

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

NATÁLIA PIETZSCH

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA APLICADA PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA  
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE MARGEM DE RIO E APP DE TOPO  
DE MORRO, UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO,  
CONFORME DIRETRIZES DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO.**

Porto Alegre

2013

NATÁLIA PIETZSCH

**PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE METODOLOGIA APLICADA PARA  
DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DE  
MARGEM DE RIO E APP DE TOPO DE MORRO, UTILIZANDO FERRAMENTAS  
DE GEOPROCESSAMENTO, CONFORME DIRETRIZES DO NOVO CÓDIGO  
FLORESTAL BRASILEIRO.**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Alfonso Risso

Co-orientador: Msc. Doutorando Fernando Mainardi Fan

Porto Alegre

2013

Dedico esse trabalho a todos que contribuíram para minha formação pessoal e profissional e que me ajudaram a alcançar com êxito esse objetivo. Agradeço especialmente aos meus pais e namorado que acompanharam toda essa trajetória e aos meus professores orientadores que se dedicaram enormemente para obtermos sucesso. Agradeço aos meus amigos que compreenderam minhas ausências e se fizeram presentes em todo esse período.

## RESUMO

Este trabalho propõe e avalia criticamente duas metodologias: a primeira para delimitação de Área de Preservação Permanente (APP) em margens de cursos d'água e, a segunda, para delimitação de APP em topos de morro, ambas utilizando sistemas de informações geográficas e diferentes bancos de dados, possibilitando a comparação entre os resultados obtidos. A metodologia para APP de margem de rio proposta neste estudo é inédita e, para exemplificação, foi aplicada nas Bacia do Rio Ituim e Bacia do Rio Caverá, ambas utilizando imagens SRTM com resolução de 90 metros. Resultados satisfatórios foram obtidos, apresentando como resultado final a área total correspondente à essa APP, porém a metodologia não apresenta utilidade para localização exata destas áreas de preservação. A metodologia para delimitação de APP em topo de morro foi baseada numa metodologia preexistente. Portanto, houve um foco maior na discussão dos seus resultados. Para exemplificação da sua aplicação utilizou-se duas bases de dados no município de Porto Alegre: a primeira foi a Base Altimétrica Vetorial Contínua, que permitiu a interpolação de um MDE com resolução de 10 metros e, a segunda, matriz SRTM com resolução de 90 metros. Aplicando a metodologia sugerida neste trabalho não foram encontradas APP na área de estudo para ambas as bases de dados. Esse resultado justifica-se pelo conceito de base do morro que, pela Lei 12.651/12, é um plano horizontal que corta o ponto de sela mais próximo do cume. Esta conceituação praticamente inviabiliza a existência de APP em topo de morro, pois, nestas condições, poucas elevações atingem diferença de cota superior a 100 metros entre o cume e a base. Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o fomento ao estudo de padronização das metodologias para delimitação de APP, visto que realiza análises críticas quanto às metodologias, pouco comum às bibliografias estudadas. Com isso, contribui para o questionamento dos bancos de dados utilizados atualmente, para a identificação de melhorias ao texto da Lei nº 12.651/2012 e apresentação de resultados com qualidade para subsidiar trabalhos futuros nesta área de estudo.

Palavras-Chaves: Área de Preservação Permanente, Código Florestal, Sistema de Informação Geográfica, Topo de Morro, Margem de Cursos D'água.

## ABSTRACT

This study proposes and evaluates critically two methodologies: the first to delimit of Permanent Preservation Areas ( APP ) on the margins of stream, and the second, to delimit the APP on hilltops, both using geographic information systems and different database, allowing comparison of the results obtained. The methodology proposed in this study for margins of stream is unprecedented and, for exemplification, had applied to the River Ituim and River Caverá, both using SRTM images with a resolution of 90 meters. Satisfactory results had obtained, to calculating the APP's total area, but the methodology has no use for exact location of these conservation areas. The methodology for delineation of APP in hilltop had based on a preexisting methodology. Therefore, the focus was on the discussion of its results. For exemplification of your application, we had used two databases in Porto Alegre: the first was the Basis Altimetric Vetorial Continuous, which allowed the interpolation of a DEM with a resolution of 10 meters and the second was a resolution of SRTM 90 meters. Applying the methodology suggested in this paper were not APP found in the study for both databases. This result is justified by the basic concept of that hill, by Law 12.651/12, is a plan that cuts the nearest inflection point. This conceptualization practically excludes the existence of APP at the top of the hill, because in these conditions, only few elevations reach difference between the top and base quota more than 100 meters. The results of this study contribute to promoting the study of standardization of methodologies for delimitation of APP, since conducts critical methodologies reviews, unusual in the bibliographies studied. Thus, it contributes to the questioning of the databases currently used, to improvements to the text of Law 12.651/2012 and presentation quality results to support further work in this area of study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - APP de acordo com a largura dos rios.....	23
Figura 2 - Linha do tempo indicando os eventos realizados e/ou às promulgações de Leis ou Decretos com impacto na preservações da florestas, recursos hídricos e meio ambiente. ....	27
Figura 3 - Ponto de Sela (Fonte: CORTIZO, 2007).....	29
Figura 4 - Ponto de Sela (Fonte: CORTIZO, 2007).....	30
Figura 5 - Região do Uruguai (Fonte:FEPAM).....	36
Figura 6 - Região do Guaíba (Fonte: FEPAM) .....	37
Figura 7 - Bacia Rio Caverá.....	39
Figura 8 - Bacia Rio Ituim.....	40
Figura 9 - Porto Alegre .....	41
Figura 10 - Áreas de Estudo.....	42
Figura 11 - Gráfico Largura do Trecho x Área para a Bacia do Rio Caverá.....	49
Figura 12 - Arquivos KMLs exportados para o Google Earth .....	50
Figura 13 – Zoom na medição da Largura do Rio no Ponto 4 (L4). A linha azul corresponde à hidrografia da região e a linha vermelha corresponde ao trecho medido. ....	51
Figura 14 - Medição da Largura do rio no Ponto 4 (L4) É possível visualizar incompatibilidade entre o trecho do rio delimitado no ArcGIS e o trecho do rio da imagem de satélite. ....	51
Figura 15 - Zoom no mapa Raster com as classes de rios da Bacia Rio Caverá. Preto representa rios com menos de 10m e Verde representa os rios com larguras entre 10 e 50 metros.....	54
Figura 16 - Zoom no mapa final com a APP total da Bacia Rio Caverá para margem de rios.	54
Figura 17 - APP final de margem de rio Bacia do Caverá.....	63
Figura 18 - APP final de margem de rio Bacia do Ituim.....	64
Figura 19 - Morro identificados com diferença de cota superior a 100m.....	66
Figura 20 - Pontos de Sela e Topo de Morro - SRTM.....	67
Figura 21- Resultado para Base Altimétrica Vetorial Contínua.....	69
Figura 22 - Forte índice de vegetação que impossibilita a visualização do curso do rio. (Fonte: Google Earth).....	71

Figura 23 - Em azul, o rio gerado pela rede de drenagem do ArcGIS (Fonte: Google Earth).	71
Figura 24 - Mapa identificado as APP de margem de rio na Bacia Rio Ituim (Fonte: Google Earth).....	72
Figura 25 - Erro na delimitação da rede de drenagem e consequência na aplicação do buffer para APP. ....	73
Figura 26 – Representação, sem escala, do terreno ondulado, previamente à aplicação do pré-tratamento. ....	74
Figura 27 – Representação, sem escala, de dois cumes próximos com ponto de sela mais próximo do topo.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferenças entre o Código Florestal de 1965 e o Atual Código Florestal de 2012 – Fonte: Senado Federal. ....	20
Tabela 2 - Dados de Área drenada (em km <sup>2</sup> ) e Largura do trecho do rio (em metros). ....	48
Tabela 3 - Resumo dos passos realizados no ArcHydro para a primeira parte da delimitação de APP.....	49
Tabela 4 - Resumo dos passos realizados no ArcHydro para a segunda parte da delimitação de APP.....	53
Tabela 5 - Tabela resumo - Processo de Delimitação de APP Topo de Morro.....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CFB	Código Florestal Brasileiro
CFB/12	Código Florestal Brasileiro, Lei no 12.651/2012
MDE	Modelo Digital de Elevação
MGB-IPH	Modelo de Grandes Bacias – Instituto de Pesquisas Hidráulicas
RL	Reserva Legal
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	Formulação da Questão de Estudo	13
1.2	Justificativa	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1	Objetivos Gerais	15
2.2	Objetivos Específicos	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
3.1	Histórico do Código Florestal	17
3.2	Legislações Pertinentes	24
3.3	Metodologias apresentadas em trabalhos anteriores	28
3.4	Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica	31
3.5	APP de margem de rios	28
3.5	APP de topo de morro	28
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO</b>	<b>35</b>
4.1	Hidrografia	35
4.1.1	Regiões Hidrográficas	35
4.1.1.1	Região do Uruguai	35
4.1.1.2	Região do Guaíba	37
4.1.2	Hidrografia das Áreas de Estudo	38
4.1.2.1	Rio Caverá	38
4.1.2.2	Rio Ituim	40
4.1.2.3	Município de Porto Alegre	41
<b>5</b>	<b>PROPOSTA METODOLÓGICA</b>	<b>43</b>
5.1	Delimitação das Bacias Hidrográficas de Interesse	43

5.2	Delimitação de APP de margem de rio .....	44
5.3	Delimitação de APP de topo de morro .....	54
6	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	61
6.1	APP de margem de rio.....	61
6.1.1	Bacia Rio Caverá.....	61
6.1.2	Bacia Rio Ituim.....	61
6.2	APP de topo de morro .....	65
6.2.1	SRTM .....	65
6.2.2	Base Altimétrica Vetorial Contínua .....	67
7	DISCUSSÕES RELATIVAS ÀS METODOLOGIAS APRESENTADAS .....	70
7.1.1	APP de margem de rio .....	70
7.1.2	APP de topo de morro.....	73
8	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	76
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79

## 1 INTRODUÇÃO

Até o século XV o Brasil era um país quase totalmente coberto com vegetação nativa, onde residiam povos indígenas que usavam os recursos naturais disponíveis praticamente sem afetar de forma grave o ambiente existente, como no caso da abertura de pequenas clareiras para constituição de suas aldeias, áreas para plantação e construção de suas ocas, barcos e ferramentas.

Durante o período da Colonização, nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do país, iniciou-se o extrativismo vegetal como primeira atividade, anteriormente à descoberta das jazidas minerais. Os Portugueses encontraram na madeira a viabilidade para construção de suas cidades, navios e a capitalização financeira com a exportação do produto para Portugal. A partir de então, o extrativismo vegetal tornou-se uma constante na história econômica do Brasil.

No século XIX, o extrativismo de minérios e da vegetação foram denominados “drogas do sertão” compostos por: borracha, cacau, castanha, madeira e metais preciosos. A partir da primeira guerra mundial iniciou-se a produção do carvão nacional. O carvão e a lenha eram utilizados como combustíveis nos ciclos da cana-de-açúcar e do ouro e, até o fim da Segunda Guerra Mundial, compuseram a matriz energética do país.

Mesmo após esses períodos citados, durante toda a história do Brasil, até os dias atuais, grandes áreas foram desmatadas em prol do desenvolvimento das cidades, rodovias, indústrias, agricultura, pecuária e produção energética, sem que fosse dado a devida importância aos efeitos que poderiam causar ao meio ambiente. Segundo FAO, 2000, entre 1990 e 2000, houve o desmatamento de  $23 \times 10^6$  ha de florestas tropicais no Brasil.

*“Ao longo desses 500 anos, a área desmatada dos biomas Amazônia, Floresta Atlântica e Cerrado totalizou  $270 \times 10^6$  ha, cerca de 32% do território brasileiro. Nos últimos 50 anos, a expansão da fronteira agrícola em direção ao cerrado causou a destruição de 60% de sua área original; na metade desse tempo, a Amazônia perdeu cerca de 15% de sua área. Os remanescentes da Floresta Amazônica somam, hoje, menos de 7% da extensão ocupada à época do descobrimento (HENRIQUES, 2003)”* (Apud RIBEIRO, C. A. A. S. et al, 2005).

Apesar disso, à medida que a demanda pelas áreas florestais aumentaram, as ações direcionadas para promover melhorias no manejo das espécies vegetais continuaram sendo

implementadas de maneira consideravelmente tímida (NASCIMENTO et al., 2012). Tendo isso em vista, a Lei Federal 12.651/12 alterou o Código Florestal de 1965, com o objetivo de regularizar e resgatar a obrigação da preservação e recuperação das áreas de preservação permanente (APP).

Segundo o novo Código Florestal Brasileiro (CFB/12), a manutenção das florestas preservadas têm a função de “*assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa*” (BRASIL, 2012).

Em referência a essa mesma lei, as formações vegetais de maior importância, denominadas Áreas de Preservação Permanentes, encontram-se nas faixas marginais de qualquer curso d’água, nas áreas no entorno de lagos, lagoas, nascentes e olhos d’água perenes, no topo de morros e montanhas, encostas com declividade superior à 45°, dentre outras (art 4º - Lei 12.651/12).

Quando em formato de matas ciliares, por exemplo, são de extrema importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, pois: “*auxiliam na infiltração de água no solo, facilitando o abastecimento do lençol freático; mantém a qualidade da água, dificultando o escoamento superficial de partículas e sedimentos que causam poluição e assoreamento dos recursos hídricos; fornecem sombra, mantendo a estabilidade térmica da água; impedem o impacto direto da chuva no solo, minimizando processos erosivos, e servem de abrigo e alimento para grande parte da fauna aquática*” (LIMA e ZAKIA, 2004).

## **1.1 Formulação da Questão de Estudo**

Apesar da legislação ambiental brasileira ser considerada bastante ampla e uma das mais protecionistas do mundo (SODRÉ, 2013), alguns fatores têm contribuído para torná-la pouco ágil. Dentre esses, destaca-se a deficiência em meios e materiais para apurar com vigor, por exemplo, o cumprimento do Código Florestal Brasileiro.

Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas por meio de geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa as

deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes, (NASCIMENTO et al., 2012), tais como: conhecimento técnico, instrumentos específicos, áreas de difícil acesso e inviabilidade logística para percorrer todo o território brasileiro (OLIVEIRA et al, 2013).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) atuais dispõem de diversos recursos para uma modelagem numérica precisa e detalhada do relevo (OLIVEIRA et al., 2008). Esses modelos podem ser utilizados na proposição de metodologias para delimitação automática de APP, com base nos critérios estabelecidos pela Lei Nacional 12.651/12. Os produtos derivados a partir desses procedimentos têm substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados (RIBEIRO et al, 2005).

No entanto, o código florestal fomenta dúvidas quanto à sua aplicação, cabendo à cada um que o interpreta, analisar qual o método, programa de geoprocessamento e tipo de imagens que irá utilizar. Porém, a escolha de diferentes fatores fornecem diferentes resultados, mais, ou menos, protecionistas, o que confere a essas análises um grau de subjetividade muito grande.

## **1.2 Justificativa**

Dado o exposto, carecemos de um método padronizado, confiável e replicável para delimitação de APP, que utilize técnicas numéricas e ferramentas de SIG, que facilitem o acesso às informações das áreas mais remotas e que tratem com objetividade as diretrizes do CFB/12.

Sendo assim, este trabalho de conclusão de curso visa apresentar um método que possa, futuramente, ser utilizado como uma ferramenta eficaz para o cálculo das APP de margens de rio e topo de morro, para o auxílio à tomada de decisão de órgãos e produtores rurais, para a manutenção, recuperação e reflorestamento das APP e no fomento aos métodos de fiscalização e aplicação da lei em questão, indo ao encontro aos interesses socioambientais do Brasil.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

A realização do trabalho visa propor e analisar criticamente uma metodologia para delimitação das áreas de preservação permanentes (APP) nas margem de rios e APP de topo de morro, de acordo com as diretrizes do Código Florestal Brasileiro atual – art. 4º, Capítulo II, Lei nº 12.651/12, utilizando ferramentas de geoprocessamento e sistemas de informações geográficas.

O método proposto possui o intuito de evitar as subjetividades encontradas nos métodos atualmente utilizados e expandir o embasamento técnico e científico, principalmente, na medição da largura dos rios e cursos d'água e na escolha da base de topo de morro e montanhas para fins de cálculos de APP. A exequibilidade deste método deve independer do conhecimento prévio da região de interesse e isentar-se de levantamentos topográficos manuais convencionais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos pretendem responder às seguintes questões:

- 1 A metodologia proposta aproxima de forma satisfatória as APP em topos de Morro e nas margens dos cursos de água?
- 2 Como estes resultados podem ser utilizados na prática de futuros trabalhos com questões relacionadas ao código florestal?
- 3 Quais são os erros inerentes ao método apresentado?
- 4 Quais são as possíveis vantagens identificadas na utilização desta metodologia após a experiência de aplicação?

Adicionalmente, este estudo visa contribuir para a efetiva aplicação das diretrizes gerais de delimitações de APP do Código Florestal Brasileiro atual – art. 4º, Capítulo II –, auxiliar na tomada de decisão de órgãos ambientais e/ou empreendedores em geral e corroborar com estudos de reflorestamento em áreas desmatadas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Histórico do Código Florestal

Em 1934, durante a época conhecida como “Era Vargas”, entrou em vigor o primeiro Código Florestal Brasileiro, o qual iniciou o conceito de florestas “protetoras” tendo como principais funções: “*conservar o regime das águas, evitar a erosão da terra por ação dos agentes naturais, fixar dunas, proteger sítios que, por sua beleza, merecessem ser conservados, asilar espécies raras de fauna e flora*”, entre outras (BRASIL, 1934).

Instituiu a criação dos primeiros parques nacionais, estaduais e municipais considerados, por lei, monumentos públicos, ficando a cargo do Ministério da Agricultura localizar, classificar e delimita-los. Além disso, o código instituiu as obrigações e responsabilidade de cada órgão ambiental, município e proprietário de áreas que possuíssem áreas verdes (BRASIL, 1934).

O primeiro código florestal previu desapropriações passíveis de serem indenizadas, redução de impostos aos imóveis que mantivessem suas espécies vegetais anciãs intactas e incentivos para a conservação. Ao mesmo tempo, a lei itemizou uma série de proibições como, por exemplo, o uso de queimadas nas matas e derrubada de árvores sem prévia autorização e propôs formas de compensação vegetal (BRASIL, 1934).

