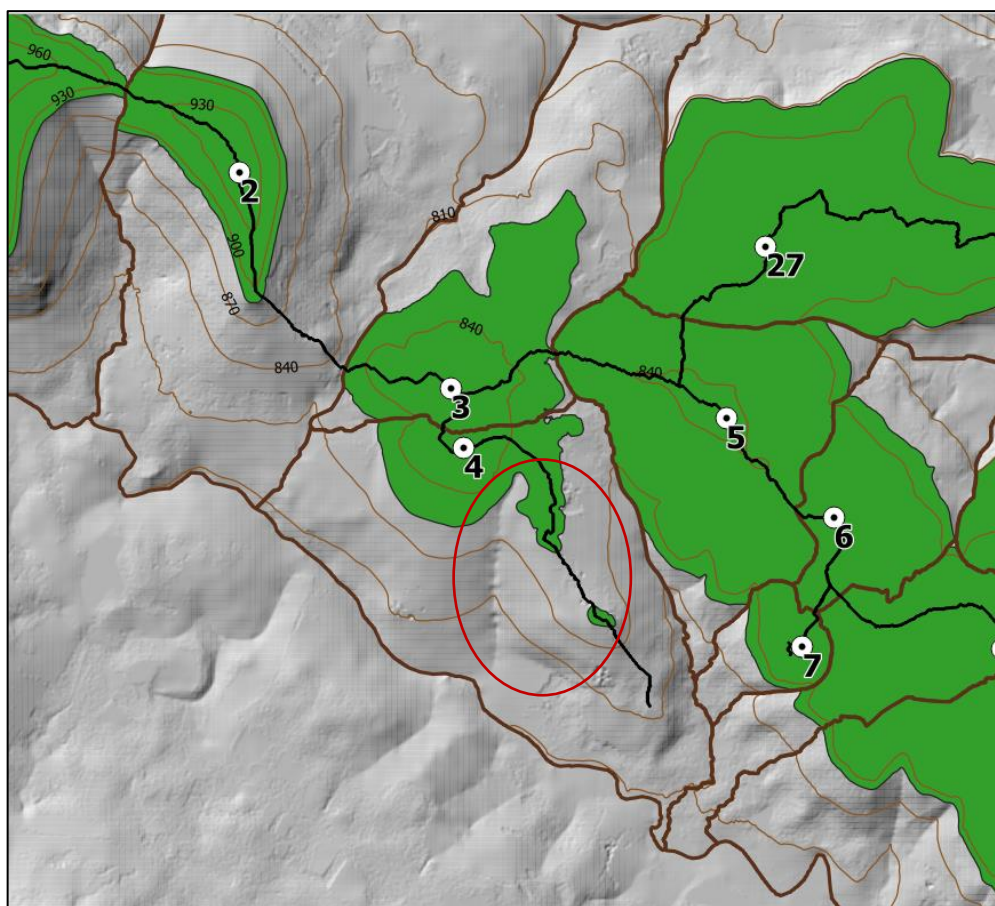


Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A área total protegida pela APP em topo de morros no maciço do Aeroporto, a partir dos critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002 quando se utiliza a segmentação de bacias com tamanho mínimo de 8.000 pixels foi de 17,07 Km², correspondendo a 36,80% da área total do maciço. A diminuição do tamanho mínimo de bacias de 64.000 para 8.000 pixels aumentou a área de proteção, pois o primeiro tamanho gerou 35,31% de proteção para o maciço, enquanto o segundo protegeu 36,80% da área total deste maciço.

Mesmo utilizando segmentações menores (8.000), o maciço do Aeroporto continuou apresentando fragmentação de APP em topo de morros em uma elevação. Desta vez, a elevação 33 (equivalente a elevação 12 na segmentação de 64.000 pixels) foi devidamente segmentada em duas (33 e 35), não ocorrendo este problema. O novo caso de APP fragmentada nesta segmentação foi a 3, a qual anteriormente apresentava APP contínua (Figura 39).

Figura 39 - Fragmentação da APP em topo de morro na elevação 4 do maciço do Aeroporto pelo tamanho mínimo de bacias de 8.000 pixels



Em verde, as APPs em topo de morro; a linha marrom é a divisão das elevações; o círculo vermelho evidencia a fragmentação da APP na elevação 4. Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Com a maior segmentação, o trecho da elevação 3 passou a possuir maior número de elevações adjacentes, produzindo o trecho 1 de APPs citado anteriormente (composto pelas elevações 3 e 4). Como a APP desta elevação passou a ser definida pela elevação de menor altura, a elevação 5 (com 94,52 metros) e não mais pela elevação 4, a delimitação da APP passou a possuir um trecho maior, pois está sendo delimitada a partir de uma altura menor (curva de nível inferior) em relação ao resultado da segmentação de 64.000 pixels.

