

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

JOHNY SARTORI RUVIARO

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO
MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE PARA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS**

**PORTO ALEGRE
2017**

JOHNY SARTORI RUVIARO

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO
MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE PARA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Cartográfica do Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica.

Orientadora: Prof.^a Dra. Flávia Farina

Orientadora: Prof.^a Dra. Andrea Lopes Iescheck

PORTO ALEGRE
2017

CIP - Catalogação na Publicação

Ruviaro, Johny Sartori

Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente do município de Porto Alegre para análise da qualidade de produtos cartográficos. / Johny Sartori Ruviaro. - 2017.

77 f.

Orientadora: Flávia Farina.

Orientadora: Andrea Lopes Iescheck.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Curso de Engenharia Cartográfica, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Área de Preservação Permanente (APP). 2. Código Florestal Brasileiro. 3. topo de morro. 4. LIDAR. I. Farina, Flávia, orient. II. Iescheck, Andrea Lopes, orient. III. Título.

JOHNY SARTORI RUVIARO

**MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO
MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE PARA ANÁLISE DA
QUALIDADE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Cartográfica do Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cláudio Wilson Mendes Júnior
UFRGS

Profa. Msc. Patrícia Andréia Paiola Scalco
UFRGS

Profa. Dra. Andrea Lopes Iescheck
UFRGS

Profa. Dra. Flávia Farina
UFRGS

Porto Alegre, 21 de fevereiro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Ao Soberano Senhor Jeová (Isaías 42:8) pelo discernimento, entendimento, prudência e sabedoria (Provérbios 2:1-15) que Ele me ensinou através do conjunto de muitos princípios que as Escrituras Sagradas fornecem (2 Timóteo 3:16,17) para que eu pudesse escolher o caminho a seguir e guiasse minhas escolhas usando esses princípios (Provérbios 20:24; Jeremias 10:23).

A minha família que tanto me apoiou. Meu pai, minha mãe e minha irmã por me ajudarem a conseguir terminar a graduação em meio às muitas dificuldades.

As orientadoras Prof.^a Dra. Flávia Farina e Prof.^a Dra. Andrea Lopes Iescheck pela instrução e correção que eu tanto precisei para conseguir terminar o TCC.

Aos componentes da banca examinadora.

Ao Kledson Róber Grabski, ao Jurley Colares Ribeiro e a gurizada do Laboratório de Modelagem Ricardo Ayup Zouain pela ajuda com os procedimentos nos softwares, principalmente pela ajuda para conseguir as APPs de topo de morro, APPs de declividade e as APPs de hidrografia.

A todos aqueles que foram meus professores na UFRGS e a todos que foram meus colegas de sala de aula na graduação pelas dicas para conseguir ser aprovado nas muitas disciplinas da graduação.

Ao pessoal da Coordenação de Cartografia e Projetos Geométricos (CCPG) da Secretaria Municipal de Urbanismo (SMUrb) da Prefeitura de Porto Alegre.

À Prefeitura Municipal de Porto Alegre pelos dados fornecidos para a realização desse trabalho.

E, por fim, a todos que eu conheci no tempo da graduação; foi uma época de muitas reflexões, vivências, conversas e aprendizados que me fizeram perceber que eu era uma criança que tinha certeza de que era adulto quando entrei na UFRGS e também que, quando saí da UFRGS, era uma criança que só imaginava de longe o que realmente é ser um adulto.

Epígrafe

Definição de “guri novo”:

Cansado demais para ficar velho; e

Velho demais para ficar cansado.

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram criadas devido à sua grande importância para preservar o meio ambiente e sua ocupação inadequada trouxe impactos negativos para o bem-estar e segurança do homem. O novo Código Florestal Brasileiro de 2012 modificou os parâmetros para a delimitação dessas áreas, resultando em uma nova demanda de atualização e mapeamento preciso dos novos limites. Como a maior parte do território brasileiro não está coberto por produtos cartográficos compatíveis com o que é estabelecido pela legislação, recentes pesquisas apontam para uma redução quase total de algumas classes das APPs, em específico as de topo de morro. Então, neste trabalho foram usados os produtos cartográficos gerados pelo mapeamento do município de Porto Alegre, considerado hoje como um dos mais modernos e completos do Brasil, para delimitar as APPs e avaliar os resultados. A área de estudo utilizada foi o município de Porto Alegre excluindo-se as ilhas que compõe seu território, resultando numa área de 451,5 Km². Para gerar as APPs de topo de morro foi usado o método de Oliveira *et. al.* (2013) com uma modificação no cálculo da declividade média e um MDE gerado com dados de LIDAR. E para gerar as APPs de hidrografia foram usados produtos cartográficos na escala 1:1.000. Considerando-se o Guaíba um lago foram delimitados 89,4 Km² de APP de hidrografia, mas considerando-se o Guaíba um rio só 65,5 Km² foram considerados APP de hidrografia. As APPs de topo de morro resultaram numa área de 9,5 Km². E não foram encontradas APPs de declividade. Devido à utilizarem-se todos os pixels do morro para o cálculo da declividade média acabou-se excluindo quase todos os morros por que eles não atingiram um valor de declividade média suficiente para que o seu terço superior fosse considerado APP, isso aconteceu porque a área ao redor dos morros é bastante inclinada mas os topos dos morros são bastante planos e largos, por isso concluiu-se que esse não é um bom método de cálculo. Com relação às APPs de hidrografia a escala dos produtos cartográficos interfere na delimitação e tamanho delas; verificou-se que rios com distância entre as margens de mais de 10 ou 50 metros costumam ser representados somente por uma linha única, assim, não podendo-se determinar a verdadeira faixa de APP ao redor desses rios. Além disso, por causa da generalização cartográfica, muitos rios menores não aparecem nos produtos cartográficos e eles deveriam ter faixas de APP ao longo das margens, isso causa grande perda do real tamanho de APP. Muitos rios representados na base cartográfica na escala 1:1.000 de Porto Alegre, tanto perenes como intermitentes, não são representados em escalas a partir de 1:10.000 ou 1:25.000 de outras fontes de dados por serem considerados de menor importância.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente (APP), Código Florestal Brasileiro, topo de morro, LIDAR.

ABSTRACT

Permanent Preservation Areas (PPAs) were created due to their great importance to preserve the environment and their inadequate occupation brought negative impacts to the well-being and safety of man. The new Brazilian Forest Code of 2012 modified the parameters for delimitation of these areas, resulting in a new demand of updating and precise mapping of new limits. As the most part of the Brazilian territory is not covered by cartographic products compatible with what is established for the legislation, recent researches point to a almost total reduction of some classes of the PPAs, in specific the top of hill. So, in this work were used the cartographic products generated by the mapping of the city of Porto Alegre, considered today as one of the most modern and complete in Brazil, to delimit the APPs and evaluate the results. The area of study used were the city of Porto Alegre excluding the islands that composes its territory, resulting in an area of 451.5 km². To generate the APPs of top of hill were used the method of Oliveira *et al.* (2013) with a modification in the calculation of the average slope and a MDE generated with LIDAR data. And to produce the APPs of hydrography were used cartographic products in the 1:1,000 scale. Considering the Guaíba a lake were delimited 89.4 Km² of APP of hydrography, but considering the Guaíba a river only 65.5 Km² were considered APP of hydrography. The APPs of top of hill resulted in an area of 9.5 km². And were not found APPs of declivity. Due to using all the pixels of the hill for the calculation of the average slope it ended up excluding almost all the hills because they did not reach a value of mean slope sufficient for that their upper third were considered APP, this happened because the area around the hills is very inclined but the top of the hills are very flat and wide, therefore were concluded that this is not a good method of calculation. With regard to APPs of hydrography the scale of the cartographic products interfere in the delimitation and size of them; it was verified that rivers with distances between margins of more than 10 or 50 meters are usually represented only by a single line, thus, not being able to determine a true range of APP around the rivers. Furthermore, because of the cartographic generalization, many smaller rivers do not appear in cartographic products and they should have APP along the margins, this causes large loss of the real size of APP. Many rivers represented in the cartographic basis in the 1: 1,000 scale of Porto Alegre, both perennial and intermittent, are not represented on scales as from 1: 10,000 or 1: 25,000 of other data sources because they are considered of minor importance.

Keywords: Permanent Preservation Area (PPA), Brazilian Forest Code, top of hill, LIDAR.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização e delimitação da área de estudo.....	21
Figura 2 - Exemplo de lago com barramento.....	27
Figura 3 - Lago que foi classificado errado como sendo um lago com barramento nos dados originais.....	27
Figura 4 - Lago que foi classificado errado como sendo um lago sem barramento nos dados originais.....	28
Figura 5 - Outro lago que foi classificado errado como sendo um lago sem barramento nos dados originais.....	29
Figura 6 - Ilha que foi classificada errado como sendo um lago nos dados originais....	30
Figura 7 - Estação de Tratamento de Água que foi classificada errado como sendo vários lagos nos dados originais.....	30
Figura 8 - Rios que foram desconsiderados.....	32
Figura 9 - Rios que foram desconsiderados (continuação).....	33
Figura 10 - Lagos do Parque Marinha que foram classificados errado como rios nos dados originais.....	34
Figura 11 - Vala de superfície que foi considerada rio para este trabalho (seta vermelha).	34
Figura 12 - Rios que foram classificados errados como valas de superfície nos dados originais.....	35
Figura 13 - Trecho de rio que foi classificado errado como sendo vala de superfície nos dados originais.....	36
Figura 14 - Canais considerados rios para este trabalho.....	37
Figura 15 - Valas de superfície que foram classificadas errado como rios nos dados originais.....	38
Figura 16 - Canal para irrigação que foi classificado errado como rio nos dados originais.....	39
Figura 17 - Lagos no início dos rios.....	40
Figura 18 - Bueiros que marcam onde o rio foi tornado subterrâneo.....	41
Figura 19 - Trechos subterrâneos dos rios que iniciam e terminam em bueiros.....	41
Figura 20 - Rios em região urbanizada construída.....	42
Figura 21 - Rios que iniciam em valas de superfície.....	43
Figura 22 - Os cinco lagos com mais de um hectare que foram considerados naturais.	44

Figura 23 - Trechos das margens que possuem largura da faixa de APP diferentes.....	45
Figura 24 - Mosaico do MDE gerado com LIDAR.....	47
Figura 25 - APPs de hidrografia considerando o Guaíba um rio.....	58
Figura 26 - APPs de hidrografia considerando o Guaíba um lago.....	59
Figura 27 - APPs de hidrografia oficiais da Prefeitura de Porto Alegre.....	60
Figura 28 - APPs de topo de morro geradas neste trabalho.....	62
Figura 29 - APPs de topo de morro oficiais da Prefeitura de Porto Alegre.....	63
Figura 30 - Áreas com elevada declividade e APPs de topo de morro.....	65

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	15
2.2	CARTOGRAFIA.....	17
2.3	SENSORIAMENTO REMOTO.....	18
2.4	SIG.....	19
2.5	ANTECEDENTES.....	19
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2	MATERIAIS.....	23
3.3	PROCEDIMENTOS.....	23
3.3.1	ENTRADA E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	23
3.3.2	VERIFICAÇÃO DOS DADOS.....	24
3.3.3	MAPEAMENTO DAS APPS DE HIDROGRAFIA.....	39
3.3.4	MAPEAMENTO DAS APPS DE TOPO DE MORRO.....	46
3.3.5	MAPEAMENTO DAS APPS DE DECLIVIDADE.....	55
3.3.6	ANÁLISE DA QUALIDADE.....	55
4	RESULTADOS.....	57
4.1	APP DE HIDROGRAFIA.....	57
4.2	APP DE TOPO DE MORRO.....	61
4.3	APP DE DECLIVIDADE.....	66
4.4	RESULTADOS DA ANÁLISE DA QUALIDADE.....	66
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXO 1.....	73
	ANEXO 2.....	75
	ANEXO 3.....	77

1 INTRODUÇÃO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram criadas para que fossem preservados os recursos hídricos, a paisagem, o solo, a biodiversidade, o fluxo da fauna e a flora, e por consequência também a população humana. Devido à sua grande importância, essas áreas deveriam estar cobertas com sua vegetação nativa e deveriam ser impróprias para serem usadas para agricultura, pecuária, indústrias e urbanização. A ocupação inadequada das APPs trouxe impactos negativos sobre o ambiente, a sociedade e a economia. Alguns desastres recentes, como deslizamentos e inundações, podem ser atribuídos à degradação das APPs, seja pela ocupação de zonas de alta declividade, pela remoção da cobertura vegetal ou em razão da alta impermeabilização do solo. Neste contexto, os efeitos não se restringem à degradação ambiental em si, mas envolvem também a possível perda de vidas humanas, a interrupção de atividades econômicas importantes e de serviços públicos essenciais, trazendo assim ônus ao poder público e principalmente à população que pode ficar desabrigada.

A criação do Código Florestal Brasileiro, lei federal nº 4771 de 1965, originou uma demanda para delimitação das APPs, mas devido à tecnologia disponível naquela época o atendimento a esta demanda não se concretizou de forma adequada. Atualmente, com a promulgação do novo Código Florestal Brasileiro (CFB), lei federal nº 12.651 de 2012, a legislação referente às APPs sofreu alterações, resultando em uma nova demanda tanto de atualização como de mapeamento preciso dos novos limites das APPs. Diversas discussões em torno do tema mostram a necessidade do país garantir a proteção ambiental, seguindo-se os limites estabelecidos pela atual legislação. Tal fato trouxe à tona um esforço de acelerar o mapeamento com definições claras dos limites das APPs, em parte devido à fiscalização mais rigorosa dos órgãos ambientais, mas principalmente devido ao problema de sua utilização inadequada e no sentido de impedir que mais APPs sejam destruídas.

É preciso utilizar métodos de mapeamento mais rápidos. Sendo assim, a utilização de informações de sensores orbitais apresenta-se como importante ferramenta na obtenção remota de informações bem como no conhecimento da cobertura e uso do solo, além de se tratar de um produto de baixo custo e de rápida aquisição se comparado aos demais. Além disso, em algumas situações, pode-se aproveitar os produtos cartográficos de qualidade que foram gerados por outros órgãos. Comumente são

usados dados oriundos de cartas topográficas, imagens de satélite, MDEs (Modelos Digitais de Elevação), dentre outros. Porém, nem sempre estes produtos cartográficos apresentam o grau de detalhamento, a resolução espacial, a atualização ou a acurácia necessária para atender às especificações legais.

A integração das informações e o mapeamento das APPs são executados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). As funcionalidades dos SIGs incluem a criação e visualização de mapas e modelos do ambiente, a realização de análises espaciais complexas, a manipulação e edição de dados espaciais e o armazenamento de grande volume de dados.

Além disso, a demanda da criação de mapas para os mais diversos fins trouxe também a necessidade de levar em conta a qualidade das informações de entrada para gerar os produtos cartográficos, de modo a garantir uma qualidade satisfatória ao final de todo o processo. Trabalhos de engenharia que requerem informações de alta qualidade muitas vezes são executados a partir de dados de entrada de baixa qualidade e, desse modo, a acurácia final dos produtos gerados não é sequer mencionada ou verificada pelos órgãos competentes.

A maior parte do território brasileiro não está coberto por produtos cartográficos compatíveis com o estabelecido pela legislação, portanto, será possível a compreensão dos motivos pelos quais recentes pesquisas apontam para a redução quase total de algumas classes de APPs, mais especificamente as de topo de morro.

No caso do município de Porto Alegre, considerando que o avanço da tecnologia tem revolucionado a obtenção de informações de alta acurácia, a Prefeitura realizou o mapeamento do município, utilizando as mais avançadas tecnologias existentes no mercado. Tal mapeamento pode ser considerado, atualmente, como um dos mais modernos e completos do Brasil.

1.1 OBJETIVOS

Em vista do exposto, o objetivo geral deste trabalho é mapear as APPs do município de Porto Alegre para análise da qualidade mínima dos produtos cartográficos destinados a este fim.

Os objetivos específicos estão assim definidos:

- Estruturar um banco de dados em SIG;

- Delimitar as APPs de acordo com a legislação vigente em nível federal, estadual e municipal;
- Definir a escala mínima necessária de produtos cartográficos de modo a atender as especificações da legislação;
- Avaliar os resultados obtidos do ponto de vista da acurácia dos dados de entrada usados para calcular a delimitação e extensão das APPs;
- Analisar como a qualidade dos resultados obtidos impacta na identificação, delimitação, tamanho e mapeamento de APPs.

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar da disponibilidade atual de informações de qualidade para o município de Porto Alegre, a prefeitura ainda não possuiu o mapeamento das APPs com esses dados atuais. Os arquivos contendo as APPs, segundo o mapeamento antigo da década de 80, são encontrados no site da prefeitura, mas são baseados em dados analógicos, obtidos por técnicas teoricamente menos precisas, e por isso não mostram a verdadeira área completa das APPs. Esta é uma demanda latente no município que pode beneficiar órgãos ambientais, empreendedores e gestores públicos no processo de locação de usos do solo e nas políticas de preservação. Estão sendo implantados diversos empreendimentos habitacionais de grande porte e loteamentos em setores mais preservados do município, e isso trouxe uma série de questionamentos por parte de instituições e da população acerca do enquadramento legal de tais empreendimentos. Portanto, um mapa preciso e atualizado das APPs pode subsidiar as decisões por parte do poder público e legitimar suas ações.

Além disso, é importante analisar a qualidade dos dados de entrada disponíveis e avaliar para quais escalas podem ser usados. É sempre útil continuar ressaltando a busca da qualidade daquilo que os engenheiros produzem, pois cidadãos leigos podem não compreender os riscos envolvidos ao se obter um produto cartográfico sem ter a sua acurácia e qualidade mencionadas. Da mesma forma, é importante avaliar como os dados de entrada de baixa qualidade em termos de escala ou resolução espacial, frequentemente utilizados no mapeamento de APPs, impactam tanto na identificação como na delimitação e na medição das APPs.

Neste sentido, a Cartografia, o Sensoriamento Remoto e os SIGs apresentam um amplo instrumental para a identificação e mapeamento das APPs de forma eficaz e relativamente rápida permitindo ainda o seu monitoramento contínuo e a caracterização de conflitos de usos do solo. As funcionalidades de um SIG possibilitam a modelagem de todas as categorias de APPs e, atualmente, aplicativos específicos podem ser incorporados aos SIGs para automatizar sua delimitação, tornando o processo de mapeamento ainda mais ágil. Por outro lado, apesar dos avanços propiciados por estas técnicas, há um déficit em termos de mapeamento das APPs no território brasileiro devido, em parte, à sua dimensão e, em grande medida, à falta de dados de qualidade, de recursos financeiros e de pessoal capacitado para esta finalidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A legislação federal em vigor atualmente é o Código Florestal Brasileiro (CFB) de 2012 (Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que substituiu o antigo CFB de 1965 (Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965). O CFB de 2012 é bastante detalhista e específico ao estabelecer os parâmetros para definição das áreas de preservação, os conceitos, as definições e as responsabilidades. Ele também é considerado, por muitos, uma das leis sobre proteção ambiental mais protecionista do mundo e tenta buscar um meio termo entre o desenvolvimento da produção do campo com a preservação do meio ambiente. Por outro lado, esta lei é muito criticada por cientistas que apontam a redução drástica dos limites das APPs em razão da alteração nos parâmetros que definem essas áreas com relação ao CFB de 1965.

O CFB de 2012 define Área de Preservação Permanente (APP) como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Ainda, em seu Art. 4º, estabelece os seguintes parâmetros para APPs localizadas em zonas urbanas ou rurais:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
 - VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
 - VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
 - VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
 - 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;
 - X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;
 - XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.
- § 1º Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais.
- § 4º Nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa, salvo autorização do órgão ambiental competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama.

Também é mencionado no Art. 6º que o Chefe do Poder Executivo pode declarar uma área como APP para o interesse social se destinada a alguma das finalidades citadas no Art. 6º.