O código de 1934 também criou uma Polícia Ambiental Federal com a função de coordenar, estimular e orientar as atividades dos poderes estaduais e municipais; e estabeleceu as infrações florestais, caso alguma das responsabilidades ou proibições fossem contrárias às disposições deste. Por fim, a lei estabeleceu a criação de um Fundo Florestal com recursos advindos do pagamento de contribuições de empresas e doações, no intuito de aplica-los de acordo com as exigências do conselho florestal (conselho cuja função era promover e zelar pela fiel observância do CFB de 1934) (BRASIL, 1934).

Praticamente 30 anos após a elaboração do primeiro Código Florestal, em 15 de setembro de 1965, a Lei nº 4.771 instituiu o novo Código Florestal. Ao longo dos anos o Código

de 1965 foi alterado e complementado por medidas provisórias a fim de atualizá-lo para as novas necessidades do país. Diferentemente do primeiro código, este é mais detalhista e específico, estabelecendo larguras fixas para as áreas de preservação, caracterização para identificar cada área a ser protegida, novos conceitos e definições e novas responsabilidades aos órgãos competentes e proprietários rurais.

A Lei nº 4.771/65 estabelece como Área de Preservação Permanente: “*área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das população humanas*” (BRASIL, 1965). Inicialmente, considerou-se de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a. ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
  - a. de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
  - b. igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;
  - c. de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
- b. ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c. nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
- d. no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e. nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f. nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g. nas bordas dos tabuleiros ou chapadas;
- h. em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres. (BRASIL, 1965)

Em 1986, as metragens estabelecidas inicialmente sofreram um acréscimo com a Lei nº 7.511. E, por fim, em 1989 estabeleceu-se, com a Lei nº 7.803, as definições usadas até o fim da vigência deste código. O grande diferencial foi a base usada para medir a largura dos rios. Enquanto as definições de 1965 e 1986 não especificavam como deveria ser medido a faixa marginal dos rios, a Lei de 1989 definiu esse referencial como sendo: “*ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde seu nível mais alto em faixa marginal*”, além de propor novas medidas mínimas para preservação,

O CFB de 1965 também introduziu o conceito de Reserva Legal (RL), sendo esta: “*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 1965). As áreas de RL não podem ser descontadas das áreas APP ou vice-versa.

O Código Florestal de 1965 é considerado pelos críticos um grande retalho de leis e de medidas provisórias (SODRÉ, 2013). De fato, inúmeros artigos e incisos foram modificados ao longo dos anos, com adições e alterações das redações, com a intenção de propor melhorias e adequações às mudanças na realidade econômica, agrária e ambiental do país. Além disso o código é muito questionado a respeito de sua aplicabilidade e viabilidade por ser rígido e generalista (SODRE, 2013).

Segundo o advogado e produtor rural Antonio de Azevedo Sodré, com o Código Florestal de 1965, aproximadamente 92% dos proprietários rurais estariam cometendo alguma irregularidade em função do não cumprimento dos artigos referentes à Área de Preservação Permanente, Reserva Legal e outros.

Após mais de uma década de tramitação no Congresso Nacional, longos debates e discussões, foi aprovada o Novo Código Florestal Brasileiro (CFB/12) com a Lei nº 12.651/12, alterada e complementada pela Lei nº 12.727/12 e pelo Decreto nº 7.830/12. O novo CFB, considerado uma das leis de vegetação mais protecionistas do mundo, pode ser considerada um avanço para alcançar a harmonia entre a produção agrossilvopastoris e o desenvolvimento sustentável.

Ainda assim, o CFB/12 é alvo de críticas de ambos os lados por questões polêmicas como a Anistia Ambiental – que isenta a recomposição vegetal de produtores rurais que estavam

de acordo com a lei anteriormente ao ano de 2000 - questionados pelos grupos que defendem uma maior proteção ambiental; e a manutenção nas larguras de APP na margem de rios e cursos d'água – considerado pelos proprietários rurais demasiadamente exagerados e sem comprovação científica que se justifique – e o, por eles referido, retrocesso no desenvolvimento da agricultura (SODRE,2013).

As principais mudanças entre o CFB de 1965 e o CFB de 2012 estão descritas na Tabela 1 (Fonte: Senado Federal, Sem Informação do Ano de Publicação):

Tabela 1 – Diferenças entre o Código Florestal de 1965 e o Atual Código Florestal de 2012 – Fonte: Senado Federal.

<b>DIFERENÇA ENTRE O CFB DE 1965 E O CFB DE 2012</b>		
<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>Código Florestal Anterior (Lei 4.771/65)</b>	<b>Novo Código Florestal (Lei 12.651/12)</b>
APP	Vegetação nativa de margens de rios, lagos e nascentes, tendo como parâmetro o período de cheia. Várzeas e mangues; matas e restingas; encostas; topos de morro; e áreas com altitude superior a 1.800 metros.	Vegetação nativa de margens de rios, lagos e nascentes, tendo como parâmetro o nível regular de água. Várzeas, mangues e matas de encostas, topos dos morros e áreas com altitude superior a 1.800m podem ser utilizadas para determinadas atividades econômicas agrossilvopastoris. A planície pantaneira passa a ser “área de uso restrito”, aberta a atividades econômicas específicas.
	A vegetação nativa obrigatória nas margens de rios e outros cursos d'água: 30m para matas ciliares em rios de até 10m de largura; 50m nas margens de rios entre 10 e 50m de largura, e ao redor de nascentes de qualquer dimensão; 100m nas margens de rios entre 50 e 200m de largura; 200m para rios entre 200 e 600m de largura; 500m nas margens	A vegetação nativa obrigatória nas margens de rios e outros cursos d'água: 30m para matas ciliares em rios de até 10m de largura; - Quando houver área consolidada em APP de rio até 10m e largura, reduz-se a largura mínima da mata para 15m. 50m nas margens de rios entre 10 e 50m de largura, e ao redor de nascentes de qualquer dimensão; 100m nas margens de rios entre 50 e 200m de largura; 200m para rios entre 200 e 600m de

<b>DIFERENÇA ENTRE O CFB DE 1965 E O CFB DE 2012</b>		
<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>Código Florestal Anterior (Lei 4.771/65)</b>	<b>Novo Código Florestal (Lei 12.651/12)</b>
	de rios com largura superior a 600m. 100m nas bordas de chapadas.	largura; 500m nas margens de rios com largura superior a 600m; 100m nas bordas de chapadas.
	Exige autorização do Executivo federal para supressão de vegetação nativa em APP e para situações onde for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.	Permite a supressão de vegetação em APPs e atividades consolidadas até 2008, desde que por utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental, incluídas atividades agrossilvipastoris, ecoturismo e turismo rural.
		Outras atividades em APPs poderão ser permitidas pelos estados, por meio de Programas de Regularização Ambiental (PRA), se não estiverem em áreas de riscos;
		A supressão de vegetação nativa de nascentes, de dunas e restingas somente poderá se dar em caso de utilidade pública.
RL	Na Amazônia Legal: 80% em área de florestas; 35% em áreas de cerrado. Demais regiões e biomas do país: 20%.	Na Amazônia Legal: 80% em área de florestas; 35% em áreas de cerrado, 20% em campos gerais. Demais regiões e biomas do país: 20%.
	Cálculo da Reserva Legal excetua APPs.	Cálculo da RL admite soma da APP, desde que esteja preservada ou em recomposição e não implique em mais desmatamento.

<b>DIFERENÇA ENTRE O CFB DE 1965 E O CFB DE 2012</b>		
<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>Código Florestal Anterior (Lei 4.771/65)</b>	<b>Novo Código Florestal (Lei 12.651/12)</b>
	Não prevê desobrigação de RL.	Imóveis rurais com menos de quatro módulos fiscais são desobrigados da RL, podendo limitá-la a vegetação remanescente em 22 de julho de 2008.
	Não prevê cadastramento	Permitida a exploração econômica, desde que a propriedade esteja cadastrada no Cadastro Ambiental Rural (CAR).
	Para registro da RL, a averbação se dá na inscrição da matrícula do imóvel rural no cartório de imóveis competente.	Fim da exigência de averbação da RL em cartório. A RL, porém, deverá ser registrada no Cadastro Ambiental Rural.
Áreas Consolidadas	Não contempla o conceito de área consolidada.	Estabelece o conceito de área consolidada
	Recomposição, regeneração e compensação são obrigatórias	Imóveis de até quatro módulos fiscais não precisam recompor a vegetação nativa. Quem desmatou antes de a reserva legal ter percentual aumentado (a partir de 2000) não precisa recompor além do exigido do exigido na época.
Competência para emitir licença para desmatamento	Para área da União ou empreendimento com impacto regional ou nacional, a competência é do Ibama; No caso de área de estados, órgão estadual do Sisnama; Para área municipal, órgão municipal.	Órgão federal concederá licenças no caso de florestas públicas ou unidades de conservação criadas pela União ou de empreendimentos que causem impacto nacional ou regional ao meio ambiente; No caso de área do Estado: Órgão estadual integrante do Sisnama; Órgão Municipal concederá licenças no caso de florestas públicas ou unidades de conservação criadas pelo município e por um consórcio de municípios.

<b>DIFERENÇA ENTRE O CFB DE 1965 E O CFB DE 2012</b>		
<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>Código Florestal Anterior (Lei 4.771/65)</b>	<b>Novo Código Florestal (Lei 12.651/12)</b>
<b>Punição</b>	Pena de três meses a um ano de prisão simples e multa de 1 a 100 vezes o salário mínimo;	Isenta os proprietários rurais das multas e demais sanções previstas na lei em vigor por utilização irregular, até 22 de julho de 2008, de áreas protegidas;
	Decreto 7.029/09 prevê sanções para o produtor que não tiver reserva legal averbada no registro de imóveis.	Produtor que se inscrever no CAR e aderir ao programa de regularização fundiária terá suspensas sanções administrativas.

Fonte: Web Site do Senado Federal.

De acordo com o CFB/12, as APP de áreas marginais em rios, cursos d'água e às nascentes estão representadas na Figura 1:

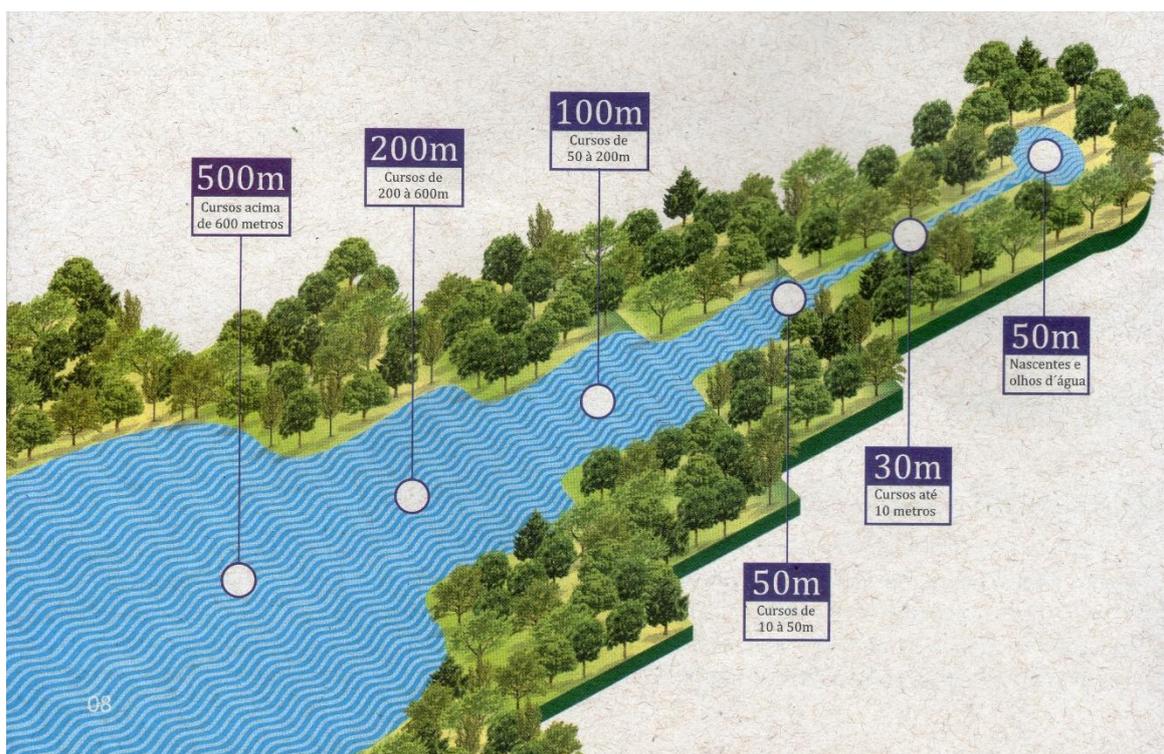


Figura 1 - APP de acordo com a largura dos rios.

Fonte: publicação do mandato do Deputado federal Elvino Bohn Gass (PT/RS).

Porém, tanto os grupos que defendem maior proteção ambiental quanto os grupo que defendem maior incentivo à produção agrícola concordam que falta ao CFB atual uma política de incentivo (SODRE, 2013): Os grupos que defendem maior incentivo à agricultura consideram importante que seja proporcionado o Pagamento por Serviços Ambientais àqueles proprietários rurais que mantiverem as suas APP e RL de acordo com a legislação, alegando que estes sofrem prejuízo pelo não uso dessas áreas.

Já, os grupos que defendem uma maior preservação ao meio ambiente, consideram inapropriado a redução da largura de reflorestamento para os pequenos produtores, alegando que se estes não possuem recursos para realizar a recuperação de 15m de mata ciliar, também não o terão para recuperação de 5m e que o governo, ao invés de diminuir esta margem, deveria oferecer incentivos para estes aplicarem de forma efetiva a lei em suas propriedades.

### **3.2 Legislações Pertinentes**

Uma breve descrição das principais legislações, regulamentos, decretos e estatutos que regem, direta ou indiretamente, a preservação das florestas e, conseqüentemente, do meio ambiente ao longo da história do Brasil é apresentado a seguir.

No artigo “Campeões de Desmatamento”, de Evaristo Eduardo de Miranda - chefe geral da Embrapa, o autor descreve sucintamente a origem das, consideradas, primeiras leis Brasileiras dentre as quais se destacam: o Regimento Pau Brasil, que garantia a exploração sustentável do Pau-Brasil; Cartas Régias que consolidavam as leis ambientais da época e o decreto de 3 de agosto de 1817 que proibia o corte de árvores nas áreas das nascentes do rio Carioca (MIRANDA, ano não informado).

Em 1911 foi promulgado o Decreto nº 8.843, que criou a reserva florestal no estado do Acre para que, segundo o texto publicado, a devastação desordenada das matas, alterações climáticas e dos regime das águas pluviais fossem impedidas, para proteger a navegação fluvial e evitar a modificação do regime hidrográfico da região (Brasil, 1911). Para isso, o decreto

criou faixas de proteção ao longo dos rios Acre, Purús, Embira e outras regiões do estado do Acre.

Em 1981, a Lei nº 6.938 de 31 de agosto, estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, que tem por objetivo “*a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana*” (Brasil, 1981). A lei classifica o Uso de Recursos Naturais como atividade potencialmente poluidora de grau médio e calcula os valores para o licenciamento, vistorias e inspeções para as atividades de manejo florestal.

Em 1988, foi estabelecida a atual Constituição Federal Brasileira, a qual em seu capítulo VI versa sobre o meio ambiente e dita as ações que incube ao poder público: “*Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações*”.

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, cria a Política Nacional dos Recursos Hídricos que, em seu art. 2º, cita como objetivo a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; e, em seu art. 3º, cita como diretriz a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo (Brasil, 1997).

Em 1998, a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro, conhecida como Lei de Crimes Ambientais dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Em sua Seção II, discorre sobre os Crimes contra a Flora e dispõe sobre as penalidades, como por exemplo: “*Art. 38. Destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção; (...) Art. 41. Provocar incêndio em mata ou floresta; (...) Art. 50. Destruir ou danificar florestas nativas ou plantadas ou vegetação fixadora de dunas, protetora de mangues, objeto de especial preservação*”, dentro outros.

Em 2002, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), aprova a resolução nº 303 que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente tendo em vista as leis nºs 4.771, de 15 de setembro e 1965, 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Esta

lei era considerada até a promulgação do CFB/12 como melhor referencial para calcula de APP em topo de morro.

E, por fim, a Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006, dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF e dá outras providências. Em seu art. 4º estabelece que: *“A gestão de florestas públicas para produção sustentável compreende: a criação de florestas nacionais, estaduais e municipais (...); a destinação de florestas públicas às comunidades locais, (...); a concessão florestal, incluindo florestas naturais ou plantadas e as unidades de manejo das áreas protegidas referidas no inciso I do caput deste artigo.”* (Brasil, 2006).

A Figura 2 apresenta cronologicamente a distribuição das legislações mencionadas nesta sessão, com o intuito de ilustrar e de facilitar a visualização em forma de linha do tempo e entender a evolução da legislação ambiental Brasileira.



### 3.3 APP de margem de rios

Considerando o que diz o novo código florestal, Lei 12.651/2012:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para efeitos dessa Lei:

I – as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluído os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular (...)”

Defino pelo CFB/12, leito regular é: “a *calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano*”. Por BATISTA DA SILVA L.D. e CARVALHO D.F.(2006) curso d’água perene é definido como sendo aquele cujo “*as fontes ou nascentes mantêm, durante todo o ano, o curso de água*”; Cursos d’água intermitente é definido como sendo aquele cujo “*as fontes ou nascentes são insuficientes para manter o curso de água durante todo o ano*”; e os Cursos d’água efêmeros são aqueles que “*ocorrem, em geral, grandes vazões durante as estações chuvosas, e o escoamento fluvial cessa nas estações secas*”.

### 3.4 APP de topo de morro

Considerando o que diz o novo código florestal, Lei 12.651/2012:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para efeitos dessa Lei:

(...)

IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, 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.”