Diante disto, seria necessário segmentar ainda mais as bacias de contribuição a fim de novamente dividir uma elevação em que a APP foi fragmentada. Porém ao analisar a possível elevação onde a fragmentação ocorreu, pode-se perceber, pelo relevo sombreado e as curvas de níveis, que esta não seria uma “nova” elevação, mas sim uma ombreira da elevação 4. Assim, segmentar ainda mais o maciço poderia considerar outras ombreiras⁶ como elevações e isto não seria o melhor resultado quanto a realidade do relevo tabular.

5.2.5.2.4 Delimitação das APPs em topo de morro no maciço do Aeroporto pelos critérios do Código Florestal de 2012, utilizando 8.000 pixels como o tamanho mínimo de bacias

Segundo os critérios do Código Florestal de 2012, nenhuma das 43 elevações presentes no maciço do Aeroporto possuiriam APP em topo de morro (Tabela 7). O fator limitante novamente à delimitação foi a declividade média, sendo que a elevação que possui maior declividade média neste tamanho de segmentação de bacias de 8.000 pixels é a 32 (21,18°). Quanto à altura, as elevações que não atenderam a este critério do Código Florestal foram as elevações 5 (94,52 m), a 6 (77,23 m), a 7 (71,01 m), a 8 (89,34 m), a 12 (97,92 m), a 14 (99,60 m), a 24 (66,34 m), a 25 (85,50 m), a 28 (83,40 m), a 36 (88,66 m), a 40 (76,30 m) e a 43 (46,47m),

⁶ Patamares que surgem nas encostas.

Tabela 7 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Aeroporto para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 8.000 pixels como o tamanho de bacias

(continua)

		Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
Elevação	Altura (m)	Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro pela curva de nível (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
1	227,16	51,32	919	14,97	nulo
2	205,21	47,61	892	12,48	nulo
3	118,27	33,55	822	9	nulo
4	115,60	40,47		10,11	nulo
5	94,52	30,85	799	9,21	nulo
6	77,23	39,85		8,21	nulo
7	71,01	37,33		11,51	nulo
8	89,34	37,36	804	6,95	nulo
9	119,04	36,32		10,10	nulo
10	140,92	44,43		9,75	nulo
11	116,32	32,06	755	10,96	nulo
12	97,92	30,70	740	9,38	nulo
13	206,15	51,73		13,68	nulo
14	99,60	43,71		10,78	nulo
15	114,88	49,36	752	10,17	nulo
16	225,56	57,29	718	14,92	nulo
17	107,50	44,68	745	10,08	nulo
18	250,47	53,14	740	11,46	nulo
19	178,36	43,95	734	13,04	nulo
20	244,59	67,08	693	15,70	nulo
21	270,90	56,20	704	13,88	nulo
22	249,39	53,06	660	15,94	nulo
23	145,73	42,72	846	10,88	nulo
24	66,34	25,74	786	9,30	nulo
25	85,50	37,36		10,17	nulo
26	155,88	36,67	818	11,28	nulo
27	149,40	53,72	783	11,42	nulo
28	83,40	35,94	780	9,85	nulo
29	150,41	43,36		11,17	nulo
30	166,14	38,59	770	11,15	nulo
31	163,75	56,36	737	16,86	nulo
32	188,41	49,41	672	21,18	nulo
33	243,17	60,07	663	14,07	nulo
34	218,07	59,67	646	15,58	nulo
35	172,63	60,58	610	19,66	nulo

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tabela 8 - Comparação dos parâmetros topográficos do maciço do Aeroporto para definição de APPs em topo de morros de acordo com os critérios do Código Florestal Revogado (e Resolução Conama n.º 303/2002) e do Código Florestal de 2012, utilizando 8.000 pixels como o tamanho de bacias

(conclusão)

Elevação	Altura (m)	Código Florestal Revogado e Resolução Conama n.º 303/2002		Código Florestal de 2012	
		Inclinação na linha de maior declive (°)	Terço superior do morro pela curva de nível (APP)	Inclinação média (°)	Terço superior do morro (APP)
36	88,66	40,19	690	13,12	nulo
37	299,61	59,84	729	14,54	nulo
38	261,60	52,66	668	16,49	nulo
39	237,78	56,40	649	17,63	nulo
40	76,30	46,59	566	13,75	nulo
41	120,76	45,96	569	11,62	nulo
42	139,64	58,74		15,28	nulo
43	46,47	37,34	nulo	7,98	nulo

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A delimitação de APP em topo de morros segundo a metodologia de Souza (2021) foi aplicada com êxito na área de estudo de Florianópolis. porém como previsto foi necessária a realização de testes quanto ao tamanho mínimo das bacias hidrográficas para a identificação de cumes e das elevações. Para a área de estudo de Joaçaba, não foi possível utilizar a metodologia de Souza (2021), por conta de não haver áreas de planícies significativas ao entorno das elevações.