- Art. 6º Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:
- I conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;
 - II proteger as restingas ou veredas;
 - III proteger várzeas;
 - IV abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;
 - V proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;
 - VI formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
 - VII assegurar condições de bem-estar público;
 - VIII auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares.
 - IX proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

Deve-se considerar ainda que na Lei Orgânica do Município de Porto Alegre de 1990, no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental do Município de Porto Alegre de 1999 e no Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul de 1992 não são mencionados parâmetros diferentes que poderiam ser usados para delimitar as APPs. No entanto, o parecer 1181/2013 (PMPA, 2012), publicado em 21/01/2013 pelo governo municipal, define parâmetros mais rigorosos para delimitar APPs de topo do morro em Porto Alegre. A declividade média passa a ser acima de 17° e a diferença entre topo e ponto de sela do morro passa a ser entre 50 e 300 metros.

O parecer 1198/2016 - Áreas de preservação permanente em zona urbana e licenciamento edilício, de 16/05/2016 (PMPA, 2016), menciona que “o Município tem competência para editar normas que levem em consideração a cidade existente, podendo dispor diferentemente com relação à matéria, desde que atenda aos dispositivos constitucionais e o ordenamento jurídico urbano-ambiental vigente”. Claro que isso será feito em prol da execução da política urbana, seguindo o Estatuto da Cidade.

2.2 CARTOGRAFIA

A Associação Cartográfica Internacional (*ICA- International Cartographic Association*), em 1973, apresentou a seguinte definição para Cartografia: “*A arte, ciência e tecnologia de mapeamento, juntamente com seus estudos como documentos científicos e trabalhos de arte. Neste contexto pode ser considerada como incluindo todos os tipos de mapas, plantas, cartas e seções, modelos tridimensionais e globos representando a Terra ou qualquer corpo celeste, em qualquer escala*”.

O objetivo da Cartografia é a obtenção de um documento de caráter altamente técnico, com a finalidade de representar aspectos naturais e artificiais da superfície terrestre. O mapa é o mais conhecido dos resultados possíveis da atividade cartográfica e é uma poderosa ferramenta de análise espacial.

A confecção de mapas depende do conhecimento da geometria da Terra, ou seja, sua forma e dimensões. Além do conhecimento da geometria terrestre, a produção cartográfica depende também dos métodos de levantamento e de processamento das informações, para determinar as coordenadas de pontos em relação a um sistema de referência; das projeções cartográficas, para representar a superfície curva da Terra sobre uma superfície plana; e da linguagem cartográfica, para comunicar visualmente as informações, com clareza e simplicidade, através de simbologia apropriada.

Pode-se afirmar que a cartografia é a principal ferramenta utilizada para conhecer os espaços territoriais e também organizar as ocupações deles. Assim, na elaboração de um produto cartográfico devem-se expressar as informações de forma clara, organizada e coerente através de normas técnicas e procedimentos que garantam que o produto confeccionado atenda às exigências do usuário final.

Na cartografia é comum a necessidade de representar uma certa porção da superfície terrestre em um tamanho menor. Por isso as feições devem ser representadas em uma escala adequada para o objetivo. De forma simples, pode-se definir escala com

sendo a relação entre o valor de uma distância medida no desenho e sua correspondente no terreno. Junto com a escala há a generalização cartográfica que vem em representar a mesma área em várias escalas diferentes.

Segundo Goodchild (1991) generalização cartográfica é a simplificação das variações espaciais observáveis para permitir a sua representação em um mapa. Generalização é um processo dependente da escala e inclui a seleção, a simplificação e a síntese das feições que devem compor o mapa. É um processo voltado à comunicação eficiente daquilo que está representado num mapa.

2.3 SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto consiste em estudar objetos físicos e o meio ambiente sem ter contato físico, baseando-se em medidas da interação da radiação eletromagnética com eles. A fonte mais utilizada de informação são as imagens de satélites que orbitam a Terra. Os dados oriundos dos sensores orbitais são utilizados nas mais diversas aplicações, tais como a modelamento de processos naturais, estimativa de suprimento de água, estudos da composição do solo e vegetação, distribuição da poluição, crescimento da urbanização, monitoramento do clima, crescimento da desertificação, entre outros usos.

Nos trabalhos de engenharia que exigem elevado nível de precisão, as imagens de satélite devem estar ortorretificadas e georreferenciadas, assim, são corrigidas distorções que vem do processo de produção e também são atribuídas coordenadas referentes a um sistema de referência.

Para o sensoriamento remoto também pode ser usado um instrumento chamado LIDAR (*Light Detection and Ranging*) que segundo Jensen (2011) consiste de um sistema de controle e um transmissor e receptor, enquanto a aeronave se move ao longo das linhas de voo pulsos de luz laser são direcionados ao terreno por um espelho. A maioria dos sistemas LIDAR utilizados para mapeamento topográfico utilizam a luz laser no infravermelho próximo, entre 1040 e 1060 nm. Também pode ser usado em mapeamento batimétrico com lasers centrados em 532 nm. O processo de medição resulta em uma nuvem de pontos com dados de elevação distribuídos ao longo da linha de voo. Os sistemas LIDAR podem emitir pulsos a taxas superiores a 100.000 por segundo.

2.4 SIG

Segundo Aronoff (1989) um SIG é um sistema baseado em computador que fornece os seguintes quatro conjuntos de recursos para manipular dados georreferenciados: (1) captura e preparação de dados; (2) gerenciamento de dados, incluindo armazenamento e manutenção; (3) manipulação e análise de dados; (4) representação de dados.

Um SIG armazena um grande número de informações diferentes com representação posicional, assim elas podem ser integradas para análise de modo a compreender como elas interagem entre si. Assim, pode-se automatizar procedimentos antes realizados manualmente e facilita o cruzamento de dados em análises complexas formando uma ferramenta que integra dados vindos de diversas fontes, permitindo análises de dados que jamais poderiam ser integrados em um mesmo produto se estivessem em formato analógico.

Há dois formatos de representar as informações armazenadas em um SIG: vetorial e raster. Informações em formato vetorial são representadas com pontos, linhas e polígonos. Já a representação no formato raster é uma matriz formada de pixels onde cada pixel tem sua posição e um valor atribuído. Dessa forma podem ser representados distribuição da temperatura, chuva, população, densidade, vegetação, poluição, entre outras informações.

2.5 ANTECEDENTES

Cavalli (2012) calculou as APPs de topo de morro do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, segundo os Códigos Florestais de 1965 e 2012. Para tal, o autor utilizou como dado de entrada uma base altimétrica vetorial contínua do município de Porto Alegre, vetorizada a partir de cartas na escala 1:1.000 de um levantamento aerofotogramétrico no início da década de 1980. Como resultado, não foram encontradas APPs de topo de morro seguindo os parâmetros do CFB de 2012 devido aos morros não possuírem a declividade média especificada nesta legislação.

Pietzsch (2013) delimitou as APPs em margens de cursos d'água e de topos de morro segundo o CFB de 2012, usando como dados de entrada imagens SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), com resolução espacial de 90 metros e a base altimétrica vetorial contínua de Porto Alegre. Neste trabalho, o autor também não identificou as

APPs de topo de morro a partir de dados SRTM devido a declividade média insuficiente e também não identificou as APPs de topo de morro a partir da base altimétrica vetorial contínua devido a diferença entre o topo e ponto de cota ser insuficiente.

Persil (2014) calculou as APPs de topo de morro do município de Viçosa em Minas Gerais segundo os parâmetros do CFB de 1965 e do CFB de 2012, utilizando como dado de entrada aqueles oriundos do ASTER (*Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) 2ª versão. Quando aplicados os parâmetros definidos pelo CFB de 2012, foi observado a extinção das APPs em topo de morro.

Oliveira *et al.* (2013) desenvolveu um método de cálculo de APP de topo de morro com 37 passos. O resultado é uma melhor representação da declividade do terreno, diminuindo a suavização do terreno causado pela função de cálculo automático da declividade.

Oliveira (2015) avaliou os modelos digitais de elevação (MDEs) disponíveis gratuitamente no território brasileiro (IBGE 1:50.000, ASTER 2ª versão, SRTM e TOPODATA) sob diferentes critérios estatísticos e geoestatísticos, verificando a relação dos erros com a variação do terreno e a propagação dos erros pela declividade, face de exposição e curvatura da superfície. E calculou as APPs de topo de morro com base nesses MDEs para os municípios de Santa Bárbara e Barão de Cocais (Minas Gerais). Os resultados obtidos foram comparados com as APPs obtidas a partir de MDE elaborado com dados de LIDAR. Como conclusão, o autor afirma que os MDEs oriundos de dados gratuitos não eram compatíveis com as escalas que afirmavam ter. Houve discrepância nos mapas produzidos: as APPs apresentaram uma extensão consideravelmente maior a partir da utilização de dados de LIDAR e dimensões reduzidas ou quase nulas a partir dos outros dados.

3 METODOLOGIA

3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo utilizada se refere ao município de Porto Alegre excluindo-se as ilhas que compõe seu território (Figura 1), resultando numa área de 451,5 Km².

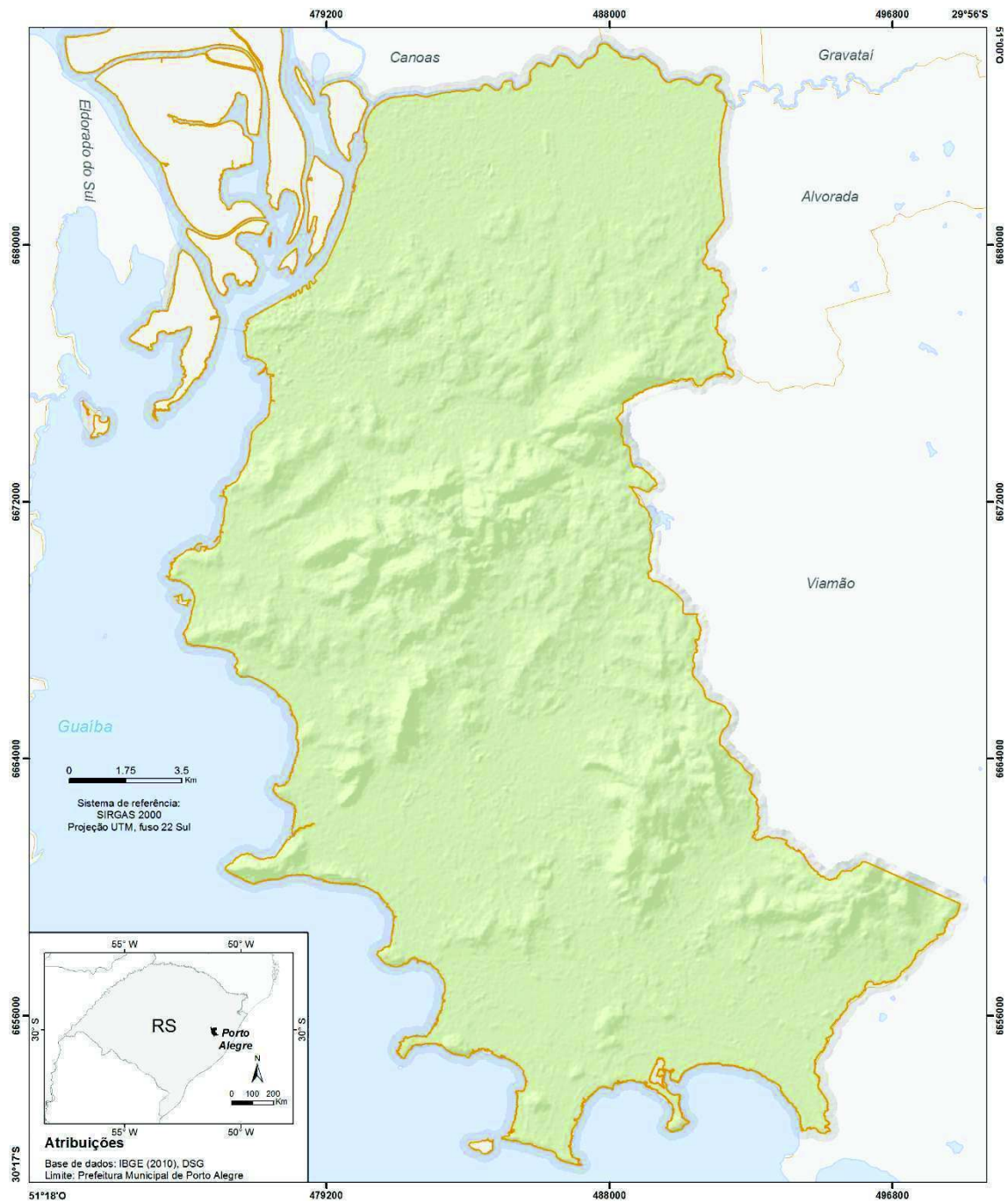


Figura 1 - Localização e delimitação da área de estudo.

Esta área foi escolhida para se delimitar as APPs por várias razões:

- por existir base cartográfica para o município na escala 1:1.000;
- por existir uma base de dados altimétrica de resolução de um metro para o município de Porto Alegre de origem LIDAR (algo bem raro no Brasil);
- por existirem trabalhos que mostram que desapareceram as APPs de topo de morro do município de Porto Alegre;
- porque a prefeitura do município já tem o seu mapa de APP de hidrografia e de topo de morro com base em um levantamento da década de 1980;
- porque na legislação municipal os parâmetros que definem a APP de topo de morro são mais rígidos do que no CFB 2012: acima de 17° de declividade e entre 50 e 300 metros a diferença entre topo e ponto de cota.

A área territorial de Porto Alegre segundo o IBGE é de 496,682 km². É bastante diversificada, contendo morros, baixadas e o lago Guaíba. Faz divisa com os municípios de Alvorada, Cachoeirinha, Canoas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Triunfo e Viamão.

O município foi inicialmente colonizado por açorianos no século 18 e, no seguinte, recebeu imigrantes alemães, italianos, espanhóis, africanos, poloneses e libaneses. É a cidade mais populosa da Região Sul do Brasil e a quinta mais populosa do Brasil, com uma população estimada pelo IBGE para o ano de 2015 de 1.476.867 de habitantes (IBGE, 2015). Além disso, diariamente ela recebe dezenas de milhares de trabalhadores que vem de outras cidades da região metropolitana.

A vegetação original foi pouco preservada e os ambientes naturais foram extensamente transformados para acomodar a grande população e indústria. Segundo Hasenack *et al.* (2008) restaram 24,1% da cobertura verde original, com diferentes graus de alteração humana, sendo 10,2% de campos e 13,9% de florestas. Entretanto, nem toda a área restante foi ocupada de forma urbana, mas foi bastante desmatada e substituída por outros usos do solo. Localizado na zona de limite entre os biomas da mata Atlântica e do Pampa, o município apresenta espécies vegetais de ambos. Além disso, há três unidades de conservação ambiental: a Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger, o Parque Saint-Hilaire e o Parque Natural Morro do Osso. Outra reserva natural da cidade é o Parque do Delta do Jacuí que está sob administração estadual.

Porto Alegre está localizada dentro dos limites da Bacia do Paraná, caracterizada por uma extensa bacia sedimentar que se estende para o norte até o centro

do Brasil. Localmente, o relevo é dominado pelo Maciço de Porto Alegre, parte do Cinturão Dom Feliciano e responsável pela existência da cadeia de morros que circunda a cidade. Os morros mais elevados são o Morro Santana, com 331 m, o Morro da Polícia, com 291 m, e o Morro Pelado, com 298 m. A altitude média da cidade é de 10 m acima do nível do mar.

Muito importante para a hidrografia é o lago Guaíba, onde desaguam os rios Jacuí, Sinos, Gravataí e Caí, além de tributários menores. 82,6% da área municipal se encontra na bacia do lago Guaíba e o restante na bacia do rio Gravataí. Na zona urbana há vários arroios: Dilúvio, Cascata, Teresópolis, Passo Fundo, Cavallhada, Mangueira e Águas Mortas. Na zona rural há os arroios Feijó, Capivara, Salso e Lami.

3.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados neste trabalho foram alguns dos produtos intermediários e finais decorrentes do projeto de mapeamento de Porto Alegre, cujos recobrimentos aerofotogramétrico e LIDAR foram realizados em 2009. Os seguintes produtos foram obtidos junto a Prefeitura Municipal de Porto Alegre:

- Base cartográfica digital planialtimétrica na escala 1:1000;
- Ortofotos na escala 1:5.000;
- MDE, com resolução de um metro gerado com dados de LIDAR.

Devido ao grande volume de dados a serem processados foi necessário o uso de um workstation com processador Intel Core i7, 2 TB de ROM, 16 GB de RAM, placa de vídeo Nvidia GeForce de 4GB.

Além disso, também foram usados os softwares ArcGis versão 10.2 (ESRI) e Google Earth.

3.3 PROCEDIMENTOS

3.3.1 ENTRADA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Inicialmente foi realizada a pesquisa e a análise documental da legislação pertinente para definir os parâmetros a serem considerados na delimitação das APPs.

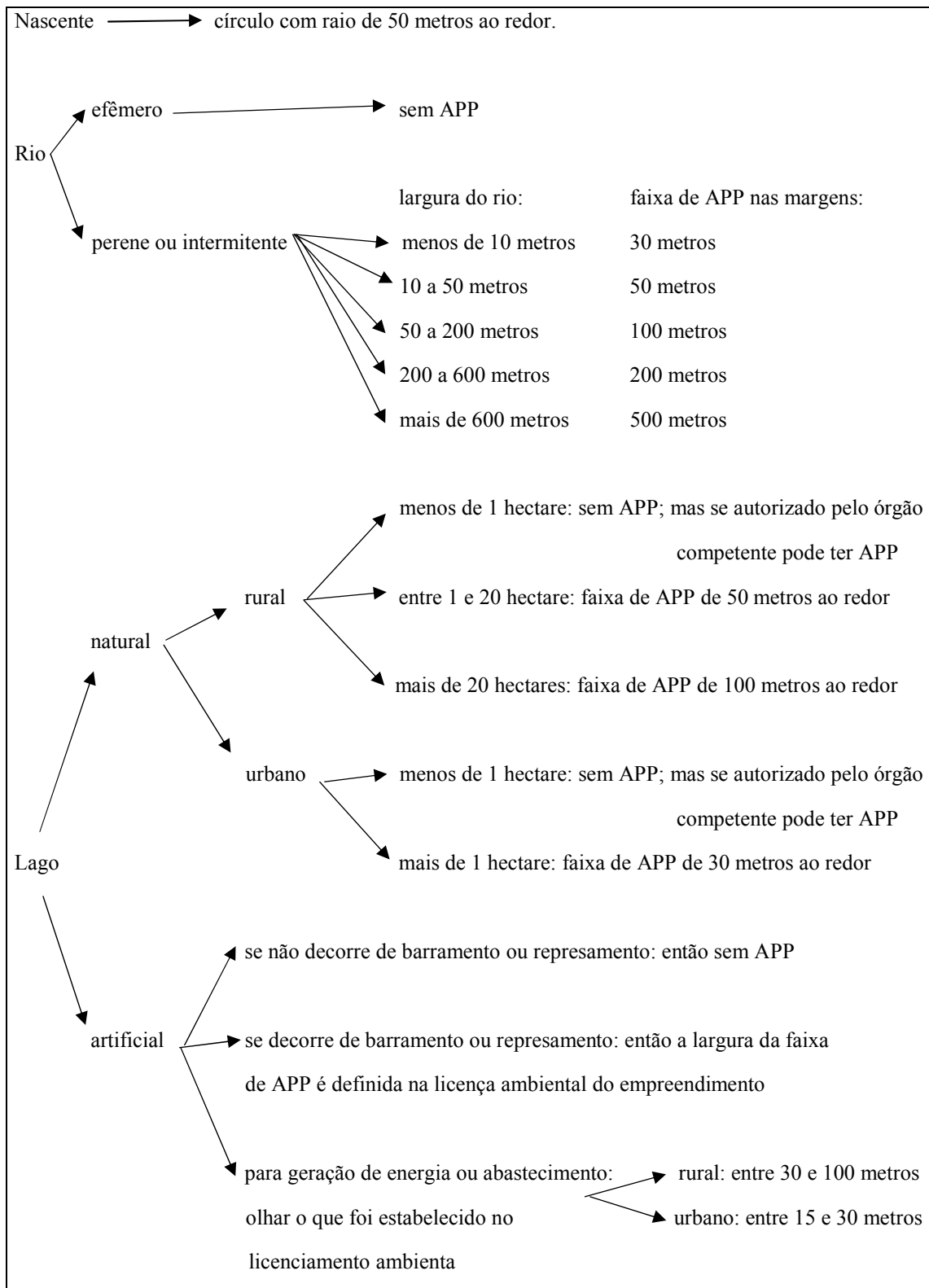
Após, foi realizada a coleta dos produtos cartográficos que subsidiaram a execução do trabalho. Então, selecionados os dados, eles foram inseridos no banco de dados no SIG e processados. O processamento envolve a estruturação do banco de dados e a padronização dos formatos para o geodatabase, da projeção cartográfica, do sistema geodésico de referência e dos demais parâmetros.