As diferentes interpretações desta Lei e de suas antecessoras fazem parte do histórico de críticas a que o Código Florestal está submetido. Os técnicos podem elaborar metodologias para delimitação das APP, porém o essencial é a interpretação correta e estritamente numérica desta norma.

Partimos do conceito de que a base é definida pelo plano horizontal determinado por (a) planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, (b) pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação. Cortizo, 2007, aponta que as margens de uma planície ou espelho d'água, com uma superfície perfeitamente horizontal, pode ser usada como definição para formar a base de morro. Porém dificilmente iremos encontrar essa situação na prática.

Portanto, a alternativa mais viável para determinação da base do morro é o conceito de ponto de sela. *“Sabemos da matemática que existem três tipos de pontos do relevo que definem um plano horizontal: os pontos de “máximo local”, de “mínimo local” e os “pontos de sela”* (CORTIZO, 2007).

Os pontos de máximo são os topos dos morros e montanha e não podem ser usado para definir a base. Os pontos de mínimo normalmente são os espelhos d'água, que já foram definidos anteriormente. Portanto, os pontos de sela são a alternativa matematicamente possível para definir a base do morro em relevos ondulados (CORTIZO, 2007).

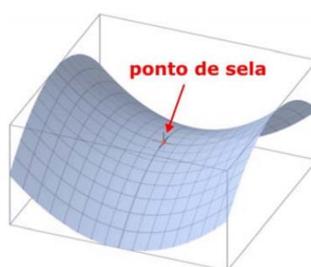


Figura 3 - Ponto de Sela (Fonte: CORTIZO, 2007)

O ponto de sela, caracteriza-se por ser o ponto de menor altimetria ao redor do morro, cuja sua tangente sempre será um plano horizontal. Porém o CFB/12 exige que seja escolhido o *“ponto de sela mais próximo da elevação”*, sendo esta a única alternativa matematicamente viável para determinação de base de morro em terrenos ondulados.

Para CORTIZO (2007) o ponto de sela é definido como sendo *“parte deprimida do relevo de uma crista montanhosa utilizadas como passagem de uma vertente para outra”*.

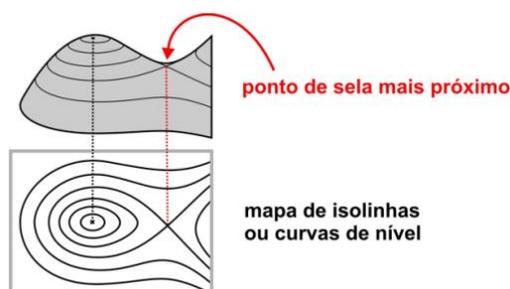


Figura 4 - Ponto de Sela (Fonte: CORTIZO, 2007).

Além da definição da base morro, outro ponto que comumente causa diferentes interpretações é a declividade média, pois, segundo Oliveira e Fernandes Filho (2013), ela pode ser calculada de diferentes formas o que irá gerar diferentes resultados, podendo estes ser facilmente manipulados.

A ferramenta “*Slope*” do programa ArcGIS, por exemplo, suaviza drasticamente o terreno, podendo por questões de centímetro descaracterizar a declividade média superior a 25°. E, como afirma, Cavalli e Valeriano (2000), a escolha da resolução do MDE também possui influência na suavização do terreno (apud Oliveira e Fernandes Filho, 2013).

Um fator importante deixou de ser levado em conta no CFB/12 que trata do agrupamento dos cumes próximos uns aos outros. Na resolução nº 303 do CONAMA é descrito:

“Art. 3º, Parágrafo único: Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menos altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

- I – agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;
- II – identifica-se o menor morro ou montanha;
- III – traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e
- IV – considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.”

Este parâmetro não é levado em conta no CFB/12, apesar de previsto na resolução CONAMA nº 303 e discutido os impactos de sua supressão em trabalhos anteriores, o que resultará em um grave problema discutido na apresentação dos resultados deste trabalho.

### **3.5 Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica**

Para melhor entendimento dos termos e embasamentos teóricos utilizados neste trabalho, a seguir são apresentados alguns resultados da área de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) quanto às vantagens e limitações do uso desses recursos na delimitação de APP.

Por exemplo, os Modelos Digitais de Elevação (MDE), são representações numéricas discretas da altimetria dentro do ambiente de um SIG. Um MDE com correspondência fidedignas ao relevo da área de estudo assegura que o escoamento superficial convirja corretamente ao longo da rede de drenagem gerada pelo mapeamento, garantido assim a sua consistência hidrológica (CHAVES, 2002).

A principal fonte de dados de elevação do terreno em escala global é a base de dados obtida pelo projeto Shuttle Radar Topographic Mission — SRTM, com 90 metros de resolução espacial. (Farr et al., 2007) e disponibilizada gratuitamente na Internet (Rabus et al., 2003; Sun et al., 2003). Outras fonte de dados altimétricos também são disponibilizadas na rede mundial (internet), como os MDE obtidos a partir da restituição de imagens ASTER, com 30 metros de resolução espacial e as bases altimétricas locais tanto vetoriais como matriciais, quando existentes.

OLIVEIRA et al. 2008, afirma que as plataformas de geoprocessamento atuais dispõem de diversos recursos para uma modelagem numérica precisa e detalhada do relevo e, que os

produtos derivados a partir desses recursos têm substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados (RIBEIRO et al., 2005), permitindo a obtenção de resultados menos subjetivos, em menor tempo e replicáveis (TRIBE, 1992), e apresentando níveis de exatidão comparáveis com os obtidos por métodos manuais (EASH, 1994).

Porém, segundo BUARQUE et al., 2009, alguns métodos fornecem melhores resultados em diferentes situações do que outros. Para definição das direções de escoamento em rios em áreas planas e em rios mais estreitos, o melhor método, dentre os mais comumente utilizados, é o Priority First Search (PFS) realizado no IDRISI. Portanto, deve-se atentar quanto ao desempenho de cada método para a operação que necessitamos realizar.

Com vistas à fiscalização da aplicação das legislações brasileiras, conferida aos órgãos públicos, OLIVEIRA et al., 2008 afirma que o uso integrado dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto, sobretudo as imagens de satélite de alta resolução espacial, tendo como referência os aspectos legais, pode permitir ao poder público verificar a exequibilidade dos projetos de desenvolvimento locais com base na legislação ambiental e na ocorrência de uso inadequado da terra.

### **3.6 Metodologias apresentadas em trabalhos anteriores**

Ao longo dos últimos anos, alguns trabalhos já foram desenvolvidos com semelhanças na metodologia apresentada neste estudo, e vêm ao encontro com os mesmos objetivos aqui descritos: delimitação de APP e fomento aos recursos de fiscalização e tomada de decisão para órgão públicos.

Assim, é de extrema importância o conhecimento prévio dos estudos anteriormente realizados para antever alguns cuidados necessários e evitar a repetição de erros, buscando inovar e melhorar os métodos já apresentados, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento de futuros trabalhos, agregando valor ao acervo bibliográfico desta área de estudo.

Em virtude do supracitado, apresenta-se a seguir uma breve compilação dos métodos utilizados por alguns autores, que obtiveram resultados significativos pautados de embasamento técnico-científico, para a delimitação de áreas de preservação permanente:

COSTA et. al., 1996 – Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG) – Este trabalho utilizou o programa IDRISI para processamento e produção dos mapas temáticos utilizando como base um mapa topográfico do IBGE com escala 1:50.000. A partir do mapa base, foram gerados dois mapas: o primeiro com curvas de nível equidistantes de 20m; e o segundo com a hidrografia e uso da terra. O trabalho utilizou a ferramenta RECLASS e DISTANCE RECLASS para as APP de margem de rios, com a largura de 30 m de APP para rios com largura inferior a 10 metros. O autor, provavelmente, possuía conhecimento prévio das larguras do rio utilizado como exemplo, em função disso não considerou larguras superiores a 10 metros. Para cálculo de base de morro, o presente estudo definiu como base de morro os locais com declive superior a 20°.

RIBEIRO et. al., 2005 – O Desafio da Delimitação de Áreas de Preservação Permanente – O presente trabalho utilizou uma base de dados estabelecida através da vetorização de fotografias aéreas 1:10.000 e posterior integração com curvas de nível com equidistância vertical de 10 metros e com a rede hidrográfica. Com essa base de dados foi gerado o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) com uma resolução de 2 metros. A identificação de morros e montanhas foi feita invertendo-se o modelo digital de elevação, sendo os topos identificados como depressões. Para cada depressão, identificou-se a respectiva bacia de contribuição cujo contorno representará, então, a base de morro ou montanha. Após isolar-se cada elevação do terreno que satisfizesse os critérios mencionados, e com base nos valores de altimetria, delimitou-se o respectivo terço superior. Este trabalho também trabalhou com APP em linhas de cumeeada e ao redor de nascentes e olhos d'água. O trabalho não especifica cada processo utilizado.

LOUZADA et. al., 2009 – Delimitação das áreas de preservação permanente de acordo com o projeto do Novo Código Florestal no entorno dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul – ES – A realização do mapeamento da área de interesse foi realizado no programa ArcGis 10.0. Para a geração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente – MDEHC, utilizado para delimitar a APP de encostas com declividade superior a 45°, foram utilizadas as curvas de níveis com equidistância de 20 em 20 m, que após a interpolação pelo

método Triangular Irregular Network (TIN), foi rasterizado e removido as depressões utilizando a função Fill. A resolução de MDEHC utilizada foi de 10 m. Para delimitação de APP de curso de água e nascentes foi utilizada a ferramenta buffer.

OLIVEIRA et. al., 2013 – Metodologia para Delimitação de APP em Topos de Morros Segundo o Novo Código Florestal Brasileiro Utilizando Sistemas de Informação Geográfica –

A delimitação das APP em topos de morro foi realizada através de uma série de processos no ArcGIS 10. A base de dados utilizada foi a MDE ASTER com resolução espacial de 1 arc seg. (aproximadamente 30 metros). O autor realizou um pré-tratamento nas imagens e determinou a base hidrológica invertendo o MDE original. Após é sugerido um passo a passo minucioso para delimitação desta APP. Como resultado, o conjunto de operações realizados foi capaz de delimitar com exatidão as APP em topos de morro na região de interesse. Este trabalho foi utilizado como base para elaboração e aplicação do método de delimitação de APP de topo de morro sugerido neste trabalho de conclusão e será posteriormente apresentado de forma detalhada.

Além desses, outros trabalhos já foram realizados buscando o mesmo resultado final: delimitações de APP. Porém não se identifica um padrão na escolha da resolução e precisão das imagens, na estação do ano que essas imagens foram geradas, na escolha dos programas de geoprocessamento, dentre outros fatores que podem alterar significativamente o resultado final obtido.

Constata-se para as APP de margem de rios: a falta de padrão metodológico para medição das larguras dos rios; e a necessidade de mais informações quanto à escolha, arbitrária ou não, dessa medida. Presume-se, nesses trabalhos, que os autores já possuíam conhecimento prévio da área de estudo e, por isso, trabalharam com determinada medida. Apesar de essas inconformidades poderem ser facilmente identificadas, nenhum estudo anterior ponderou essas questões ou realizou uma análise crítica quanto aos resultados obtidos, sendo este julgamento de extrema importância e relevância para validação de qualquer método.

Em relação as APP de topo de morro, CORTIZO, 2007 e OLIVERA et al. 2013 realizaram a interpretação fidedigna dos conceitos introduzidos na resolução CONAMA nº 303 de 2012 e no CFB/12, respectivamente, para o delineamento de uma metodologia cujo resultado final apresentasse a delimitação das APP de topo de morro. Essa metodologia, suas vantagens e erros inerentes à sua aplicação serão apresentados no decorrer do estudo.

## **4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO**

### **4.1 Hidrografia**

#### **4.1.1 Regiões Hidrográficas**

As bacias hidrográficas no Rio Grande do Sul se agrupam por três regiões hidrográficas, a região do rio Uruguai que coincide com a bacia nacional do Uruguai, a região do Guaíba e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste (SEMA-RS, 2010).

Para concepção deste trabalho foram escolhidas duas Bacias Hidrográficas de interesse: Bacia Rio Caverá – na Região Hidrográfica do Rio Uruguai – e a Bacia Rio Ituim – na Região Hidrográfica do Guaíba; e o Município de Porto Alegre, localizado na Região Hidrográfica do Guaíba.

##### **4.1.1.1 Região do Uruguai**

A região hidrográfica do rio Uruguai, representada pela Figura 5, onde situa-se o Rio Caverá, possui uma área de 171.533 Km<sup>2</sup> e extensão de 2.200 quilômetros distribuídos entre os estados do Rio Grande do Sul (73% da área total da bacia) e de Santa Catarina (27% da área total da bacia), compreendendo 2% do território brasileiro e abrigando 2,3% da população brasileira (MMA, 2006 e ANA). A região tem origem nos rios Pelotas e Canoas e possui direção Leste-Oeste.

A região do Uruguai subdivide-se entre as seguintes bacias hidrográficas: rios Apuaê-Inhandava, rio Passo Fundo, rio da Várzea, rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo, rio Piratinim, rio Ibicuí, rio Quaraí, rio Santa Maria, rio Negro, rios Butuí-Icamaquã e rio Ijuí (SEMA - RS, 2010). Em relação à vegetação, originalmente, em sua nascente, a bacia era composta por Campos e pela Mata com Araucária e, na direção sudoeste a Mata do Alto Uruguai e a Mata Atlântica. A situação atual da região é de intenso desmatamento e com poucas áreas conservadas com a vegetação original (ANA).

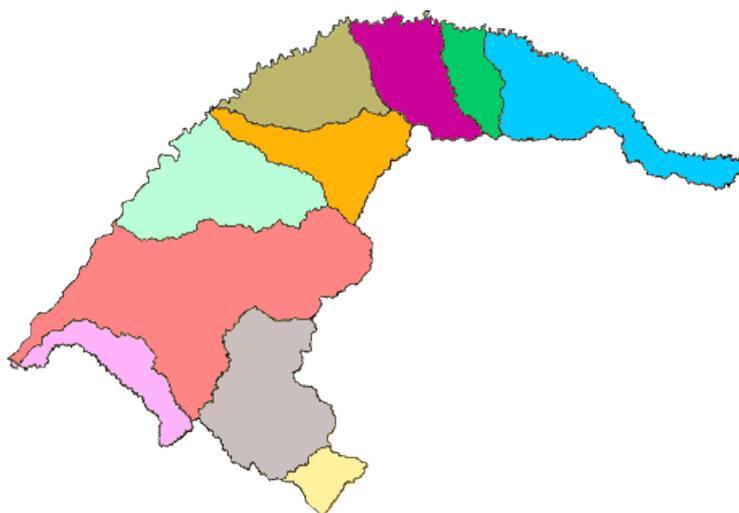


Figura 5 - Região do Uruguai (Fonte:FEPAM)

<b>REGIÃO HIDROGRÁFICA DO URUGUAI</b>	
	U10 - Bacia dos Rios Apuaê / Inhandava
	U20 - Bacia do Rio Passo Fundo
	U30 - Bacia dos Rios Turvo / Santa Rosa / Santo Cristo
	U40 - Bacia dos Rios Butuí / Piratinim / Icamaquã
	U50 - Bacia do Rio Ibicuí
	U60 - Bacia do Rio Quaraí
	U70 - Bacia do Rio Santa Maria
	U80 - Bacia do Rio Negro
	U90 - Bacia do Rio Ijuí
	U100 - Bacia do Rio Várzea

#### 4.1.1.2 Região do Guaíba

A Região do Guaíba, representada pela Figura 6, provém da subdivisão da Região do Atlântico Sul que, no Rio Grande do Sul, subdivide-se entre a Região Hidrográfica do Guaíba e a Região Hidrográfica do Litoral. O Rio Ituí, está localizado na região hidrográfica do Guaíba, assim como o município de Porto Alegre.

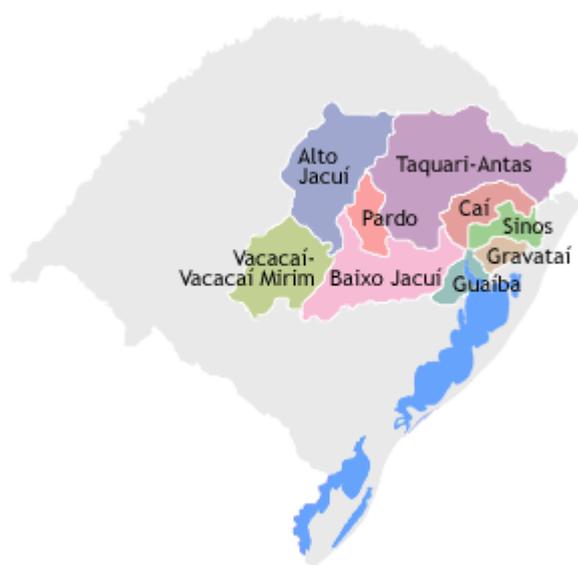


Figura 6 - Região do Guaíba (Fonte: FEPAM)

Segundo a FEPAM, a região do Guaíba “situa-se na região nordeste do RS, entre os paralelos 28° S e 31°S e os meridianos 50°W e 54° W, abrangendo uma área de 84.763,54 Km<sup>2</sup> correspondente a 30% da área total do Estado. Formada pelo território parcial ou total de 251 municípios, com uma população de 5.869.265 habitantes, o que representa 61% da população do Estado”.

A região, formada originalmente por Floresta Estacional e Savanas (Campos), atualmente possui grande parte da vegetação original suprimida, restando apenas algumas

porções dessa. Ao norte, a região é limitada pelo Planalto da Bacia do Paraná e pela Depressão Periférica e, ao Sul pelo Planalto Sul-Riograndense (Escudo Sul-RioGrandense) (FEPAM).

O Rio Ituim localiza-se na Bacia Taquari-Antas, localizada a nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas de 28°10' a 29°57' de latitude Sul e 49°56' a 52°38' de longitude Oeste. Possui área de 26.491,82 km<sup>2</sup>, abrangendo municípios como Antônio Prado, Veranópolis, Bento Gonçalves, Cambará do Sul, Carlos Barbosa, Caxias do Sul, Estrela e Triunfo, com população estimada de 1.207.640 hab. (SEMA, 2010).

