

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
NÍVEL MESTRADO**

MARCELO ZAGONEL DE OLIVEIRA

**UTILIZAÇÃO DO GOOGLE EARTH COMO PLATAFORMA PARA
DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP's) – UM
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO.**

São Leopoldo

2009

MARCELO ZAGONEL DE OLIVEIRA

**UTILIZAÇÃO DO GOOGLE EARTH COMO PLATAFORMA PARA
DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP's) – UM
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO.**

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Minerais, Linha de Pesquisa Geologia e Planejamento Ambiental.

Orientador: Prof^o. Dr. Mauricio Roberto Veronez

São Leopoldo

2009

O48u Oliveira, Marcelo Zagonel de
Utilização do Google Earth como plataforma para delimitação de
Áreas de Preservação Permanente (APP's): um estudo de caso no
município de São Leopoldo / por Marcelo Zagonel de Oliveira. --
São Leopoldo, 2009.

48 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos,
Programa de Pós-Graduação em Geologia, São Leopoldo, RS,
2009.
“Orientação: Prof. Dr. Maurício Roberto Veronez, Ciências
Exatas e Tecnológicas”.

1.Sistemas de informação geográfica. 2.Geoprocessamento.
3.Sensoriamento remoto. 4.Google Earth – Áreas de Proteção
Permanente. 5.Cartografia digital – Áreas protegidas. I.Título.

CDU: 528.9:91
528.8
528.9:004.932:502.4

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Leodato e Miriam, por terem sempre me apoiarem ao longo deste caminho acadêmico e profissional e pela ajuda e esforços investidos em minha formação.

A Marlise Colling Cassel, pela compreensão e paciência nos momentos de tensão e angustias em algumas fases do desenvolvimento do trabalho.

Ao professor orientador Dr. Mauricio Roberto Veronez, pelas orientações, conhecimentos, sugestões e críticas construtivas as quais foram decisivas para conclusão deste trabalho.

Ao Alessandro Ott Reinhardt, pelo apoio dado na manipulação dos softwares de Geoprocessamento os quais foram essências para realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Leonardo Maltchick, pela participação em todos os seminários e por suas contribuições na construção e estruturação deste trabalho.

Ao professor Dr. Osmar Coelho pela participação nos seminários e por suas contribuições a cerca da manipulação dos dados técnicos.

Aos técnicos do LASERCA por sempre estarem a disposição para solucionar os eventuais problemas que surgiram ao longo do trabalho.

Ao programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições Particulares (PROSUP) da CAPES, que custeou todas as despesas do curso, viabilizando a conclusão deste estudo.

A todos os amigos que de alguma forma estiveram presentes e contribuíram cada um a sua maneira ao longo da dissertação.

"Só o cego intelectual, o imediatista, não se maravilha diante desta multiesplendorosa sinfonia, não se dá conta de que toda agressão a ela é uma agressão a nós mesmos, pois dela somos apenas parte. A contemplação o inimaginavelmente longo espaço de tempo que foi necessário para a elaboração da partitura e o que resta de tempo pela frente para um desdobramento ainda maior do espetáculo até que se apague o Sol só pode levar ao êxtase e à humildade". (José Lutzenberger)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização da área de estudo.....	19
FIGURA 2 - Ilustração da rede GPS do município de São Leopoldo sobre a imagem de satélite <i>Quickbird</i> (SEMMAM, 2007).....	22
FIGURA 3 - Materializações de pontos utilizados no projeto da rede GPS.....	23
FIGURA 4 - Ilustração de uma monografia de vértice elaborada.....	24
FIGURA 5 – Mosaico da área de estudo, resultante da junção de 15 cenas capturas do <i>GoogleEarth</i> , sem prejudicar a qualidade visual da imagem.....	26
FIGURA 6 - Elipses de erros de todos os pontos da rede GPS resultantes do ajustamento pelo MMQ.....	33
FIGURA 7 - Delimitação das áreas de preservação permanente ao redor de nascente ou olhos d'água. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.....	37
FIGURA 8 - Carta de delimitação das APPs ao longo do rio ou qualquer curso d'água. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.....	38
FIGURA 9 - Carta de delimitação das APPs em áreas úmidas (banhados). Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.....	39
FIGURA 10 - Carta de delimitação das APPs de mata nativa. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.....	41
FIGURA 11 - Carta de delimitação de todas as APPs. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.....	42
FIGURA 12 – Carta de sobreposição do conjunto de APP's mapeadas com a área construída. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.....	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Padrão de Exatidão Cartográfico em função da escala. Fonte: Adaptado de PEC Decreto nº 89817.....	27
TABELA 2 - Configurações utilizadas no processamento dos vetores rastreados.....	33
TABELA 3 - Coordenadas UTM conhecidas e da imagem <i>Google Earth</i> dos 13 vértices utilizados para análise do PEC. Meridiano Central 51°W e Sistema de Referência Geodésico SIRGAS.....	34
TABELA 4 - Superfície total do município de São Leopoldo protegida por categoria de área de preservação permanente.....	43

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP – Área de Preservação Permanente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento

EP – Erro Padrão

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

KML - *Keyhole Markup Language*

LASERCA - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital

MDT - Modelo Digital do Terreno

METROPLAN - Fundação Estadual de planejamento Metropolitano e Regional

MMQ - Método dos Mínimos Quadrados

MVC - Matrizes Variância Covariância

NSSL - *National Severe Storms Laboratory*

OGC - *Open Geospatial Consortium*

PC – *Personal Computer*

PEC – Padrão de Exatidão Cartográfico

PI – Plano de informação

SEMMAM – Secretaria Municipal de Meio Ambiente

SGB - Sistema Geodésico Brasileiro

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SR – Sensoriamento Remoto

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USGS - *United States Geological Survey*

UTM - Universal Transverso de Mercator

XML - *Extensible Markup Language*

RESUMO

Atualmente nossa sociedade vive uma mudança de paradigma buscando a sustentabilidade. Através do desenvolvimento de novas tecnologias associadas ao geoprocessamento têm sido possível dimensionar problemas ambientais de forma muito mais precisa. O *Google Earth* disponibiliza gratuitamente imagens de satélites para as pessoas que têm acesso à *internet*. Para muitos locais essas imagens são de alta resolução e passíveis de serem utilizadas em muitas atividades de planejamento urbano e ambiental. Assim o principal objetivo desse trabalho foi por meio da utilização de imagens de alta resolução disponibilizadas gratuitamente pelo *Google Earth* e com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), analisar a viabilidade de utilização das mesmas na definição das Áreas de Proteção Permanente (APPs) do Município de São Leopoldo/RS. Ainda como objetivos secundários são apresentados um método de estruturação de mosaicos advindos de cenas capturadas no *Google Earth*, verificação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) do mosaico e a proposta de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de baixo custo com a finalidade de auxiliar o gerenciamento ambiental de municípios de pequeno e médio porte. Como resultados obtidos através de testes estatísticos aplicados para analisar a qualidade da imagem georreferenciada e de acordo com a classificação do Decreto Lei 89817 – Padrão de Exatidão Cartográfica concluiu-se que a imagem do *Google Earth* elaborada através de cenas capturadas a 5900 metros de altitude pode ser enquadrada em uma classe B e escala 1/15.000. Toda essa base cartográfica serviu como referência para geração das APPs, tais como: ao redor de nascentes, ao longo de cursos d'água, áreas úmidas e matas nativas, perfazendo as seguintes percentagens de ocupação territorial: 9,90%, 11,11%, 13% e 17%, respectivamente. Em termos de conclusões a pesquisa mostrou que imagens de satélites de alta resolução do *Google Earth* (associada a uma rede de pontos GPS) podem ser utilizadas de forma eficiente no aspecto de uma localização e quantificação mais precisa das APPs. Os produtos gerados por este estudo associados com a planta cadastral do município passam a desempenhar ferramentas importantes e de baixo custo para um planejamento integrado das diversas atividades desenvolvidas nas secretarias do município.

Palavras chaves: *Google Earth*, Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), Áreas de Preservação Permanente, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Nowadays our society experience a change of paradigm seeking for sustainability. Through the development of new technologies associated with GIS have been possible to measure environmental problems much more precise. Google Earth provides satellite images for free for those with internet access. In many places these images are high resolution and capable of being used in many activities of urban and environmental planning. In this manner, the main objective of this work was through the use of high-resolution images available for free at Google Earth and using a Geographic Information System (GIS) to examine the feasibility of using the same definition of Areas of Permanent Protection (APPs) of the municipal district of São Leopoldo / RS. Although secondary objectives are presented as a method of structuring the resulting mosaic of scenes captured on Google Earth, check the Cartographic Accuracy Standard (PEC) of the mosaic and the proposal of a Geographic Information System (GIS) for low cost in order to help the environmental management of cities, small and medium businesses. As results from statistical tests applied to analyze the image quality and georeferenced according to the classification of Decree Law 89817 - Cartographic Accuracy Standard concluded that the image of Google Earth developed through scenes captured the 5900 meters in altitude may be framed in a class B and scale 1/15.000. All this served as a base map reference for generation of APPs, such as around fountainheads, along the water courses, wetlands and native forests, for the following percentages of territorial occupation: 9.90%, 11.11 %, 13% and 17% respectively. In terms of the research findings showed that the satellite images with high resolution of Google Earth (associated with a network of GPS points) can be used efficiently in the appearance of a more precise localization and quantification of APPs. The products generated by this study associated with the cadastral plan of the city will appear as a important toll with low cost for an integrated planning of activities in various departments of the municipal district.