Os maciços da área de estudo de Florianópolis possuem a particularidade de a delimitação de suas bases utilizar o critério do plano horizontal (determinado pelas planícies adjacentes). Nesta pesquisa, optou-se por delimitar a base pelos critérios de áreas planas (declividade inferior a 10%), conforme a metodologia de Soares-Filho et al. (2014) e Souza (2021). Apesar de se saber que os maciços de Joaçaba não possuem planícies extensas e significativas em seu entorno, empregou-se esta metodologia para áreas planas como um teste. Foi identificado que as áreas que possuíam declividade menor que 10% eram apenas a base do maciço adjacente ao rio do Peixe e os topos aplainados, consequência do relevo em camadas de derrames com estrutura concordante horizontal.

Assim, para delimitar a base dos maciços da área de estudo de Joaçaba foi utilizada a cota da depressão mais baixa ao seu redor que na maior parte é delimitada pelos fundos de vales mais escavados, ou seja, se utilizou o critério do espelho d'água adjacente determinado pelo Código Florestal de 2012. Este relevo também apresenta a característica estrutural de suas elevações serem escalonadas (em patamares), dificultando a delimitação da base onde não há fundo de vales. Assim, é necessário conhecer as especificidades dos relevos estruturais, como é o caso deste que é tabular, para delimitar a base dos maciços.

A identificação dos cumes nos maciços em Florianópolis foi realizada a partir das curvas de níveis de 10 metros, enquanto para os maciços de Joaçaba, essa equidistância entre as curvas de nível não definia todos os topos do relevo e, conseqüentemente, nem todas as elevações que este apresentava. Por ser um relevo diferente dos de rochas cristalinas de Florianópolis com topos em cristas, os relevos de Joaçaba possuem os topos mais aplainados, assim a curva de nível de 10 metros não serviu para determinar elevações importantes, que passaram a consideradas como parte de elevações menores. Então, os cumes foram delimitados por curvas de níveis de 5 metros, apresentando ainda áreas consideráveis em termos de extensão de área para serem caracterizados como tais (no caso da presente pesquisa, considerado como acima de 100 m²).

Se os cumes dos maciços de Florianópolis fossem identificados com curvas de nível de 5 metros, provavelmente haveria um número maior deles do que aqueles que foram identificados com a curva de nível com equidistância de 10 metros. Isto ocorreria pelo fato de que as selas mais sutis, que se encontram nos topos em crista, seriam consideradas na segmentação das elevações, evidenciando os cumes de menores proporções (mas talvez não insignificantes). Desta forma, não há possibilidades de aplicar uma metodologia automatizada e quantitativa, por isto é necessário uma análise qualitativa.

É importante destacar que os resultados encontrados nesta pesquisa referentes ao maciço de Jurerê são diferentes aos apresentados por Souza (2021) em sua pesquisa. Isto ocorre pelo fato das diversas interpretações de quem aplica a norma, diante da existência de imprecisões na legislação ambiental.

Testes referentes à segmentação das elevações precisaram ser feitos tanto nos maciços de Florianópolis quanto nos de Joaçaba, pelo fato de que a delimitação dos cumes é proporcionalmente influenciada pelo tamanho mínimo das bacias hidrográficas. Sendo assim, quanto menor o tamanho das bacias de contribuição utilizado, mais segmentada será essas bacias e mais cumes poderão ser identificados (Quadro 2). Esta grande quantidade de cumes

identificados poderá fazer com que ombreiras sejam identificados como elevações e ocasionar maior extensão de APPs em topo de morro.

Quadro 2 - Comparação da segmentação das bacias, topos identificados e área de APPs em topo de morro em relação aos maciços estudados

	Tamanho mínimo das bacias (pixeis)	Cumes e elevações identificados	Área de APP em topo de morro (Km²)	APP quanto à área total do maciço (%)
Maciço de Jurerê	500	11	1,14	34,13
Maciço do Morro da Cruz	15.000	11	1,2	16,28
	500	17	1,45	19,54
Maciço da Pedreira	5.000	10	4,5	41,47
Maciço do Aeroporto	64.000	16	16,72	35,31
	8.000	43	17,07	36,8

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Conforme os critérios de delimitação de APP em topos de morro do Código Florestal Revogado e a Resolução Conama n.º 303/2002, todos os maciços presentes na área de estudo de Florianópolis e Joaçaba apresentaram APP em topos de morro, sendo que apenas uma elevação do maciço do Aeroporto (Elevação 43) não possuiu APP.