Os principais cursos de água são o Rio das Antas, Rio Tainhas, Rio Lageado Grande, Rio Humatã, Rio Carreiro, Rio Guaporé, Rio Forqueta, Rio Forquetinha e o Rio Taquari. O rio Taquari-Antas tem suas nascentes em São José dos Ausentes e desembocadura no Rio Jacuí (SEMA, 2010).

*“Nesta bacia, os grandes responsáveis pela degradação ambiental são o uso de agrotóxicos na cultura da maçã e o despejo de efluentes domésticos provenientes do Aglomerado Urbano do Nordeste, onde é expressiva à contribuição das emissões do parque industrial de cidades como Caxias do Sul, e Bento Gonçalves.”* (FEPAM).

Porto alegre está situada na Bacia do Lago Guaíba, o qual recebe as águas dos Rios Gravataí, Sinos, Caí e Jacuí. *“Os principais impactos ambientais devem-se aos lançamentos de esgotos de Porto Alegre e das águas poluídas dos rios Gravataí e Sinos. As indústrias principais pertencem aos ramos de metalurgia, celulose e produtos alimentares.”* (FEPAM).

## **4.1.2 Hidrografia das Áreas de Estudo**

### **4.1.2.1 Rio Caverá**

O Rio Caverá, representado na figura 7 e em azul na figura 10, possui uma extensão aproximada de 86 Km e área da bacia de 1.463 Km<sup>2</sup>. O rio corta os municípios de Alegrete,

Júlio de Castilhos, Santana do Livramento, São Pedro do Sul e Uruguaiana. Localizado na Bacia Hidrográfica Rio Ibicuí, situa-se entre as coordenadas geográficas 28°53' a 30°51' de latitude Sul e 53°39' a 57°36' de longitude Oeste. O Rio Caverá forma-se na junção do Ibicuí-Mirim com o rio Santa Maria e desemboca no Rio Uruguai (SEMA, 2010).

O rio Caverá tem sua origem à 300 m de altitude e possui confluência com o rio Ibirapuitã à uma cota de 80 m. Ao longo do rio Caverá, a declividade média é de aproximadamente 2,7 m/km (DORA, A.S., 2013).

*“O principal uso da água nesta bacia se destina a irrigação. Este uso pode ocasionar insuficiência hídrica nos meses de verão, principalmente devido à irrigação do arroz”* (SEMA, 2010).

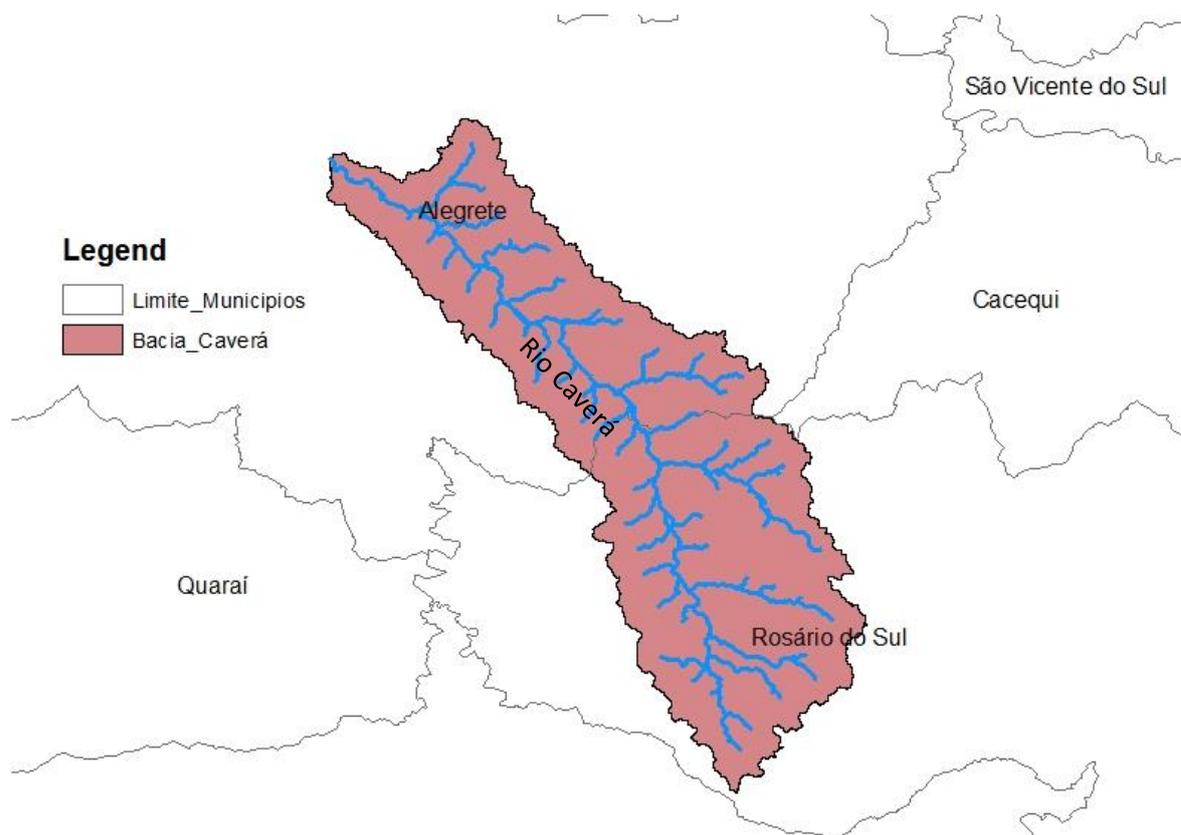


Figura 7 - Bacia Rio Caverá

#### 4.1.2.2 Rio Ituim

A extensão do Rio Ituim, representado na figura 8 e em amarelo na Figura 10, desde seu exutório até a nascente mais distante, é de aproximadamente 60 Km, e possui altas velocidades de fluxo, com desníveis que formam corredeiras e quedas d'água. Possui área da bacia de aproximadamente 1.339 Km<sup>2</sup>. O rio passa pelos municípios de Muitos Capões, Ipê, Campestre da Serra e Vacaria.

O Rio Ituim desemboca no Rio Turvo, sendo seu principal afluente e possui suas nascentes localizam-se na porção nordeste do município de Muitos Capões em altitudes superiores a 940 metros, onde correm rios de planalto cujos escoamentos são rápidos. O rio Ituim apresenta uma variação hipsométrica superior a 500 metros desde sua nascente até a foz. Apresenta classes clinográficas variáveis, com declividades entre 03 e 13%, com poucas regiões em que este valor é superior. Quanto ao uso do solo na bacia, verifica-se uma variabilidade entre todas as atividades, com predomínio de campo nativo e solo exposto (PREF. MUITOS CAPÕES, 2011).



Figura 8 - Bacia Rio Ituim

#### 4.1.2.3 Município de Porto Alegre

O município de Porto Alegre, representado na Figura 9 e em verde na Figura 10, possui, segundo censo do IBGE de 2010, uma população estimada para 2013 de 1.467.816 habitantes e abrange uma área de 495,682 Km<sup>2</sup>. Localiza-se na Bacia do Lago Guaíba e é banhada a leste pelo Lago Guaíba. Os principais arroios de Porto Alegre são: Arroio Feijó, Arroio Sarandi, Arroio Passo da Mangueira, Arroio Santo Agostinho, Arroio Vila Elizabete, Arroio do Salso, Arroio Capivara, Arroio Taquara, Arroio São Caetano, Arroio Dilúvio, Arroio Passo dos Pedras, Arroio D'Areia, Arroio Cavalhada, Arroio Passo Fundo, Arroio Manecão, Arroio Lami, Arroio Cascatinha, Arroio dos Marianos, Arroio São Vicente, Arroio Wenceslau Fontoura/Timbaúva, Sanga Maria e outros pequenos arroios.



Figura 9 - Porto Alegre

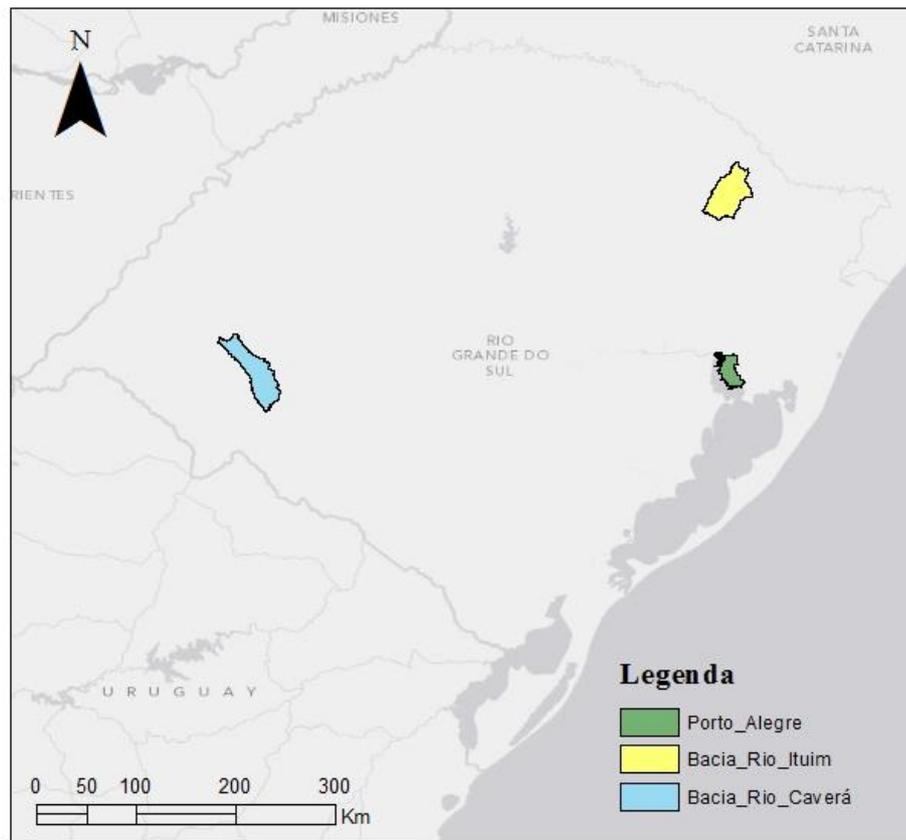


Figura 10 - Áreas de Estudo.

## **5 PROPOSTA METODOLÓGICA**

No presente trabalho é proposta e avaliada uma metodologia para delimitação de APP em margens de rio e outra para APP em topo de morro. O principal objetivo das metodologias é isentar dos resultados o máximo possível as subjetividades e facilitar a fiscalização e a tomada de decisões quanto á aplicação do Novo Código Florestal Brasileiro.

A seguir são descritos os métodos utilizados nesse trabalho e posteriormente é apresentado um quadro com as ferramentas utilizadas no ArcGIS, Google Earth e outros programas para facilitar a visualização do processo como um todo.

### **5.1 Delimitação das Bacias Hidrográficas de Interesse**

Nesta sessão é descrito e ilustrado o processo de delimitação da Bacia Hidrográfica no Programa ArcGIS 10, baseada nos manuais de aplicação do Modelo de Grandes Bacias, MGB-IPH - Collischonn et al. (2010). O programa ArcGIS foi escolhido para aplicação de todas as metodologias aqui apresentadas por tratar-se do SIG mais utilizado atualmente e para manter uma padronização nos resultados obtidos pelas diferentes metodologias.

Os dados de relevo foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) na coordenada geográfica UTM 22Sul, em formato ASCII e, posteriormente, convertidos para o formato grid (RASTER). Com as matrizes RASTER gerou-se um mosaico do estado do Rio Grande do Sul, utilizado como base para a metodologia de APP de margem de rio, realizado no ArcGIS.

No site da Agência Nacional de Águas (ANA) é possível obtermos alguns dados hidrográficos da região, em formato shapefile (.shp), tais como: estações fluviométricas, estações de qualidade, estações de sedimentos, estações telemétricas, hidrografia, limites dos municípios, mapeamento de rodovias e delimitação das sub bacias hidrográficas.

Para agilizar o tempo de processamento das imagens, foi delimitado uma área de interesse para realizar as análises. Para isso, foi delimitado um polígono em torno do que se visualiza como sendo a área da bacia, com folga em relação ao divisores de água (Collischonn et al., 2010). Definido o polígono de interesse, a ferramenta “*Extract by Mask*” da extensão “*Spatial Analyst Tool*” foi utilizada para extrair a Máscara do MDE (MDE\_mask).

Com o MDE\_Mask, foi seguido o seguinte passo-a-passo, sugerido por Collischonn et al., 2010, para delimitação da bacia:

1. Correção das depressões ou áreas planas com cotas inferiores à vizinhança as quais, frequentemente (*Fill Sinks*);
2. Definição de direções de fluxo (*Flow direction*), no qual cada célula indica a direção do fluxo da água que escoar por esse pixel;

Cálculo das áreas acumuladas (*Flow Accumulation*), no qual o valor de cada célula corresponde ao número de células localizadas a montante (Collischonn et al., 2010);

3. Cálculo da rede de drenagem raster (*Stream Definition*) “*cujo objetivo de reclassificar os valores das células do mapa de área de acumulada de forma a gerar um arquivo em que as células que pertencem a rede de drenagem tenham valor igual a “1” e, todas as demais células na grade, contenham o valor “no data”*” (Collischonn et al., 2010). O limiar “*threshold to initiate stream*” deve ser alterado para 0,1%, no intuito de trabalhar com uma rede de drenagem trabalhada mais densa, característica comum aos rios trabalhados neste estudo;
4. Criação do ponto “Exutório” (*Batch Subwatershed Delineation*);
5. Delimitação do polígono de contorno da bacia (*Batch Watershed Delineation*);
6. Por fim, obtém-se o MDE no interior da bacia delimitada (*Extract by Mask*).

A Bacia Rio Caverá foi utilizada para ilustrar os passos descritos anteriormente, porém, o mesmo procedimento foi executado para delimitação da Bacia Rio Ituim.

## 5.2 Delimitação de APP de margem de rio

Nesta sessão é apresentado o método desenvolvido neste trabalho com fins de delimitação de APP em margem de rios, baseado no art. 4º da Lei 12.651/2012, o qual considera como Área de Preservação Permanente “*as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular*” (Brasil, 2012).

As larguras de proteção mínimas, segundo o CFB/2012, são: 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura; 50 metros, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura; 100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; 200 metros, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 metros de largura; 500 metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros.

Para melhor elucidação, o método para delimitação de APP em margem de rio foi dividido em duas partes: a primeira referente à obtenção da equação que regerá a relação Largura x Área para a bacia de interesse; e, a segunda parte referente à aplicação desta equação na obtenção da largura para qualquer trecho do rio de interesse, utilizando as ferramentas de cálculo no ArcGIS:

### **Primeira parte:**

A primeira parte do método consiste em relacionar dados conhecidos ou que possam ser facilmente obtidos nas áreas de interesse, a fim de encontrar uma equação matemática que forneça a largura do leito dos rios: objeto de interesse na delimitação das APP de margem de rios. Para isso, algumas equações e conceitos são apresentados, a fim de fomentar a teoria utilizada para elaboração deste método.

*“A área é um dado fundamental para definir a potencialidade de uma bacia, uma vez que a bacia é a região de captação da água da chuva. Assim, a área da bacia multiplicada pela lâmina precipitada ao longo de um intervalo de tempo define o volume de água recebido ao longo deste intervalo de tempo”* (Collischonn, 2010).

Através do balanço hídrico da bacia, parte deste volume de água recebido através da precipitação é transformado em vazão afluente no curso do rio. Em longos intervalos de tempo, esse processo pode ser simplificado e representado através da equação 1:

$$P = E + Q \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde  $P$  é a precipitação em  $\text{mm.ano}^{-1}$ ;  $E$  é a evapotranspiração em  $\text{mm.ano}^{-1}$ ; e  $Q$  é o escoamento em  $\text{mm.ano}^{-1}$ .

Nesta equação, supondo que as calhas dos rios podem ser aproximadas como uma seção retangular, a vazão pode ser estimada através da equação 2:

$$Q = u \times A \quad (\text{Equação 2})$$

Onde  $u$  é a velocidade média da água em  $\text{m.s}^{-1}$ ; e a  $A$  é a área do canal, que por sua vez é representada pela equação 3:

$$A = L \times y \quad (\text{Equação 3})$$

Onde  $L$  é a largura do canal; e  $y$  é a profundidade ou nível d'água.

Portanto, a área de drenagem de uma bacia é diretamente proporcional à vazão que passa pela seção do rio desta (Tucci, C. E. M, 2002; PAIVA, R. C. D, 2009) que, por sua vez, é diretamente proporcional à largura deste canal. Partindo desse princípio, a relação  $L \times A$  pode ser encontrada através de uma equação da curva gerada através de pontos medidos na bacia de interesse.

Resumidamente o primeiro passo da metodologia baseia-se em subdividir a bacia hidrográfica em mini-bacias e, para cada mini-bacia calcular o valor da área de influência, em metro quadrado, e também a largura no ponto inicial desta, em metros. Com isso será gerado um gráfico de dispersão, com o qual obtemos a equação que relaciona largura e área -  $L \times A$ , que é individual para cada bacia.

Para delimitação das mini-bacias, foi utilizado novamente o Manual MGB-IPH, 2010, Collischonn et al., 2010. Os passos realizados para execução da metodologia são descritos a seguir. Os itens 1 à 8 foram realizados no ArcHydro, os demais foram realizados no Google Earth e Excel:

1. (1. e 2.) Extração das direções de escoamento e da rede de drenagem dentro da área da bacia (*Extract by Mask*);

*“Nestas etapas é muito importante forçar a mesma resolução e área de trabalho do shapefile da bacia obtido com a operação Extract by Mask. Para isso, no campo “Environmets” nas opções “General Settings” e “Raster Analysis Settings” o modo padrão deve ser alterado para tomar como referência o MDE extraído da área da bacia. Caso isso*

*não seja feito, a probabilidade de ocorrer problemas futuros seria grande*” (Collischonn et al. 2010).