Keywords: Google Earth, Cartographic Accuracy Standard (PEC), Permanent Preservation Areas, Remote Sensing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS	14
1.2. JUSTIFICATIVAS	14
2. ESTADO DA ARTE	15
3. MATERIAIS E MÉTODO	19
3.1. ÁREA DE ESTUDO	19
3.2. MATERIAIS	20
3.3. MÉTODO	20
3.3.1. Rede GPS de apoio para análise do PEC	21
3.3.2. Estruturação do mosaico advindo do <i>Google Earth</i>	25
3.3.3. Análise do PEC do mosaico advindo do <i>Google Earth</i>	26
3.3.4. Análise da qualidade da imagem	29
3.3.5. Análise de tendência dos resultados	29
3.3.6. Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d'água	30
3.3.7. Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d'água	30
3.3.8. Delimitação das APPs de banhado	31
3.3.9. Delimitação das APPs de mata nativa	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1. Resultados do processamento da rede GPS	33
4.2. RESULTADO DO PEC PARA A IMAGEM ADVINDA DO GOOGLE EARTH	34
4.2.1. Enquadramento da imagem ao PEC em função da escala	34
4.2.2. Tendência dos resultados planimétricos	34
4.2.3. Análise da exatidão	35
4.2.4. Análise da precisão	35
4.2.5. Resultado do PEC para a imagem advinda do <i>Google Earth</i>	36
4.3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs)	37
4.3.1. Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d'água	37
4.3.2. Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d'água	38
4.3.3. Delimitação das APPs de banhado	39
4.3.4. Delimitação das APPs de mata nativa	41
4.3.5. Delimitação da área total das APPs	41
4.3.6. Sobreposição do conjunto de APPs mapeadas com a área construída	43

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	45
REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado dos municípios vem provocando profundas modificações nos ambientes, enfraquecendo continuamente os sistemas naturais que asseguram a vida na Terra.

Desde a Revolução Industrial, vive-se um modelo socioeconômico no qual a natureza deve ser transformada para dar lugar às obras humanas e gerar lucro direto e imediato. Nesse sistema de valores, não se cogita a importância da natureza como componente fundamental para a vida nem mesmo o aproveitamento de seus serviços e benefícios para a satisfação das necessidades humanas, fisiológicas e psicológicas (Fávero *et. al*, 2004).

Entre os principais fatores relacionados com o aumento da degradação ambiental estão as freqüentes alterações não-planejadas no uso da terra, acima da capacidade de suporte do solo. Tais alterações são também as principais responsáveis pelo aumento dos processos erosivos verificados nas áreas agrícolas e urbanas. Lal e Stewart (1992) relatam que entre 5 e 7 milhões de hectares de terras cultiváveis são perdidas a cada ano devido à erosão.

Os processos erosivos representam um problema não somente pela perda de solo como meio de suporte às atividades agrícolas, mas também por trazerem conseqüências negativas relacionadas ao assoreamento e à contaminação dos cursos d'água, lagos e represas (Lal, 1988) e (Pinto, 1991).

A expansão da cidade de São Leopoldo, nos últimos 20 anos, dirigiu-se para além dos limites impostos pela legislação ambiental. Como exemplo, temos o canal do Rio dos Sinos, que foi ultrapassado pelo tecido urbano, com a projeção de ruas não muito distantes das margens, o que aumentou as possibilidades de degradação nos trechos envolvidos pela urbanização. A consolidação da expansão é reforçada em razão do asfaltamento e calçamento de ruas e da implantação de aparelhamento do sistema urbano como, por exemplo, escolas, creches, postos de saúde, linhas municipais de transporte, entre outros.

A destruição da mata ciliar ao longo dos cursos d'água, na Bacia do Rio dos Sinos, vem aumentando significativamente o assoreamento dos canais; o escoamento de agrotóxicos provenientes da agricultura (em particular do cultivo do arroz e da agropecuária) e a extração clandestina de areia, em certos trechos de seus afluentes. Tudo isso nos leva a concluir que, apesar do avanço da legislação ambiental e dos mecanismos possíveis de serem empregados para evitar maiores danos, além do esforço dos poderes públicos municipais em minimizar os

efeitos deletérios sobre esses recursos naturais, mais cedo ou mais tarde, medidas mais radicais e onerosas deverão e terão de ser tomadas com relação ao ordenamento do território.

Nessas áreas de expansão, onde existiam inúmeras regiões com matas preservadas com nascentes, foram aos poucos sendo degradadas, surgindo loteamentos irregulares, muitos deles transformados em depósitos de lixo urbano, apesar de constituírem zonas de proteção ambiental no plano de zoneamento da cidade.

O município de São Leopoldo contém um conjunto representativo da diversidade das áreas da planície de inundação do Rio dos Sinos, de importância regional para conservação Maltchick (2003a). Além disso, é uma das poucas cidades do Brasil a efetivar um parque municipal para preservação desses ambientes úmidos em plena área urbana.

A constituição brasileira de 1988 declara no seu artigo 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

De acordo com o artigo citado, os cuidados com o planeta Terra dependem das convicções do homem e do seu compromisso com essas convicções, assim como das ações governamentais. A legislação federal de recursos hídricos estabelece que as áreas úmidas pertençam às águas públicas e são áreas que devem ser preservadas.

A gestão das águas no Brasil passa por um período de grandes avanços desde o final da década de 80, apoiada no código de águas de 1934 DNAEE (1980). O grande desafio da década de 90 concentrou-se na definição dos aspectos institucionais e no aperfeiçoamento da legislação sobre a gestão das águas Tucci (1995) e Pompeu (1995).

O uso sustentável de áreas úmidas implica o conhecimento das bases científicas para o manejo desses ecossistemas, tais como a biodiversidade e a dinâmica hidrológica, e na cooperação entre diferentes segmentos da sociedade Diegues (1996).

Além das delimitações das áreas úmidas do município, uma questão muito importante também no processo de delimitação das APP's é a definição de topo de morros e das linhas de cumeada. Segundo Hoot *et al.* (2005), a delimitação dessas áreas através de métodos analógicos, incluindo a interpretação visual, é subjetiva, eminentemente bidimensional, está condicionada à experiência do analista e é sempre passível de contestação. A utilização de técnicas de geoprocessamento poderia contribuir na determinação automática dessas áreas de preservação permanente em topos de morros e montanhas, caso um procedimento metodológico fosse desenvolvido para tal objetivo.

1.1 OBJETIVOS

O principal objetivo desse trabalho é, por meio da utilização de imagens de alta resolução disponibilizadas gratuitamente pelo *Google Earth* e com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica, analisar a viabilidade de utilização das mesmas na delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APPs) do município de São Leopoldo/RS.

Em termos de objetivos secundários são destacados:

- Elaborar um método de estruturação de mosaicos advindos de cenas capturadas no *Google Earth*;
- Verificar o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) do mosaico supracitado;
- Propor um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de baixo custo com a finalidade de auxiliar o gerenciamento ambiental de municípios de pequeno e médio porte.

1.2. JUSTIFICATIVAS

Atualmente, a gestão ambiental é realizada quase em sua totalidade através de cartas topográficas, fotos aéreas, imagens de satélites, às quais possuem um custo muito elevado a ser pago principalmente por prefeituras e empresas que necessitam planejar e gerir ambientalmente seu território, e muitas vezes esbarram no alto custo na aquisição de imagens de alta resolução. Qualquer empreendimento a ser instalado em âmbito municipal exige um estudo de impacto ambiental. Para tal estudo, na maioria das vezes, não se têm equipamentos adequados, produtos cartográficos atualizados e muito menos um sistema de informação organizado que possibilitariam uma maior agilidade e precisão na nas tomadas de decisões pelo setor público. Assim, com as imagens de satélites de alta resolução geométrica disponibilizadas pelo *Google Earth* gratuitamente para toda a comunidade com acesso á *internet* vislumbra-se da possibilidade de se utilizar estes recursos para fins de gestão ambiental.

2. ESTADO DA ARTE

Nos últimos anos, o processo de urbanização é acompanhado por profundas alterações no uso e na ocupação do solo, que resultam em impactos ambientais nas bacias hidrográficas. As transformações sofridas pelas bacias em fase de urbanização podem ocorrer muito rapidamente, gerando transformações na qualidade da paisagem, degradação ambiental, ocupação irregular e falta de planejamento na gestão urbana Ono et al.(2005).

O plano de gestão ou plano de zoneamento não deve se limitar a ser apenas um conjunto de relatórios, mapas e tabelas, configurando-se em um acontecer unicamente técnico. Ele deve ser formado por um conjunto de diretrizes e exercitar-se segundo normas e lei.

Para elaboração de um plano de gestão ambiental, são necessários, além dos elementos componentes das paisagens, também estudos de vegetação e os usos das terras, para que se possam orientar estratégias de planejamento, considerando a melhoria da qualidade ambiental.