As APPs em topo de morros fragmentadas no maciço do Aeroporto pode indicar que não é com qualquer tamanho de bacias que se deve trabalhar para delimitar as APPs. Ao ser utilizada a segmentação de 64.000 pixeis, determinadas elevações não eram consideradas como tal, enquanto ao ser utilizado o valor de 8.000 pixeis, houve o aumento do número de elevações, porém pode ter acontecido de terem sido acrescentadas ombreiras (que são segmentos planos das encostas) como elevações individualizadas, aumentando assim a área de APPs em topo de morros. De fato, observou-se um aumento da área protegida como APP em topo de morros no maciço do Aeroporto entre a segmentação de bacias de 64.000 pixeis e de 8.000 pixeis. Como o relevo da região de Joaçaba é tabular, isto é bem possível de ter ocorrido.

Mesmo as áreas de estudo sendo composta por maciços com relevos diferentes (estrutura de rochas cristalinas e relevo em camadas de derrame com estrutura concordante horizontal), segundo os critérios do Código Florestal de 2012, nenhuma de suas elevações apresentaram APP em topo de morro. O fator limitante para todas as elevações foi a declividade média, resultado este concordante com a situação que os autores Francelino e Silva (2014), Oliveira, Fernandes Filho (2013) evidenciaram em suas pesquisas.

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou discutir as limitações de aplicação das Áreas de Preservação Permanente em topos de elevações de acordo com a realidade do relevo e sua diversidade no território catarinense, considerando o nível de proteção conferido a esses espaços territoriais pelos Código Florestal Revogado (1965) e o Código Florestal Atual (2012). Para isto foi utilizado como estudo de caso os relevos esculpidos em rochas cristalinas em Florianópolis (maciço de Jurerê e maciço do Morro da Cruz) e os relevos tabulares de derrames de lavas basálticas, localizados no município de Joaçaba (maciço da Pedreira e maciço do Aeroporto), no oeste catarinense.

Para a análise da área de estudo foi necessário reconhecer os critérios dos dois últimos códigos florestais e como se aplicam nos recortes escolhidos. Por exemplo, como deveria ser considerada a base da elevação em cada relevo (base delimitada por tipologias planas ou por relevo ondulado). As bases dos maciços de Jurerê e Morro da Cruz foram delimitadas pelo plano horizontal (pelas planícies adjacentes), e os da Pedreira e do Aeroporto pelos fundos de vales adjacente (critério de relevos ondulados como depressão mais baixa ao seu redor).

Mesmo a metodologia de topologias planas de Soares-Filho et al. (2014) e Souza (2021) não sendo recomendável para mapear elevações que não possuem planície adjacentes, realizou-se o teste na área de estudo de Joaçaba para comparar com a área de estudo de Florianópolis. A base identificada nos maciços de Joaçaba foi apenas a parte de cada maciço localizada nas margens do rio do Peixe, no restante do maciço não foi possível delimitar uma base por este critério. Foi interessante verificar que diferente dos estudos de caso em Florianópolis, as áreas planas mais extensas em Joaçaba eram na verdade encontradas nos topos dos maciços estudados. Isto é muito característico de relevos com estrutura concordante horizontal (relevo tabular) que é o tipo de relevo do oeste de Santa Catarina, onde se encontra Joaçaba.

Além disso, foi necessário realizar vários testes para identificar os cumes e elevações dos maciços nos dois estudos de caso. O tamanho mínimo de bacias (ou seja, área de contribuição) utilizado na segmentação influencia diretamente no número de cumes e elevações identificados nos maciços. Desta forma, buscou-se definir um padrão para utilizar como tamanho mínimo das bacias a ser aplicado em cada maciço, usando uma porcentagem mínima de 0,1% dos pixels total de cada maciço. Sendo assim, para o maciço de Jurerê, o tamanho mínimo das bacias hidrográficas seria de 10.000; o maciço do Morro da Cruz seria 15.000; o maciço da Pedreira, 5.000; e o maciço do Aeroporto, 64.000 pixels.

O uso desta porcentagem mínima foi válida para o maciço do Morro da Cruz e o da Pedreira. Enquanto isso, as bacias geradas não completaram a área do maciço de Jurerê, sendo necessário utilizar 500 pixels para que o resultado fosse satisfatório. O maciço do Aeroporto apresentou outro resultado, quanto utilizado 0,1% dos pixels totais, as bacias completaram a área do maciço, porém ao identificar os cumes e suas elevações, notou-se que muitas elevações não foram individualizadas, assim o tamanho mínimo de bacias utilizado foi de 8.000 pixels. Por mais que o maciço do Morro da Cruz tivesse um bom resultado de segmentação de elevações utilizando 15.000 pixels, também se apresentou os resultados da segmentação usando 500 pixels (tamanho satisfatório ao maciço de Jurerê) para uniformizar os procedimentos metodológicos nos dois maciços. Com isto verificou-se que o número de cumes e elevações no maciço do Morro da Cruz aumentava.