Todos os procedimentos e processamentos foram realizados mantendo-se o sistema de referência original dos dados, Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), e também a projeção original, Transversa de Mercator para Porto Alegre (TM-POA). Somente para representar os resultados neste trabalho foi realizada a transformação das coordenadas para a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) usando a ferramenta Project do ArcGis.

3.3.2 VERIFICAÇÃO DOS DADOS

Foi feita uma verificação de todos os dados da prefeitura antes deles serem utilizados. E foram encontrados alguns erros que acarretariam em vários problemas mais adiante se seguida essa metodologia sem excluir as feições com erros na classificação.

Para facilitar a verificação dos dados e também a delimitação das APPs elaborou-se um quadro resumo da legislação aplicável (Quadro 1).



Quadro 1 - Resumo da legislação sobre APP de hidrografia.

Foram usados cinco shapefiles obtidos da SMUrb (Secretaria Municipal de Urbanismo da prefeitura de Porto Alegre):

- barramentos (BARRAGENS_TM-POA);

- bueiros (BUEIROS_TM-POA);
- valas de superfície e subterrâneas (DRENOS_VALAS_TM-POA);
- lagos artificiais e naturais (LAGOS_TM-POA);
- canais e rios perenes e intermitentes (RIOS_CANAIS_TM-POA).

E também dois shapefiles obtidos no site da SMUrb com as APPs de hidrografia e com as APPs de topo de morro, ambas geradas com os dados do mapeamento de Porto Alegre do início da década de 1980, os nomes dos shapefiles são: APP_CURSOS_DAGUA_TMPOA e APP_TMORRO_TMPOA.

Verificando os lagos naturais:

No shapefile LAGOS_TM-POA estavam os lagos naturais, os lagos artificiais sem barramento e os lagos artificiais com barramento. E no shapefile BARRAGENS_TM-POA estavam os barramentos construídos para formar os lagos artificiais com barramento. Esta informação foi importante para verificar se o que foi classificado como lago artificial com barramento era realmente isso.

Primeiro, foram separados os polígonos com mais de um hectare de área de superfície que haviam no shapefile LAGOS_TM-POA. Para conseguir fazer isso foi criada uma nova coluna na tabela de atributos e nessa nova coluna foi colocada a área de cada polígono usando a ferramenta Calculate Geometry. Depois os polígonos com menos de um hectare foram excluídos, restando 56 polígonos.

Em seguida, na tabela de atributos do shapefile da prefeitura haviam duas classes (classe LAGO e classe REPRESA) as quais foram separadas em dois shapefiles dependendo da classe. Um shapefile para os lagos naturais e artificiais sem barramento (estes dois tipos estavam na classe LAGO) e outro shapefile para os lagos artificiais com barramento (estes estavam na classe REPRESA). Os lagos artificiais com barramento foram verificados um por um para se ter certeza de que eram realmente lagos artificiais com barramento. Foram selecionados 19 polígonos classificados como lagos artificiais com barramento.

Os lagos artificiais com barramento tinham um barramento ao lado, como mostra a Figura 2. Nesta figura o lago artificial, em azul, tem um barramento da cor preta para conter a água, o que permitiu verificar se eram realmente lagos artificiais com barramento.

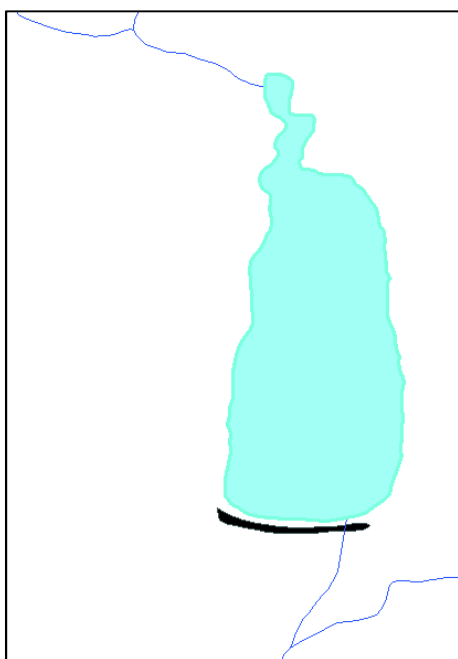


Figura 2 - Exemplo de lago com barramento.

Mas entre os lagos com barramento havia um lago que não tinha barragem, apresentado na Figura 3, e olhando pela imagem de satélite verificou-se que era um lago artificial sem barramento. Portanto tinha sido classificado errado.

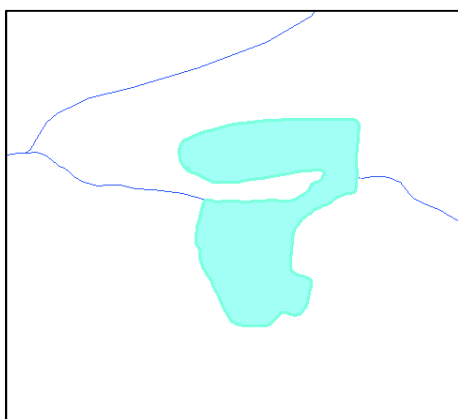


Figura 3 - Lago que foi classificado errado como sendo um lago com barramento nos dados originais.

Para determinar a faixa de APP ao redor dos lagos artificiais com barramento seria necessário descobrir a faixa definida na licença ambiental do empreendimento que, se existe, está com a prefeitura da cidade. Por isso, os lagos artificiais com barramento

não foram considerados para o cálculo da área de APP do município, já que não seria possível verificar todos os 18 lagos junto à prefeitura.

Os lagos naturais e lagos artificiais sem barramento também foram verificados um por um, sendo selecionados 37 polígonos com mais de um hectare de área na classe LAGO. No final da verificação restaram apenas cinco lagos naturais e os demais eram, na sua maioria, lagos artificiais com ou sem barramento. Pela legislação, os lagos artificiais sem barramento não têm APP.

Houve um lago artificial com barramento classificado como lago artificial sem barragem, apresentado na Figura 4. Pode-se ver claramente o barramento na Figura 4 e, portanto, foi colocado na sua classe correta.

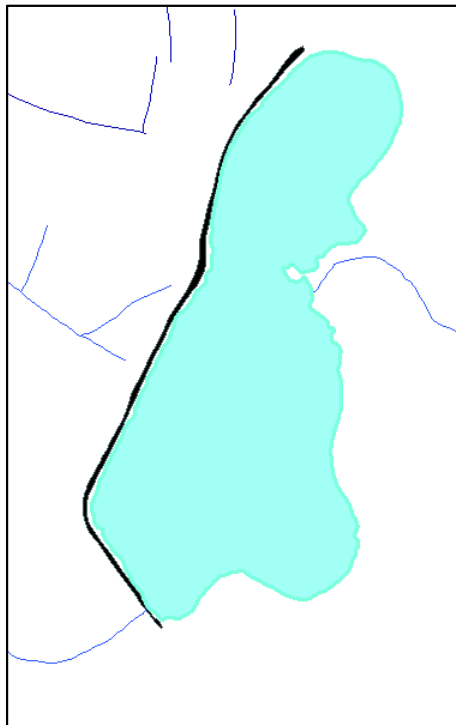


Figura 4 - Lago que foi classificado errado como sendo um lago sem barramento nos dados originais.

Também, um lago artificial com barramento foi classificado como lago artificial sem barramento e, além disso, o barramento dele foi classificado como sendo um canal, como pode ser visto na Figura 5. Este lago também foi colocado na sua classe correta.

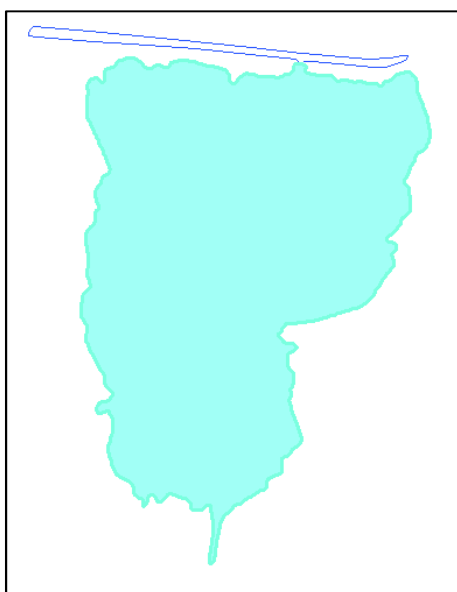


Figura 5 - Outro lago que foi classificado errado como sendo um lago sem barramento nos dados originais.

Além disso, mais de 10 lagos artificiais com barramento foram classificados como lagos artificiais sem barramento, pois os barramentos não haviam sido desenhados no mapeamento do município. Isso foi verificado observando-se tanto os formatos dos lagos como também a imagem de satélite. Estes lagos artificiais tinham um ou mais lados retos (os lagos não pareciam ter formato circular muitas vezes) e observando-se no Google Earth ficou bem visível o barramento no(s) lado(s) em que era(m) reto(s).

Outros dois lagos artificiais que foram mapeados atualmente estão secos e deixaram de ser lagos. E um lago artificial criado por causa de mineração do solo não existe mais, ou porque foi secado ou porque foi coberto de terra.

Foi encontrada uma ilha classificada como lago natural na região sul extrema do município. Na Figura 6 a ilha aparece indicada por uma seta.

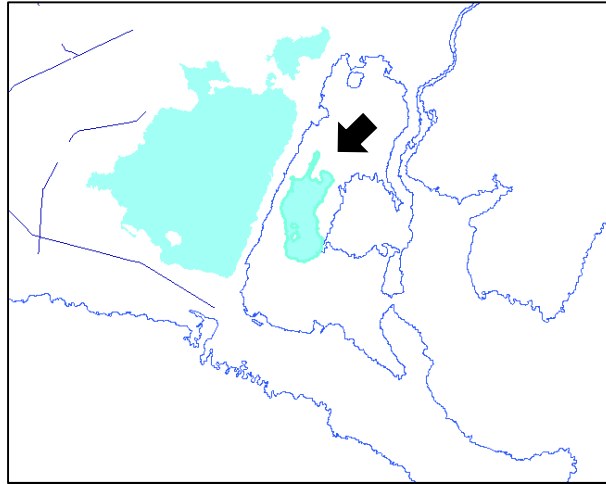


Figura 6 - Ilha que foi classificada errado como sendo um lago nos dados originais.

Por fim, foi verificado que uma Estação de Tratamento de Água, na região do extremo sul do município, foi classificada como sendo sete lagos artificiais sem barramento (Figura 7).

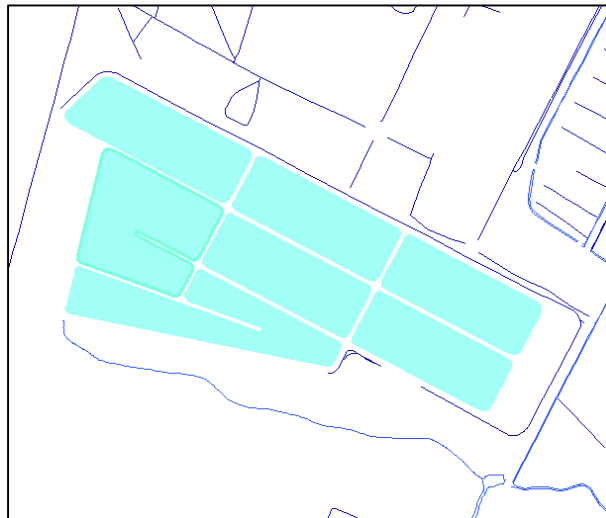


Figura 7 - Estação de Tratamento de Água que foi classificada errado como sendo vários lagos nos dados originais.

Verificando os rios:

O shapefile RIOS_CANAIS_TM-POA tem três subclasses de feições: rio perene, rio intermitente e canal. Os rios perenes e intermitentes pela lei devem ter APP, mas a lei não fala sobre canais. Por isso alguns canais foram considerados como rios para terem APP. Também, algumas valas foram classificadas como rios. No shapefile

das valas também foram encontrados alguns rios que tinham sido classificados erroneamente como valas.

Para resolver esse problema alguns critérios foram utilizados para alterar a classificação dos dados originais. Os critérios são:

- 1 - Modificar o mínimo possível os dados originais;
- 2 - Confiar o máximo possível nos dados oficiais;
- 3 - Excluir o mínimo possível de rios perenes e intermitentes;
- 4 - Modificar só o que é extremamente evidente que está classificado errado.

5 - Sempre que possível aquilo que foi classificado como canal ou vala deve ser trocado para a classe rio, isso quando esse canal ou vala foi usado para delimitar APP no shapefile APP_CURSOS_DAGUA_TMPOA, para que a APP continue existindo.

Tiveram que ser deixados todos os sete shapefiles visíveis ao mesmo tempo junto com o basemap do ArcGis ao fundo para fazer a verificação. Foi importante ter os lagos para ver o início dos rios, havia mais de 1000 lagos pequenos onde os rios começavam, e haviam lagos que faziam a ligação entre trechos dos rios. Os bueiros foram importantes, pois haviam muitos lugares em que os rios terminavam abruptamente e os locais onde haviam bueiros era exatamente onde o rio terminava. As valas foram extremamente importantes para poder enxergar trechos dos rios que são subterrâneos, e também algumas valas de superfície que faziam a ligação entre dois trechos de alguns rios, além disso mostravam vários lugares de onde vem a água dos rios ou para onde a água vai. O basemap foi extremamente importante porque algumas vezes as valas ao lado das estradas estavam classificadas como rios e com a imagem foi possível ver que não eram rios.

Ocorreram alguns problemas como rios classificados como: valas, valas classificadas como rios, lagos classificados como rios, rios classificados como lagos, canais classificados como barramentos. Serão apresentados alguns desses erros para exemplificar.

As Figuras 8 e 9 mostram alguns exemplos de rios que não existem mais ou que não existiam na época do mapeamento, mas que foram classificados como rios. Todos eles não foram usados para delimitar as APPs. Essas linhas classificadas como rios estão muitas vezes hoje sobre área construída, por isso o rio ou trecho do rio deixou de existir.

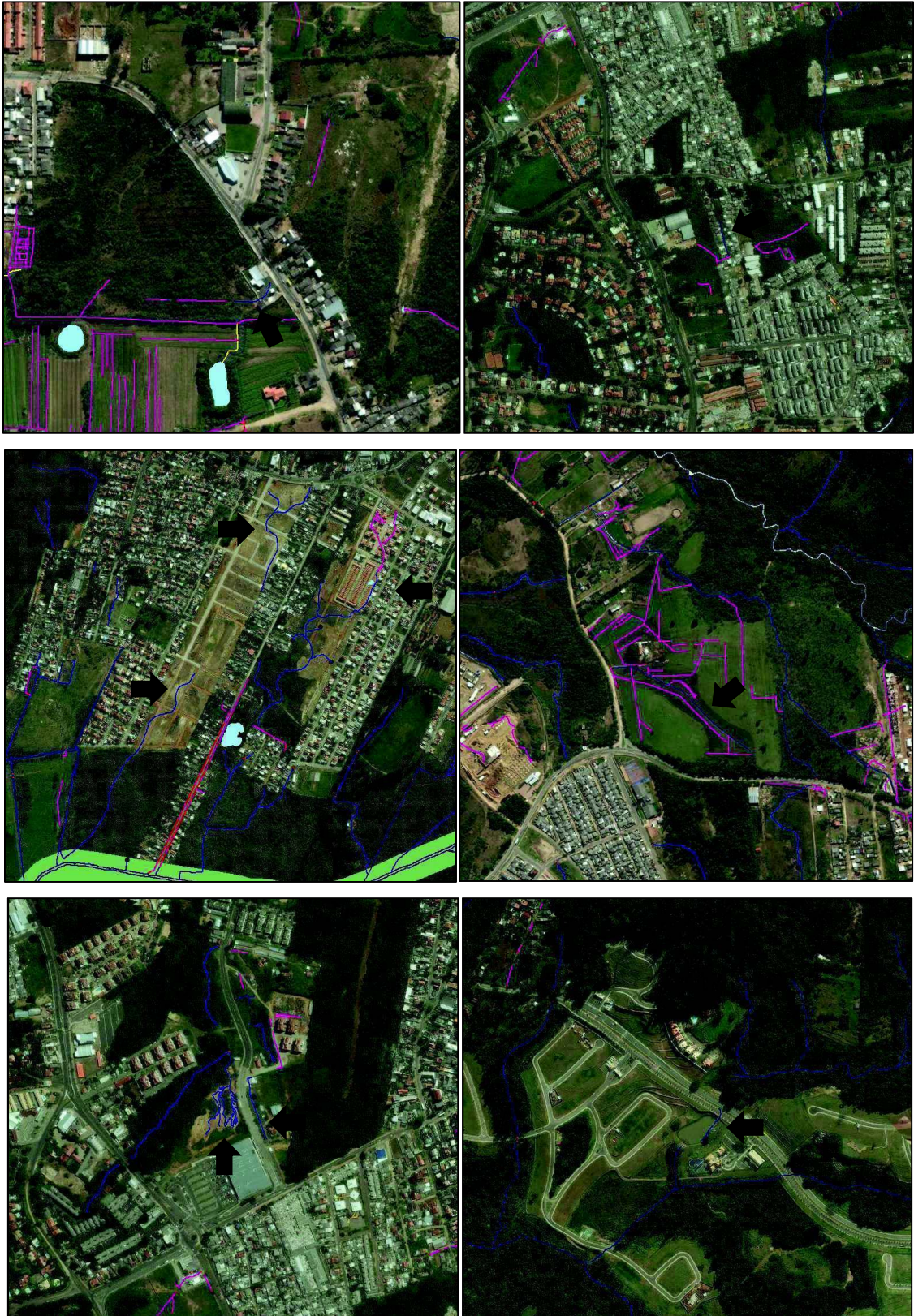


Figura 8 - Rios que foram desconsiderados.



Figura 9 - Rios que foram desconsiderados (continuação).

A Figura 10 apresenta que três lagos artificiais estão no Parque Marinha e foram classificados como rios, por isso foram excluídos e não foram usados para delimitar as APPs.



Figura 10 - Lagos do Parque Marinha que foram classificados errado como rios nos dados originais.

Na Figura 11 há dois polígonos marcados com setas, eles foram classificados como APPs pelo mapeamento antigo da década de 1980. No novo mapeamento de 2010, os rios foram classificados como valas de superfície. A vala de superfície que está sobre a APP indicada pela seta vermelha teve a classificação alterada para rio, mas aquela indicada pela seta preta foi mantida como vala de superfície. Essa decisão foi tomada levando-se em conta os critérios anteriormente citados e pela análise visual da imagem de satélite.



Figura 11 - Vala de superfície que foi considerada rio para este trabalho (seta vermelha).