3. Definição de trechos de drenagem raster – “mapa formado pela segmentação da rede de drenagem em trechos individuais localizados entre duas confluências sucessivas, ou entre o início da rede de drenagem e a próxima confluência” (Collischonn et al. 2013) – (Stream Segmentation);
4. Definição do mapa das mini-bacias raster (*Catchment Grid Delineation*), onde são definidas as bacias hidrográficas de cada trecho do rio segmentado pelo processo anterior;
5. Definição do mapa vetorial com os contornos das mini-bacias (*Catchment Polygon Processing*);
6. Definição do mapa com a rede de drenagem vetorial (*Drainage Line Processing*);
7. (7. 8.) Conversão dos arquivos vetoriais de contorno das mini-bacias (*Catchment*) e de rede de drenagem (*DrainageLine*) para o formato kml, para que possam ser exportados para o Google Earth (Figura 12);

O Google Earth é programa no qual possibilita visualizar as imagens de satélites da bacia de interesse e viabiliza a medição das larguras nos trechos de confluência entre as mini-bacias, medida através da ferramenta “régua” do Google Earth (Figura 13 e Figura 14).

Com os dados de área, calculado no ArcGIS, e de largura das segmentações e confluências dos rios, medidas no Google Earth, é possível gerar a tabela abaixo, no qual o item “Área Drenada” corresponde à área acumulada que a mini-bacia contribui à montante.

Tabela 2 – Exemplo de dados de Área drenada (em km<sup>2</sup>) e Largura do trecho do rio (em metros) – Exemplo Rio Caverá.

Nome	Mini-bacias com contribuição	Área drenada (km <sup>2</sup> )	Largura do trecho (m)
L1	Todas	1456.94	24.3
L2	Exceto a 2	1384.69	18.4
L3	1	72.25	5.3
L4	Exceto 1, 2, 3 e 4	1288.75	21.4
L5	5	40.96	6.7
L6	7 a 31	1179.98	17.6
L7	8	29.90	5.8
L8	11 a 31	1107.26	16.4
L9	12	42.21	4.08
L10	13 a 31	1015.79	20.5
L11	17 a 31	829.65	17.9
L12	18 a 31	768.19	15.2
L13	20 a 31	731.92	16.9
L14	24	114.84	4.2
L15	25 a 31	260.44	8.9
L16	26 a 31	225.38	8.5
L17	30	81.69	6.7

A partir dessa tabela, gera-se o gráfico com linha de tendência potencial, que é a curva que melhor representa a relação Largura x Área, equação da reta e valor de R-quadrado:

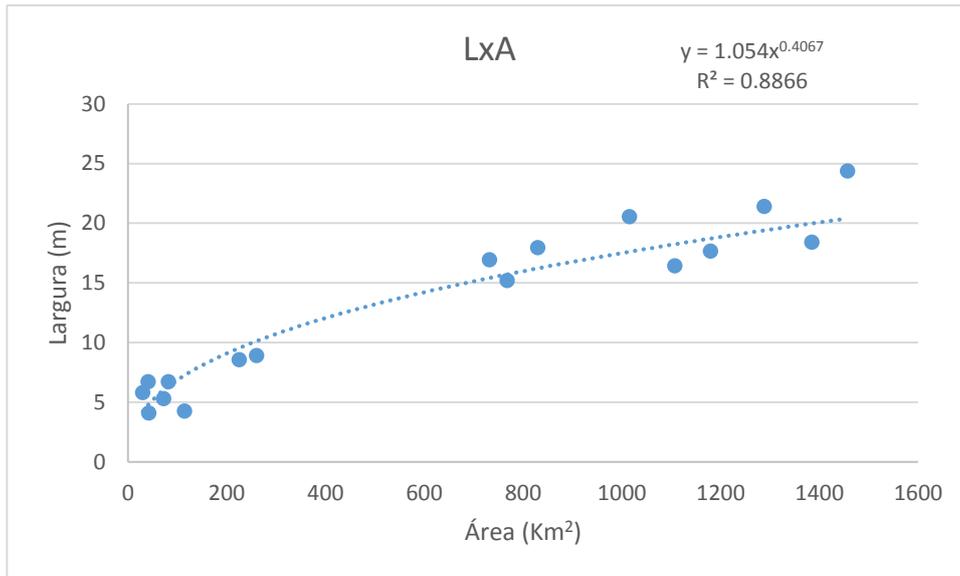


Figura 11 - Gráfico Largura do Trecho x Área para a Bacia do Rio Caverá.

Através do gráfico Largura e Área (LxA), obteve-se a equação 4:

$$y = 1,054 \times x^{0,4067} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde y é a largura do trecho do rio e x é a área de influência.

A seguir apresenta-se uma tabela resumo dos passos realizados no ArcHydro na primeira parte da metodologia apresentada:

Tabela 3 - Resumo dos passos realizados no ArcHydro para a primeira parte da delimitação de APP.

<b>Inputs</b>	Watershed, Fdir	Watershed, Str	Fdr_bacia; Str_bacia	Fdr_bacia; StrLnk
<b>Função</b>	Extract by Mask	Extract Mask	by Stream Segmentation	Catchment Grid Delineation
<b>Código</b>	1	2	3	4
<b>Parâmetros</b>				
<b>Output</b>	Fdir_bacia	Str_bacia	StrLnk	Cat

<b>Inputs</b>	Cat		StrLnk; Fdr_bacia	Catchment	DrainageLine		
<b>Função</b>	<i>Catchment</i>	<i>Polygon</i>	Drainage line	Layer	To	Layer	To
	<i>Processing</i>		Processing	KML		KML	
<b>Código</b>	5		6	7		8	
<b>Parâmetros</b>							
<b>Output</b>	Catchment		DrainageLine	Catchment	DrainageLine		

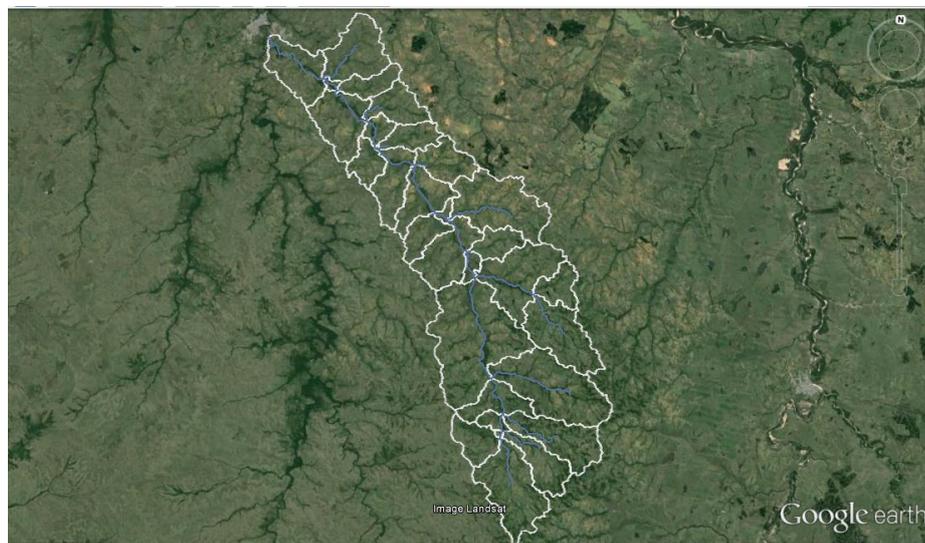


Figura 12 - Arquivos KMLs exportados para o Google Earth

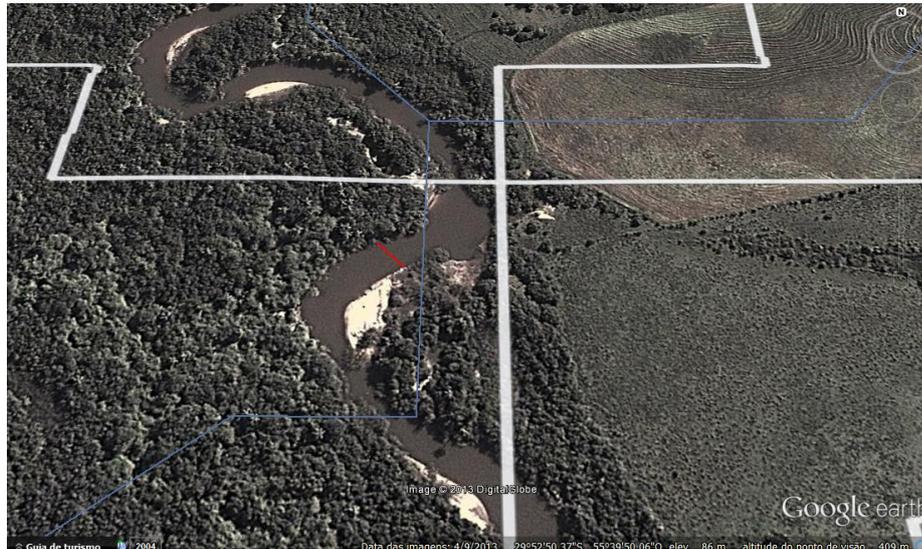


Figura 13 – Zoom na medição da Largura do Rio no Ponto 4 (L4). A linha azul corresponde à hidrografia da região e a linha vermelha corresponde ao trecho medido.



Figura 14 - Medição da Largura do rio no Ponto 4 (L4) É possível visualizar incompatibilidade entre o trecho do rio delimitado no ArcGIS e o trecho do rio da imagem de satélite.

### **Segunda parte:**

A segunda parte do método consiste em utilizar a equação encontrada para obter as larguras de qualquer trecho de interesse do rio, e desta forma calcular as APP de margem de

rio, conforme o Novo Código Florestal Brasileiro. Porém, para utilizarmos essa equação é preciso de um mapa de áreas de drenagem para cada trecho (pixel) do rio.

Sabe-se que cada célula de um mapa SRTM corresponde a 1 (um) pixel com dimensão de 90m x 90m. Além disso, o mapa de Fluxo Acumulado (*Fac*) indica quantas células do mapa convergem para determinada célula do rio. Por exemplo, se 10.000 células convergem para determinada célula do rio, significa que a área de drenagem deste ponto é igual a: 10.000 células x a dimensão de um pixel (90m x 90m) = 81.000.000 m<sup>2</sup> ou 81 km<sup>2</sup>. Sabendo a área de drenagem deste ponto podemos aplica-la na equação obtida e teremos o valor de largura para aquele trecho do rio

Portanto os passos propostos, respectivamente, são:

1. Cálculo do mapa de áreas em km<sup>2</sup> (*Raster Calculator*) através da equação [“fac” x 90 x 90) / 1.000.000];
2. Cálculos para realização das operações matemáticas da equação LxA, separadamente:
  - a. Cálculo da potência (*Power*);
  - b. Multiplicação pelo número indicado na equação (*Times*);
  - c. Cálculo do mapa de larguras (times) - Tanto no mapa de área de drenagem, como no mapa de largura, é possível observar que as células que representam os rios possuem valores diferentes de zero e, as demais células possuem valor 0 (zero). Para se obter o mapa somente com o valor das larguras dos trechos do rio, deve-se multiplicar os arquivos *Str\_bacia* e o arquivo *map\_times*.

A partir do mapa com as larguras do rio é possível extrair a informação dos trechos mais e menos largos, prevendo quantas categorias de APP iremos encontrar na área de interesse. Neste caso, o trecho mais largo do Rio Caverá possui 21,13 metros, e o trecho de menor largura possui 2,46 metros, resultando em apenas duas categorias de APP: 30m para rios com largura até 10 metros; e 50m para rios com larguras de 10 a 50 metros.

3. Reclassificação para o número de classes encontradas na bacia, utilizando a ferramenta (*Reclassify*);
4. Vetorização do mapa (*From raster To polyline*).

5. Criação de um shapefile apenas com os rios de até 10m de largura (classe 1) (Export Data);
6. Criação de um shapefile apenas com os rios de até 30m de largura (classe 2) (Export Data);
7. Aplicação do buffer para os rios de até 10 metros, com buffer de 30m (Buffer);
8. Aplicação do buffer para os rios de até 30 metros, com buffer de 50m (Buffer);
9. União dos mapas de APP (Merge);
10. Dissolução das áreas de APP em comum (Dissolve) – Esta ferramenta permite que as áreas dos mapas não se sobreponham, o que é muito importante para não superestimar as áreas;

O mapa final é ilustrado pelas figuras 12 e 13, onde pode-se diferenciar as APP de 30 e 50 metros em função das larguras resultantes do buffer.

A seguir apresenta-se uma tabela resumo dos passos realizados no ArcHydro na segunda parte da metodologia apresentada:

Tabela 4 - Resumo dos passos realizados no ArcHydro para a segunda parte da delimitação de APP.

<b>Inputs</b>	fac	map_area	map_power	Str_bacia; map_times
<b>Função</b>	Raster Calculator	Power	Times	Times
<b>Código</b>	1	2 <sup>a</sup>	2b	2c
<b>Parâmetros</b>	“fac” x 90 x 90) / 1.000.000];	expoente da potência		
<b>Output</b>	map_area	map_power	map_times	Larguras
<b>Inputs</b>	largura	larg_reclass	larg-vet	larg-vet
<b>Função</b>	Reclassify	From Raster To Polyline	Export Data	Export Data
<b>Código</b>	3	4	5	6

<b>Parâmetros</b>	1 - 10m, 2 - 30m, etc.		Selecionar todos classe 1	Selecionar todos classe 2
<b>Output</b>	larg_reclass	larg_vet	rio_10m	rio_30m
<b>Inputs</b>	rio_10m	rio_30m	app_30m; app_50m	APP
<b>Função</b>	Buffer	Buffer	Merge	Dissolve
<b>Código</b>	7	8	9	10
<b>Parâmetros</b>	30	50		
<b>Output</b>	app_30m	app_50m	APP	APP_total

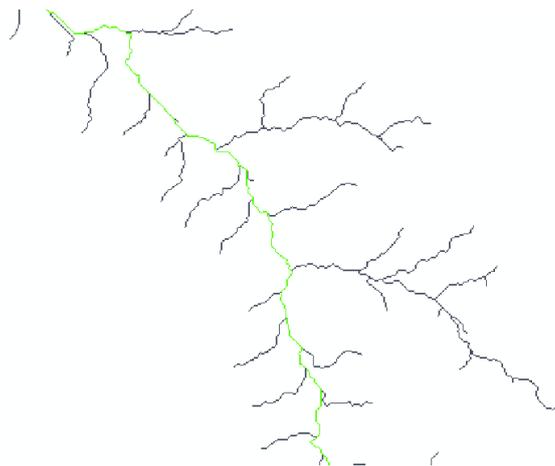


Figura 15 - Zoom no mapa Raster com as classes de rios da Bacia Rio Caverá. Preto representa rios com menos de 10m e Verde representa os rios com larguras entre 10 e 50 metros.

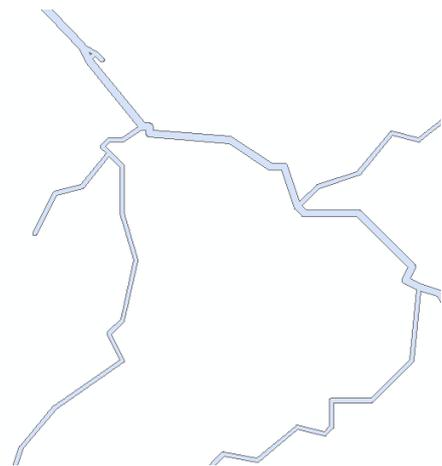


Figura 16 - Zoom no mapa final com a APP total da Bacia Rio Caverá para margem de rios.

### 5.3 Delimitação de APP de topo de morro

O método aqui apresentado é uma adaptação do método introduzido por Oliveira & Fernandes Filho, 2013 e foi realizado inteiramente no programa ArcGIS através de uma série de passos utilizando as ferramentas disponíveis.

Para aplicação da metodologia foram utilizadas duas bases de dados distintas para que fosse possível comparar os resultados obtidos e avaliar se há diferença no resultado final em função da base de dados escolhida.

A primeira base de dados utilizada foi a “*base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre - RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica*” (Hasenack, H.; Weber, E.J.; Lucatelli, L.M.L, 2010), convertida para uma imagem raster com resolução de 10 metros.

A segunda base de dados utilizada foi obtida a partir do Modelo Digital de Elevação do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), em formato ASCII e, convertidas para o formato grid (RASTER), com uma resolução de 90m, no sistema de referência UTM 22S.

A área de estudo utilizada foi o município de Porto Alegre. Esta área foi escolhida por duas razões: primeiro por existir uma base de dados de resolução de 1 metro para o município de Porto Alegre e, por considerar que trabalhar com a unidade da bacia hidrográfica prejudicaria os resultados finais, pois os limites dessa bacia são formados pelos divisores de água, justamente onde espera-se encontrar os topos de morro.

Os passos descritos a seguir foram realizados para ambas as bases de dados (base altimétrica vetorial contínua e SRTM), exceto pelo Focal Statistic que foi aplicado somente para a base altimétrica vetorial contínua, e tem como objetivo final obter como resultado a delimitação de APP de topo de morro:

1. Pré-Tratamento:

- a. Suavização do terreno (*Focal Statistics*), pois, segundo Oliveira e Fernandes Filho, 2013, são observadas anomalias provenientes de erros sistemáticos durante o processo de obtenção do MDE;
- b. Remoção das depressões (*Fill*) – pois segundo Collischonn et al, 2010 “depressões ou áreas planas com cotas inferiores à vizinhança podem ocorrer naturalmente no relevo, mas são normalmente, resultantes de erros nos processos de geração do MDE);

2. Inversão do MDE original (*Minus*), para que os morros tornem-se vales e vice-versa. Dessa forma é possível localizar a base hidrográfica do MDE. Para isso é necessário

subtrair um número “n” que seja maior que todas as células presentes no MDE (Oliveira & Fernandes Filho, 2013);

3. Definição do raster da direção do escoamento no MDE invertido (*Flow direction*);
4. Delimitação das bacias de drenagem (*Basin*);

Normalmente a direção de escoamento indica a formação dos canais de drenagem e a bacia de drenagem delimita as linhas de cumeada. Porém, no MDE invertido, a direção de fluxo indica o topo dos morros e a bacia de drenagem coincide com as bases hidrológicas do morro, as quais passam pelos pontos de sela de altitude máxima (Oliveira & Fernandes Filho, 2013).