Também foi interessante observar que o tamanho mínimo de bacias utilizado na segmentação influencia diretamente na extensão de APP em topo de morro presente em cada maciço. Assim, quanto mais segmentadas forem as bacias (menor tamanho de bacias utilizado) seguindo os critérios estabelecidos na Resolução Conama n.º 303/2002, maior será a extensão de APP em topo de morro. Por exemplo, tem-se o maciço do Aeroporto, que obteve 1,2 Km² de APP com a segmentação de 15.000 pixels (tamanho maior de bacias, segmentação menor), enquanto apresentou 1,45 Km² de APP na segmentação de 500 pixels (bacias com menor tamanho, maior segmentação). O maciço do Morro da Cruz também possuiu resultado semelhante, com 15.000 pixels, foram delimitados 1,2 Km² de APP (16,28% da área do maciço), enquanto quando utilizado 500 pixels, a área de APP aumentou para 1,45 Km² (19,54% da área total do maciço).

Deste modo, qual a melhor proposta de tamanho a ser utilizado na geração das bacias? Isto irá depender das testagens realizadas somadas à análise do relevo a fim de reconhecer se alguma elevação não foi identificada como tal. No maciço do Aeroporto, quando utilizado o tamanho de 64.000 pixels, pôde-se perceber que a APP de uma única elevação ficou fragmentada em dois trechos, isto evidenciou que poderia ocorrer a segmentação desta elevação em duas. Quando se utilizou 8.000 pixels como tamanho mínimo das bacias e dividiu-se a elevação em questão, outra elevação apresentou a mesma fragmentação, porém a segmentação dela resultaria considerar uma ombreira como elevação e aumentando em demasia a área de APP em topo de morro. Portanto, deve-se tomar muito cuidado com o exagero de segmentações e se conhecer muito bem o relevo em que se está trabalhando.

Como a legislação ambiental apresenta a existência de imprecisões, provocando diferentes interpretações, nesta pesquisa utilizou-se o ponto de sela, como critério do Código Florestal de 2012, apenas para o cálculo do terço superior em relevos de terras altas, e não como referencial para o cálculo de altura e declividade, sendo estas determinadas pela base real das elevações (planície, espelho d'água, depressão mais baixa...). Isto corrobora com o que Victoria (2010) defende em sua pesquisa: o ponto de sela não pode ser considerado como a base (altura mínima) de uma elevação pois o ponto de sela é um local em que predominam processos erosivos, enquanto a base da elevação deve predominar processos de sedimentação.

Na comparação do grau de proteção entre os códigos florestais, segundo os critérios do Código Florestal Revogado e da Resolução Conama n.º 303/2002, todos os maciços analisados apresentaram APP em topo de morro em todas suas elevações, com exceção da elevação 43 do maciço do Aeroporto, pois não apresentava altura suficiente. Em relação aos critérios estabelecidos para a delimitação de APPs em topo de morros pelo Código Florestal de 2012, nenhum dos maciços estudados foram aptos a apresentar APP em topo de morros, sendo que o fator que mais limitou esta delimitação foi a declividade média. Assim, tanto os maciços do relevo em estrutura concordante horizontal (relevo tabular), quanto de relevo cristalino tiveram sua proteção no terço superior reduzida a zero.

As áreas protegidas também foram analisadas em relação as fisionomias de relevo nos estudos de caso. Na área de estudo de Florianópolis, mesmo que os maciços de Jurerê e do Morro da Cruz sejam modelados no mesmo tipo de relevo estrutural, relevo cristalino em rochas graníticas, apresentam formas e topos distintos. O maciço do Morro da Cruz possui rochas mais resistentes em seus topos de cristas, produzindo pontos de selas menos escavados que o maciço de Jurerê. Já o maciço de Jurerê tem seus topos compostos por rochas menos resistentes, com selas mais escavadas pelos agentes modeladores do relevo, formando cumes mais salientes.

Os dois maciços de Joaçaba são caracterizados por apresentarem superfície aplainada modelada em camadas de derrames de lavas com estrutura concordante horizontal, que foram dissecados pelos rios afluentes do rio do Peixe (rio principal). A dissecação do relevo resultou na individualização de topos em suas superfícies. O maciço do Aeroporto apresenta suas elevações escalonadas em patamares (degraus), expondo diferentes camadas de derrames. Os topos destes maciços apresentam pequena extensão e amplitude altimétrica em relação à superfície aplainada presente no alto dos maciços.

Diante dos resultados obtidos, pode-se perceber que cada relevo possui suas especificidades que irão refletir na delimitação de APPs em topo de morros, assim é importante

reconhecer que é necessário analisar o tipo de relevo e suas particularidades, contrariando os métodos automáticos muitas vezes utilizados na delimitação dessas áreas, quando não passam posteriormente por uma análise detalhada do relevo. Também é necessário aprofundar as pesquisas sobre a aplicação dos critérios de Áreas de Preservação Permanente, em especial APPs em topo de morros, levando em consideração os aspectos geológicos e geomorfológicos de detalhe.