O conhecimento da vegetação original e antrópica é indispensável para os programas de criação e manejo de unidades de conservação, de educação ambiental, de arborização e paisagismo urbano, de recuperação de áreas degradadas, de conhecimento do potencial florestal e outros.

No âmbito dos assentamentos habitacionais urbanos, o plano ambiental tem por objetivo subsidiar, com critérios técnicos e por meio do diagnóstico da realidade do município, programas e projetos que sirvam de suporte para as ações necessárias à construção de novas relações entre a ocupação humana e o ambiente natural.

Segundo Vieira (2006), as técnicas convencionais, quando aplicadas para monitorar a expansão urbana e a ocupação de áreas de bacias hidrográficas, não têm conseguido acompanhar a velocidade com que o fenômeno se processa. Sendo assim, deve-se alertar para a necessidade da busca de novos métodos, empregando tecnologias mais adequadas, para detectar, em tempo real, a expansão urbana e as alterações ambientais decorrentes.

Hasenack et al.(2003) relatam que as técnicas de análise espacial introduzidas com o geoprocessamento facilitam a integração e a espacialização dos dados e de um grande número de variáveis, reduzindo a subjetividade nos procedimentos de análise e possibilitando a visualização dos dados e a espacialização dos resultados na forma de mapas. A possibilidade de combinar informação cartográfica e tabular, bem como inserir conhecimento específico

e/ou subjetivo em uma análise, torna um sistema de geoprocessamento uma ferramenta especialmente útil para fins de planejamento.

Atualmente, o uso de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm representado um importante suporte para o planejamento e tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente (Green, 1994). Nos últimos anos, houve uma grande inovação nas imagens orbitais para uso comercial. A partir do desenvolvimento de satélites com sensores de alta resolução espacial, surgiram novos paradigmas na área do SR. O desenvolvimento de novos sistemas sensores, como o IKONOS-II e o QUICKBIRD, abriu um novo campo no SR Tanaka e (Sugimura, 2001).

Os diferentes formatos de arquivos disseminados pela *internet* oferecem uma habilidade muito grande no processo de transferência de informações. As comunidades, de um modo geral, conectadas em rede, podem ter acesso a muitos sistemas como, por exemplo, *Wikipedia*, *MySpace*, entre outros e que agilizam e possibilitam a execução de diferentes formas de pesquisas (Levy & Stone, 2006). Nessa mesma linha de ferramentas pode-se citar o *Google Earth*. Conforme o *site* <http://earth.google.com/faq.html>, através de um programa livre disponibilizado, é possível visualizar em diferentes partes do globo, imagens de satélites georreferenciadas (muitas vezes de alta resolução geométrica) caracterizando informações detalhadas como: parques, hospitais, aeroportos, sistemas aquíferos, cadeias de montanhas, florestas, afloramentos, falhas e fraturas, etc.

Vivemos hoje na chamada era da informação onde dados e novos conhecimentos estão sendo gerados em um curto espaço de tempo. Com o rápido desenvolvimento das ciências da computação, a informação chega de uma forma muito mais abrangente às pessoas. Esse desenvolvimento tecnológico tem possibilitado o crescimento de outras áreas como, por exemplo, o geoprocessamento.

Para Câmara & Medeiros (1996) o geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos. As seguintes áreas estão intrinsecamente relacionadas ao geoprocessamento, quais sejam: Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto, Aerofotogrametria, Topografia, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e outras formas que tornem possível a obtenção de Planos de Informações (PI's). Os PI's são cartas em formato digital, cada um referente a um determinado tema ou variável, podendo ser armazenados no computador na forma vetorial ou raster e classificados como de natureza numérica ou temática. Os PI's numéricos contém dados de natureza quantitativa (declividade,

altitude do terreno, imagem de satélite, etc.). Os PI's temáticos contêm variáveis de natureza temática (classes de vegetação, solos, geologia etc.).

Com o desenvolvimento de novos *softwares*, muitos deles *freeware* ou *open source*, o geoprocessamento também está em ampla difusão, apresentando produtos confiáveis e passíveis de serem utilizados em diferentes áreas do conhecimento. Neste contexto têm-se o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente (erosão do solo, inundações, etc.) e antrópicos (queimadas, desmatamentos etc.) proporcionando a identificação e o cálculo do crescimento desses fenômenos (Florenzano, 2002).

Uma das grandes utilidades do *Google Earth* é a possibilidade dos usuários inserirem informações via *internet* usando a linguagem *Keyhole Markup Language* (KML; <http://code.google.com>) juntamente com a linguagem *Extensible Markup Language* (XML) (Smith & Lakshmanan, 2006).

O *United States Geological Survey* (USGS) (2006) publicou um trabalho o qual retrata a utilização de imagens do *Google* para determinar zonas perigosas de fluxos de lava no Hawaii (<http://www.usgs.gov/pubprod/>).

O *National Severe Storms Laboratory* (NSSL) começou a utilizar o formato de arquivo GEOTIFF como uma forma de compartilhar diversos produtos e experimentos com outros investigadores e meteorologistas para estudos e avaliação do tempo (Smith, et al., 2007). Variedades de produtos são gerados pelo NSSL e compartilhados ao *Google Earth* e a outros usuários de SIGs através da *internet* no endereço (<http://wdssii.nssl.noaa.gov>).

O periódico científico *Nature* recentemente devotou vários destaques ao fenômeno *Google Earth*, citando celebridades na área de geoprocessamento, como o Prof. Michael Goodchild, da Universidade da Califórnia, Santa Bárbara e Jack Dangermond, fundador e presidente da ESRI, (*Nature* 439, 16/02/2006). Goodchild está convencido de que ferramentas como *Google Earth* aumentarão a consciência do potencial do SIG. O que ocorre hoje é semelhante ao efeito causado pelo computador pessoal nos anos 70, quando previamente havia uma população elitizada no que tange a usuários de computadores. Goodchild afirma que, assim como o "PC" democratizou a computação, sistemas como o *Google Earth* democratizarão o SIG. De acordo com Dangermond, a ESRI está reagindo ao vigor do *Google Earth* e, até o fim deste ano, lançando um grande "Upgrade" do ArcGIS, que habilita usuários a publicarem globos virtuais na *internet* e analisarem seus próprios dados em qualquer formato, desde que esteja de acordo com as especificações OGC (*Open Geospatial Consortium*), que é um consórcio internacional de 347 companhias, agências governamentais e

universidades participando em um processo consensual de desenvolver e tornar publicamente disponíveis interfaces e especificações, como por exemplo, as especificações *OpenGIS*® suporte de soluções interoperáveis que podem ser “geo-ativada” na Web, wireless e de serviços baseados em localização. Estas especificações capacitam os desenvolvedores de tecnologia a tornar as informações espaciais complexas em serviços acessíveis e úteis com todos os tipos de aplicações.

Para isso, várias funções estão combinadas dentro de um ambiente de *internet*. Além disso, a ESRI lançará o ArcGis Explorer, uma ferramenta de visualização grátis, como o *Google Earth*.

No que tange a uma questão muito importante na área cartográfica Potere (2008) analisou o Padrão de Exatidão Cartográfico de cenas do *Google Earth* em diferentes partes do mundo onde evidencia as distorções em função das resoluções geométricas das imagens.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada foi o município de São Leopoldo, o qual possui uma área de 104,50 km² e está localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre, 32 km ao norte da capital gaúcha. Sua população é de 193.403 habitantes, sendo 192.756 na área urbana e 647 habitantes na área rural, segundo os dados preliminares do censo de 2000. Conforme dados do IBGE, há 98.781 mulheres e 94.622 homens.

Partindo do extremo norte, em sentido horário, São Leopoldo faz divisa com os Municípios de Estância Velha, Novo Hamburgo, Sapucaia do Sul e Portão (Figura 1).

A sede municipal situa-se na Lat. 29°45'37"S e Long. 51°08'50"W. A altitude média é de 26 m, sendo que a área urbana está entre as elevações de 5 e 25 m e a área rural acima de 25 m. Na porção sudeste, ocorrem morros com altitudes entre 50 e 302 m, onde está o ponto mais alto, o Morro de Paula. Na porção noroeste, as elevações oscilam entre 50 e 100 m acima do nível do mar.

O Município está localizado na parte baixa da bacia hidrográfica do rio dos Sinos, onde ocorre uma extensa planície, constituída por banhados e áreas inundáveis. O clima é subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,7 °C com mínima absoluta de -0,7°C e máxima absoluta de 40,4°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.538,0 mm.