5. Delimitação do ponto de sela – ao final deste processo iremos encontrar diversos pontos de sela, porém, conforme o CFB/12, o ponto de sela de interesse para esse trabalho, é aquele mais próximo da elevação.
  - a. Vetorizar o contorno das bacias de drenagem (*Raster to Polygon*);
  - b. Dividir os polígono em linhas (*Feature to line*). “As linhas que definem os limites de contribuição do MDE invertido passam sobre os pontos de sela, sendo estes os pontos máximos destas linhas” (Oliveira & Fernandes Filho, 2013);
  - c. Cálculo dos valores máximos dessas linhas através de um arquivo raster (*Zonal Statistics*);
  - d. Identificação das células dos arquivos: MDE e Máximo das Linhas, que contém os mesmo valor (*Raster Calculator*);
  - e. Reclassificação dessa matriz encontrada para o valor 1 (*Reclassify*);
  - f. Conversão do arquivo reclassificado para pontos vetoriais (*Raster do Point*);
  - g. Adição das altitudes aos pontos vetoriais (*Add Surface Information*);
6. Delimitação do topo de morro:
  - a. Obtenção do ponto máximo do arquivo do contorno das bacias (*Zonal Statistics*);
  - b. Verificação dos pontos em comum entre o arquivo recém gerado e o MDE original (*Raster Calculator*);

- c. Reclassificação dos pontos máximo com valor 1 (*Reclassify*);
  - d. Vetorização dos pontos máximos (*Raster to Point*);
  - e. Adição das altitudes aos pontos vetoriais (*Add Surface Information*);
7. Delimitação da base legal dos morros – que segundo o CFB/12 é definida pela cota do ponto de sela mais próxima da elevação (Oliveira & Fernandes Filho, 2013):
- a. Geração de uma tabela que relacione o topo de morro com seu respectivo ponto de sela (*Generate Near Table*);
  - b. Adição dos pontos geográficos dos pontos de sela (*Join Field*);
  - c. Adição dos pontos geográficos dos topos (*Join Field*);
  - d. Subtrair a cotas do topo com a cota dos pontos de sela para obtermos quais morros possuem mais de 100m (*Add Field*) (*Calculate Field*);
  - e. Adição dos pontos de topo e dos pontos de sela à tabela dos polígonos (*Spatial Join*);
  - f. Rasterização do arquivo gerado (*Polygon to Raster*);
  - g. Subtração da cota do ponto de sela do MDE original (*Raster Calculator*);
  - h. Reclassificação das células que possuem valor superior a 1 (*Reclassify*);
  - i. Vetorização dos polígonos (*Raster to Polygon*) – este arquivo final representa a base do morro (Oliveira & Fernandes Filho, 2013);
8. Seleção dos morros maiores que 100m através campo calculado no item 7d;
9. Cálculo da declividade:
- Geração do raster de declividades do MDE (*Slope*);
- a. Cálculo da média das declividades na matriz SLOPE na área (zonal) de morro (*Zonal Statistics*);
  - b. Reclassificação para os morros com declividades maiores que 24,99 para valor 1 (*Reclassify*);

10. Identificação dos morros com altitude maior que 100m e declividade média superior a 25° (Times).
11. Identificação do terço superior;
  - a. Cálculo da altitude de cada morro (Raster Calculator);
  - b. Cálculo da estatística zonal da base legal de cada morro (variação) (Zonal Statistics);
  - c. Cálculo do terço superior (altitude / variação  $\geq 0.667$ ) (Raster Calculator);
12. Seleção do terço superior dos morros que satisfizeram as condições de altimetria e declividade (Times).

Tabela 5 - Tabela resumo - Processo de Delimitação de APP Topo de Morro.

Fonte: Adaptação OLIVEIRA E FERNANDES FILHO, 2013.

Inputs	mde	mde_focal	mde_fill	mde_minus	flow_dir
<b>Função</b>	FOCAL STATISTICS	FILL	MINUS	FLOW DIRECTION	BASIN
<b>Código</b>	1	2	3	4	5
<b>Parâmetros</b>	média; retangular; 3x3 células		"n" - mde_fill		
<b>Output</b>	mde_focal	mde_fill	mde_minus	flow_dir	basin
Inputs	<b>basin</b>	<b>basin_polyg</b>	<b>basin_linha; mde</b>	<b>linha_max; mde</b>	<b>pts_de_sela</b>
<b>Função</b>	RASTER TO POLYGON	FEATURE TO LINE	ZONAL STATISTICS	RASTER CALCULATOR	RECLASSIFY
<b>Código</b>	6	7	8	9	10
<b>Parâmetros</b>	FID; máximo				
<b>Output</b>	basin_polyg	basin_linha	linha_max	pts_de_sela	pts_reclass
Inputs	<b>pts_reclass</b>	<b>pontos_de_sela; mde</b>	<b>basin_polyg;mde</b>	<b>morro_max;mde</b>	<b>topo</b>
<b>Função</b>	RASTER TO POINT	ADD SURFACE INFORMATION	ZONAL STATISTICS	RASTER CALCULATOR	RECLASSIFY
<b>Código</b>	11	12	13	14	15

<b>Parâmetros</b>		Z	FID; máximo	morro_max = mde	0 = No data; outros valores = 1
<b>Output</b>	pontos_de_sela	pontos_de_sela*	morro_max	topo	topo_reclass
Inputs	<b>topo_reclass</b>	<b>ponto_topo_mde</b>	<b>ponto_topo*; pontos_de_sela*</b>	<b>ponto_topo*; near_table</b>	<b>pontos_de_sela*; ponto_topo**</b>
<b>Função</b>	RASTES TO POINT	ADD SURFACE INFORMATION	GENERATE NEAR TABLE	JOIN FIELD	JOIN FIELF
<b>Código</b>	16	17	18	19	20
<b>Parâmetros</b>		Z		IN FID/FID	NEAR FID/FID
<b>Output</b>	ponto_topo	ponto_topo*	near_table	ponto_topo**	ponto_topo** *
Inputs	<b>basin_polyg; ponto_topo ***</b>	<b>basin_spjoin</b>	<b>h_sela_morro; mde</b>	<b>rast_calc</b>	<b>base_morro</b>
<b>Função</b>	SPATIAL JOIN	POLYGON TO RASTER	RASTER CALCULATOR	RECLASSIFY	RASTER TO POLYGON
<b>Código</b>	21	22	23	24	25
<b>Parâmetros</b>		valor = Hpontosela	"mde - h_sela_morro"	1, se "n">=0; NoData para outros valores	
<b>Output</b>	basin_spjoin	h_sela_morro	rast_calc	base_morro	base_morro_p olyg
Inputs	<b>mde</b>	<b>slope</b>	<b>dec_media</b>	<b>morros maiores que 100m; dec_media_maior _25g</b>	<b>h_sela_morro ; mde</b>
<b>Função</b>	SLOPE	ZONAL STATISTIC	RECLASSIFY	TIMES	RASTER CALCULATOR
<b>Código</b>	26	27	28	29	30
<b>Parâmetros</b>		media	1, se x>=24.99; NoData para outros valores		mde - h_sela_morro
<b>Output</b>	slope	dec_media	dec_media_maior _25g	times_morro	mde_min
Inputs	<b>base_morro_polyg; mde</b>	<b>range_morro; mde_min</b>	<b>times_morro; terco_superior</b>	<b>app_raster</b>	
<b>Função</b>	ZONAL STATISTIC	RASTER CALCULATOR	TIMES	RASTER TO POLYGON	
<b>Código</b>	31	32	33	34	

---

<b>Parâmetros</b>	range	$\frac{\text{mde\_min}}{\text{range\_morro}} \geq 0.667$		
<b>Output</b>	range_morro	terco_superior	app_raster	app_topos

---

## 6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 6.1 APP de margem de rio

#### 6.1.1 Bacia Rio Caverá

A Bacia do Caverá delimitada neste trabalho possui uma área de aproximadamente 1.463 Km<sup>2</sup>. Da área total, 24,8 Km<sup>2</sup> é considerada APP de margem de rio segundo diretrizes do CFB/12, o que representa 1,66% da área total da bacia.

Através da equação LxA desenvolvida para esta bacia, as larguras do Rio Caverá variam de 2,46 a 21,13 metros, o que corresponde às APP de 30 e 50 metros. Pela medição realizada no Google Earth com ferramenta “régua” as larguras variavam de 4,08 a 24,38. A equação característica desta bacia (LxA) é:

$$y = 1.054x^{0,4067}, \text{ com } R^2 = 0.8866. \quad (\text{Equação 5})$$

O resultado final, com as APP de margem de rios delimitadas para o Rio Caverá, pode ser observado na Figura 17.

#### 6.1.2 Bacia Rio Ituim

A Bacia Rio Ituim delimitada neste trabalho possui uma área de aproximadamente 1.339 Km<sup>2</sup>. Da área total, 52,1 Km<sup>2</sup> é considerada APP de margem de rio, conforme diretrizes do CFB/12, o que representa 3.9% da área total da bacia.

Através da equação LxA desenvolvida para esta bacia, as larguras do rio Ituim variam de 1,06 a 35,9 metros, o que corresponde às APP de 30 e 50 metros. Pela medição realizada no Google Earth com ferramenta “régua” as larguras variavam de 2,1 a 37,8. A rede de drenagem do rio Ituim é bastante densa o que contribui para um maior percentual de APP de margem de rio nesta bacia se comparado à Bacia Rio Caverá.

$$y = 1.0686 x^{0,5091}, \text{ com } R^2 = 0.8756. \quad (\text{Equação 6})$$

O resultado final, com as APP de margem de rios delimitadas para o Rio Caverá, pode ser observado na Figura 18.

Figura 17 - APP final de margem de rio Bacia do Caverá.

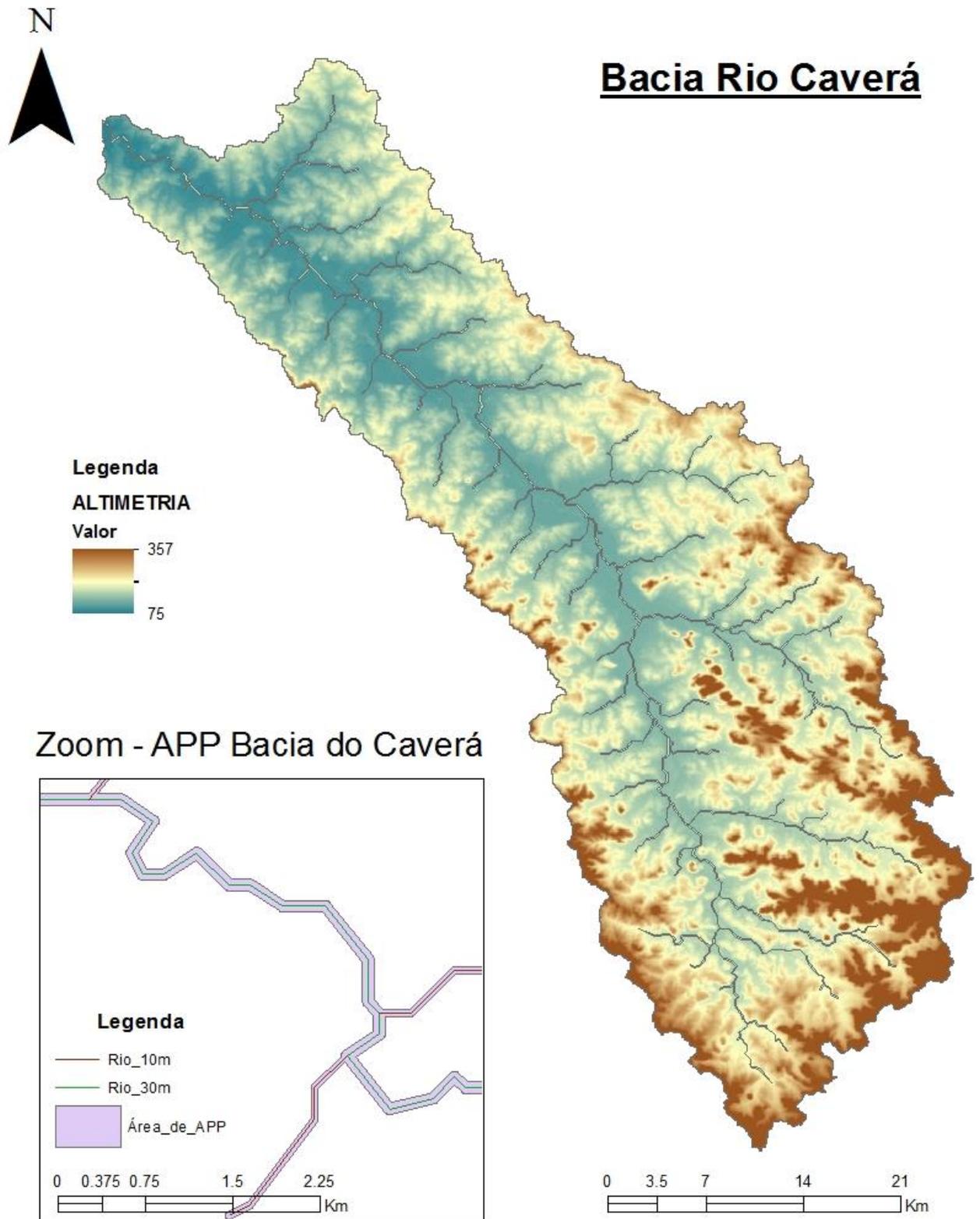
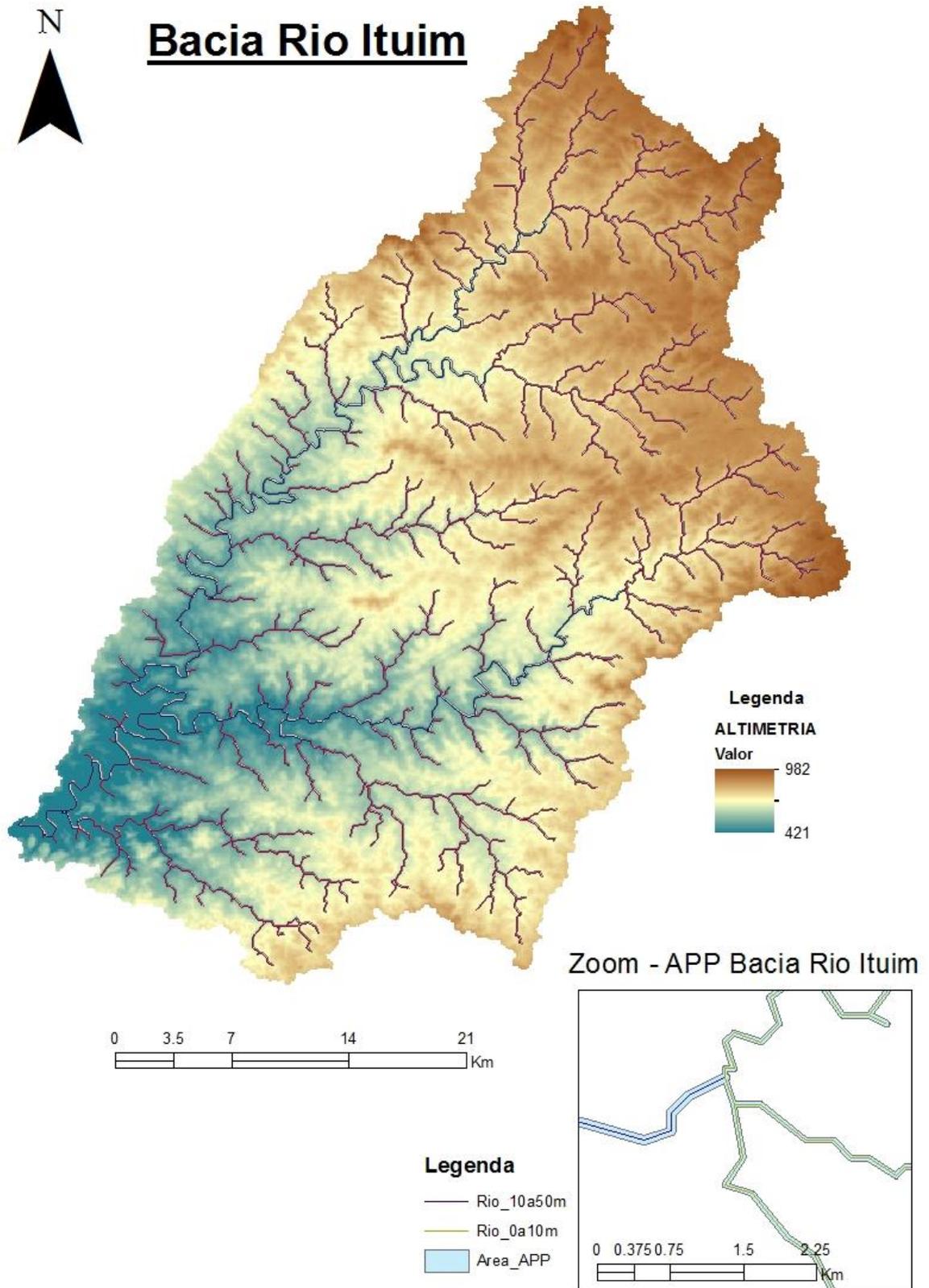


Figura 18 - APP final de margem de rio Bacia do Ituim.



## **6.2 APP de topo de morro**

Optou-se por utilizar duas bases de dados distintas prevendo que estas apresentariam diferentes resultados, como de fato aconteceu. A primeira matriz escolhida, base altimétrica vetorial contínua, apresenta um detalhamento bastante expressivo, enquanto a segunda matriz, SRTM, apresenta uma redução de informação e conseqüente suavização do terreno. Essas características, como será visto nos capítulos seguintes, são determinantes para a obtenção de diferentes resultados.

### **6.2.1 SRTM**

Com a aplicação da metodologia apresentada, não foram encontradas APP de topo de morro. Como citado anteriormente, para ser caracterizado como Área de Preservação Permanente, o morro deve atender aos parâmetros de altitude (superior a 100m) e declividade média (maiores que 25°).