Os rios inseridos em zonas de mata, indicados pelas setas na Figura 12, foram classificados como valas de superfície segundo os dados originais, porém optamos por classificá-los na categoria rios. Nesta mesma figura, os dois polígonos grandes são as APPs de topo de morro.

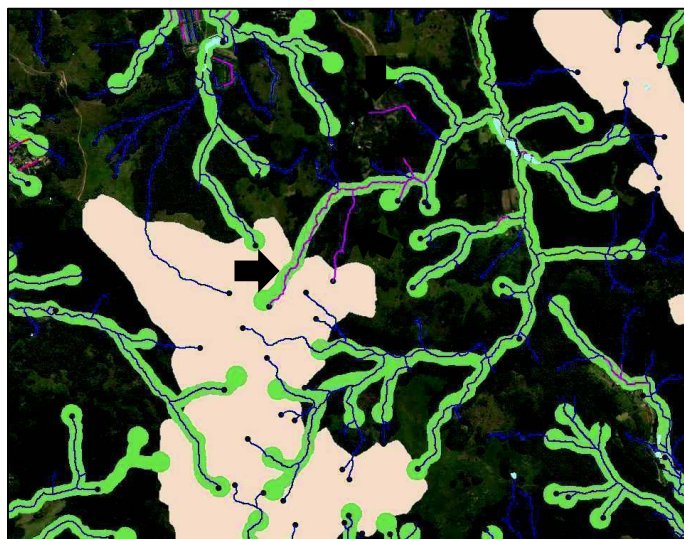


Figura 12 - Rios que foram classificados errados como valas de superfície nos dados originais.

O rio classificado como vala de superfície indicado na Figura 13 está localizado em uma região de mata, é um trecho de rio e também havia sido considerado como tendo APP ao redor.



Figura 13 - Trecho de rio que foi classificado errado como sendo vala de superfície nos dados originais.

Na Figura 14 são apresentados vários canais que foram considerados rios nesse trabalho e também um rio que foi classificado como vala de superfície nos dados originais. Essas modificações foram feitas para que antigas APPs não fossem excluídas.

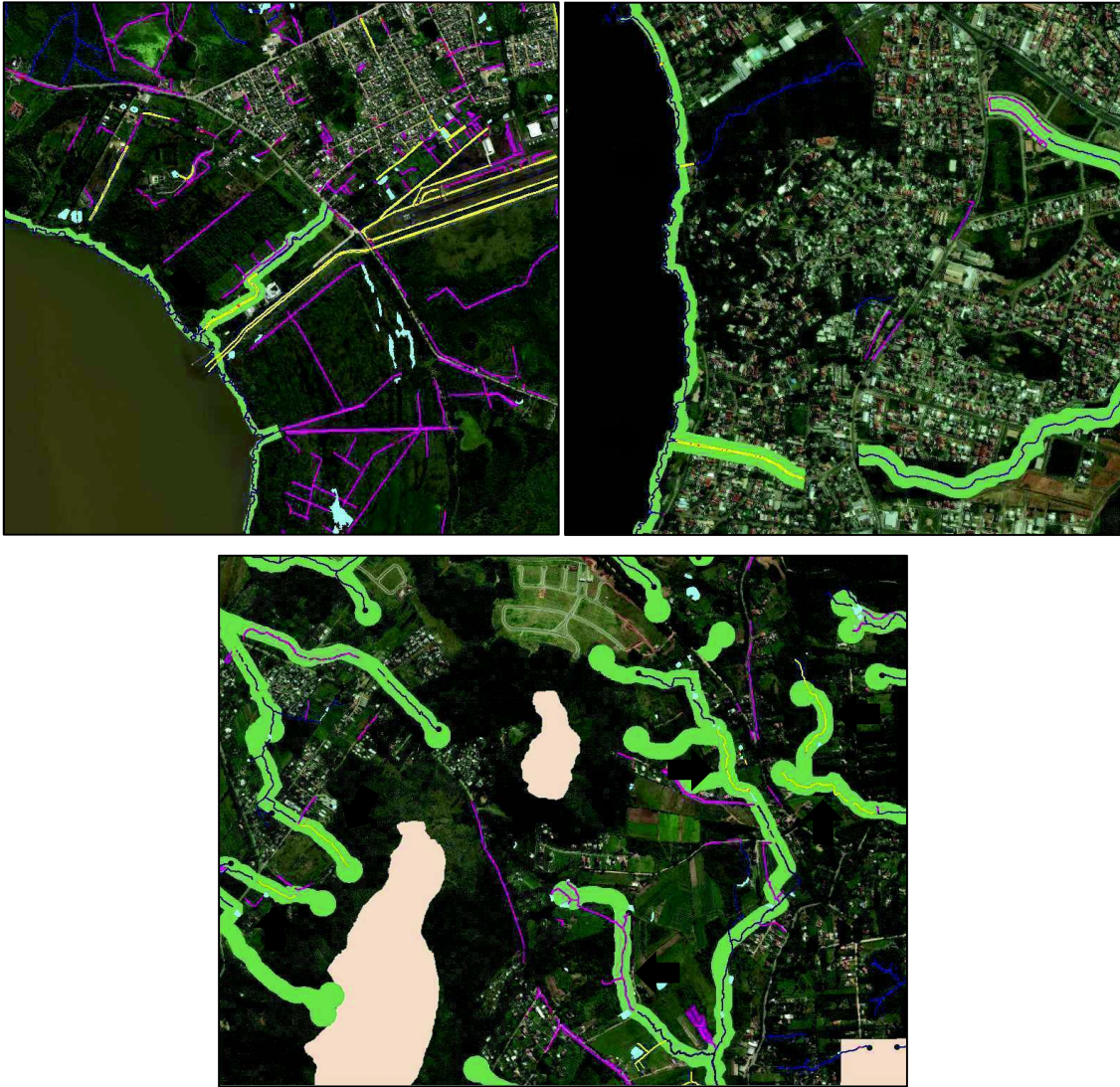


Figura 14 - Canais considerados rios para este trabalho.

Na Figura 15 são apresentados alguns exemplos, indicados pelas setas, de rios alterados de valas de superfície indicadas, pois estão localizadas às margens de vias, utilizadas para o escoamento.

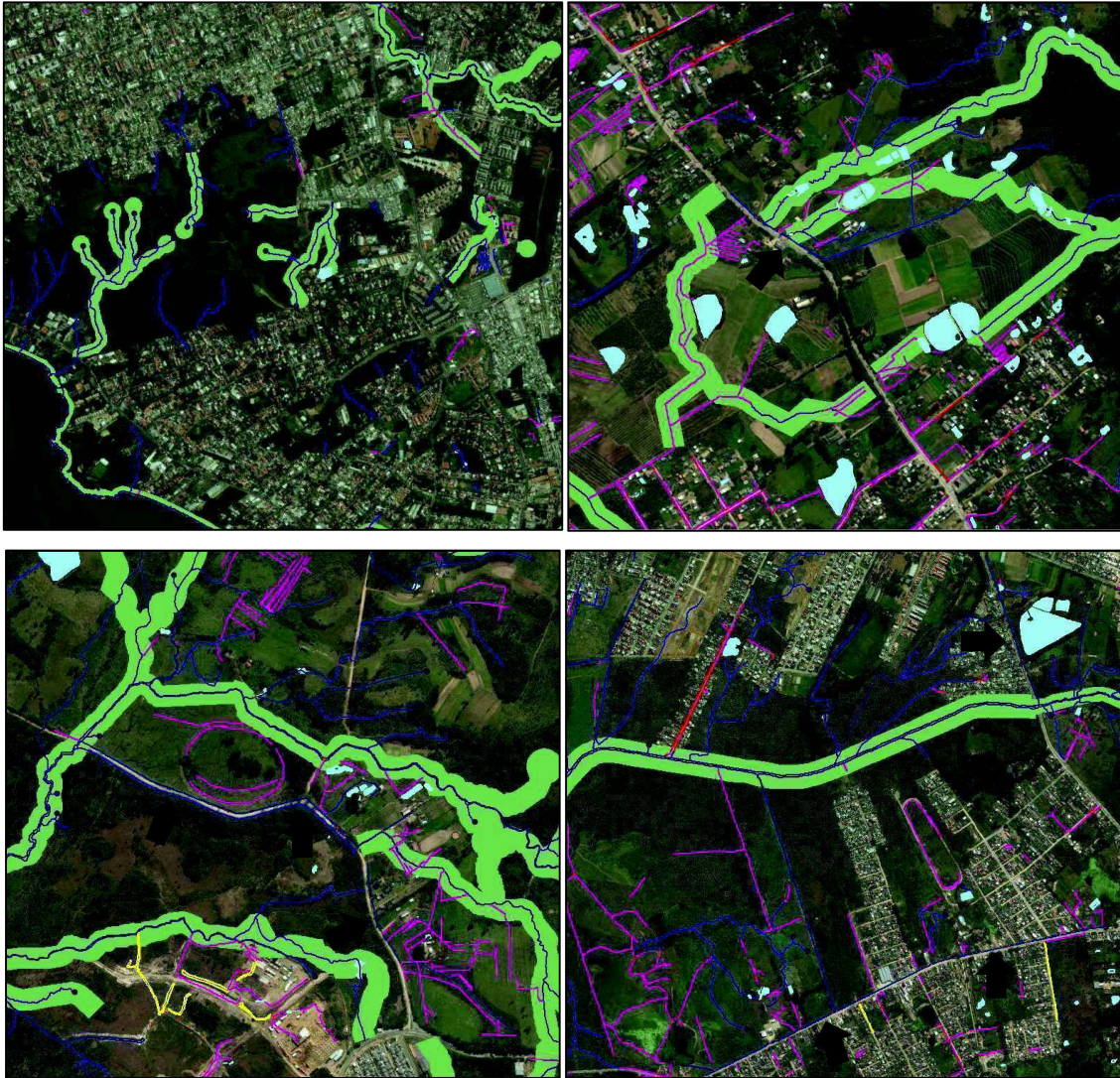


Figura 15 - Valas de superfície que foram classificadas errado como rios nos dados originais.

Uma outra situação se refere a alteração de rios localizados em zonas de cultivo (Figura 16). A observação sobre a imagem de satélite demonstrou que se tratavam de canais para irrigação das culturas agrícolas.

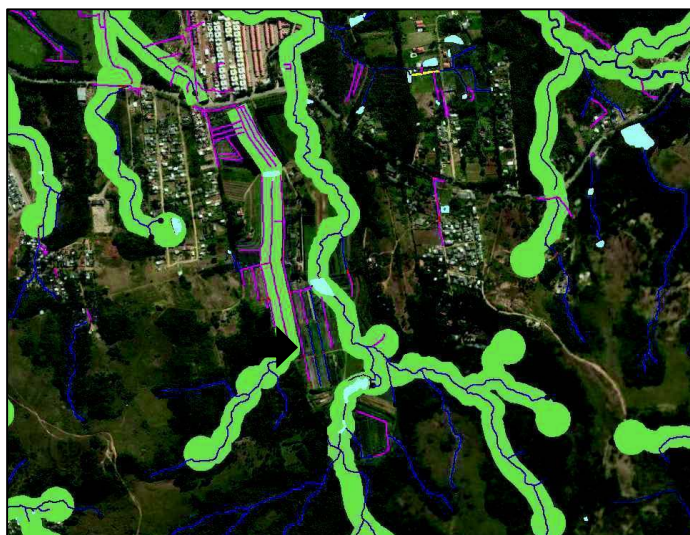


Figura 16 - Canal para irrigação que foi classificado errado como rio nos dados originais.

3.3.3 MAPEAMENTO DAS APPS DE HIDROGRAFIA

Nascentes

Os dados originais da prefeitura de Porto Alegre não contemplam um arquivo de identificação das nascentes. Para atender aos objetivos deste trabalho, procedeu-se a sua identificação sobre a imagem “basemap” do ArcGIS, utilizando como auxílio a sobreposição dos seguintes layers: barragens, bueiros, lagos, rios, valas, APPs de hidrografia e, APPs de topo de morro. Assim, foram inseridos pontos no início de cada curso de água intermitente ou perene quando possível. Ao total, foram identificadas 2.219 nascentes manualmente.

Não foi possível fazer isso de forma automática pelo software porque o software iria criar milhares de nascentes que não existem devido à existência de diversas linhas isoladas, sem continuidade no entorno. Então, caso fossem inseridos pontos de forma automática, haveriam mais de 6.000 nascentes.

Em diversas situações, não foram identificadas nascentes no início de cursos de água, pois centenas deles iniciavam em lagos, bueiros e valas, nas margens de vias, ou em meio a regiões urbanizadas, portanto, é altamente improvável tratarem-se de nascentes. A Figura 17 apresenta um exemplo de três lagos com dimensões reduzidas (apontados pelas setas), com diâmetro de cerca de 15 metros que estão no início dos rios, nos quais não foram identificadas nascentes. Nesta figura, lagos estão identificados

por polígonos azuis, as nascentes são os pontos pretos e os rios são as linhas azuis. Nota-se a importância de poder visualizar os lagos para não colocar nascentes onde não existem.

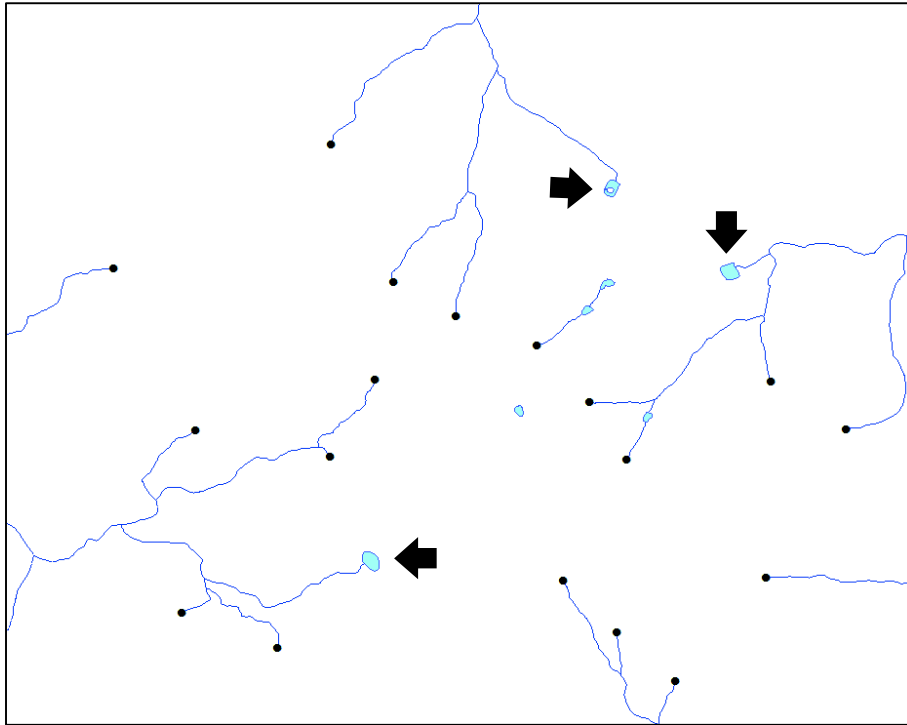


Figura 17 - Lagos no início dos rios.

Na Figura 18 são apresentados alguns cursos de água que deságuam no Arroio Dilúvio (rio com duas margens que cruza o meio da figura), esses cinco rios terminam abruptamente em bueiros apontados pelas setas. Esta situação demonstra a importância da sobreposição do layer com os bueiros para identificar esse tipo de ocorrência, caso contrário poderiam ser marcadas nascentes nesses locais. A continuação dos rios até o arroio Dilúvio é subterrânea.

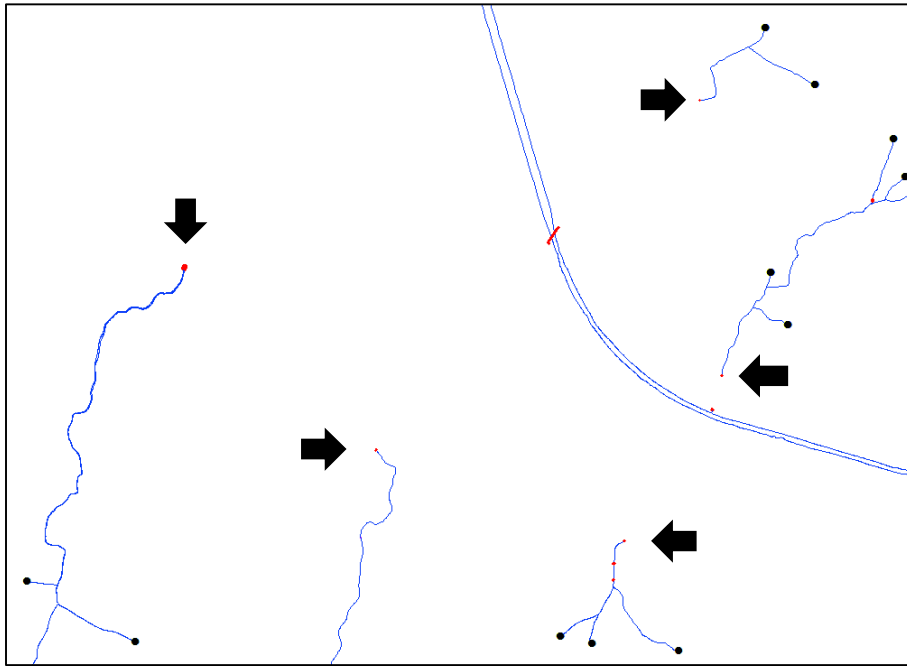


Figura 18 - Bueiros que marcam onde o rio foi tornado subterrâneo.

A Figura 19 mostra dois trechos de rios que não aparecem e que estão marcados pelas chaves, esses dois trechos iniciam e terminam em bueiros. Por isso devem ser trechos subterrâneos. Um cuidado especial foi tomado para evitar a marcação errônea das nascentes nessas situações.

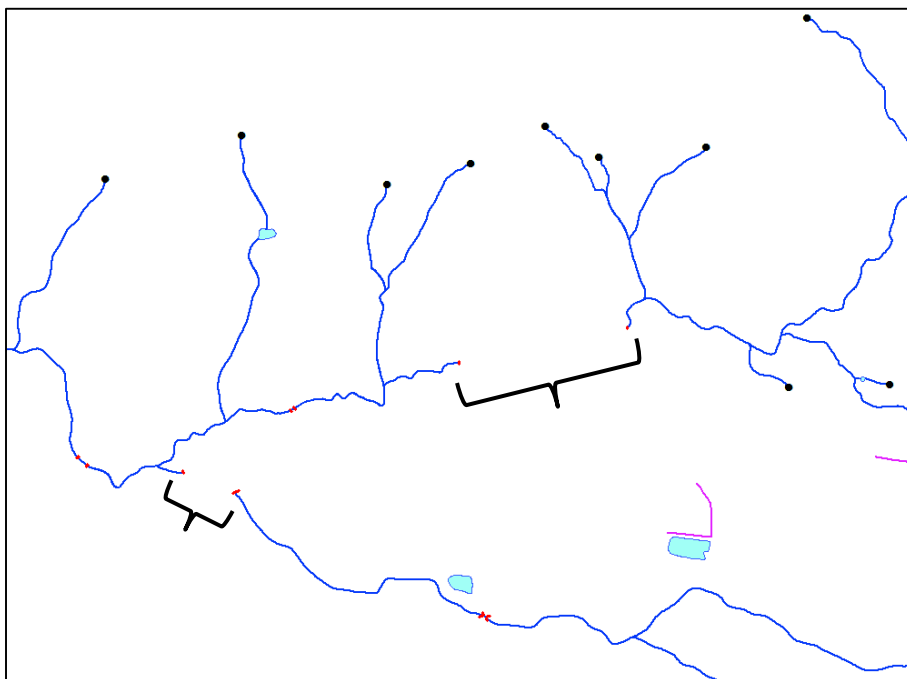


Figura 19 - Trechos subterrâneos dos rios que iniciam e terminam em bueiros.