Como o Código Florestal de 2012 tornou a delimitação de APPs em topo de morros mais genéricas que a legislação anterior, tornando o texto legislativo confuso e possibilitando diversas interpretações, principalmente sobre os conceitos geomorfológicos, é imprescindível que o Código Florestal de 2012 seja regulamentado por uma resolução criada por profissionais que entendam dos diferentes relevos e de suas necessidades de proteção.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. **Projeto Brasileiro para o ensino de Geografia: Formas de relevo**. São Paulo: EDART, 1975.

ALMEIDA, André Quintão de; BERGER, Bruno. Comparação entre áreas de preservação permanente demarcadas a partir de diferentes escalas topográficas. *In*: MORAIS, Andréa Castro de; SANTOS, Alexandre Rosa dos (orgs.). **Geomática & Análise Ambiental: Aplicações práticas**. Vitória, ES: EDUFES, 2007. 19 – 39.

BARROS, Kelly de Oliveira. **Anatomia de um crime ambiental**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3954464. Acesso em: abr. 2020.

BORGES, Raphael De Oliveira; NEVES, Cleuber Barbosa das; CASTRO, Selma Simões de. Delimitação das áreas de preservação permanente determinadas pelo relevo: aplicação da legislação ambiental em duas microbacias hidrológicas no estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, p. 109–114, 1 fev. 2012. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/263>. Acesso em: mar. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Approva o código florestal que com este baixa. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm. Acesso em: nov. 2020.

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Código Florestal de 2012. Brasília, DF: Presidência da República, 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm. Acesso em: nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986**. Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal de 2012. Brasília, DF: Presidência da República, 1965. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7511-7-julho-1986-368051-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: maio 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: nov. 2020.

BRASIL. **Medida Provisória nº 1956-50/2000, de 26 de maio de 2000.** Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 [...]. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/antigas/1956-50.htm. Acesso em: maio 2021.

BRASIL. **Resolução Conama nº 4, de 18 de setembro de 1985.** No uso das atribuições que lhe conferem a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 [...]. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 1981. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1985_Res_CONAMA_4.pdf. Acesso em: out. 2021.

BRASIL. **Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>. Acesso em: nov. 2020.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia.** Funape. [S.I.]: [2005]

COTA, Maisa de Almeida. **Áreas de Preservação Permanente (APPs) – As Resoluções Conama e o papel das técnicas de Geoprocessamento na delimitação das classes de preservação.** 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-7ENGMX>. Acesso em: mar. 2021.

COTA, Maisa de Almeida; MOURA, Ana Clara Mourão. Áreas de preservação permanente (APP) - estudo de caso sobre o parâmetro declividade e as divergências nos resultados de mapeamento em função das bases cartográficas e escalas e/ou softwares utilizados. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais** [...]. [S.I.]: INPE, p. 3697-3704. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.10.38?ibiurl.backgroundlanguage=pt-BR>. Acesso em: mar. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da 10. Reunião técnica de levantamento de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. 83 p. EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1. Disponível em: <http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00006739_001.pdf>. Acesso em: jun. 2022.

EUGENIO, F. C. et al. Confronto do Uso e Cobertura da Terra em Áreas de Preservação Permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Alegre no Município de Alegre, Espírito Santo. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 17, 2010. Disponível em: <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjVz>

8zYmPr5AhUbGrkGHVDFCj0QFnoECAQQAQ&url=http%3A%2F%2Fferramentas.unipinh.al.edu.br%2Fengenhariaambiental%2Finclude%2Fgetdoc.php%3Fid%3D1181%26article%3D424%26mode%3Dpdf&usg=AOvVaw1uHP66ZJzOkwov2GpHCvUv. Acesso em: mar. 2022.

FERNANDES, Fernando Hiago Souza; MOREIRA, Adriana Aparecida; COSTA, André de Oliveira; NERY, César Vinícius Mendes. Delimitação das áreas de preservação permanente no município de Monte Azul/MG. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria. v. 14, n. 1, p. 154–165, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15310/0#:~:text=Os%20resultados%20da%20delimita%C3%A7%C3%A3o%20das,0%2C51%25%20de%20toda%20a>. Acesso em: mar. 2021.

FRANCELINO, Márcio Rocha; SILVA, José de Arimatea. Impacto da inclinação média na delimitação de área de preservação permanente. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro v. 21, n. 4, p. 441–448, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872014000400003&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: mar. 2021.

GASPARINI, Kaio Allan Cruz. et al. Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas na Identificação de Conflitos do Uso da Terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro. v. 20, n. 3, p. 296–306, 2013. Disponível em: <http://floram.org/doi/10.4322/floram.2013.030>. Acesso em: out. 2020.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo Dicionário geológico geomorfológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B6OhB-rR8bMgbmtSbEdzeEpGZIE/edit>. Acesso em: nov. 2020.