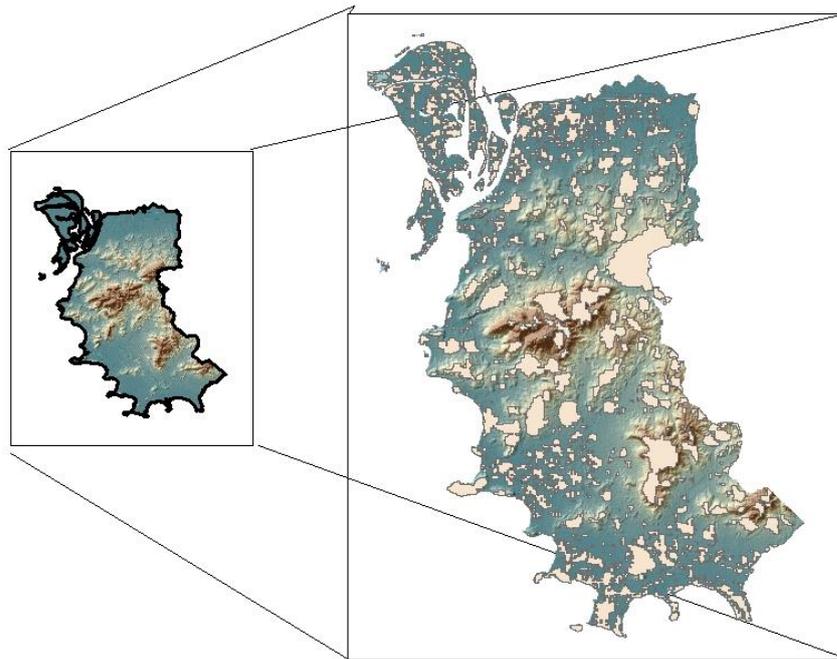


Figura 19 - Morro identificados com diferença de cota superior a 100m.

Apesar de termos encontrado morros com altitude superior a 100 metros, identificados na Figura 19, nenhum possuía declividade média superior a  $25^\circ$ , o que faz com que os morros encontrados não sejam caracterizados como APP, segundo o CFB/12. A declividade máxima encontrada no MDE foi de  $14^\circ$ . O possível motivo pelo qual não foram encontradas declividades médias maiores que  $25^\circ$ , são descritos no capítulo 7.

Na Figura 20 estão ilustrados os talwegues (domínios de drenagem), os topos de morro e os pontos de cota identificados para a matriz SRTM de Porto Alegre.

## Topo de Morro - SRTM

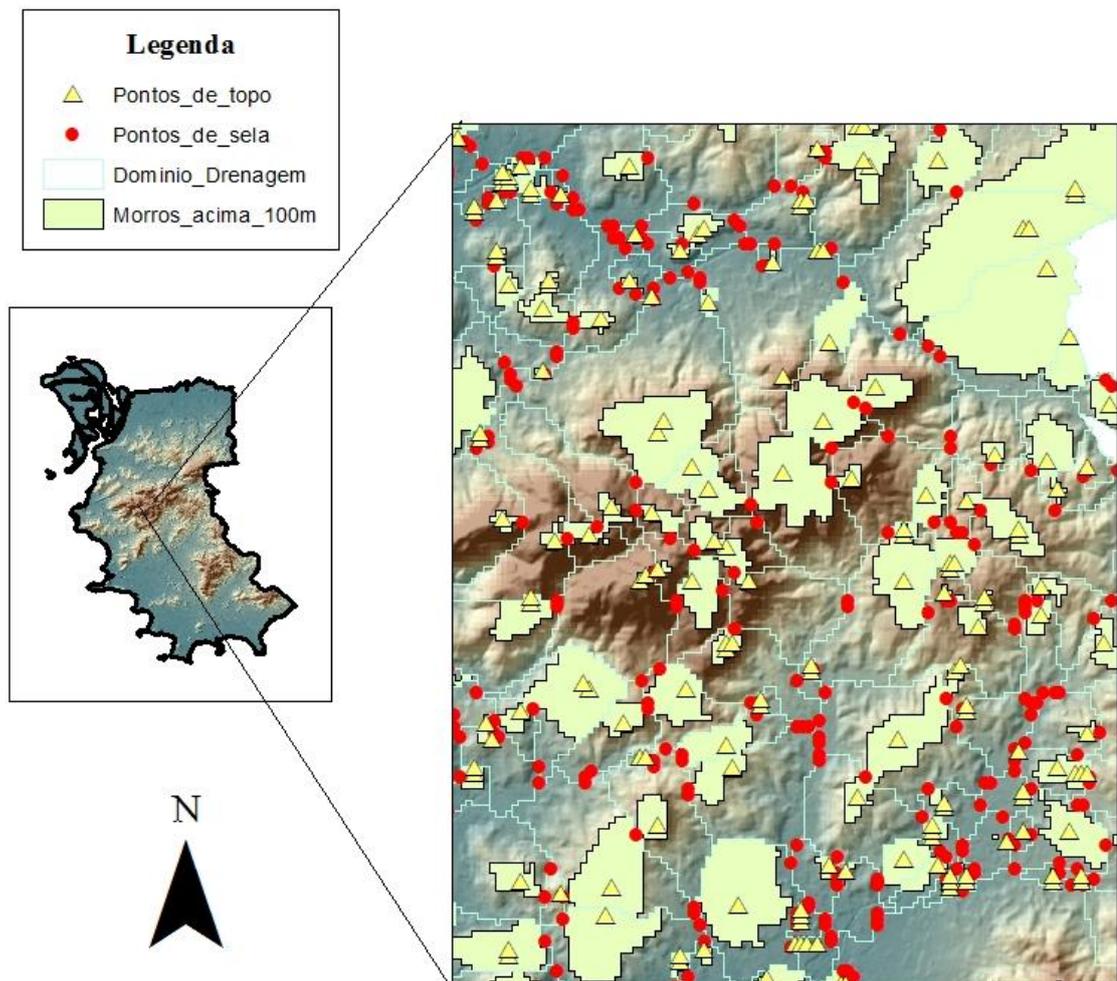


Figura 20 - Pontos de Sela e Topo de Morro – SRTM

### 6.2.2 Base Altimétrica Vetorial Contínua

Apesar da área possuir declividades acentuadas, não foram identificados morros cujo a altura entre a base e o topo de fosse superior aos 100 metros exigidos pela Lei. A maior diferença de cota entre o ponto de sela e o topo do morro foi de 93 metros. Os motivos pelo qual isso ocorreu serão discutidos no capítulo 7.

A declividade máxima encontrada nesta base de dados foi 45°, superior às declividades das imagens SRTM, em virtude do detalhamento do MDE com resolução de 10m, em torno de 9 vezes maior que as imagens SRTM.

Na Figura 21 estão ilustrados os talwegues (domínios de drenagem), os topos de morro e os pontos de cela identificados para a matriz de 30m de resolução para Porto Alegre.

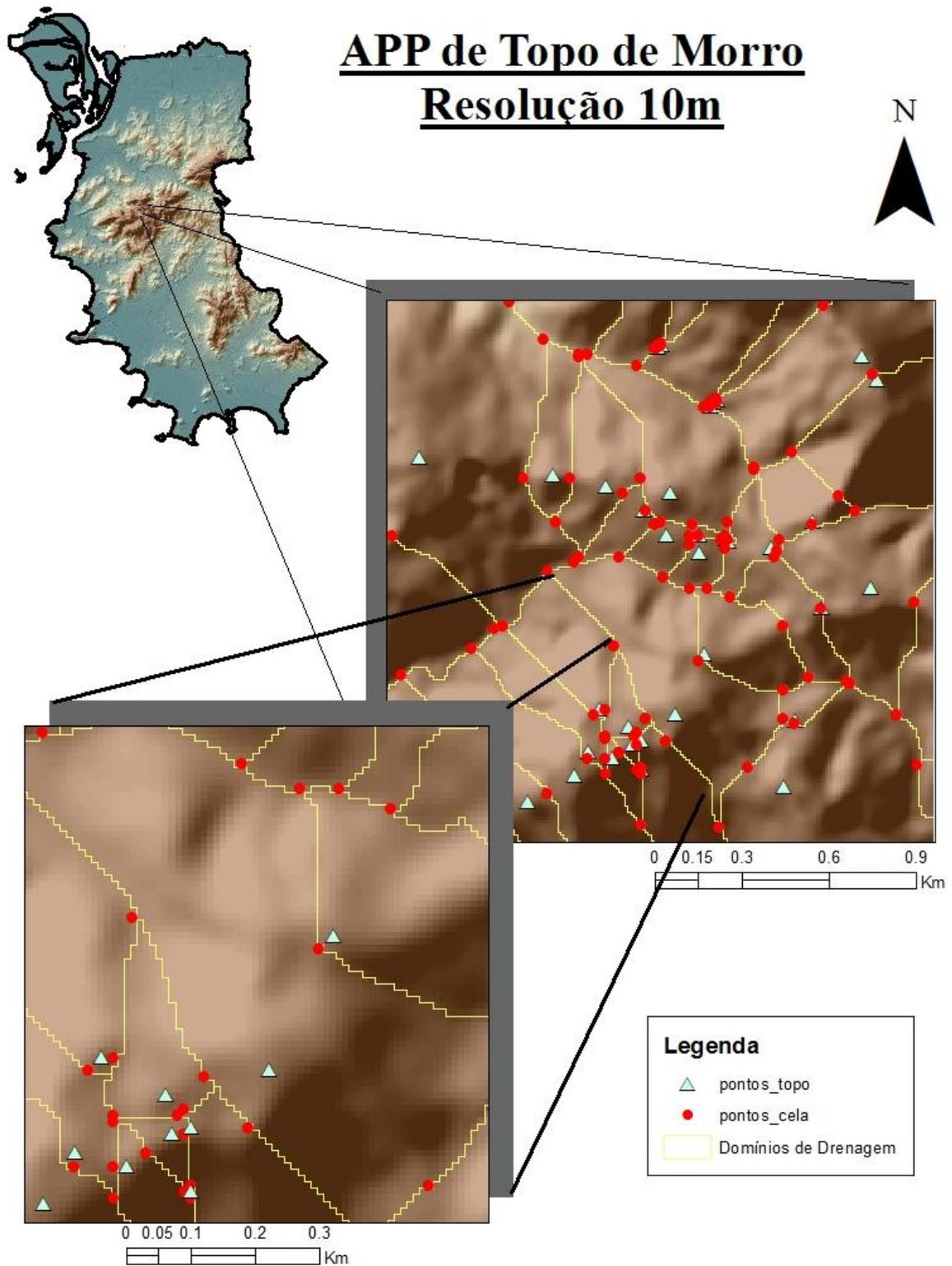


Figura 21- Resultado para Base Altimétrica Vetorial Contínua.

## **7 DISCUSSÕES RELATIVAS ÀS METODOLOGIAS APRESENTADAS**

Algumas discussões a respeito dos resultados encontrados e da metodologia sugerida neste trabalho se fazem necessárias à medida que validam o método e podem subsidiar trabalhos futuros.

### **7.1.1 APP de margem de rio**

Durante a execução da metodologia alguns pontos frágeis foram identificados. Estes são apresentados a seguir e discutidos:

- i. O CFB/12 aplica aos rios perenes e intermitentes as faixas de proteção. O conceito desses rios já foi apresentado anteriormente nas referências bibliográficas, sendo o rio perene aquele cujo as nascente o mantém constante ao longo do ano e, o intermitente aquele que não é constante ao longo do ano. Pois, é evidente que ao escolhermos uma imagem de satélite registrada em uma estação do ano cujo índice pluviométrico não seja elevado ou minimamente suficiente, os rio intermitentes podem não ser identificados ou facilmente visualizados, não permitindo a medição das larguras para fins de elaboração da equação que irá reger o cálculo das larguras no programa ArcGIS.

Esse problema foi identificado em ambas as bacia hidrográficas e, em alguns casos, foi acentuado pela vegetação presente na margem dos rios, o que impossibilita a sua visualização, como ilustrado pela Figura 22.

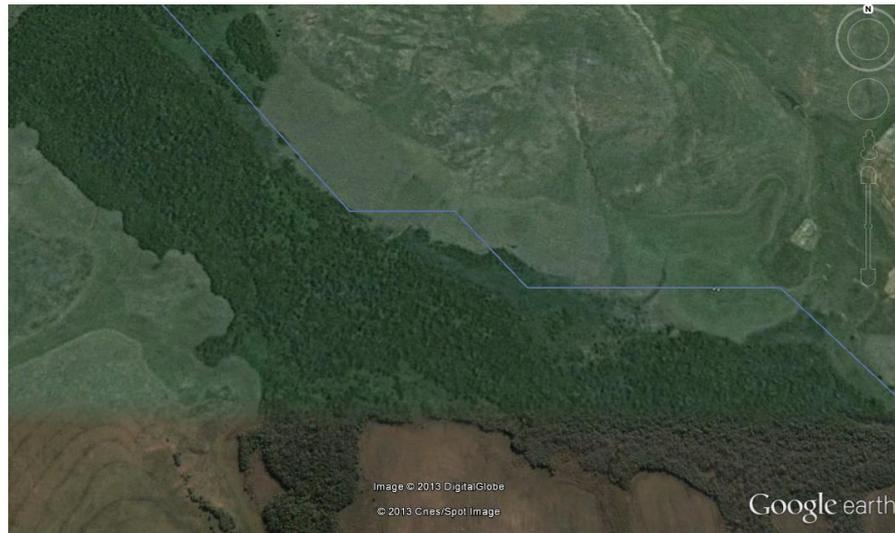


Figura 22 - Forte índice de vegetação que impossibilita a visualização do curso do rio. (Fonte: Google Earth)

- ii. Os rios gerados pela rede de drenagem no ArcGIS, em sua maioria, não coincide com os rios das imagens de satélite no Google Earth, ou seja, a linha vetorial não passa por cima do rio na imagem de satélite, como ilustrado na figura 20. Conforme Buarque, 2009, o programa ArcGIS, de fato, não é o melhor software para geração das redes de drenagem, o que contribui para geração desses erros.

Esse fator, dificulta a identificação dos pontos entre duas confluências sucessivas, local onde deve ser medida a largura do rio para elaboração da equação  $LxA$ .

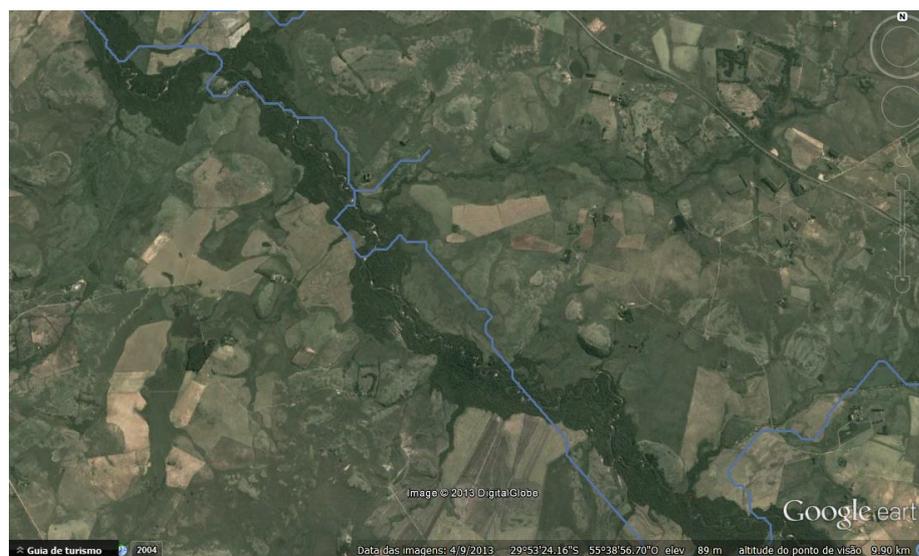


Figura 23 - Em azul, o rio gerado pela rede de drenagem do ArcGIS (Fonte: Google Earth).

- iii. As APP identificadas pela metodologia apresentada neste estudo não podem ser utilizadas para indicar a localização desta no mapa, pois, além do problema descrito no item ii, o rio é aqui representado vetorialmente, ou seja, é uma linha que não possui dados de largura. O resultado da metodologia fornece uma boa aproximação da área total de preservação permanente de margem de rio, conforme ilustrado pela Figura 24.



Figura 24 - Mapa identificado as APP de margem de rio na Bacia Rio Ituim (Fonte: Google Earth)

- iv. Apesar de um dos objetivos específicos deste trabalho ser a máxima redução das subjetividades, infelizmente, elas são inerentes à qualquer metodologia que possa ser apresentada. Algumas subjetividades claramente identificadas nesta metodologia estão na geração da rede de drenagem no programa ArcGIS, quando escolhemos a densidade desta. Para maiores densidades, obviamente, teremos como resultado final uma maior área de APP na bacia hidrográfica de estudo. Outra subjetividade está na medição da largura do rio com a ferramenta “régua” no Google Earth, que dependerá do técnico que está realizando esta medição, e influenciará diretamente na elaboração da equação que regerá o cálculo das larguras dos rios.
- v. Por fim, ainda existem os erros inerentes ao programa utilizado. O ArcGIS não é o melhor software para delimitação da rede de drenagem, pois comete erros no traçado

dos rios, como os apresentados na figura 25, que resultam na superestimava na área total de preservação permanente em margem de rio. Além dos erros ocasionado pelo SIG utilizado, ainda possuímos os erros inerentes às matrizes escolhidas.

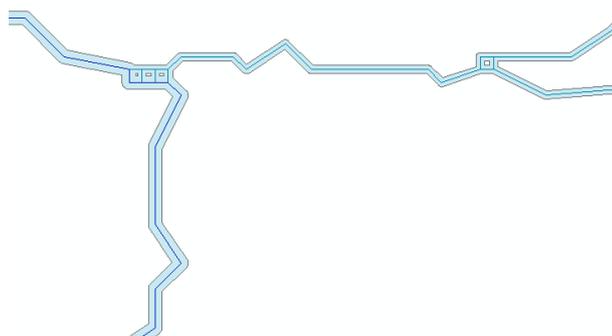


Figura 25 - Erro na delimitação da rede de drenagem e consequência na aplicação do buffer para APP.

### 7.1.2 APP de topo de morro

Anteriormente à aplicação da metodologia, alguns resultados já eram previstos. Porém, durante o processo, outras inconsistências foram aparecendo e novos apontamentos se fizeram necessários.