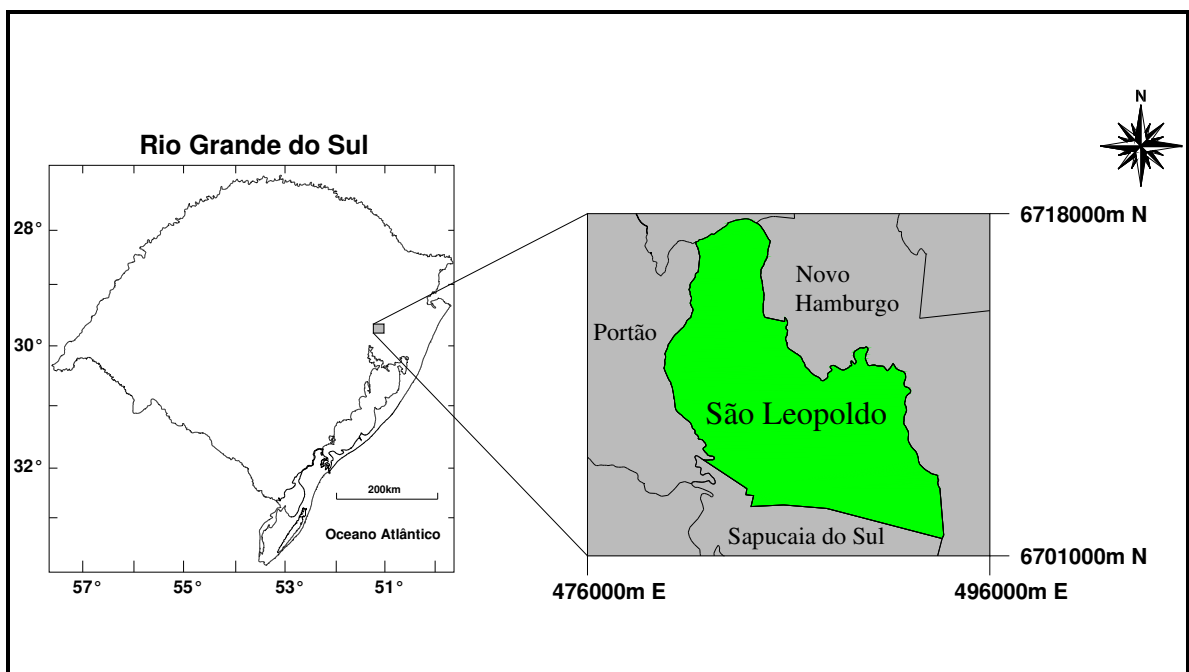


Figura 1 - Localização da área de estudo

3.2 MATERIAIS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais e programas:

- Uma restituição aerofotogramétrica do município em escala 1/2000, da qual será possível extrair algumas informações importantes, como redes de drenagens e a própria altimetria;
- Carta altimétrica com curvas em nível com equidistância vertical de 5 m (1/10.000);
- Imagem de Satélite *Quickbird* com resolução de 0,60 x 0,60 m;
- Conjunto de imagens extraídas do *Google Earth Pro*;
- Programas *ArcGis* versão 8.2, *Spring* versão 4.2, *Autocad Map 5* e *Panavue Image Assembler*;
- Código Estadual do Meio Ambiente;
- 3 receptores GPS modelo LEICA SR-9400 (Simplex frequência);
- Programa de processamento de dados GPS SKI – 2.35.

3.3 MÉTODO

Foi realizado um recorte do município de São Leopoldo nas imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*. Este recorte foi georreferenciado a partir de uma rede GPS de 30 pontos, distribuídos de maneira uniforme em todo o município de São Leopoldo. Toda a base cartográfica foi georreferenciada ao sistema Geodésico SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) na projeção UTM (Universal Transverso de Mercator).

Foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT), com curvas em nível espaçadas de 5 em 5 metros, com o objetivo de associá-lo à imagem do *Google Earth* para geração de um modelo tridimensional do município.

Toda essa base cartográfica serviu como referência para geração das APPs, tais como:

- Ao redor de nascentes;
- Ao longo de cursos d'água;
- Áreas úmidas;
- Matas Nativas

3.3.1. Rede GPS de apoio para análise do PEC

A Norma NBR 14.166 (ABNT 1998), em seu item 3.35, define a Rede de Referência Cadastral como: *“Rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os serviços que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas, materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro – SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e conseqüente incorporação de todos os trabalhos de topografia e cartografia na construção e manutenção da Planta Cadastral Municipal e da Planta Geral do Município. Sendo esta rede amarrada ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), fica garantida a posição dos pontos de representação e a correlação entre os vários sistemas de projeção ou representação.”*

O aspecto mais importante a respeito do que foi descrito acima é a unicidade da informação geométrica e posicional de qualquer objeto através de suas coordenadas referidas a um único sistema geodésico, evitando-se com isso ambigüidade de informações cadastrais, dentro dos critérios de tolerância posicional exigidos.

Uma rede de referência cadastral municipal pode ser entendida como uma entidade geométrica, simultaneamente ajustada, à qual todas as medições geodésicas e topográficas para fins de levantamentos e locações de limites de propriedades e feições são a ela referenciadas. Essa entidade é materializada por um conjunto de pontos devidamente distribuídos no terreno, cujas coordenadas estão representadas em uma projeção geodésica plana adequada. Acrescente-se aqui que a densidade dos pontos da rede deve ser tal que cubra o máximo possível a área do município. Quando, por razões econômicas, uma alta densidade de pontos não possa ser realizada, uma Rede de Levantamento, levantada por metodologia GPS ou equivalente, ajustada de modo hierárquico à Rede de Referência Cadastral Municipal, deve ser implantada para atender aos trabalhos geodésicos e topográficos locais do município.

Uma rede de referência assim estabelecida fornece um arcabouço de pontos de controle uniforme para posteriores densificações, que são realizadas com o tempo, em decorrência das alterações físicas ocorridas no espaço urbano e rural, servindo para amarrar levantamentos tanto de áreas densamente populosas como de áreas rurais.

Com a evolução tecnológica, cada vez mais os diversos setores da sociedade estão descobrindo o potencial da aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, os

quais passam cada vez mais a exigir uma exatidão compatível com as atividades a serem realizadas.

Uma análise espacial realizada sobre uma base cartográfica inadequada, gera erros de processamentos das ferramentas dos SIGs, podendo acarretar prejuízos, atrasos, etc.

A malha implantada foi composta de 30 pontos, distribuídos ao longo da área do Município de São Leopoldo, a qual poderá futuramente ser adensada a qualquer momento, sempre que se fizer necessário. A figura 2 ilustra a distribuição espacial dos pontos.

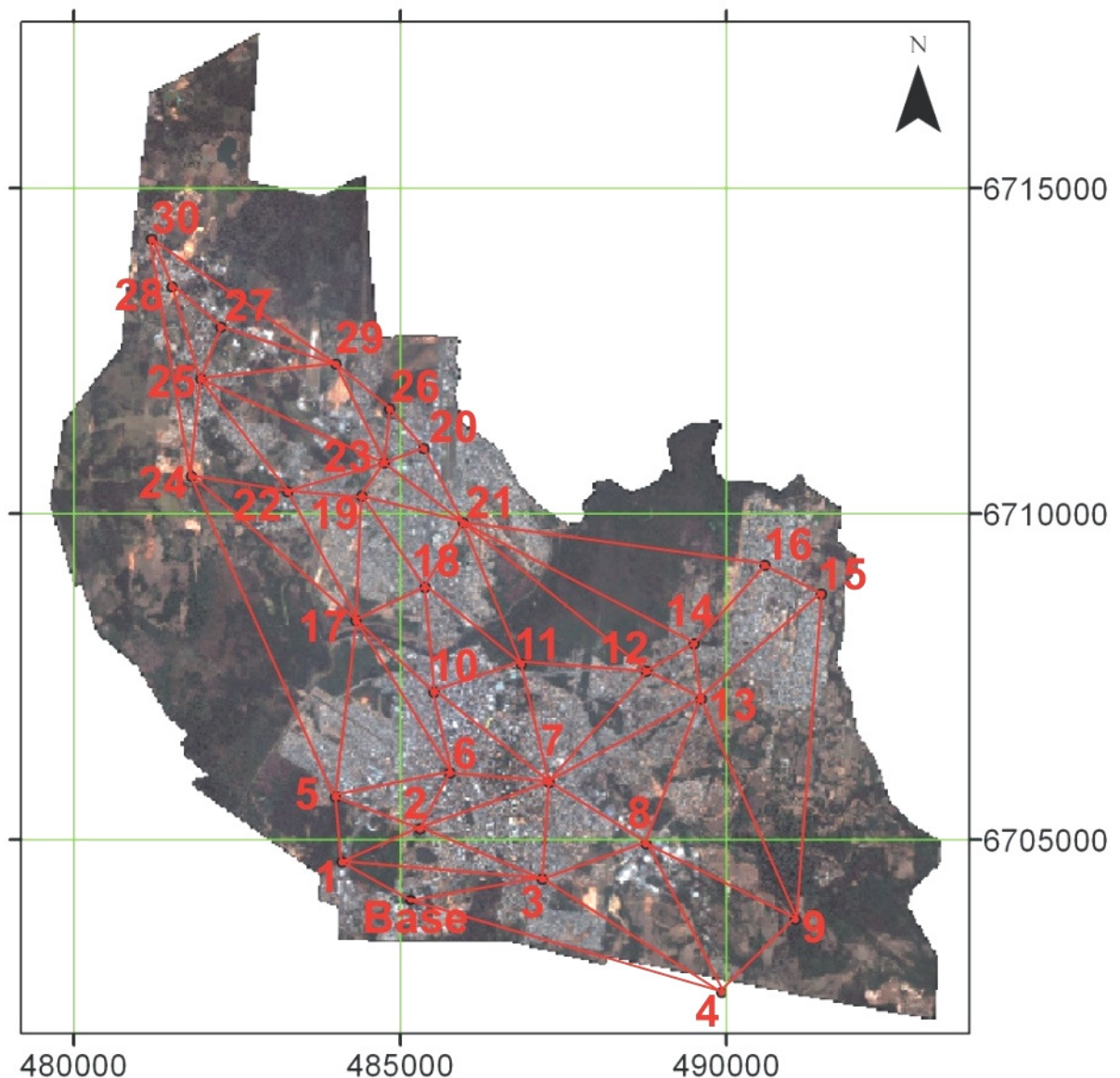


Figura 2 - Ilustração da rede GPS do município de São Leopoldo sobre a imagem de satélite *Quickbird* (BARETTA, 2007)