GUIMARÃES, Felipe Silva; MOREIRA, Alecir Antônio Maciel. As Áreas 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**, Uberlândia, v. 19, n. 67, p. 175-187, set. 2018. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/39262>. Acesso em: jan. 2020.

GUTH, Peter. L.; NIEKERK, Adriaan Van; Grohmann [...]. Digital Elevation Models: Terminology and Definitions. **Remote Sensing**, v. 13, n. 18, p. 3581, 8 set. 2021.

HERRMANN, Maria Lúcia de Paula; ROSA, Rogério de Oliveira. Geomorfologia. In: IBGE. DIGEO. **Mapeamento Temático do município de Florianópolis**. Florianópolis, IPUF, 1991.

HOTT, Marcos Cicarini; GUIMARÃES, Marcelo; MIRANDA, Evaristo Eduardo de. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3061-3068. Disponível em:

<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.13.47.22/doc/3061.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

HOTT, Marcos Cicarini; GUIMARÃES, Marcelo; MIRANDA, Evaristo Eduardo de. Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topo de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Embrapa Monitoramento por Satélite**, Documentos, 34. p. 1–32, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/31382/metodo-para-determinacao-automatica-de-areas-de-preservacao-permanente-em-topos-de-morros-para-o-estado-de-sao-paulo-com-base-em-geoprocessamento>. Acesso em: jul. 2021.

LUIZ, Edna Lindaura. Geomorfologia. In: Santa Catarina. Secretaria de Estado do Planejamento. Diretoria de Estatística e Cartografia; Isa de Oliveira Rocha. (Org.). **Atlas geográfico de Santa Catarina: diversidade da natureza**. Fascículo 2ª ed. Florianópolis: Editora da UDESC, 2016, v. 2, p. 91-108.

LUPPI, Alixandre Sanquetta Laporti; DOS SANTOS, Alexandre Rosa; EUGENIO, Fernando Coelho; FEITOSA, Lorena SntlAnna. Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva, ES. Seropédia-RJ, **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 13–22, mar. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872015000100013&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: out. 2020.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do, SOARES, Vicente Paulo; RIBEIRO, Carlos Antonio Álvares Soares Ribeiro; SILVA, Elias. Delimitação automática de áreas de preservação permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005a, Goiânia. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2289-2296.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do; SOARES, Vicente Paulo; RIBEIRO, Carlos Antônio Álvares Soares; SILVA, Elias. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 207–220, 30 jun. 2005.

NEVES, Cleuler Barbosa das, et al. Análise das relações entre solos, relevo e a legislação ambiental para a delimitação das áreas de preservação permanente: o exemplo da alta bacia do ribeirão João Leite, Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, jan./jun. v. 10, n. 1, p. 3–21, 26 nov. 2009b. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/113>. Acesso em: out. 2020.

NOWATZKI, Alexei.; SANTOS, Leonardo. José. Cordeiro.; PAULA, Eduardo. Vedor de. Utilização do SIG na Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's) na Bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, p. 107–120, abr. 2010.

OLIVEIRA, Carlos Magno Moreira de; CESSA, Raphael Maia Alveiro; OLIVEIRA, José Ângeles Moreira de. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em Diferentes Resoluções Espaciais. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 43, n. 1, p. 171–180, 30 mar. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufjr.br/index.php/aigeo/article/view/34107>. Acesso em: mar. 2021.

OLIVEIRA, G. D. C. **Precisão de modelos digitais de terreno, mapeamento automático de APPS em topos de morros e a eficácia do Novo Código Florestal**. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição das Plantas), Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/6455>. Acesso em: mar. 2021.

OLIVEIRA, Guilherme de Castro; FERNANDES FILHO, Elpídio Inácio. Metodologia para delimitação de APPs em topos de morros segundo o Código Florestal de 2012 brasileiro utilizando sistemas de informação geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4443-4450. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.11.13> Acesso em: mar. 2020.

OLIVEIRA, Marcelo Jorge de. **Proposta metodológica para delimitação automática de APPs em topos de morros e em linhas de cumeada**. (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Marcelo-Jorge-de-Oliveira.pdf>. Acesso em: mar. 2021.

PAES, Fernanda da Silva; DUPAS, Francisco Antônio; SILVA, Fernando das Graças Braga da; PEREIRA, Júlio César Domingos. Áreas de Preservação Permanente e sua Importância Ambiental na Prevenção da Perda de Solo por Erosão em Bacias Hidrográficas. **Geografia**, v. 39, n. 2, p. 315–362, fev. 2014. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/9325>. Acesso: fev. 2022.