- i. O MDE SRTM para o município de Porto Alegre, não apresentou declividade média superior a 25° para os potenciais morros encontrados. Esse resultado já era esperado, pois é de conhecimento que a resolução do MDE afeta diretamente a suavização da declividade do terreno (Cavalli e Valeriano, 2000 ; Oliveira e Fernandes Filho, 2013) e, como essas matrizes possuem resolução aproximada de 90 metros, elas não apresentam o grau de detalhamento necessário.
- ii. Já a base altimétrica vetorial contínua, que permitiu interpolação de uma matriz com resolução de 10 metros, apresenta um grau de detalhamento demasiadamente elevado, sendo necessário aplicar um pré-tratamento com o *Focal Statistic* para que a imagem

possa ser trabalhada, suavizando levemente o terreno. Caso isso não seja realizado, provavelmente não seria possível encontrar morros na área de interesse, pois seria encontrado um terreno semelhante ao apresentado na figura abaixo, (representado de forma exagerada para melhor visualização) com interferência de muitos ruídos.

Caso os ruídos não sejam eliminados com o Focal Statistic, o método sugerido identificará as depressões, ocasionadas por erros, como pontos de sela e, a diferença de cota entre um ponto e outro, “H”, dificilmente será maior que 100 metros, como ilustrado na Figura 26.

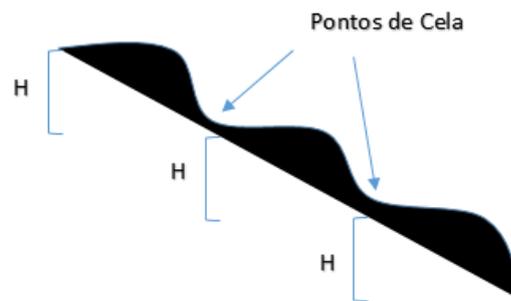


Figura 26 – Representação, sem escala, do terreno ondulado, previamente à aplicação do pré-tratamento.

- iii. Durante a interpretação do resultado obtido na base altimétrica vetorial contínua, no qual não foram encontrados morros (altitude superior a 100 metros), identificou-se uma inconsistência na Lei no 12.651/2012. A Figura 27 representa a discussão aqui exposta.

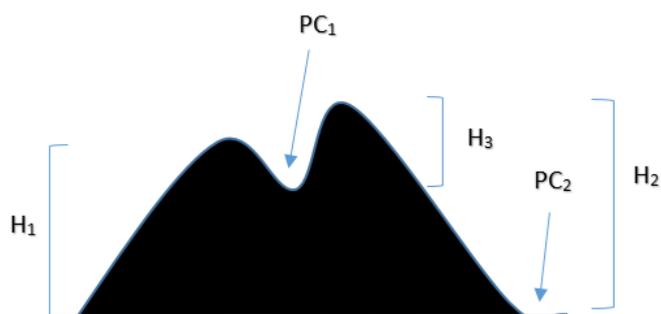


Figura 27 – Representação, sem escala, de dois cumes próximos com ponto de sela mais próximo do topo.

Supondo  $H_1$ ,  $H_2$  e  $H_3$  como sendo a diferença de cota entre os picos e suas respectivas bases,  $PC_1$  e  $PC_2$  os pontos de sela mais próximos do cume e que a distância entre os dois cumes seja inferior à 500 metros:

Os morros localizados dentro dos limites do município de Porto Alegre, possuem a característica ilustrada acima. Tanto  $H_1$  quanto  $H_2$ , representando a diferença de cota entre a base e o topo do morros, possuem valores superiores a 100 metros. Porém a legislação identifica a base do morro como sendo o plano horizontal indicado pelo ponto de sela mais próximo do topo.

Para ambos os morros, o ponto de sela mais próximo é o  $PC_1$ . Porém, a diferença de cota entre esse ponto de sela,  $PC_1$ , e o topo dos morros,  $H_3$ , é inferior a 100 metros e descaracteriza esses morros, apresentando o “falso” resultado de que não há morros no município de Porto Alegre.

CORTIZO (2007), já havia identificado esse problema: *“Definindo as bases de morros e montanhas pela cota do ponto de sela mais próximo, nenhum dos cumes é morro ou montanha. Portanto a elevação como um todo também não será nem morro nem montanha, mesmo que ela tenha mais de 300 metros de altura (em relação a própria base). Como resultado nada seria demarcado como APP na parte superior dessa grande elevação.”*

Na Código Florestal anterior, esse problema era resolvido pela adição do exposto na Resolução nº 303 do CONAMA, como explicado anteriormente, cujos topos dos morros com distância inferiores à 500 metros eram integrados e passavam a representar um mesmo morro, como apresenta CORTIZO (2007). Caso essa resolução ainda estivesse vigente, provavelmente o ponto de sela escolhido seria o PC<sub>2</sub>, o que caracterizaria esse conjunto de morro como APP, após confirmação da declividade.

Porém, essa condicionante foi suprimida na nova legislação, o que praticamente inviabiliza a existência e caracterização de morros no território brasileiro.

## **8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A partir do exposto até o momento é possível concluir que a metodologia proposta para delimitação de APP de margem de rio aproxima de forma satisfatória a área total de preservação permanente na margem dos rios. Porém, esta metodologia não deve ser utilizada para localização dessas áreas em uma imagem de satélite, pois a representação do rio é uma linha em formato vetorial, ou seja, não representa ou contém os dados de largura deste.

A metodologia proposta neste trabalho conclui que o delineamento dos rios no Google Earth possuem incompatibilidades com os rios delimitados através do mapa de rede de drenagem no ArcGIS. Além disso o aplicativo Google Earth possui limitação quanto à medição da largura de alguns trechos dos rios pois a visualização é dificultada em razão da vegetação.

A metodologia de topo de morro, não pôde ser inteiramente avaliada neste trabalho, pois não foram encontradas APP de topo de morro no município de Porto Alegre, pois em ambas áreas de estudos os morros não atenderam às duas condicionantes necessárias que caracterizam essa APP. O MDE SRTM apesar de possuir morros com diferença de cota entre a base e o topo superior a 100 metros, não possui declividade média superior a 25° para esses morros encontrados. Já no MDE com resolução de 10 metros, não foi encontrada diferença de cota superior a 100 metros.

Porém, como concluído por Oliveira e Fernandes Filho (2013), esta metodologia é adequada para o cálculo de APP de topo de morro e representa fidedignamente as diretrizes do CFB/12. Mas, da forma como o artigo está escrito no atual Código Florestal Brasileiro, dificilmente APP de topo de morro serão encontradas no território brasileiro.

Os erros inerentes à metodologia de APP de margem de rio são: Estação do ano na qual o MDE a ser trabalhado foi gerado, impossibilidade de visualizar alguns trechos dos rios no Google Earth; subjetividade na medição das larguras do rio, dependendo exclusivamente do técnico que o realiza; os rios nas imagens de satélite não coincidem com a rede de drenagem gerada no ArcGIS dificultado a visualização dos pontos de confluência entre as mini-bacias e os erros inerentes ao sistema de informação geográfica utilizado.

Já os erros inerentes à metodologia de delimitação de APP de topo de morro são: escolha da resolução espacial das imagens, o que influencia diretamente nos cálculos de declividade; eventuais erros inerentes ao programa de geoprocessamento utilizado e ruídos nos bancos de dados, sendo necessário o uso de ferramentas para pré-tratamento e, conseqüentemente, suavização do terreno;

As possíveis vantagens identificadas na utilização destas metodologias são: redução de custos provenientes de atividades de campo para levantamento topográfico, possível utilização destas metodologias por órgãos fiscalizadores, instrumentação para análise quanto à recuperação e reflorestamento de APP, método replicável e de fácil aplicação, diminuição significativa das subjetividades identificadas em trabalhos anteriores e possibilidade de aferição do método com visitas à campo.

O presente estudo também contribui para o fomento ao estudo de padronização das metodologias para delimitação de APP, para o questionamento dos bancos de dados utilizados atualmente, para a identificação de inconsistências na Lei nº 12.651/2012 e apresentação de resultados com qualidade para subsidiar trabalhos futuros nesta área de estudo.

Os resultados aqui apresentados concordam com conclusões e apontamentos realizados por outros estudiosos, contribuindo para um consenso no meio acadêmico a respeito do CFB/12.

*“Dificilmente 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° (...) Ainda é preciso estabelecer padrões quanto à base de dados altimétricos utilizada. Dado que todas possuem erros, dependendo da magnitude destes,*

*uma área pode ou não ser considerada como APP por questão de centímetros.”* (Oliveira e Fernandes Filho, 2013).

Para os próximos estudos, sugerimos que esse trabalho seja utilizado como ponto de partida e que as seguintes perguntas possam ser respondidas para que alguns resultados esperados sejam obtidos:

- i. É possível apresentar uma metodologia que identifique e represente de forma mais fidedigna a real localização e dimensão das APP de margem de rios em uma imagem de satélite?
- ii. Há uma forma de driblar o problema identificado neste trabalho que impossibilitou a identificação de topos de morro? Ou seja, há uma forma do ponto de sela mais próximo do cume ser automaticamente desconsiderado caso este represente uma diferença de cota inferior a 100 metros e o ponto de sela vizinho apresente cota superior a 100 metros, caracterizando assim este terreno ondulado como morro? Esse método estaria de acordo com a interpretação correta do CFB/12?
- iii. Existe um banco de dado, ou uma resolução de imagem considerada ótima para a delimitação de APP de topo de morro, que mantenha as características do relevo e não apresente alto grau de ruído?
- iv. Caso fosse utilizado outro software de geoprocessamento, os resultados obtido seriam diferentes?

Caso essas perguntas fossem respondidas, acredito que contribuiriam significativamente para o desenvolvimento de metodologias mais acuradas, objetivas e fiéis à delimitação de APPs conforme o Novo Código Florestal Brasileiro.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Região Hidrográfica do Uruguai**. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/uruguai.aspx>. Acessado em 27 de novembro de 2013.

BATISTA DA SILVA L.D.; CARVALHO D. F. **Fundamentos de Hidráulica**. Cap. 9. 2006. Disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20503/IT503%20cap%209.pdf>. Acesso em 3 de novembro de 2013.

BOLFE. E. L; PEREIRA R. S.; MADRUGA P. R. A. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicados à análise de Recursos Florestais**. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.1, p.105-111, 2004.

BRASIL 1988 – Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.

BRASIL, 1911. **Decreto nº 8.843, de 26 de julho de 1911** - Cria a reserva florestal no Território do Acre.

BRASIL, 1981. **Lei Federal nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981 – Institui a Política Nacional de Meio Ambiente.

BRASIL, 1997. **Lei Federal nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997 – Política Nacional dos Recursos Hídricos.

BRASIL, 1998. **Lei Federal nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998.

BRASIL, 2006. **Lei Federal nº 11.284**, de 2 de março de 2006 – Institui a Lei de Gestão de Florestas Públicas.

BRASIL, 2012. **Lei Federal nº 12.727**, de 17 de outubro de 2012.

BRASIL. **Decreto Federal nº 23.793**, de 23 de janeiro de 1934 – Código Florestal de 1934.

BRASIL. **Decreto Federal nº 7.830**, de 17 de outubro de 2012.

BRASIL. **Decreto nº 6.514**, de 22 de julho de 2008 – Institui a Lei de Crimes Ambientais.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651**, de 25 de maio de 2012 – Institui o Novo Código Florestal.

BRASIL. **Lei Federal nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965 – Institui o Novo Código Florestal. 1965.

BUARQUE, D.C et al. **Comparação de Métodos para definir direções de escoamento a partir de Modelos Digitais de Elevação**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 14, n.2, p.91-103, 2009.

CAVALLI, A. C.; VALERIANO, M.M. **Suavização da declividade em função da resolução da imagem em sistema de informação geográfica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 2, 2000.

CHAVES, M.A. **Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistentes para a Bacia Amazônica**. 2002. 113f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

COLLISCHONN, W. et al. **Manual de Exemplos de Aplicação do Modelo MGB-IPH: Rio das Almas**. Versão 2.0. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Disponível em: [http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila\\_hidrologia/apostila.html](http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/apostila.html). Acesso em: 03 de outubro de 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 303**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

CORTIZO, S. **Topo de Morro na Resolução CONAMA nº 303**. Disponível em: [www.isfx.com.br/artigos/topo.pdf](http://www.isfx.com.br/artigos/topo.pdf). Agosto de 2007.

COSTA T. C. C. et. al. **Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG)**, Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, p. 121-127, 1996.

DORA, A.S. **Quantificação de Reservas Renováveis de Água Subterrânea em Bacias Hidrográficas a Partir de Séries Históricas de Vazão: Uma Ferramenta Para a Gestão de Bacias, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso** – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DOS SANTOS et al. – Alexandre Rosa. **Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais**. ES: CAUFES, 2012.

EASH, D. A. A. **Geographic information system procedure to qualify drainage-basin characteristic**. *Water Resources Bulletin*, v. 30, p. 1-8, 1994

ESRI – Environmental Systems Research Institute. Software ArcGis Desktop, License Type ArcInfo, version 10. 2011.

FAN, F. M. et al. **Manual ArcHydro para aplicação do modelo MGB-IPH**. Versão 2.0. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

FAO. **Forest Resources Assessment 2000: Main Report**. Rome, 2001. (FAO Forestry Paper, 140)

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER – RS (FEPAM) – **Qualidade Ambiental: Região Hidrográfica do Guaíba**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp>. Acessado em 27 de novembro de 2013.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. **Paper 1 – Digital elevation model issues in water resources modeling**. In: MAIDMENT, D.; DJOKIC, D. (Eds). Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2000. P.1-28.

HASENACK, H.; WEBER, E.J.; LUCATELLI, L.M.L. 2010. **Base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre-RS na escala 1:1.000 para uso em sistemas de informação geográfica**. Porto Alegre, UFRGS-IB-Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-03-6. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.

HENRIQUES R. P. B. **O futuro ameaçado no cerrado brasileiro**. *Ciência Hoje*, v.33, n.195, p.34-39, 2003

- HOTT, M. C. et al. **Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro para o Estado de São Paulo**. Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil p. 3061-3068. 2005
- LOUZADA L. R. O. L. et. al. **Delimitação das áreas de preservação permanente de acordo com o projeto do Novo Código Florestal no entorno dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul** – ES, 2009
- MENDES, C.A B.; CIRILO, J. A. Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação. 1 ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Caderno da Região Hidrográfica do Rio Uruguai. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011023025.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023025.pdf) Acessado em 27 de novembro de 2013.
- MIRANDA, E. E.. **Campeões de Desmatamento**. Disponível em [http://www.aquecimento.cnpemembrapa.br/conteudo/historico\\_desmatamento.htm](http://www.aquecimento.cnpemembrapa.br/conteudo/historico_desmatamento.htm). Acesso em 10 de novembro de 2013.
- MIRANDA, E.E. **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpemembrapa.br>>. Acesso: 3/10/2013.
- NASCIMENTO, M. C. et al. **Uso do geoprocessamento na identificação de conflito do uso da terra em áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo**. Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n.2, p. 207-220.
- NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto, Princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 1992, 398p.
- OLIVEIRA E FERNANDES FILHO. **Metodologia para delimitação de APP em topos de morros segundo o novo Código Florestal utilizando sistemas de informações geográficas**. Anais XVI Simósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Viçosa – MG. 2013.
- OLIVEIRA. F. S. et al. **Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do parque nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais**. Revista Árvore, Viçosa – MG, v.32, n.5, p.899-908, 2008.
- PAIVA, R. C. D. **Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias. Estudo de caso: Bacia do Rio Solimões. Tese de Mestrado** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH. Porto Alegre, 2009.
- PREFEITURA DE MUITOS CAPÕES. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Muitos Capões – RS, 2011.

- RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. **The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar**. Journal of Photogrammetry & Remote Sensing (ISPRS), v. 57, n.4, p. 241-262, 2003.
- RIBEIRO, C. A. A. S. et al. **O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente**. *Revista Árvore*, v.29, n. 2, p. 203-212, 2005.
- RUEDA, Rafael Pinzón. **Evolução Histórica do Extrativismo**. Disponível em <http://www.ibama.gov.br/resex/textos/h1.htm>. Acessado em 30 de setembro de 2013.
- SALAMENE, S. et al. **Estratificação e Caracterização Ambiental da Área de Preservação Permanente do Rio Guandu/RJ**. *Revista Árvore*, Viçosa MG, v.35, n.2, p.221-231, 2011.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E PARTICIPAÇÃO CIDADÃ – SEPLAG. **Unidades Geomorfológicas do RS**. Disponível em: [http://www1.seplag.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod\\_menu\\_filho=791&cod\\_menu=790&tipo\\_menu=APRESENTACAO&cod\\_conteudo=1330](http://www1.seplag.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod_menu_filho=791&cod_menu=790&tipo_menu=APRESENTACAO&cod_conteudo=1330). Acessado em 27 de novembro de 2013.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – RS (SEMA) – **Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul**. Disponível em [http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=54](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=54). Acessado em 27 de novembro de 2013.
- SENADO FEDERAL. **Principais diferenças entre a legislação atual e o texto aprovado na câmara**. Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/codigoflorestal/infograficos/principais-diferencas-entre-a-legislacao-atual-e-o-texto-aprovado-na-camara>. Acessado em 30 de setembro de 2013.
- SILVA, E. M. et al. **Pesquisa operacional: programação linear, simulação**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1998. 184p.
- SODRE, Antonio de Azevedo. **Novo Código Florestal Comentado**. 1 ed. J. H. Mizuno, 2013.
- SUN, G.; RANSON, K. J.; KHARUK, V. I.; KOVACS, K. **Validation of surface height from shuttle radar topography mission using shuttle laser altimeter**. *Remote Sensing of Environment*, v.88, n.4, p. 401-411, 2003.
- TEIXEIRA, A. J. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de preservação permanente em microbacias hidrográficas**. *Revista Tessituras*, n.4, p. 1-14. 2012.
- TEIXEIRA, A. L. de A.; MORETI E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução aos sistemas de informações geográficas**. Rio Claro: Do Autor 1997. 80p.

TRIBE, A. **Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method.** Journal of Hidrology, v.26, n. ¼, p.263-293. 1992.

TUCCI, C. E. M. 2002. **Regionalização de Vazões.** Editora da Universidade/UFRGS, 256 páginas. Porto Alegre 2002.