Na Figura 20 são apresentados três rios que têm os inícios e términos marcados pelas setas. Todos eles estão em região urbanizada construída (pôde-se ver isso na imagem de satélite), mas a vegetação está preservada ao redor dos rios. No entanto, o problema é que iniciam e terminam em bueiros indicados pelas setas. Neste caso, optou-se também por não identificar nascentes.

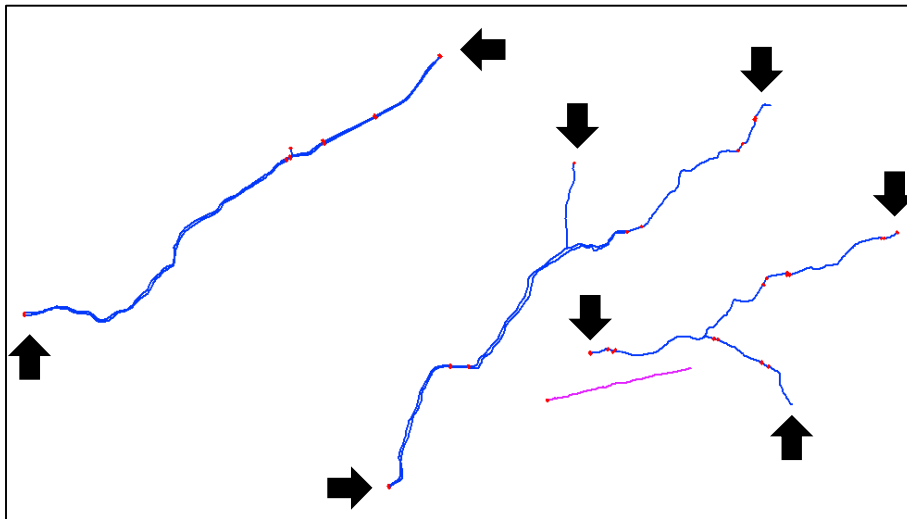


Figura 20 - Rios em região urbanizada construída.

A Figura 21 apresenta rios que iniciam em valas e por causa disso não tiveram suas nascentes marcadas. As quatro setas marcam o início das valas (cor rosa), as quais após se juntarem e seguirem por mais um trecho se tornam rios (cor azul). As três chaves mostram o local onde as valas se tornam rios. Foram identificadas milhares de situações como essa.

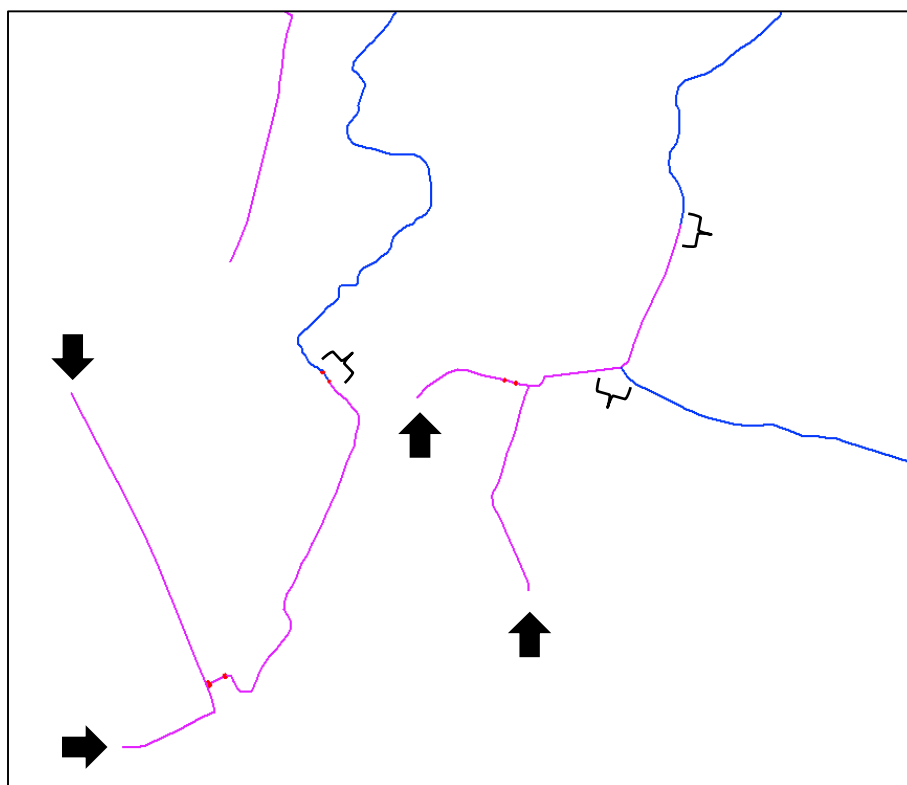


Figura 21 - Rios que iniciam em valas de superfície.

Feitas estas considerações, a marcação das nascentes se deu pela observação da hidrografia sobrepostas à imagem de satélite, de modo a auxiliar na verificação. É preciso ressaltar que, dada grande quantidade de nascentes identificadas, é provável que tenham ocorrido duas situações: a localização de nascentes inexistentes e a falta de identificação errônea. A maneira adequada, porém, custosa, seria a verificação in loco de cada ponto mapeado.

Lagos

Como mencionado anteriormente, foram considerados somente cinco lagos como sendo naturais e com mais de um hectare. O maior deles tem área de oito hectare e os demais tem área de pouco mais de um hectare. A Figura 22 mostra os lagos representados na mesma escala. Deste modo, foi um plano de informação para esta classe e aplicado um operador de distância com 30 m em torno dos lagos.

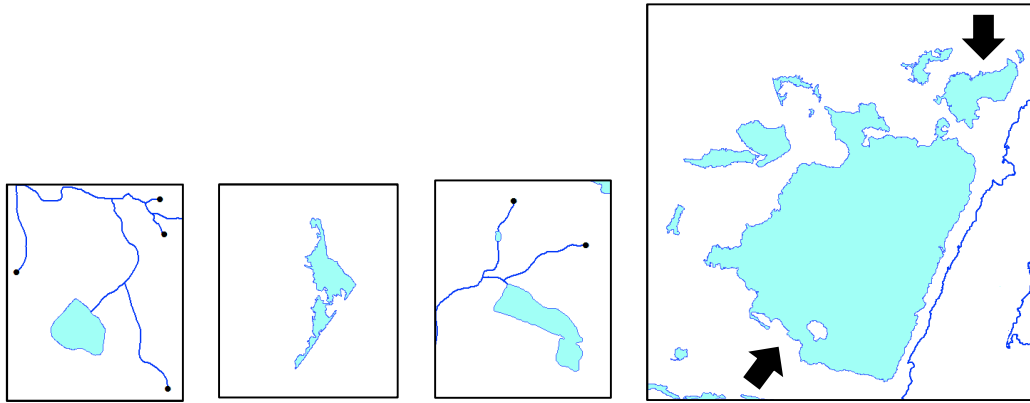


Figura 22 - Os cinco lagos com mais de um hectare que foram considerados naturais.

Cursos d'água

O mapeamento das APPs de curso de água considerou duas situações existentes: os que possuíam margem simples e aqueles representados por margem dupla.

Ao longo de cursos d'água com linha simples foi delimitada uma faixa de 30 metros nas margens esquerda e direita, sempre perpendicular as linhas. Após selecionados os rios de margem simples e geradas as APPs, foi necessário só verificar se havia algum erro nos polígonos que representavam as APPs. Isso porque muitas vezes um mesmo rio era representado nos dados originais por várias linhas que não estavam unidas (ao invés de ser representado por uma única linha) e assim os polígonos que representam as APPs acabam não ficando unidos. E por fim produto gerado foi recortado usando o limite do município.

Em virtude da escala da base cartográfica do município (1:1.000), muitos rios foram representados com margens duplas, então fez-se necessário observar a distância média entre as margens.

As feições deste tipo foram então transformadas para polígonos de modo a executar o operador de distância. Analisando-se o dado gerado, observou-se uma variedade de largura dos cursos de água, com distância média entre as margens: de menos de 10 metros, entre 10 e 50 metros, entre 50 e 200 metros, entre 200 e 600 metros, e maior de 600 metros. Como os polígonos estavam em um único arquivo foi preciso criar na tabela de atributos uma nova coluna com o valor da faixa de APP correspondente a cada faixa de largura dos cursos de água. Posteriormente, o produto gerado foi recortado pelo limite do município.

A Figura 23 mostra um trecho dos rios Gravataí e Jacuí, na região noroeste de Porto Alegre, as setas mostram pontos que possuem largura da faixa de APP diferentes. Do canto superior direito da Figura 23, em direção ao canto inferior esquerdo pode-se notar o aumento da faixa de APP. A primeira seta indica uma largura de 50 metros de faixa de APP, a segunda 100 metros, a terceira 200 metros e a quarta seta indica uma largura de 500 metros de faixa de APP.

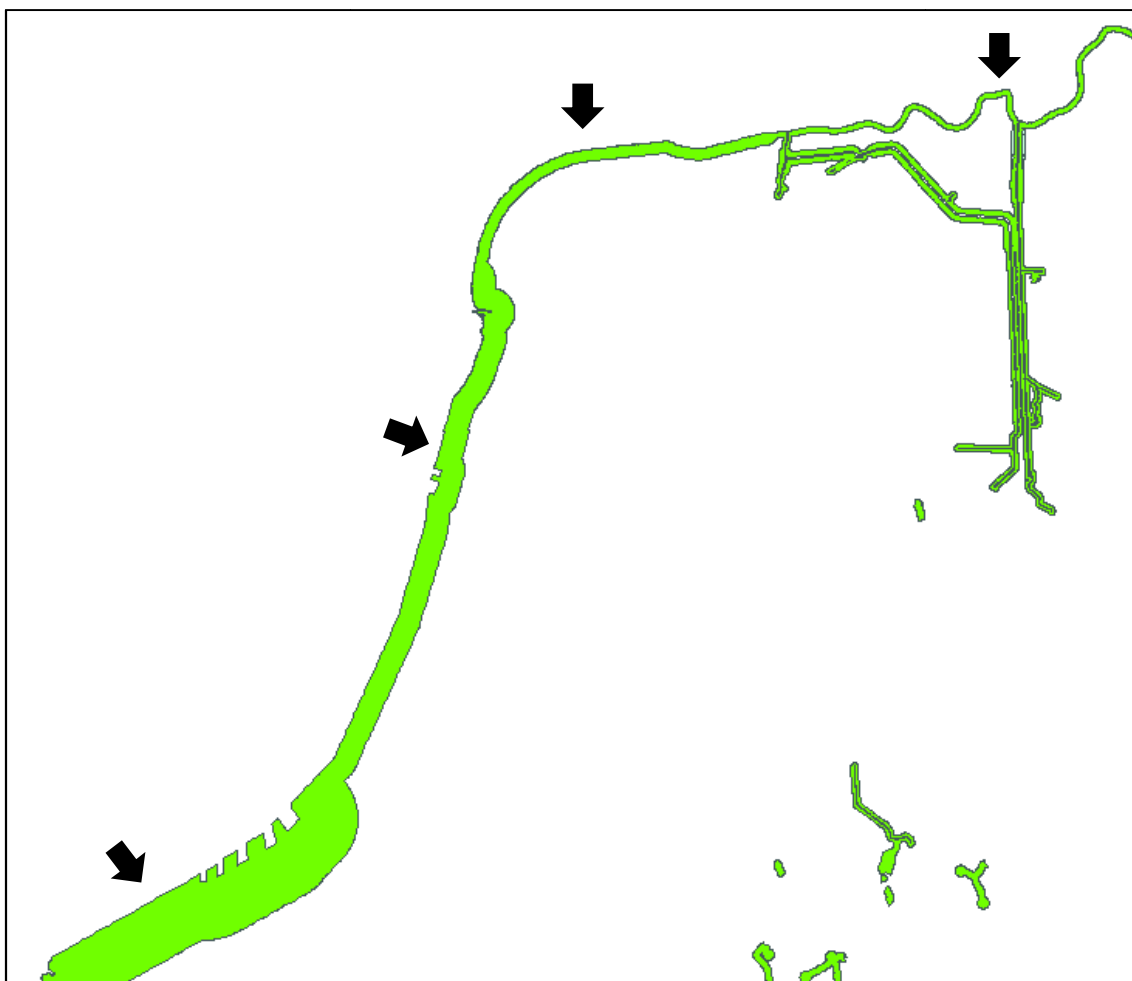


Figura 23 - Trechos das margens que possuem largura da faixa de APP diferentes.

Com relação Guaíba optamos por não discutir se é considerado um lago ou um rio. Apesar de ser um tema recorrente, a normativa mais atual (Plano Diretor) o denomina como lago, portanto, esta é informação considerada vigente (PMPA, 1999). Anteriormente, a Lei Orgânica do Município o considerava como rio (PMPA, 1990).

Como não há consenso, este trabalho foi feito de dois modos, primeiro considerando o Guaíba um rio e depois considerando o Guaíba um lago. Isso porque o

tamanho de área de APP do município aumenta muito se considerar o Guaíba um rio. Além disso, a área da margem do Guaíba é densamente ocupada e os legisladores estão tendendo a considerar o Guaíba um lago.

3.3.4 MAPEAMENTO DAS APPS DE TOPO DE MORRO

Para aplicação da metodologia foram usados dados de LIDAR no formato .tif (*Tagged Image File Format*) com pixel de um metro de resolução espacial. E, para comparação, foi usado o shapefile das APPSs de topo de morro obtido na página da internet da Prefeitura Municipal, obtidas a partir de um aerolevanteamento da década de 1980.

O MDE da prefeitura estava dividido em 110 imagens com tamanho de arquivo total de 1,36 Gigabytes. Mas haviam também outros quatro arquivos para cada imagem, eles serviam para orientar corretamente a imagem sistema geodésico de referência SIRGAS 2000 e na projeção cilíndrica secante TM-POA. As imagens cobrem a área do município com uma distância adicional de 300 metros. O procedimento inicial para a geração das APPs de topo de morro foi a elaboração de um mosaico, conforme pode ser visualizado na Figura 24.

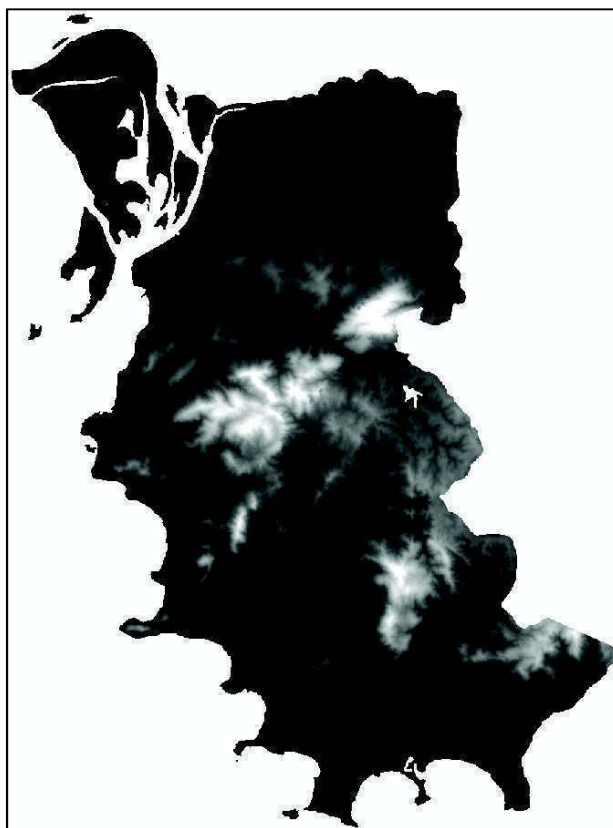


Figura 24 - Mosaico do MDE gerado com LIDAR.

A delimitação das APPs de topo de morro foi fundamentada na metodologia proposta por Oliveira *et al.* (2013), onde é realizado um complexo conjunto de procedimentos no *software* ArcGis, composto por 37 passos. Esta metodologia foi executada inteiramente através da implementação destes passos no módulo Model Builder. A diferença está no cálculo do modelo de declividade. Para esse método funcionar é preciso definir a declividade média do morro, definir a diferença entre ponto de cota e topo do morro, ter o MDE e ter o mapa de declividade gerado a partir do MDE.

O Anexo 3 apresenta o fluxograma resultante, onde as elipses verdes são os arquivos com o resultado do processamento de uma etapa, os círculos azuis são as entradas dos dados, os retângulos amarelos representam as funções aplicadas. As setas com linha contínua indicam a ordem em que foram processadas e os dados que entravam em cada processamento, os 37 passos estão numerados de acordo com a ordem a serem aplicados. A seta com linha pontilhada indica uma condicional, que aquela etapa só será processada depois que aquele resultado for gerado.

O MDE foi gerado com dados oriundos do levantamento LIDAR, cuja resolução espacial é de um metro, e, portanto, é um MDE de qualidade adequada à delimitação de APPs.

A seguir, são detalhadas as etapas de geração das APPs de topo de morro, baseadas no método proposto por Oliveira *et al.* (2013), incluindo-se os comentários a respeito da sua utilização.

As 37 etapas foram divididas em cinco grupos principais de procedimentos: a) Delimitação das bacias do MDE invertido; b) Delimitação dos pontos de sela; c) Delimitação dos topos dos morros; d) Delimitação dos morros com mais de 50 metros; e) Delimitação das APPs.

a - Delimitação das bacias do MDE invertido

1. Focal Statistics

Essa ferramenta foi usada para calcular a média de um quadrado formado de nove pixels e esse valor médio foi colocado no pixel do centro, feito para a totalidade do arquivo raster. Este procedimento visa eliminar possíveis distorções, como anomalias no MDE oriundas de erros no processo de obtenção dos dados em campo para depois gerar o MDE.

2. Fill

A ferramenta Fill corrige possíveis erros no MDE em razão de pixels formarem uma depressão abrupta inexistente ou quando alguns pixels formam um pico abrupto. Estas inconsistências são corrigidas pelo preenchimento das depressões ou pelo corte dos picos a partir de cotas semelhantes aos pixels vizinhos.

3. Minus

Inicialmente é realizada a inversão do MDE com a ferramenta Minus, tornando todos os valores dos pixels do MDE negativos e, por causa disso, deve-se fazer também uma translação para que os valores do MDE voltem a ser positivos e o MDE continue invertido. Um valor maior do que a maior cota do MDE deve ser somado para que não restem valores negativos. Assim os valores máximos se tornam mínimos e os valores mínimos se tornam máximos, de modo que todos os valores sejam positivos.

4. Flow Direction

Cada pixel é cercado por oito pixels vizinhos, então a inclinação de cada um desse oito pixels em relação ao pixel central são calculadas para se obter para qual dos pixels vizinhos vai fluir aquilo que passar pelo pixel central. A tabela de atributos associada demonstra que o resultado do Flow Direction contém apenas os valores 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128, que representam as oito células adjacentes para onde se pode fluir. O valor do pixel representa a direção do fluxo que passa por aquele pixel, ou seja, para qual pixel vizinho vai ir o que passar pelo pixel central.

Porém, como o MDE está invertido, o Flow Direction apresentará o contrário. Por exemplo, ao invés de apontar para onde escorre a água, será apontado de onde vem a água. Portanto, o resultado do Flow Direction apontará para os topos dos morros do MDE original.

5. Basin

Esta ferramenta cria um arquivo raster com os limites das bacias de drenagem do MDE invertido e não do original. O resultado do Basin servirá para definir, posteriormente, os pontos de cela, os quais serão localizados nas bordas dessas bacias, e também os pontos de topo, que estarão em algum lugar no meio dessas bacias.

6. Raster to Polygon

Nesta rotina, o arquivo raster é transformado em um arquivo vetorial onde as bacias de drenagem do MDE invertido se tornem polígonos a serem integrados nas análises posteriores.

b - Delimitação dos pontos de cela

7. Feature to Line

Os polígonos anteriormente obtidos são transformados em um arquivo vetorial de linhas, sobre as linhas estarão os pontos de cela. O ponto de maior cota no MDE original que passa por cada linha será um ponto de cela.