PELUSO JUNIOR, Victor Antônio. O relevo do território catarinense. **Geosul**, v. 2, p. 63, 1986. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12550>. Acesso em: nov. 2021.

PELUZIO, Telma Machado de Oliveira, et al. (org.). **Mapeamento de áreas de preservação permanente no ArcGIS 9.3**. Espírito Santo: CAUFES, 2010. Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_Mapeamento_APPs_ArcGIS93/Livro_Mapeamento_APPs_ArcGIS93.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.

PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos da Geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=281427&view=detalhes>. Acesso em: dez. 2020.

PISÓN, Eduardo Martinez de; TELLO, Blanca (cords.). **Atlas de geomorfología**. Madri: Alianza Editorial, 1986.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares, et al. Áreas de preservação permanente: espaços (im)possíveis. **Ambiência**: Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, v. 6, n. Especial, p. 93–102, 2010a. Disponível em: <https://sumarios.org/artigo/%C3%A1reas-de-preserva%C3%A7%C3%A3o-permanente-esp%C3%A7os-imposs%C3%ADveis>. Acesso em: mar. 2021.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares, et al. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203–212, 2005.

RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares et al. Valoração das Áreas de Preservação Permanente na Bacia do Rio Alegre-ES. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.17, n. 1, p. 63-72, 2010b.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa Geodiversidade do Estado de Santa Catarina** - 2010. [s.i.]: CPRM, 2010. 1:500.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14712>. Acesso em: nov. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina** – 2014. [s.i.]: CPRM, 2014. 1:500.000. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17996?show=full>. Acesso em: jun. 2022.

SILVA, Antônio Soares da. Mineração e áreas de preservação permanentes (APPs) em Santo Antônio de Pádua - RJ. **Sociedade & Natureza**, v. 23, n. 2, p. 173–185, ago. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132011000200002&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: nov. 2020.

SILVA, J. L. G. et al. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em topo de morro utilizando o Qgis. **Selper**, 2016. Disponível em: <https://goo.gl/CsyKX9>. Acesso em: maio 2021.

SOARES-FILHO, Britaldo, et al. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 25 abr. 2014. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1246663>. Acesso em: jun. 2021.

SOUZA, Juliana Mio De. et al. Qualidade geométrica das ortofotos e modelo digital de terreno do levantamento aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina Estudo de caso: Microbacia Alto Cubatão. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais...** Em: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Santos - SP: INPE, 28 maio 2017. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2017/10.23.19.28.22?linktype=relative>. Acesso em: fev. 2022.

SOUZA, Kleber Isaac Silva de. **Definição de áreas de preservação permanente com função de proteção aos recursos hídricos naturais**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/222076>. Acesso em: jun. 2021.

STRAHLER, Arthur N. **Geografía Física**. 7. Ed. Tradução Ana Maria Guilló e José Francisco Albert. Barcelona: Omega, 1984.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes (org.). **Terra: feições ilustradas**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

TOMAZOLLI, Edison Ramos; PELLERIN, Joel Robert Georges Marcel. **Mapa geológico da ilha de Santa Catarina**. Projeto Atlas geológico-geomorfológico da Ilha de Santa Catarina. Departamento de Geociências-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2014. Escala 1:50.000. Disponível em: <https://lmo.ufsc.br/mapa-geologico-da-ilha-de-santa-catarina/>. Acesso em: jun. 2021.

TOMAZZOLI, Edison Ramos; PELLERIN, Joel Robert Georges Marcel; HORN FILHO, Norberlo Olmiro. Geologia da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Geociências**, v. 37, n. 4, p. 715–731, 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11656>. Acesso em: out. 2020.

VICTORIA, Daniel de Castro. Influência da escala em uma metodologia de delimitação automática de áreas de preservação permanente em topo de morro e montanha e adaptação do método para escalas detalhadas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, n. 3, p. 479 - 488, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/296994688_Influencia_da_resolucao_espacial_de_Modelos_Digitais_de_Elevacao_na_delimitacao_automatica_de_Areas_de_Preservacao_Permanente_em_topos_de_morros. Acesso em: mar. 2021.

VICTORIA, Daniel de Castro, et al. Delimitação de áreas de preservação permanente em topos de morros para o território brasileiro. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 66 - 72, 2008. Disponível: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/17750/delimitacao-de-areas-de-preservacao-permanente-em-topos-de-morros-para-o-territorio-brasileiro>. Acesso em: fev. 2021.

VIEGAS, Daniela. et al. Caracterização das áreas de preservação permanente no município de Picada Café-RS de acordo com o novo código florestal brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, set./out. v. 66, n. 5, p. 107–128, 2014.

VIERO, Ana Claudia; Diogo Rodrigues Andrade da (EDS.). **Programa Geologia do Brasil (Levantamento da geodiversidade: Geodiversidade do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM, 2016. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14712>. Acesso em: nov. 2021.