A malha teve como ponto de referência o vértice UNISINOS, onde o mesmo é homologado pelo IBGE e suas especificações técnicas são descritas abaixo:

- Nome da Estação: UNISINOS;

- Código IBGE – 93645;
- Latitude (SIRGAS): 29°47'34,7807" S \pm 0,001 m;
- Longitude (SIRGAS): 51°09'08,7306" W \pm 0,001 m;
- Altura Geométrica (SIRGAS): 82,66 m \pm 0,006 m;
- Altitude Ortométrica: 78,52 m (MAPGEO-2004);
- UTM (N): 6.704.142,422 m;
- UTM (E): 485.268,522 m;
- MC: 51° W.

O planejamento da malha foi elaborado com a escolha de um número mínimo de pontos, localizados em locais estratégicos, que atendessem a alguns critérios tais como segurança, acessibilidade, etc., visando com isso, tanto à preservação física dos marcos como a facilidade de acesso para utilização sempre que necessário e que atinjam toda a área do Município.

Os pontos da malha foram materializados de tal forma que possibilitasse a utilização de forma mais prática e ágil para os trabalhos afins. Em locais onde não houve a possibilidade de colocação de marcos de concreto foram fixadas chapas de alumínio padrão INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária). Nos demais locais foram colocados marcos de concreto. A figura 3 ilustra os modelos de pontos materializados.



Figura 3 - Materializações de pontos utilizados no projeto da rede GPS

Depois de materializados os 30 pontos, executaram-se rastreios com os receptores GPS (*Global Positioning System*) através do método relativo estático. O equipamento utilizado foi do fabricante LEICA, modelo SR-9400 (Portadora L1 e Código C/A) com um tempo de coleta de 1 hora para cada vértice. Para que fosse possível realizar um ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados – MMQ da rede (Gemael, 1994), executou-se dupla vetorização de tal forma a garantir um nível de precisão e exatidão dos pontos melhor do que a classe P2 ($\leq 0,20\text{m}$).

Para todos os pontos elaborou-se uma Monografia de Marcos (figura 4) divulgando as coordenadas nos sistemas: geodésico, na projeção UTM (Universal Transverso de Mercator) e no plano topográfico local segundo a NBR 14166. Todas essas coordenadas foram associadas ao sistema geodésico oficialmente adotado no Brasil que é o SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas). Para a determinação das altitudes ortométricas de todos os pontos adotou-se o modelo MAPGEO2004 elaborado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

MONOGRAFIA DE VÉRTICE GPS

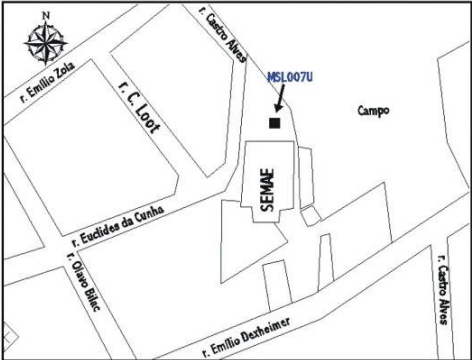

ID. Do Vértice		Local		Equipamento utilizado	
MSL007U		Rua Emílio Dexheimer		LEICA (SR-9400)	
Nome do vértice		Município	UF	Tempo de rastreio	
SEMAE\COM		São Leopoldo	RS	1 hora	
Coordenadas do Vértice					
Geodésicas – SIRGAS		UTM – SIRGAS		Plano topográfico local – SIRGAS	
φ =	29°46'38,670653" S ± 0,006 m	N =	6705871,917 m	X =	150974,741 m
λ =	51°07'53,712358" W ± 0,005 m	E =	487280,528 m	Y =	247885,488 m
h_{geom} =	45,163 m ± 0,008 m	MC =	51° W		
H_{ort} =	41,06 m	C =	00°03'55,260922"		
Ond. Geoidal _(MAPGEO2004) =	4,10 m	K =	0,99960200		
Croqui:			Foto:		
					
Descrição do vértice:					
O marco foi implantado no pátio do SEMAE\COM, situado na Rua Emílio Dexheimer N°404, Bairro Jardim América. O acesso ao marco se dá pelo portão secundário situado na Rua Castro.					
Origem do Plano Topográfico Local:					
$\varphi_{(origem)}$ = 29°45'30"S		$\lambda_{(origem)}$ = 51°08'30"W		$X_{(origem)}$ = 150000,00 m	
				$Y_{(origem)}$ = 250000,00 m	
				$H_{ort(média)}$ = 40,00 m	
Operador	Data	Processamento	Data	Monografia	Data
Telmo/Douglas/Leonardo	02/08/06	Maurício/Telmo	04/08/06	Telmo/Douglas/Leonardo	07/08/06
Legenda: φ = Latitude; λ = Longitude; h_{geom} = altura geométrica; H_{ort} = altitude ortométrica; C = convergência meridiana; K = fator de escala.					

Figura 4 - Ilustração de uma monografia de vértice elaborada.

3.3.2 Estruturação do mosaico advindo do *Google Earth*

Para estruturação do mosaico, estudos preliminares foram efetuados no sentido de identificar a altitude de captura das cenas mais adequada para o propósito do trabalho. Concluiu-se que, para uma altitude de 5.900 m, o nível da qualidade geométrica das cenas possibilitaria uma interpretação adequada para as APPs a serem mapeadas. Assim, foram capturadas 15 cenas compondo o mosaico sem prejudicar a qualidade visual da imagem. Após este procedimento realizou-se a junção das mesmas formando um mosaico da área de estudo (Figura 5). Este processo seguiu algumas etapas importantes às quais são descritas abaixo:

1. Avaliação da melhor altitude para captura das cenas de tal forma a garantir uma qualidade visual compatível para muitas atividades desenvolvidas em planejamento ambiental;
2. A partir da definição da altitude, elaborou-se uma grade georreferenciada de pontos contendo os locais onde cada cena deveria ser capturada. Nesta etapa utilizou-se o programa *AUTOCAD-MAP* para criação de dois *layers* contendo os limites do município e a grade de pontos com as dimensões que cada cena deveria ter. Assim, foi possível identificar os limites de cada cena, o que possibilitou a captura das mesmas.
3. A partir do conjunto de cenas capturadas iniciou-se a montagem do mosaico através do programa *PANVUE*, automatizando e otimizando o processo de construção do mosaico.
4. O georreferenciamento do mosaico foi realizado no programa *ARCGIS* com base em 17 pontos da rede GPS implantada no município de São Leopoldo.



Figura 5 – Mosaico da área de estudo, resultante da junção de 15 cenas capturas do *GoogleEarth*, sem prejudicar a qualidade visual da imagem.

3.3.3 Análise do PEC do mosaico advindo do *Google Earth*

A análise do PEC baseou-se na rede GPS materializada seguindo as especificações técnicas definidas pelo IBGE. Os vértices foram implantados de tal forma que os mesmos fossem bem identificáveis na imagem do *Google Earth* e no terreno e também que tivessem uma distribuição uniforme abrangendo todo o limite do município.

Dos 30 vértices implantados, 17 foram utilizados para georreferenciar a imagem *Google Earth* do município e 13 foram utilizados para análise do PEC. O georreferenciamento da imagem foi realizado no programa ARCGIS por meio de um polinômio de grau 3.

O Diário Oficial da União publicado no dia 20 de junho de 1984, através do Decreto nº 89.817, estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

Segundo o artigo 8º do mencionado Decreto, a classificação das cartas quanto à sua exatidão deve obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), que é descrito a seguir:

“Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico estabelecido”.

O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão (equação 1).

$$PEC = 1,649 \cdot EP \quad (1)$$

Onde:

- PEC corresponde ao Padrão de Exatidão Cartográfico;
- EP corresponde ao Erro Padrão podendo ser equivalente às expressões do Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático.