8. Zonal Statistics

Zonal Statistics serve para procurar nessas linhas o pixel com maior valor de cota no MDE original e depois gerar um novo arquivo raster no qual todos os pixels das linhas têm esse mesmo valor (todos iguais ao máximo). Assim, essa linha inteira terá os valores dos pixels iguais ao valor do pixel com o maior valor no MDE original que passa por cima de cada linha e, também, todos os pixels da linha têm o mesmo valor.

9. Raster Calculator

Esta rotina é utilizada para a obtenção dos pixels de cada linha com valores iguais: no MDE original e no arquivo gerado na etapa 8. É gerado um novo arquivo raster onde os pixels coincidentes têm valor 1, e os não coincidentes outros têm valor 0.

10. Reclassify

O Reclassify faz os pixels com valor 0 serem mudados para NoData e os valores de todos os pixels com valor um continuarem com valor 1. Assim restam só os pixels que são pontos de cela.

11. Raster to Point

O arquivo raster é transformado em um arquivo vetorial de pontos.

12. Add Surface Information

No arquivo vetorial de pontos, no qual todos os pontos de cela têm valor 1, é aplicado a ferramenta Add Surface Information. Assim, é adicionada uma nova coluna na tabela de atributos que contém o valor de cada um desses pontos de cela no MDE original. Como resultado, há vários pontos de cela para cada topo, por isso mais adiante será calculado o ponto de cela mais próximo ao topo de cada morro.

Finalmente temos um arquivo vetorial de pontos com os pontos de cela.

c - Delimitação dos topos dos morros

13. Zonal Statistics

Na etapa 6 foi gerado um arquivo vetorial de polígonos que representam as bacias de drenagem do MDE invertido, se os pontos de cela estão nas bordas desses polígonos então os topos estão dentro desses polígonos.

Nessa etapa começa o cálculo dos topos. O Zonal Statistics vai pegar o pixel com o maior valor de cota no MDE original que há dentro da área de cada um dos polígonos gerados na etapa 6 e formar um arquivo raster em que todos os pixels dentro da área delimitada por esses polígonos têm esse mesmo valor máximo.

14. Raster Calculator

Agora com o Raster Calculator descobre-se os pixels de cada área que tem valor igual: no MDE original e no arquivo gerado na etapa 13. Então cria-se um novo arquivo

raster onde estes pixels com valor coincidente têm valor 1, e os pixels não coincidentes têm valor 0.

15. Reclassify

O Reclassify muda os pixels com valor 0 para NoData e deixa os valores de todos esses pixels com valor 1 continuarem com valor 1.

16. Raster to Point

Agora o arquivo raster é transformado em um arquivo vetorial de pontos.

17. Add Surface Information

Já que todos os pontos têm valor 1 deve-se trocar os valores deles com o Add Surface Information para que eles tenham o mesmo valor que eles tem no MDE original.

Finalmente temos um arquivo vetorial de pontos com os topos dos morros.

d - Delimitação dos morros com mais de 50 metros

18. Generate Near Table

Já temos os pontos de cela e os pontos de topo, então falta achar o ponto de cela mais próximo de cada ponto de topo. A ferramenta Generate Near Table cria uma tabela relacionando cada ponto de topo com o seu ponto de cela mais próximo.

19. Join Field

Esse Join Field serve para pegar o arquivo com os pontos de topo de morro da etapa 17 e adicionar a tabela de atributos dele os pontos de cela mais próximos que foram encontrados com a ferramenta Generate Near Table.

Assim temos um arquivo com os pontos de topo e sua localização, e nesse mesmo arquivo temos agora também o ponto de cela mais próximo de cada ponto de topo.

20. Join Field

Esse outro Join Field serve para adicionar as coordenadas de cada ponto de cela que foi adicionado à tabela de atributos como sendo o mais próximo de cada ponto de topo.

21. Add Field

Essa ferramenta por algum motivo sempre dava erro, então manualmente foi feito o que Add Field faz. O arquivo gerado na etapa 20 foi aberto, depois foi aberta a tabela de atributos dele e manualmente foi adicionada uma nova coluna com o nome difZ. Essa coluna irá receber os valores calculados na etapa 22.

22. Calculate Field

Então é calculada a diferença de cota entre cada ponto de topo para o ponto de cela mais próximo dele conforme estão relacionados na tabela de atributos. O valor é armazenado na coluna chamada difZ criada na etapa 21.

23. Spatial Join

Então pega-se o arquivo vetorial de polígonos gerado na etapa 6 que contém as bacias de drenagem do MDE invertido e adicionamos à tabela de atributos dele a informação dos pontos de topo e pontos de cela da etapa 22 com a ferramenta Spatial Join.

24. Polygon to Raster

Então esse arquivo vetorial de polígonos é convertido para um arquivo raster, só seleciona-se que os valores dos pixels serão agora os valores das cotas dos pontos de cela.

25. Raster Calculator

Agora é usado Raster Calculator para calcular a diferença entre o valor do pixel no MDE original e o valor do pixel no arquivo gerado na etapa 24 (que tem como valor o valor do ponto de cela). Depois serão selecionados só os que resultam em uma diferença maior ou igual a zero.

26. Reclassify

Para fazer essa seleção dos valores maiores ou iguais a zero utiliza-se o Reclassify. Assim, todos pixels com valor igual ou maior a zero que sobraram tem então seu valor trocado para 1 e o resto fica como NoData.

27. Raster to Polygon

Esse arquivo raster resultante é então transformado em arquivo vetorial de polígonos. E estes polígonos representam as bases dos morros conforme a lei define

elas. A base do morro é definida na lei pela curva de nível fechada que passa pelo ponto de cota mais próximo do topo do morro.

28. Zonal Statistic

O Zonal Statistics vai pegar o pixel com o maior valor de cota no MDE original que há dentro da área de cada uma das bases dos morros geradas na etapa 27 e vai atribuir esse valor máximo a todos os pixels que formam a base do morro. Para formar assim um arquivo raster em que todos os pixels dentro da área delimitada pela base do morro têm esse mesmo valor máximo.

29. Raster Calculator

Faz-se a subtração entre o arquivo gerado na etapa 28 e o arquivo gerado na etapa 24. Assim, com Raster Calculator é feita a seleção dos morros cuja diferença entre o topo e o ponto de cota mais próximo do topo é maior ou igual a 50 metros.

e - Delimitação das APPs

30. Zonal Statistic

Agora para resolver o problema da declividade média foi utilizado o arquivo raster de declividade, gerado anteriormente com a ferramenta SLOPE. No ZONAL STATISTICS selecionou-se o arquivo que contém os polígonos que delimitam a área em que o morro está contido (gerado na etapa 27) como zona limitante e calculou-se a média da declividade dentro dessas áreas. De modo a saber assim a declividade média dentro da área da base de cada morro conforme a lei. Assim é gerado um arquivo raster em que o valor dos é esse valor médio.

31. Reclassify

Então o arquivo raster resultante foi reclassificado para que só os pixels cujo valor é superior a 16,99 tivessem seu valor trocado para 1. E todos os outros ficaram como NoData. Desse modo os morros com declividade média igual ou maior do que 17° ficam e os outros são excluídos.

32. Times

Finalmente temos os dois arquivos raster que são necessários: um arquivo com os morros com diferença maior que 50 metros entre topo e ponto de cota e outro arquivo com os morros cuja declividade média é maior que 17°. Já que ambos os arquivos raster

só têm valores 1, basta multiplicar o valor de cada pixel pelo seu correspondente no outro arquivo usando a ferramenta Times e o resultado são os morros que atendem os dois critérios exigidos pela lei com os pixels de valor 1. Os que não atendem o que a lei exige ficam com os pixels com valor 0.

33. Raster Calculator

Agora é feita a subtração entre o MDE original e o arquivo gerado na etapa 24. O arquivo raster gerado contém a diferença entre eles. Como o arquivo gerado na etapa 24 continha a base dos morros e todos os pixels tinham o valor dos pontos de cota. Então o que era NoData continua NoData, e o arquivo resultante contém os mesmos pixels que o arquivo gerado na etapa 24 só que agora com os valores novos que resultaram da subtração.

34. Zonal Statistics

Agora utilizam-se o MDE original e o arquivo gerado na etapa 27. Calcula-se a estatística zonal da base legal de cada morro por fazer-se a estatística zonal range da base legal do morro no MDE original para obter a abrangência da altitude nestes locais (Oliveira *et al.*, 2013).

35. Raster Calculator

Primeiro o resultado da etapa 33 é dividido pelo resultado da etapa 34. Com a divisão os morros são normalizados: a altitude máxima de cada morro vira 1 e a altitude mínima de cada morro vira 0. Todos os pixels de todos os morros variam de valor entre 0 e 1. Depois, para todos os morros, são separados os pixels com valor acima de 0,667, ou seja, o terço superior, o 1/3 de cima.

Nesse arquivo raster gerado com Raster Calculator os pixels que compõem o terço superior têm valor 1 e as demais áreas tem valor 0. Só que esse arquivo contém o terço superior de todos os morros. É preciso selecionar os morros que atendem aos critérios da lei e usar só o terço superior desses para considerar como APP.

36. Times

Da etapa 35 sai o arquivo raster com todos os terços superiores com pixel de valor 1. E da etapa 32 sai um arquivo raster com valores 1 em que todos os morros que atendem as duas condições aparecem. Então usando Times se multiplica eles, o resultado são os terços superiores de todos os morros que satisfazem as duas condições

impostas pela lei em um arquivo raster. Nesse arquivo raster gerado os pixels das APPs tem valor 1 e as demais áreas valor 0.

37. Raster to Polygon

Agora esse arquivo raster é convertido para um arquivo vetorial de polígonos em que aparecem as APPs. Nesse arquivo os polígonos que contém as APPs tem valor 1 e as demais áreas valor 0.

3.3.5 MAPEAMENTO DAS APPS DE DECLIVIDADE

As APPs de declividade serão obtidas a partir do mosaico formado com as 110 imagens raster em formato tif. Esse mosaico é aplicado na ferramenta Slope para calcular a declividade entre os pixels, então as declividades obtidas são reclassificadas. Com a ferramenta Reclassify os pixels contendo declividades superiores a 45° são selecionados numa classe e os outros ficam em outra classe. Os pixels dessa outra classe são excluídos então o arquivo raster resultante contendo só valores de declividade acima de 45° são convertidos para um arquivo vetorial de polígonos em que os polígonos são as áreas com APP de declividade.

O resultado foram milhares de polígonos bem pequenos espalhados por toda a cidade. Foi necessário fazer a verificação desses polígonos. Para isso o arquivo com as APPs de topo de morro e o basemap do ArcGis foram abertos junto com esses milhares de polígonos. Isso foi importante para conseguir entender porque apareceram tantos polígonos pequenos e alongados delimitando áreas com declividade acima de 45°; além disso, o shapefile das APPs de topo de morro ajudou a ver se havia alguma área com declividade acima de 45° que ficasse nas encostas dos morros.

3.3.6 ANÁLISE DA QUALIDADE

A partir dos produtos elaborados, passou-se para a análise sob o ponto de vista da escala mínima necessária dos produtos cartográficos de modo a atender as especificações da legislação e da acurácia na delimitação e na extensão das APPs. Outra análise empreendida envolve a comparação dos resultados alcançados neste trabalho com os resultados dos outros trabalhos anteriormente realizados para o município de Porto Alegre, porém com dados oriundos de outros produtos. E, por fim, os métodos de

cálculos empregados serão confrontados com os de outros autores de modo a avaliar a sua eficácia.

Oliveira (2015) concluiu na sua dissertação que a real escala e resolução espacial de alguns MDEs não eram aquelas que quem construiu esses modelos afirmava ter; o MDE a partir das cartas 1:50.000 do IBGE só pode ser usado na verdade até a escala 1:75.000 e só pode-se gerar curvas de nível com até 30 metro de equidistância vertical; o SRTM 30 m, ASTER GDEM v2 30 m e TOPODATA na verdade só podem ser usados até a escala 1:100.000 e pode-se na verdade gerar só curvas de nível com até 50 metro de equidistância vertical com eles; e o SRTM 90 m só pode ser usado para escalas até 1:200.000 e pode-se gerar só curvas de nível com até 100 metro de equidistância vertical

Com relação às APPs de topo de morro, o que Oliveira (2015) concluiu foi usado para se estimar a diferença entre o que foi feito neste trabalho e o que seria gerado usando dados desses outros modelos, já que a base cartográfica usada neste trabalho era na escala 1:1.000 e o MDE gerado com LIDAR usado neste trabalho pode ser usado para gerar curvas de nível com até um metro de equidistância vertical.

Também com relação as APPs de hidrografia, foi analisado como a escala dos produtos cartográficos usados para delimitar as APPs interfere na delimitação e tamanho delas, se rios mais largos são representados com sua real distância entre as margens. Além disso, há também a questão da generalização cartográfica ao se selecionar o que vai ser representado no mapa em determinada escala, isso pode fazer com rios menores em tamanho ou menos importantes acabem não sendo representados.

4 RESULTADOS

4.1 APP DE HIDROGRAFIA

O resultado considerando o Guaíba um rio pode ser visto na Figura 25, resultou em uma área de 89,4 Km² de APP. As ilhas não aparecem pois não foram consideradas no cálculo, já que não estão na área de estudo. O Guaíba foi considerado um rio pois na Lei Orgânica do município o Guaíba é chamado de rio e, por causa disso, em toda a costa do Guaíba a faixa de APP foi de 500 metros por causa da distância entre as margens do Guaíba ser sempre maior do que 600 metros a faixa de APP na margem.

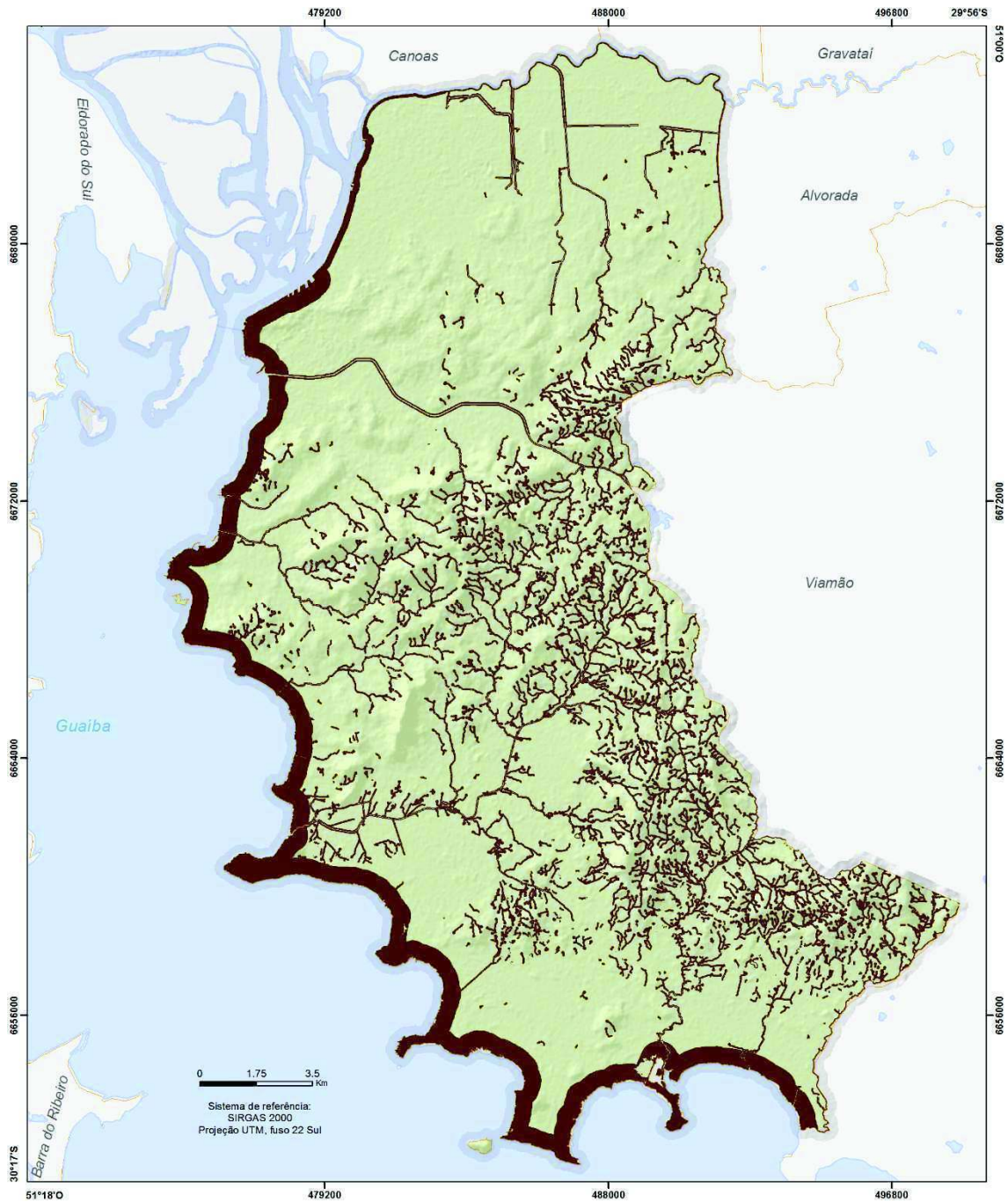


Figura 25 - APPs de hidrografia considerando o Guaíba um rio.

Já considerando o Guaíba um lago a área de APP ficou em 65,5 Km², isso também desconsiderando as ilhas, como pode ser visto na Figura 26. Se observada essa área em que não ficou marcada como APP por considerar-se agora o Guaíba um lago pode-se notar que ela já é muito urbanizada, então não tem como transformar esses lugares urbanizados em APP.

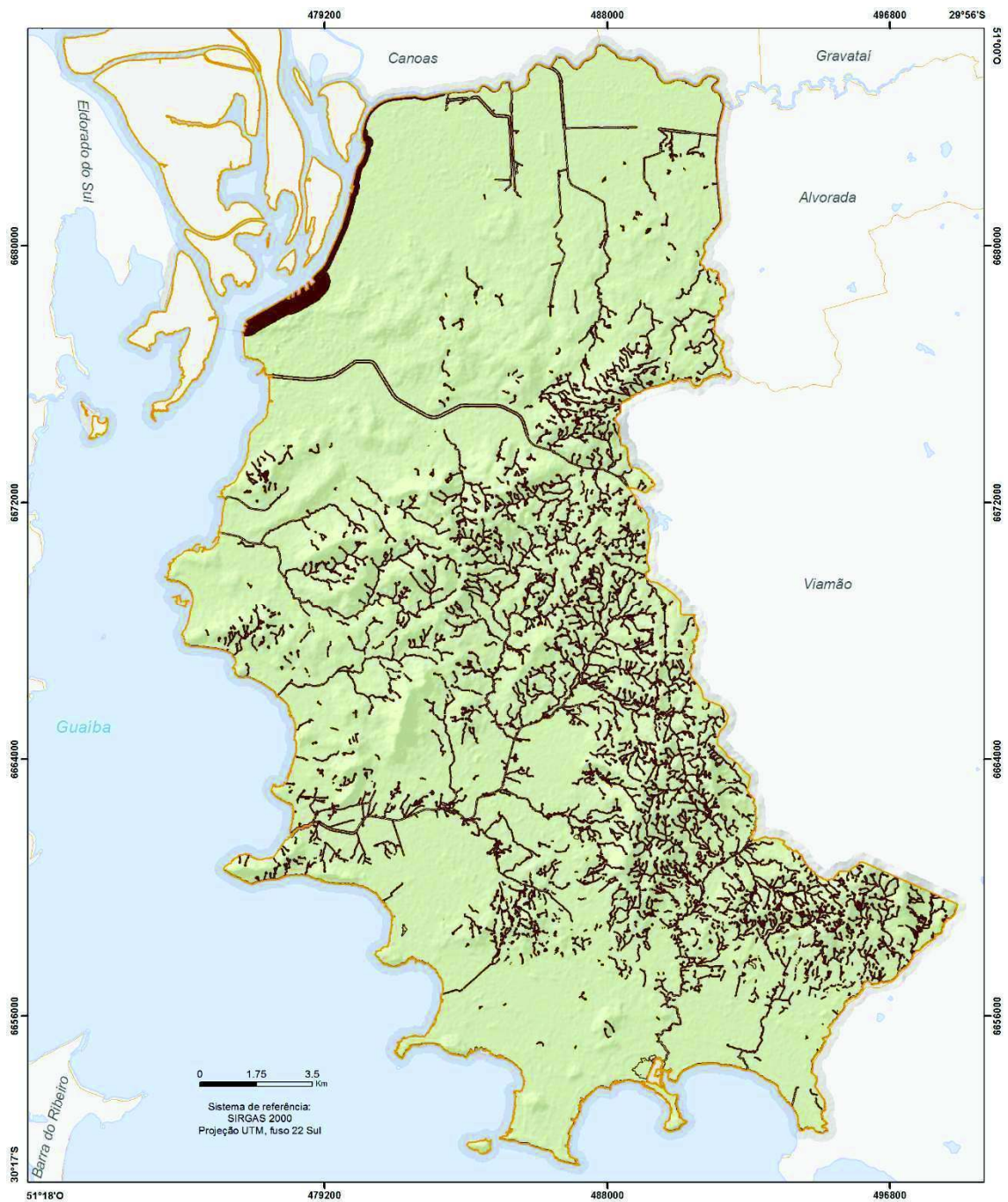


Figura 26 - APPs de hidrografia considerando o Guaíba um lago.