O artigo 9º do mesmo decreto estabelece que as cartas sejam classificadas, segundo sua exatidão, nas classes A, B e C, considerando os seguintes critérios conforme tabela 1:

Tabela 1 - Padrão de Exatidão Cartográfica em função da escala. Fonte: Adaptado de PEC Decreto nº 89817

Escala	Classes	PEC Planimétrico		Erro Padrão	
		Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (mm)	Terreno (m)
1/2000	A	0.5	1.0	0.3	0.6
	B	0.8	1.6	0.5	1.0
	C	1.0	2.0	0.6	1.2
1/10000	A	0.5	5.0	0.3	3.0
	B	0.8	8.0	0.5	5.0
	C	1.0	10.0	0.6	6.0
1/15000	A	0.5	7.5	0.3	4.5
	B	0.8	12.0	0.5	7.5
	C	1.0	15.0	0.6	9.0

O método utilizado para avaliar a qualidade da imagem do *Google Earth* baseou-se em Dalmolin e Leal (2001), onde são calculadas as diferenças entre as coordenadas dos pontos obtidos em campo (GPS) e os da imagem.

Para avaliar a exatidão aplicou-se o teste “*t-Student*” com um nível de significância de 10%. A estimativa da média populacional (μ), a partir da média amostral (\bar{x}) quando o desvio padrão populacional (σ) é desconhecido, pode ser calculada segundo as equações (2) e (3).

A equação 2 possibilita estimar a média populacional a partir da média amostral e desvio padrão amostral. A equação 3 possibilita determinar o valor da estatística t .

$$\mu \leq \bar{x} + t_{\alpha} \cdot \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (2)$$

Onde:

- μ corresponde à média populacional;
- t_{α} corresponde à estatística “t-Student” tabelado para $\alpha = 0,1$ e $n = 13$;
- \bar{x} corresponde à média amostral
- s corresponde ao desvio padrão amostral.

$$t = \frac{\left(\bar{x} - \mu_0 \right)}{\left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)} \quad (3)$$

Onde:

- t corresponde à estatística amostral calculada;
- μ_0 corresponde à média amostral calculada.

Além da exatidão analisou-se também a precisão da imagem aplicando-se o teste “Qui-quadrado” empregando um nível de significância de 10%. A equação (4) estabelece a estimativa do desvio padrão populacional a partir do desvio padrão amostral. O valor da estatística “Qui-quadrado” pode ser obtida pela equação (5).

$$\sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi^2_{1-\alpha}}} \quad (4)$$

Onde:

- σ corresponde ao desvio padrão populacional;
- $\chi^2_{1-\alpha}$ corresponde à estatística “Qui-quadrado” tabelada para $\alpha = 0,1$ e $n = 13$.

$$\chi^2 = \frac{(n-1) \cdot s^2}{\sigma_0^2} \quad (5)$$

Onde:

- χ^2 corresponde à estatística amostral calculada;
- σ_0^2 corresponde à variância populacional esperada.

3.3.4 Análise da qualidade da imagem

Para a análise da qualidade da imagem foram utilizadas as equações 6, 7 e 8, às quais seguem abaixo:

$$\Delta_{(Este)} = E_{(conhecido)} - E_{(imagem)} \quad (6)$$

$$\Delta_{(Norte)} = N_{(conhecido)} - N_{(imagem)} \quad (7)$$

$$Erro_{(Linear)} = \sqrt{(\Delta_{(Este)})^2 + (\Delta_{(Norte)})^2} \quad (8)$$

Onde:

- $\Delta_{(Este)}$ e $\Delta_{(Norte)}$ correspondem aos erros em Este e Norte, respectivamente, dos 13 vértices utilizados para análise da exatidão da imagem do *Google Earth*;
- $E_{(conhecido)}$ e $E_{(imagem)}$ correspondem as coordenadas UTM em Este conhecida e da imagem do *Google Earth*, respectivamente, dos 13 vértices utilizados para análise da exatidão cartográfica;
- $N_{(conhecido)}$ e $N_{(imagem)}$ correspondem as coordenadas UTM em Norte conhecida e da imagem do *Google Earth*, respectivamente, dos 13 vértices utilizados para análise da exatidão cartográfica;

3.3.5 Análise de tendência dos resultados

Para uma análise de tendência dos resultados planimétricos empregou-se o teste “*t-Student*” com nível de significância de 10%. As hipóteses formuladas foram:

- Para a média das discrepâncias da coordenada Este:

$$H_0: \Delta_{Este} = 0;$$

$$H_1: \Delta_{Este} \neq 0$$

- Para a média das discrepâncias da coordenada Norte:

$$H_0: \Delta_{Norte} = 0;$$

$$H_1: \Delta_{Norte} \neq 0$$

As hipóteses H_0 e H_1 correspondem, respectivamente, a ausência e a presença de tendência na componente da coordenada.

A estatística “*t*” foi calculada segundo a equação (9), sendo que seu módulo não deve ultrapassar o valor $t_{\alpha} = 1,356$, para um nível de significância de 10% obtido da tabela de distribuição de “*t-Student*”.

$$t = \frac{\bar{\Delta x} \cdot \sqrt{n}}{s_x} \quad (9)$$

Onde:

- *t* corresponde o valor da estatística *t*;
- $\bar{\Delta x}$ corresponde a média das discrepâncias para a coordenada;
- s_x corresponde ao desvio padrão
- *n* corresponde o número de amostras.

3.3.6 Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d’água

A resolução N°303, de 20 de março de 2002 do CONAMA, a qual dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Em seu artigo 2°, inciso II, adota a seguinte definição para nascentes ou olho d’água, como sendo um local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea.

O artigo 3°, inciso II define os limites a serem preservados ao redor de nascentes ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica constituinte. Delimitou-se esta classe em conformidade com as definições descritas acima.

Para diminuição das incertezas na definição desta APP, foi utilizado o MDT (Modelo Digital do Terreno), para diminuir assim as dúvidas em relação à localização de algumas nascentes.

3.3.7 Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d’água

Em conformidade com o artigo 2° da lei N°4.771 do código florestal brasileiro, foram também consideradas áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo do rio ou de outro qualquer curso d’água. A resolução N° 303 do CONAMA, define os limites para os cursos d’água, a qual estabelece uma faixa marginal cuja largura mínima será de trinta metros para o curso d’água com menos de dez

metros de largura; cinquenta metros, para curso d'água com dez a cinquenta metros de largura.

3.3.8 Delimitação das APPs de banhado

Em conformidade com o artigo 11 da lei municipal N.º5.247, de 25 de abril de 2003, os banhados naturais são considerados áreas de preservação permanente, sendo que nestas áreas de preservação permanente não serão permitidas atividades que, de qualquer forma, contribuem para descaracterizar ou prejudicar seus atributos e funções essenciais.

Banhados são áreas alagadas permanente ou temporariamente, conhecidos na maior parte do país como brejos. São também denominados de pântanos, pantanal, charcos, varjões e alagados, entre outros. É necessário esclarecer que, na literatura consultada, o termo banhado corresponde a apenas um dos tipos de ambientes incluídos na categoria áreas úmidas ou zonas úmidas (do inglês “*wetlands*”). As definições e os termos relacionados às áreas úmidas são muitos e, em sua maioria, confusos. Como as características das áreas úmidas situam-se num contínuo entre as de ambientes aquáticos e terrestres, as definições tendem a ser arbitrárias (Mitsch e Gosselink, 1986). No entanto, é possível identificar algumas características comuns como a presença de água rasa ou solo saturado de água, o acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação e a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática.

Os estudos realizados no Brasil aprofundaram pouco os aspectos conceituais relacionados a estes termos, especialmente em relação à palavra banhado, que é utilizado principalmente no Rio Grande do Sul, onde estes ecossistemas ocupam, ou ocupavam, grandes extensões da zona costeira e também de regiões mais internas. A palavra banhado provem do termo espanhol “*bañado*”, devido à influência dos países vizinhos. Para delimitações destas áreas será empregada a definição de banhados utilizada pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler), instituição responsável pelo licenciamento ambiental no Rio Grande do Sul, usa a definição de Junk apud FEPAM (1998) para zonas que correspondem a banhados e áreas úmidas. Estas são "zonas de transição terrestre-aquáticas que são periodicamente inundadas por reflexo lateral de rios e lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea e que resultam num ambiente físico-químico particular que leva a biota a responder com adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas,

fenológicas e/ou etológicas e a produzir estruturas de comunidades características para estes sistemas".

3.3.9. Delimitação das APPs de mata nativa

A escolha desta APP deve-se ao fato de ela ser de importância fundamental na manutenção da biodiversidade urbana, entretanto como afirma Löfvenhaft et al. (2002) a legislação ambiental que orienta o planejamento, não considera explicitamente a conservação da biodiversidade como critério de planejamento e licenciamento ambiental.

A Lei nº 4.771, de 1965, Código Florestal, considera apenas os critérios de relevo e hidrografia. Assim, o critério utilizado para seleção de APPs de Mata Nativa no município de São Leopoldo, foi o artigo 269 da lei orgânica municipal, que considera bem de interesse comum e declaradas de preservação permanente, proibindo seu corte e destruição parcial ou total por qualquer modo, as florestas, capões e matas, constituídas por árvores nativas, bem como toda a vegetação natural de seu interior, existentes no Município.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Resultados do processamento da rede GPS

Todos os vetores processados tiveram a solução de ambigüidade fixa onde as configurações utilizadas no processamento podem ser visualizadas na tabela 5.

Tabela 2 - Configurações utilizadas no processamento dos vetores rastreados.