No arquivo oficial da Prefeitura de Porto Alegre em que aparecem as APPs de hidrografia geradas com o mapeamento no início da década de 1980 elas têm área de 39,6 Km², sem considerar as ilhas, conforme Figura 27. A grande diferença entre o resultado obtido nesse trabalho e o dado oficial da prefeitura vem porque quando foi feito isso eles consideraram o Guaíba como sendo um lago e também porque não tinha

como o levantamento realizado na década de 1980 pegar tantos detalhes da hidrografia como o levantamento realizado em 2009.

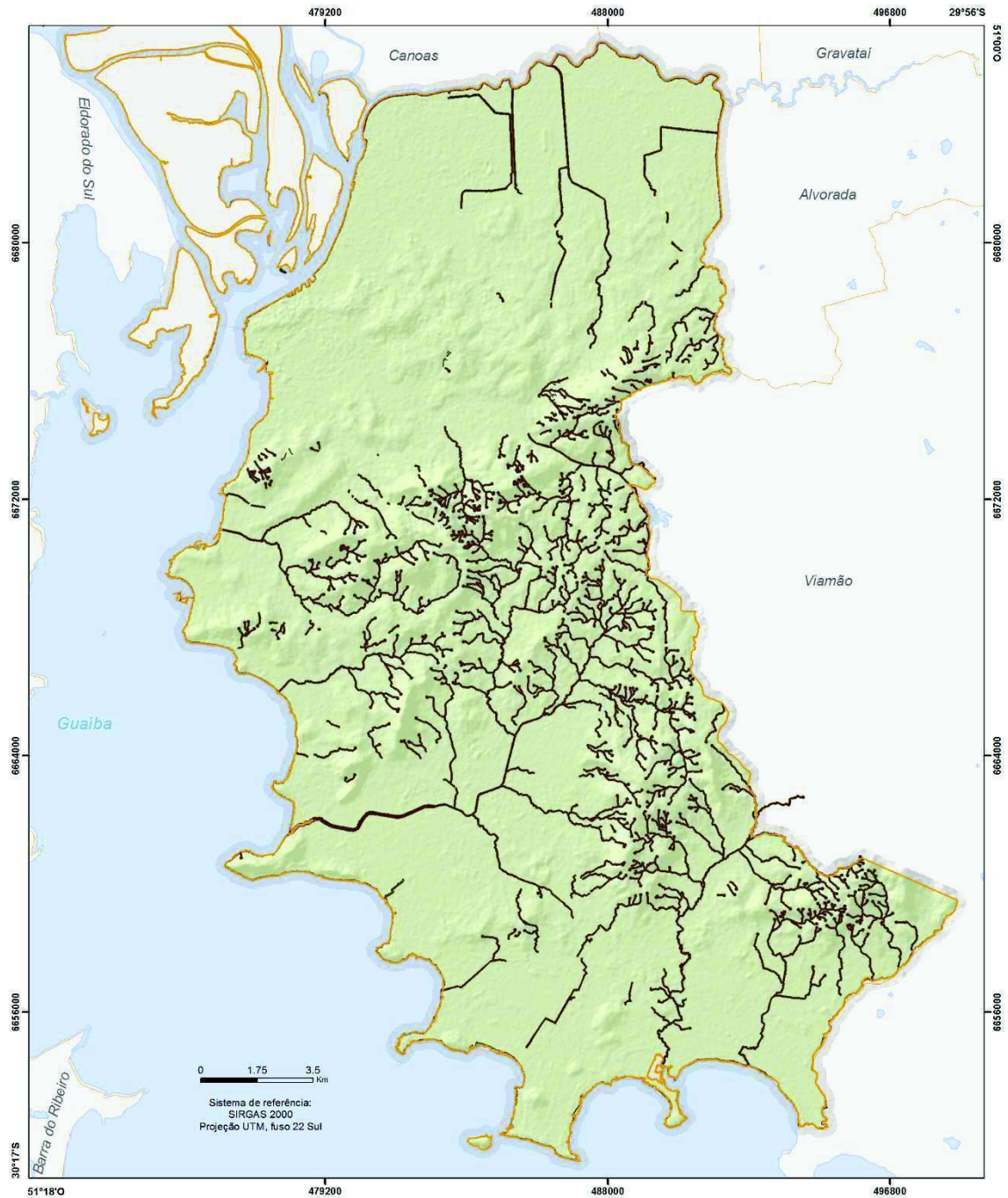


Figura 27 - APPs de hidrografia oficiais da Prefeitura de Porto Alegre.

Claro que todos esses resultados não significam que agora a prefeitura vai ter que considerar essas novas áreas como sendo APPs. Pois a prefeitura pode modificar

isso para que as necessidades de crescimento urbano da cidade sejam atendidas e regiões já construídas também deixam de ser APP porque não seria uma boa decisão destruir tudo que já está urbanizado em cima dessas áreas.

4.2 APP DE TOPO DE MORRO

O resultado das APP geradas com o MDE de LIDAR (Figura 28) foi uma área de 9,5 Km², isso considerando a declividade média acima de 17° e diferença entre topo e ponto de cota entre 50 e 300 metros.

As APPs do arquivo oficial da prefeitura de Porto Alegre têm área de 15,6 Km² (Figura 29), e foram feitas a partir das curvas de nível do mapeamento da década de 1980 usando como parâmetros a declividade média acima de 17° e diferença entre topo e ponto de cota entre 50 e 300 metros.

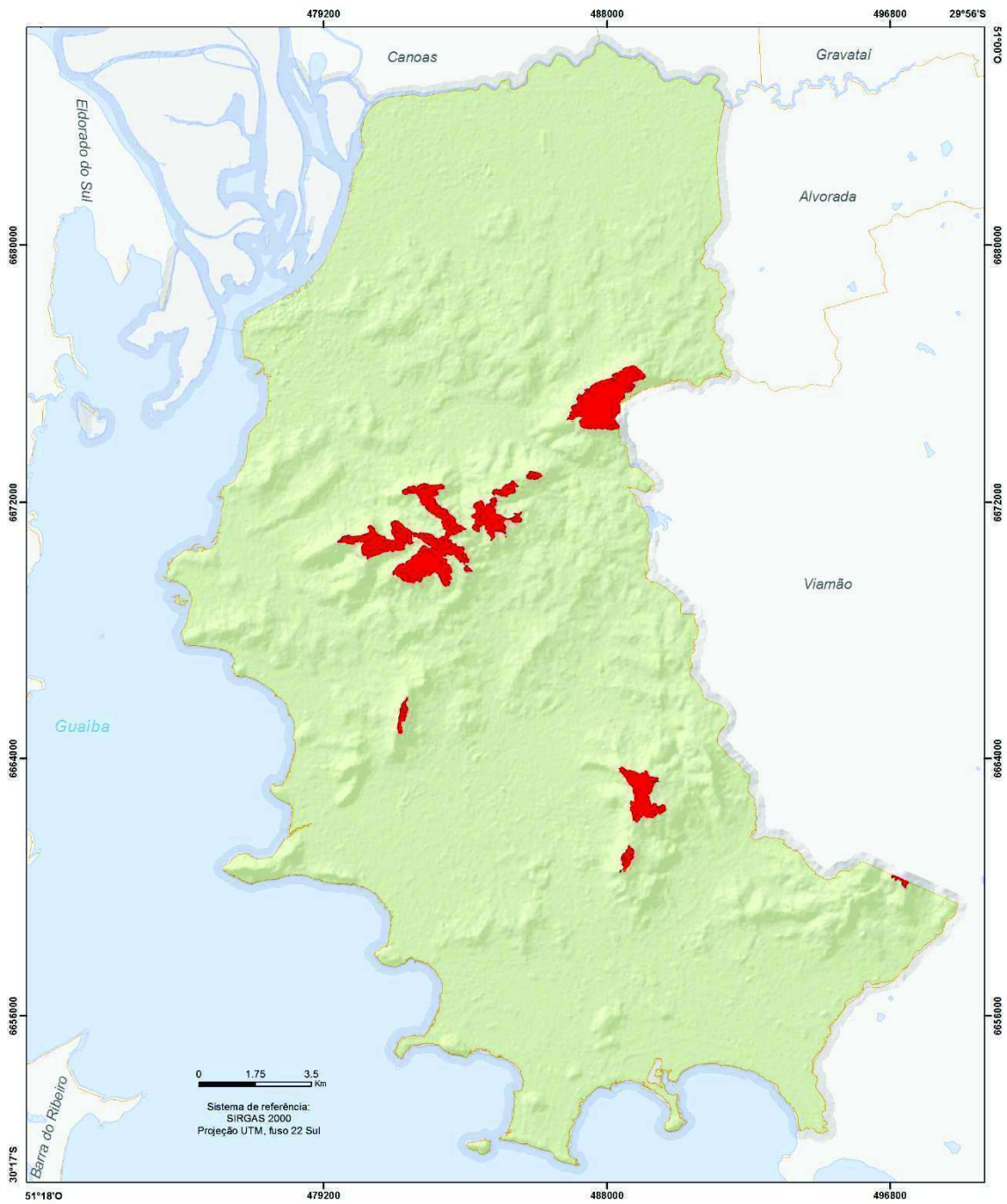


Figura 28 - APPs de topo de morro geradas neste trabalho.

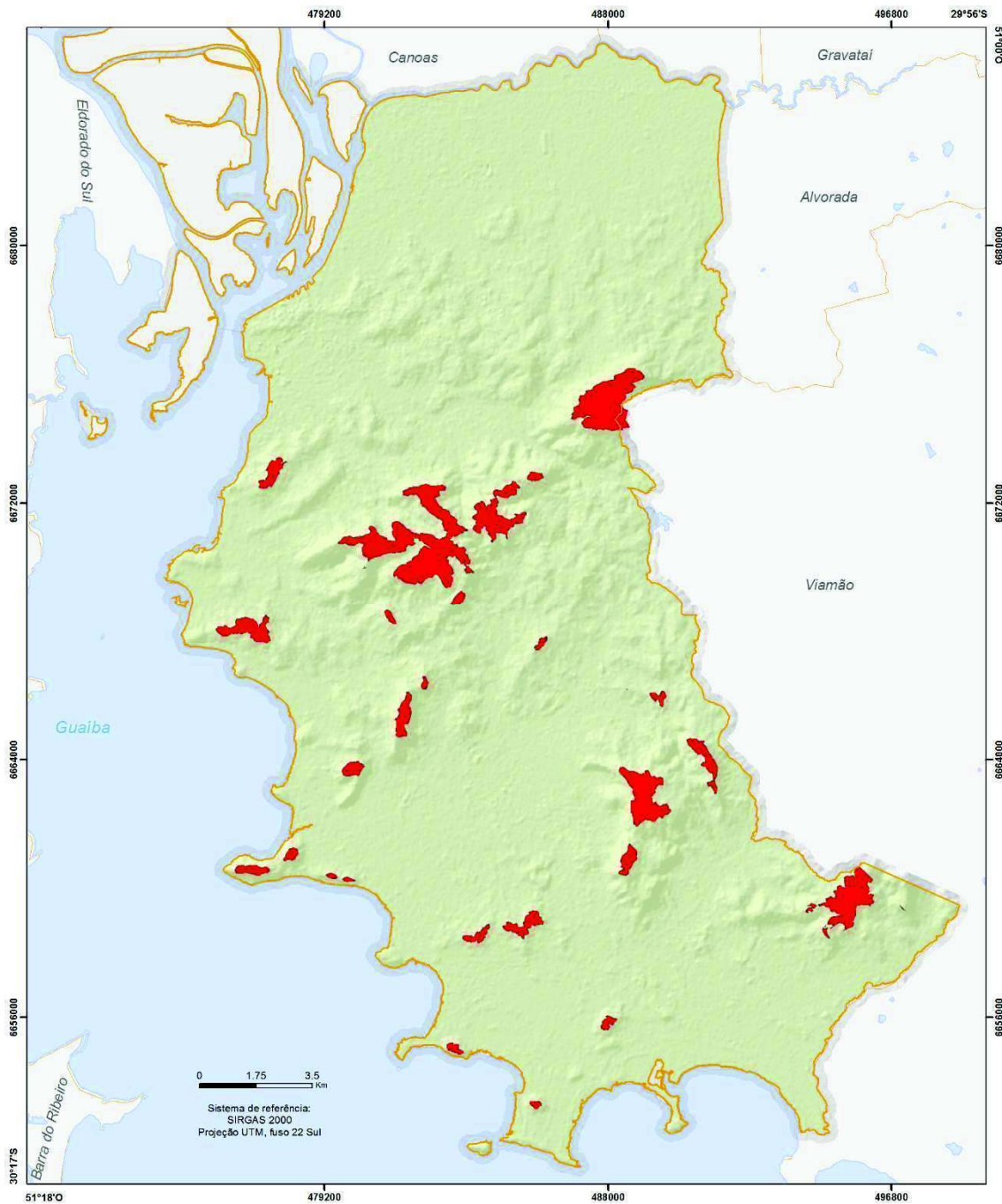


Figura 29 - APPs de topo de morro oficiais da Prefeitura de Porto Alegre.

Dá para ver claramente a diferença entre os dois resultados, todas as APPs geradas por LIDAR ficaram em cima das APPs da prefeitura. Algumas diminuíram um pouco de tamanho por causa de que foi considerado um ponto de cota diferente para marcar a base do morro, assim o morro ficou um pouco menor e conseqüentemente o terço superior ficou menor.

Várias dessas áreas que no shapefile da prefeitura estão delimitadas como APP de topo de morro foram urbanizadas. E há algumas que os morros estão desaparecendo por causa de mineração e extração de terra.

O método de cálculo da declividade média do morro calculando-se a declividade média por fazer uma média de todas as declividades entre todos os pixels dentro da base legal do morro não parece ser muito bom. Isso pode ser verificado visualmente abrindo-se o shapefile das APPs de topo de morro e também o arquivo raster resultante de se aplicar a ferramenta Slope no MDE gerado a partir de dados de LIDAR. Para visualizar isso a Figura 30 mostra em amarelo áreas com declividade entre 15° e 20°, e áreas em vermelho com declividade entre 20° e 83°. No quadro superior da Figura 30 aparecem as APPs de topo de morro como polígonos da cor cinza escuro e no quadro inferior as APPs de topo de morro não aparecem. Note que as regiões de APP de topo de morro são bastante planas.

Para o caso de Porto Alegre, vários morros em que há APP de topo de morro acabaram sendo excluídos por causa de se calcular a declividade média considerando todos os pixels.

A área ao redor do morro é bastante inclinada mas os topos dos morros são bastante planos e bem largos, como pode-se deduzir a partir da Figura 30. Assim ao fazer-se a média de todos os pixels do morro nunca vai resultar em valor acima de 17°, mas sempre próxima de 10°. Ao calcular-se a média dos pixels os valores de alta declividade e os valores de baixa declividade acabam quase que se anulando por completo.

O maior problema a ser enfrentado é que no texto da lei não aparece explicado o que é declividade média, deixando o método de cálculo dela em aberto e podendo ser feito de diversas formas. Deveria estar escrito algo, como por exemplo: a declividade média das cinco linhas de vertentes espaçadas igualmente ao redor do morro.

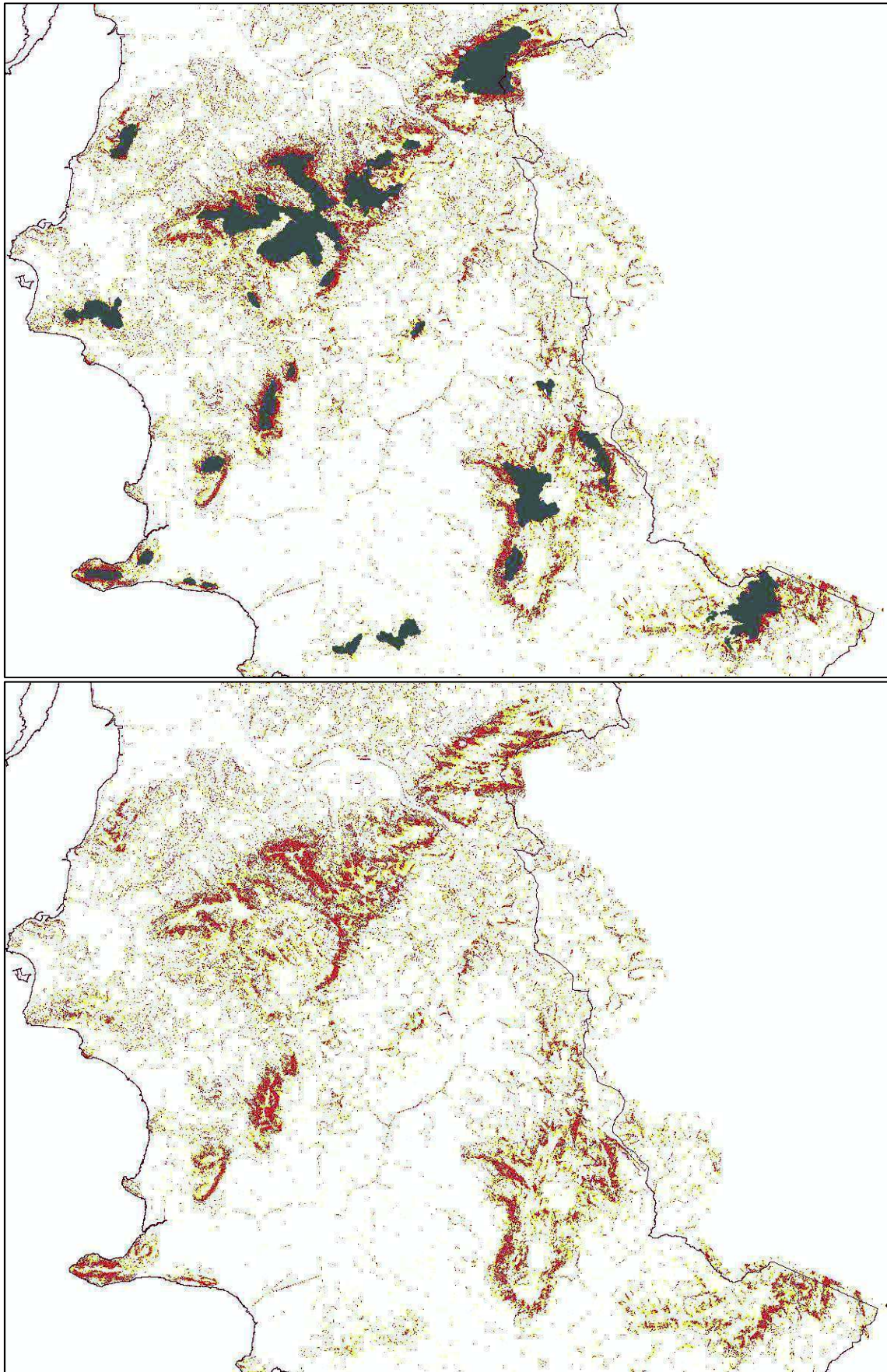


Figura 30 - Áreas com elevada declividade e APPs de topo de morro.

4.3 APP DE DECLIVIDADE

Não foram encontradas APPs de declividade. Embora devido à grande precisão do LIDAR houvessem milhares de pequenas áreas com declividade acima de 45° com formato alongado, nenhuma delas pôde ser considerada APP. Pois o LIDAR acabou pegando muitas áreas de barrancos, cortes, aterros, contenções, pedreiras, mineração, entre outras.

4.4 RESULTADOS DA ANÁLISE DA QUALIDADE

Para delimitar-se as APPs de declividade deve-se calcular a declividade entre os pixels do MDE então quanto maior a resolução espacial do MDE mais indicado ele é para isso. Mas como todos os MDEs disponíveis grátis tem uma resolução espacial muito baixa fica difícil conseguir delimitar as APPs de declividade, já que esses modelos não mostram o quanto inclinado é realmente o terreno.

E se com um MDE de LIDAR já é difícil achar APP de topo de morro por causa do método de cálculo da declividade média então com os outros MDEs fica ainda pior. Por causa desse método de cálculo da declividade média usando todos os pixels do morro acaba-se excluindo todos os morros por eles não atingirem um valor de declividade média suficiente. Nos outros trabalhos citados anteriormente nos antecedentes não apareciam as APPs de topo de morro, geradas com SRTM e com outros MDEs para o município de Porto Alegre, considerando a declividade média de 25° e altura do morro de 100 metros, justamente por causa do resultado de se juntar dados de entrada com baixa precisão e um método de cálculo de declividade média inadequado.

Com relação às APPs de hidrografia ao se analisar como a escala dos produtos cartográficos usados para delimitar as APPs interfere na delimitação e tamanho delas verificou-se que rios com distância entre as margens de mais de 10 ou 50 metros costumam ser representados somente por uma linha simples nos produtos cartográficos comumente utilizados para delimitar as APPs, não podendo-se assim determinar a

verdadeira faixa de APP ao redor desses rios. Além disso, por causa da generalização cartográfica ao se selecionar o que vai ser representado no mapa em determinada escala muitos rios menores que deveriam ter faixas de APP ao longo das margens não aparecem nos produtos cartográficos, e isso causa grande perda do tamanho real de APP. Muitos rios representados na base cartográfica na escala 1:1.000 de Porto Alegre, tanto perenes como intermitentes, não são representados em escalas a partir de 1:10.000 ou 1:25.000 de outras fontes de dados por serem considerados de menor importância.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento deste trabalho permitiu a aplicação das diferentes áreas de conhecimento do Engenheiro Cartógrafo. Os objetivos propostos neste trabalho foram atingidos, conseguiu-se mapear as APPs e usar esse resultado para analisar a qualidade mínima dos produtos cartográficos necessários para determinado fim. O banco de dados em SIG foi estruturado. As APPs foram delimitadas seguindo a legislação vigente.

A metodologia utilizada para delimitar APPs mostrou-se adequada. Somente com respeito ao cálculo da declividade média na delimitação de APPs de topo de morro encontraram-se problemas. O cálculo da declividade média usando todos os pixels do morro se mostrou ineficiente porque muitos dos morros de Porto Alegre possuíam a parte superior bastante plana.

Na Tabela 1 é apresentado um resumo das áreas das APPs calculadas neste trabalho e também as que são consideradas oficiais pela prefeitura, sendo o percentual calculado em relação à área de estudo que tinha 451,5 Km².

	Neste trabalho	Oficial da prefeitura
Hidrografia (rio Guaíba)	89,4 Km ² (19,8%)	-
Hidrografia (lago Guaíba)	65,5 Km ² (14,5%)	39,6 Km ² (8,8%)
Topo de morro	9,5 Km ² (2,1%)	15,6 Km ² (3,5%)
Declividade	0 Km ²	0 Km ²

Tabela 1 - Resumo dos resultados das áreas das APPs.

Para APPs de hidrografia, a questão relacionada a escala interfere em dois sentidos. Primeiramente, a questão de que rios com distância entre as margens de mais de 10 ou 50 metros costumam ser representados somente por uma linha simples nos produtos cartográficos comumente utilizados para delimitar as APPs, não podendo-se assim determinar a verdadeira faixa de APP ao redor desses rios. E, também, a generalização cartográfica interfere na interpretação das feições. Isto porque, dependendo da largura do rio e de sua importância, este deixa de ser representado em escalas como 1:10.000 ou 1:25.000, assim esses rios deixam de ser usados na delimitação das APPs.

As APPs de topo de morro foram geradas de forma satisfatória, só se verificou uma dificuldade por causa do método de cálculo da declividade média usando todos os

pixels do morro que acaba excluindo todos os morros, isso por eles não atingirem um valor de declividade média suficiente. Analisando-se os outros trabalhos citados anteriormente nos antecedentes concluiu-se que não apareciam as APPs de topo de morro para o município de Porto Alegre por causa do resultado de se juntar dados de entrada com baixa precisão e um método de cálculo de declividade média inadequado.

Com relação às APPs de declividade concluiu-se que quanto maior a resolução espacial do MDE mais indicado ele é para isso. O problema é que todos os MDEs disponíveis gratuitamente têm uma resolução espacial muito baixa e isso faz com que essa classe de APP seja muito difícil de ser gerada com esses MDEs.

Recomendações:

- 1 - Gerar o mapa de cobertura e uso do solo das APPs;
- 2 - Realizar análises espaciais e modelagem em SIG para identificação de situações de conflito de uso do solo dentro dos limites das APPs;
- 3 - Mapear as APPs de topo de morro de Porto Alegre com os MDEs de LIDAR, SRTM, ASTER, Topodata, IBGE para ver o tamanho das APPs de topo de morro que aparecem calculando-se a declividade média por algumas linhas de vertente.

REFERÊNCIAS

ARONOFF, Stanley. **Geographic Information System: A Management Perspective**. WDL Publications, Ottawa, Canada, 1989.

BRASIL. Lei Federal no 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 set. 1965. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm>. Acesso em: 22 de julho de 2016.

BRASIL. Lei Federal no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção 1, p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 22 de julho de 2016.

CAVALLI, Cléo. **Delimitação das áreas de preservação permanente em topo de morro no município de porto alegre com uso de SIG: um estudo comparativo entre o Código Florestal de 1965 e o de 2012**. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário La Salle. 2012.

DA SILVA, Tatiana Silva. **Sistema Geográfico de Informações**. 2012. 328p. Notas de aula.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. **Software ArcGis Desktop**, License Type ArcInfo, version 10.2, 2011.

FARINA, Flavia. **Sensoriamento Remoto Aplicado à Geografia**. 2014. 197p. Notas de aula.

GAGG, Gilberto. **Cartografia Geral I**. 2010. 70p. Notas de aula.

GOODCHILD, Michael Frank. **Issues of quality and uncertainty**. In Müller, J. C. (ed.) *Advances in Cartography*, New York; Elsevier, pp. 113-139.

HASENACK, Heinrich; MARCUZZO, Silvia Franz. **Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008.

IBGE CIDADES. **Porto Alegre**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431490>>. Acesso em 8 de junho de 2016.

IESCHEK, Andrea Lopes. **Produção de Cartas**. 2012. 281p. Notas de aula.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva sobre recursos terrestres**. São José dos Campos, SP. Ed. Parêntese, 2011.

KLEIN, Ivandro. **Princípios de Sensoriamento Remoto**. 2011. 261p. Notas de aula.

OLIVEIRA, Guilherme De Castro. **Precisão de modelos digitais de terreno, mapeamento automático de APPs de topo de morros e a eficácia do novo Código Florestal**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa. 2015.

OLIVEIRA, Guilherme De Castro; FILHO, Elpídio Inácio Fernandes. **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.

PERSIL, Vitor Hugo. **Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro no município de Viçosa-MG, utilizando Sistema de Informações Geográficas**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Viçosa. 2014.

PIETZCH, Natália. **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**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

PORTO ALEGRE. Lei Orgânica do município de Porto Alegre, de 4 de abril de 1990. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, RS, 4 abr. 1990. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/cgi-bin/nph-brs?s1=000022938.DOCN.&l=20&u=%2Fnetahtml%2Fsirel%2Fsimples.html&p=1&r=1&f=G&d=atos&SECT1=TEXT>>. Acesso em: 22 de julho de 2016.

PORTO ALEGRE. Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Porto Alegre, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre e dá outras providências. **Diário Oficial de Porto Alegre**, Porto Alegre, RS, 1 dez. 1999. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf>. Acesso em: 22 de julho de 2016.

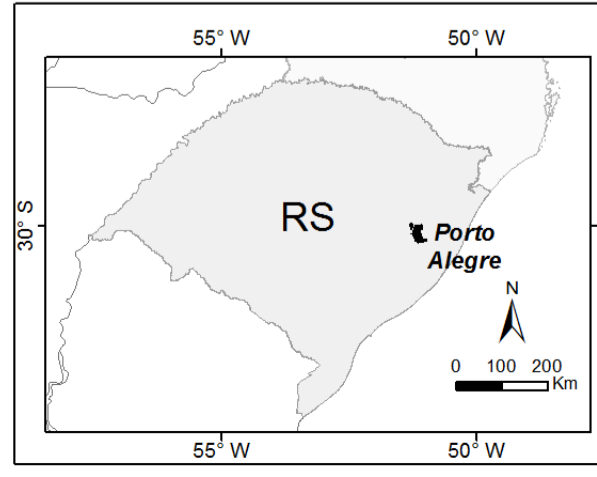
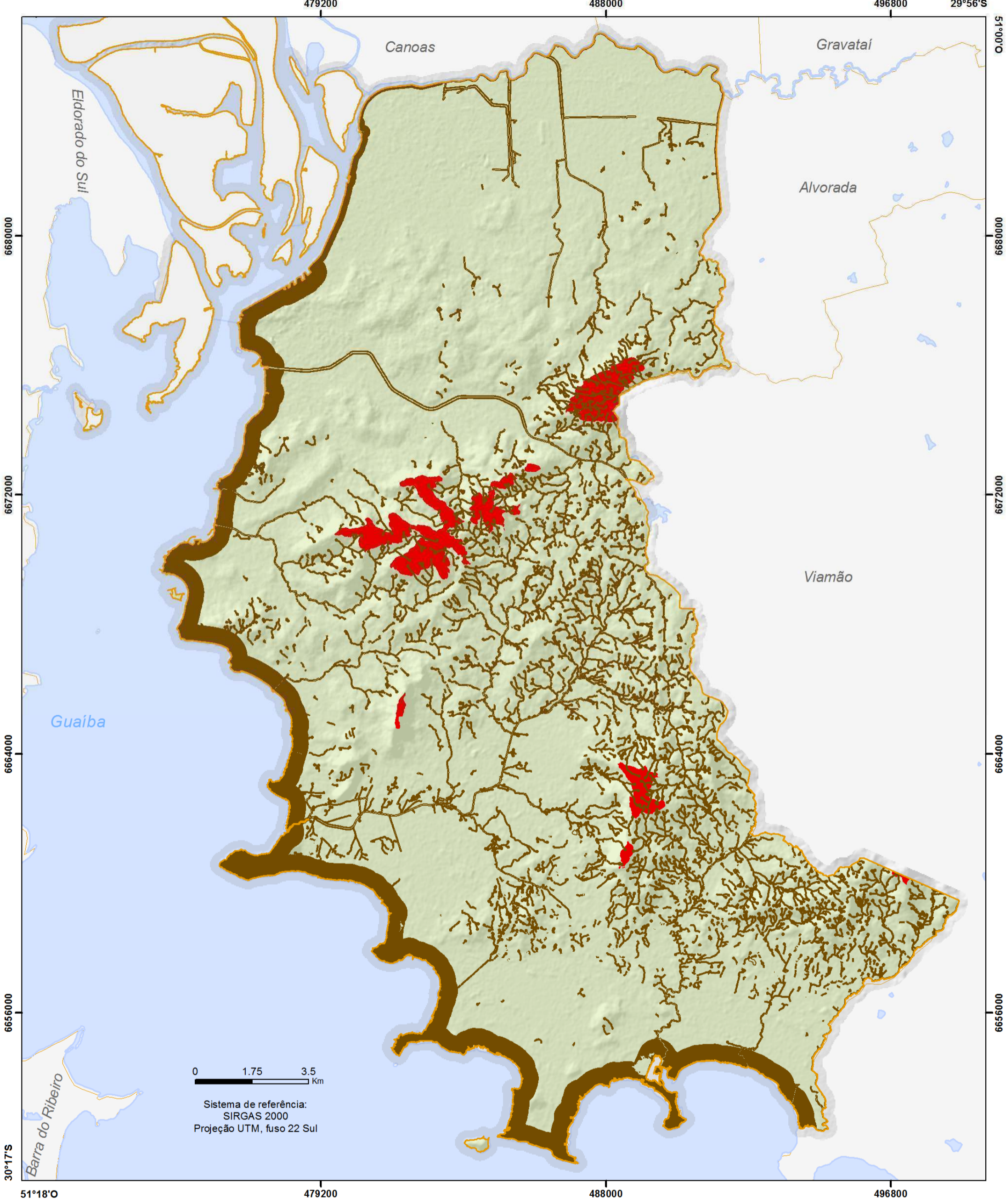
PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Prefeitura de Porto Alegre**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/>. Acesso em 23 de junho de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Parecer 1181/2013**. APP em topo de morro. 21 jan. 2013. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/pgm/default.php?reg=376&p_secao=33>. Acesso em 15 de novembro de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Parecer 1198/2016**. Áreas de Preservação Permanente em zona urbana e licenciamento edilício. 16 mai. 2016. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/pgm/default.php?reg=991&p_secao=33>. Acesso em 16 de novembro de 2016.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 9.519, de 21 de janeiro de 1992. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. **Diário Oficial do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 21 jan. 1992. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=97641&inpCodDispositive=&inpDsKeywords=>>. Acesso em: 22 de julho de 2016.

ANEXO 1



APPs de Porto Alegre

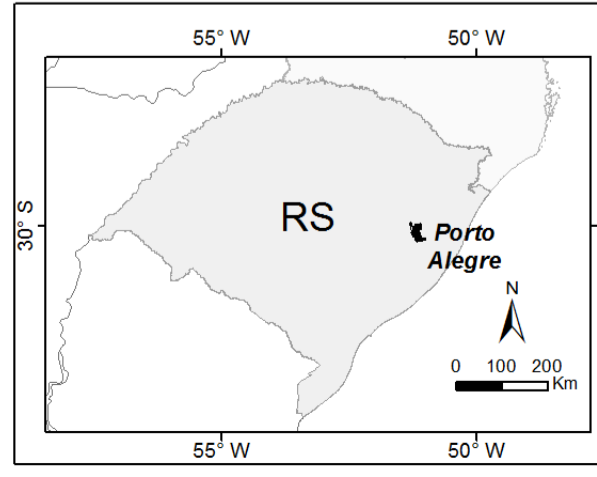
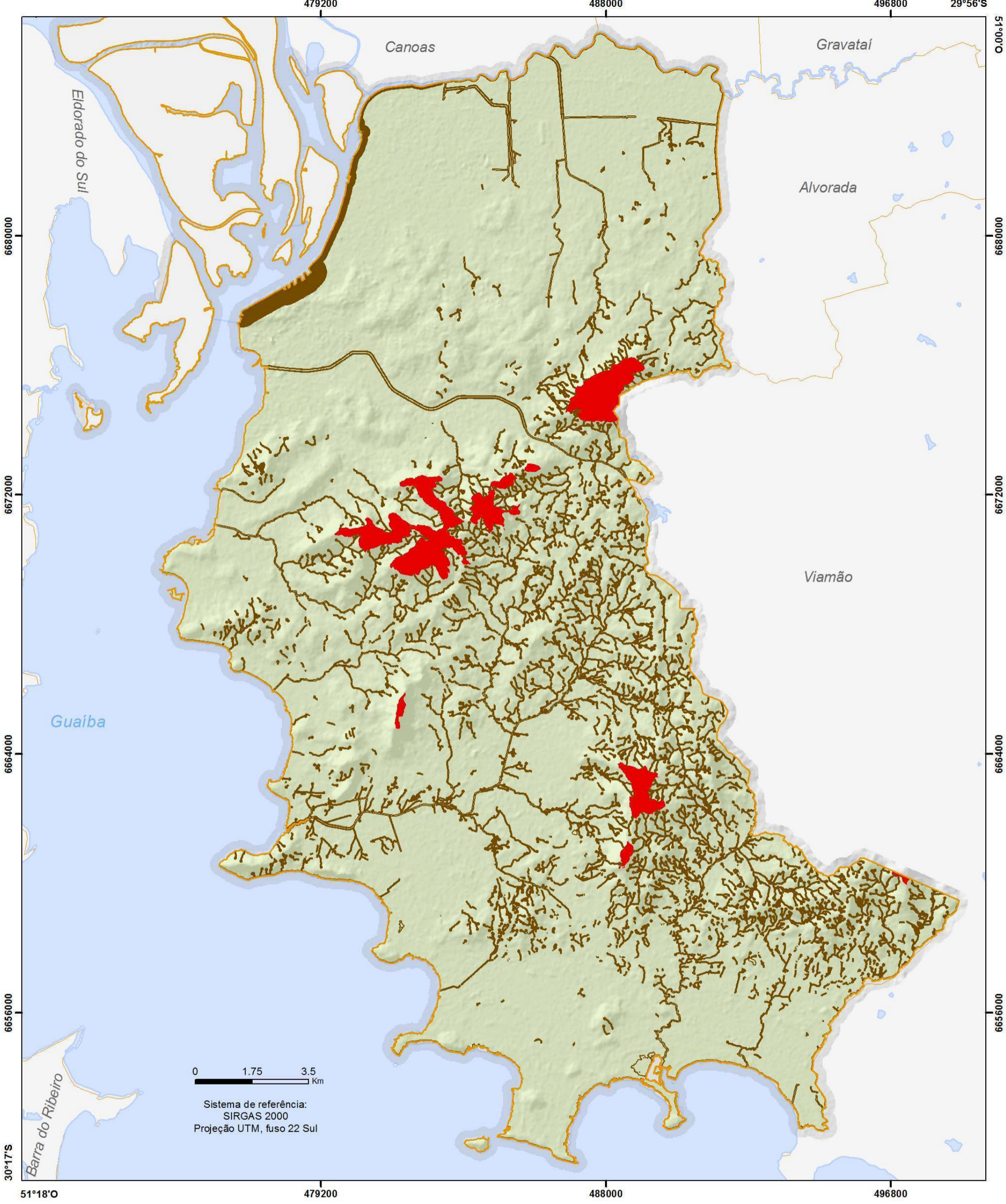
Legenda

- APP hidrografia (Rio Guaíba)
- APP Topo de Morro LIDAR
- Área de estudo

Atribuições

Base de dados: IBGE (2010), DSG
 Limite: Prefeitura Municipal de Porto Alegre

ANEXO 2



APPs de Porto Alegre

Legenda

- APP hidrografia (Lago Guaíba)
- APP Topo de Morro LIDAR
- Área de estudo

Atribuições

Base de dados: IBGE (2010), DSG
 Limite: Prefeitura Municipal de Porto Alegre

ANEXO 3