Ângulo de corte	15°
Modelo de troposfera	Hopfield
Modelo de ionosfera	Klobuchar
Tipo de Solução	Padrão
Ephemeris	Disperção
Data utilizada	Código e fase
Frequência de fase	Automática
Frequência de código	Automática
Limitação	20 Km
Rms a priori	10 mm

De posse dos vetores processados com suas respectivas Matrizes Variância Covariância (MVC), utilizando-se como injeção o vértice UNISINOS, realizou-se um ajustamento da rede pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) onde o maior erro posicional encontrado no ajustamento foi inferior a 0,06m. A figura 6 ilustra as elipses de erros encontradas para todos os pontos da rede.

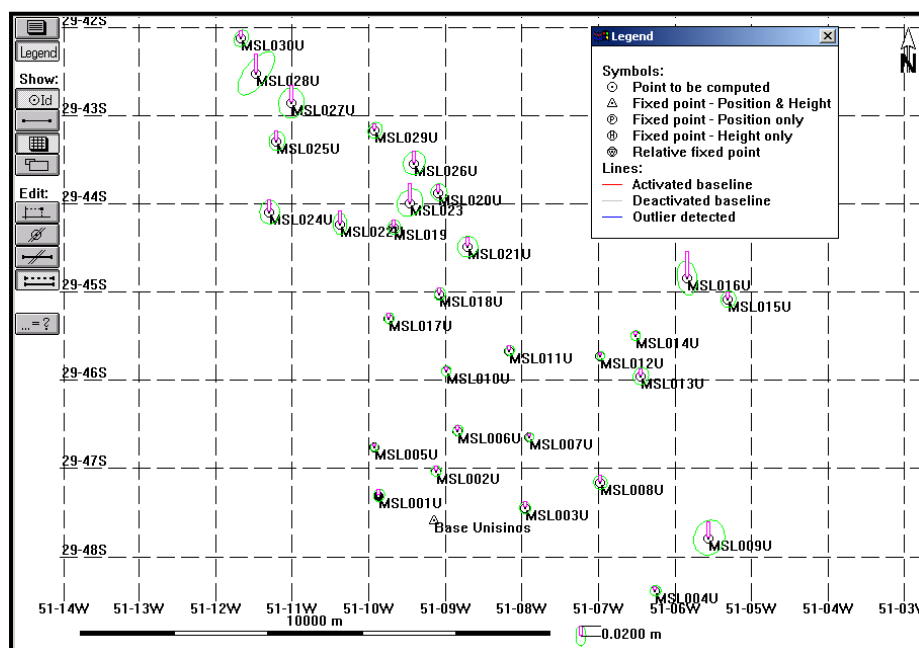


Figura 6 - Elipses de erros de todos os pontos da rede GPS resultantes do ajustamento pelo MMQ

4.2. RESULTADO DO PEC PARA A IMAGEM ADVINDA DO *GOOGLE EARTH*

4.2.1 Enquadramento da imagem ao PEC em função da escala

Para a análise do PEC procurou-se enquadrar a imagem do *Google Earth* na classe B para uma escala 1/15.000 em função dos erros observados na tabela 2. Assim o erro planimétrico máximo é de 12,0 m e um erro padrão de $\pm 7,5$ m.

Tabela 3 - Coordenadas UTM conhecidas e da imagem *Google Earth* dos 13 vértices utilizados para análise do PEC. Meridiano Central 51°W e Sistema de Referência Geodésico SIRGAS.

Pontos	Coordenadas UTM Conhecidas		Coordenadas UTM da Imagem <i>Google</i>		Erros (m)		
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	$\Delta_{\text{(Norte)}}$	$\Delta_{\text{(Este)}}$	Linear
3	6704391,301	487182,091	6704385,991	487180,878	5,310	1,213	5,45
4	6702651,463	489929,620	6702649,913	489926,823	1,550	2,797	3,20
5	6705656,690	484010,587	6705661,805	484010,233	-5,115	0,354	5,13
6	6706014,602	485767,036	6706014,046	485763,823	0,556	3,213	3,26
12	6707578,061	488774,868	6707575,352	488777,018	2,709	-2,150	3,46
13	6707154,273	489616,568	6707155,928	489623,183	-1,655	-6,615	6,82
14	6708000,586	489503,933	6707994,617	489500,204	5,969	3,729	7,04
18	6708867,953	485380,912	6708872,701	485382,905	-4,748	-1,993	5,15
20	6710997,482	485362,667	6710998,646	485358,041	-1,164	4,626	4,77
22	6710332,694	483277,445	6710335,099	483285,729	-2,405	-8,284	8,63
23	6710779,104	484752,428	6710786,645	484745,649	-7,541	6,779	10,14
27	6712861,925	482250,333	6712860,88	482245,027	1,045	5,306	5,41
29	6712294,613	484014,948	6712285,954	483987,402	8,659	27,546	28,87
Média Amostral (\bar{X})					0,097	3,216	7,490
Desvio padrão amostral (s)					4,696	8,691	6,740

Analisando a tabela 2 percebe-se que o ponto 29 proporcionou um erro em Este maior que os demais. Uma das possíveis causas deve-se ao local onde está implantado o ponto. Para a altitude utilizada na captura das cenas do *Google*, gerou uma incerteza visual na captura das coordenadas do vértice em questão.

4.2.2 Tendência dos resultados planimétricos

Os valores da estatística “t” para as componentes das coordenadas “Este” e “Norte” foram, respectivamente, $t_{Este} = 0,074$ e $t_{Norte} = 1,334$. Assim, não existe uma tendência nas discrepâncias, pois para as duas componentes a estatística “t” foi inferior ao limiar $t\alpha = 1,356$, aceitando-se a hipótese H_0 .

4.2.3 Análise da exatidão

Conforme a tabela de distribuição “*t-Student*”, o valor da estatística amostral é $t_{\alpha} = 1,356$. O valor determinado da média populacional para a amostra planimétrica (μ_{Plan}) foi $\mu_{Plan} \leq 10,02$ m.

O resultado indica que a média populacional das discrepâncias é inferior a 10,02 m no intervalo de confiança de 90%.

A classificação do resultado segundo o PEC para a classe B escala 1/15.000 foi realizada conforme os testes de hipóteses::

$$H_0: \mu_0 \leq 12,5 \text{ m};$$

$$H_1: \mu_0 > 12,5 \text{ m}.$$

Para uma escala 1/15.000 estabelece como erro máximo 12,5 m em planimetria. Assim, o valor da estatística “*t-Student*” corresponde a $t_{Plan} = -1,325$.

Observa-se que o valor calculado para a estatística “*t-Student*” é inferior ao tabelado, pois $t_{Plan} \leq t_{\alpha}$, portanto, aceita-se a hipótese (H_0) ao nível de significância de 10%, ou seja, a média populacional das discrepâncias é menor ou igual a 12,5 m para planimetria. Assim pode-se afirmar que a exatidão está dentro do padrão de qualidade da classe B do PEC na escala 1/15.000.

4.2.4 Análise da precisão

Para avaliar a precisão utilizou-se o teste de hipótese baseado na distribuição “Qui-quadrado” (χ^2) para um intervalo de confiança de 90%. A estimativa do desvio padrão populacional (σ) a partir do desvio padrão amostral (s) foi obtida pela equação (4) e o teste estatístico segundo a equação (5).

De acordo com a equação (4), o valor obtido para o desvio padrão populacional no intervalo de confiança de 90%, foi $\sigma_{Plan} \leq 5,424$ m.

Para a avaliação da precisão e conforme tabela, a estatística “Qui-quadrado” para $n = 13$ e nível de significância de 10% têm-se:

- $\chi_{\alpha}^2 = 6,30$
- $\chi_{1-\alpha}^2 = 18,55$

De acordo com PEC, para a escala 1/15.000 a precisão para a planimetria deve ser $\sigma_0 = \pm 7,50$ m. Assim, são formuladas as hipóteses:

- $H_0 : \sigma_0^2 \leq 7,50^2$ m
- $H_1 : \sigma_0^2 > 7,50^2$ m

O valor calculado para a estatística “Qui-quadrado” (equação 4), ao nível de significância de 10%, foi $\chi^2 = 9,703$. A estatística foi menor que a tabelada ($\chi_{1-\alpha}^2 = 18,55$), portanto, o teste não é rejeitado, ou seja, a precisão esperada para a planimetria enquadra-se na classe B definido pelo PEC.

4.2.5 Resultado do PEC para a imagem advinda do Google Earth

Para uma altitude de captura das cenas do *Google Earth^{Pro}* de 5000 metros, foi possível elaborar um produto cartográfico com uma qualidade compatível com as demandas provenientes de muitas atividades de planejamento ambiental desenvolvidas no município de São Leopoldo.

A rede de apoio GPS implantada, além de apoiar muitas atividades de Mensuração desenvolvidas nas diferentes secretarias, foi fundamental para a realização das análises de tendência de erro, de exatidão e de precisão. Para isso foram utilizados os testes estatísticos “*t-Student*” (análises de tendência e de exatidão) e de “*Qui-quadrado*” (análise de precisão) para um nível de significância de 10%.

Pelos testes observou-se que a imagem elaborada do município de São Leopoldo não possui tendência de erros nas componentes “Este” e “Norte” e que a mesma pode ser enquadrada, tanto em exatidão quanto em precisão, em um PEC compatível com a escala 1/15.000 e classe B.

Além da escala 1/15.000 ser compatível com muitas atividades de gerenciamento ambiental desenvolvidas em âmbito municipal, a imagem possui uma qualidade visual muito boa facilitando o mapeamento de vegetações, hidrografia, áreas de preservação permanente e, também, nos processos de licenciamentos ambientais.

4.3. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs)

4.3.1 Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d'água

Para as áreas em um raio de 50 m ao redor das nascentes encontrou-se uma área 10.900 km², representando cerca de 9,50 % da superfície do município, conforme mostrado na figura 7.

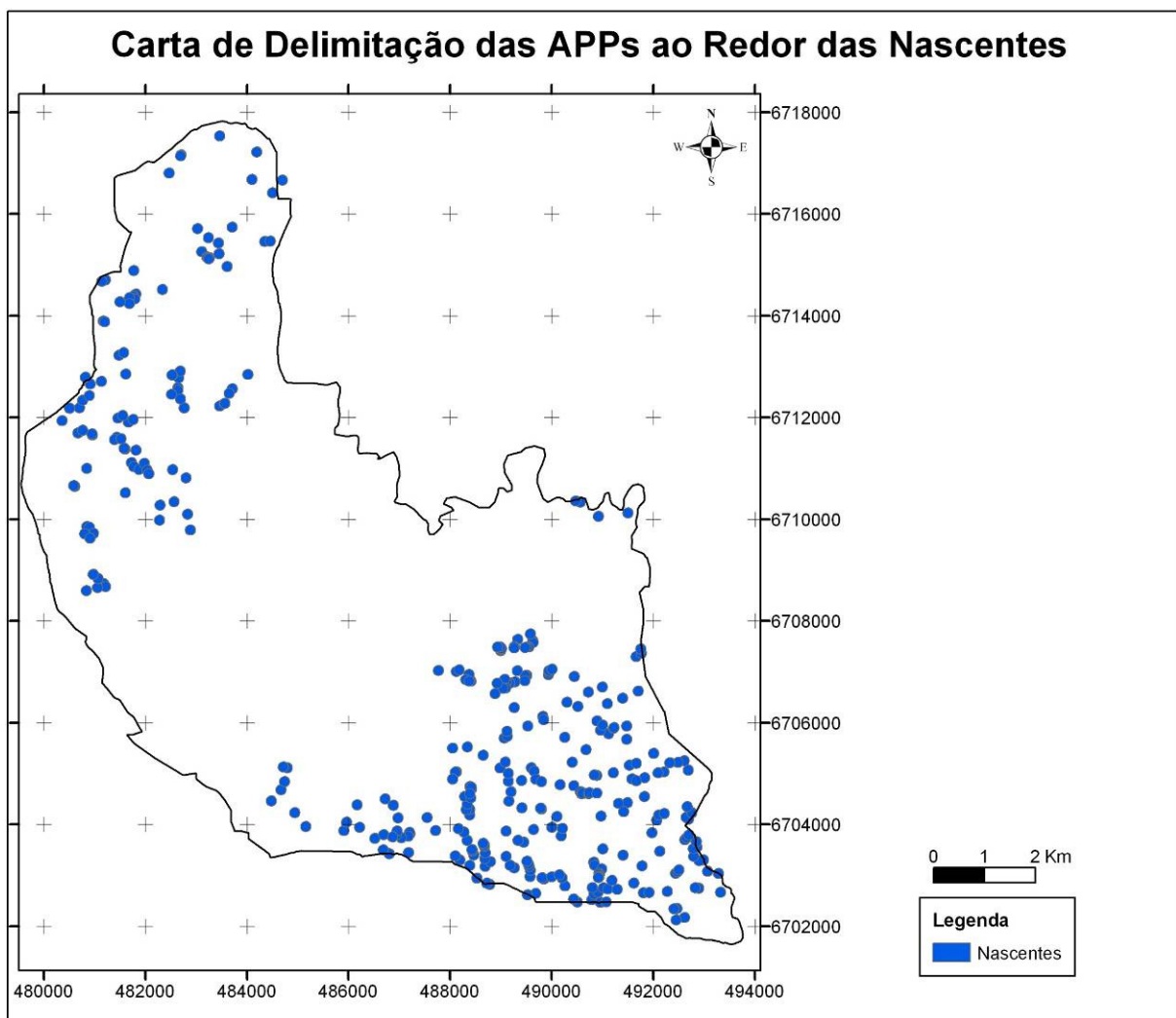


Figura 7 - Delimitação das áreas de preservação permanente ao redor de nascente ou olhos d'água. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

4.3.2 Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d'água

As APPs ao longo da hidrografia estudada com uma largura de 30 m para drenagens secundárias em cada margem e de 50 m para drenagem principal ocuparam 14.400 Km² da área total do município, representando cerca de 10,40 %, sendo 0,31 % representada pela drenagem principal e 10,30% pela drenagem secundária, conforme representado na figura 8.

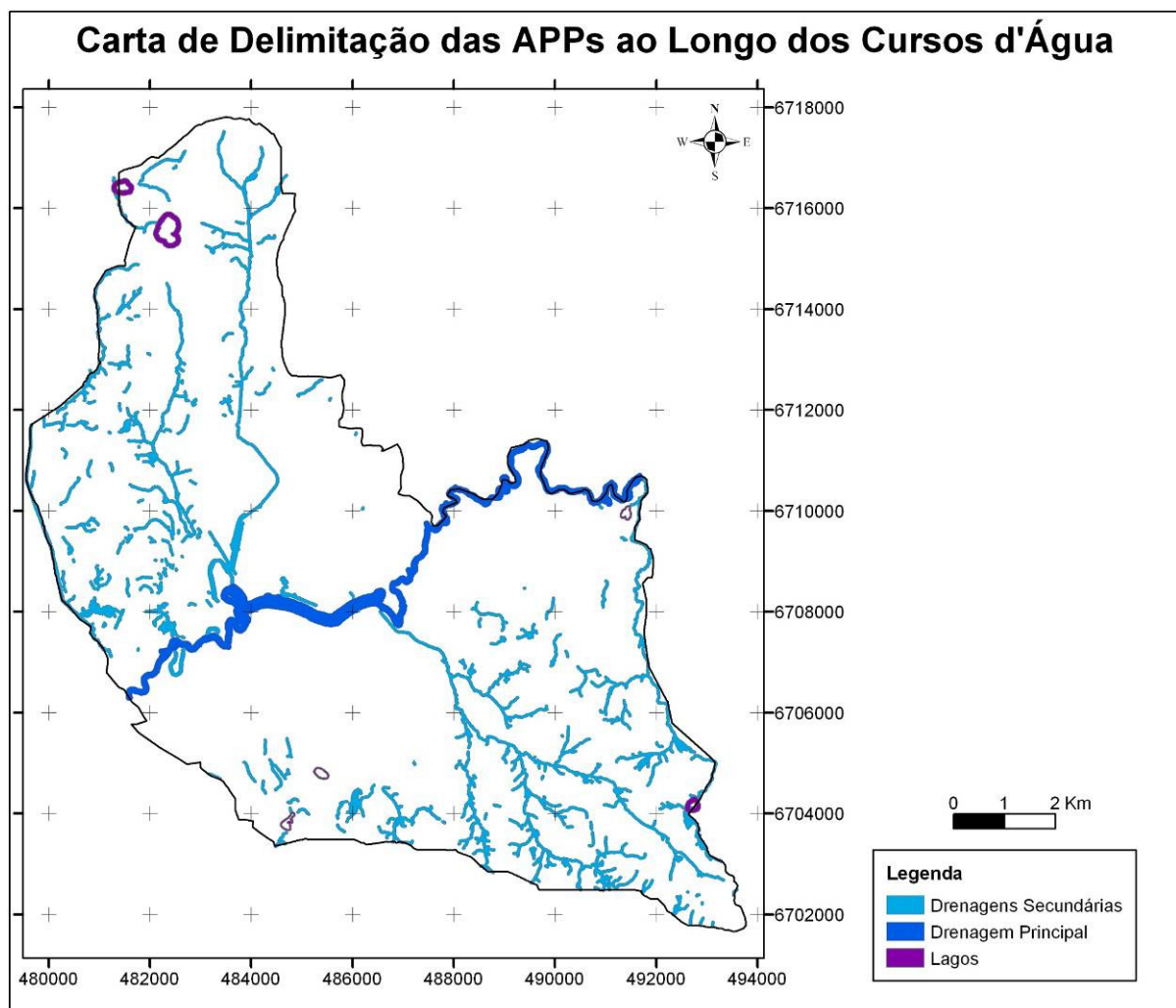


Figura 8 - Carta de delimitação das APPs ao longo do rio ou qualquer curso d'água. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

4.3.3 Delimitação das APPs de banhado

Esta área é a que apresentou uma maior intervenção urbana devido ao fato da maior parte da área construída do município estar em uma cota inferior a 50 m. Cabe ressaltar que a urbanização do município deu-se de forma acelerada até meados dos anos 90, onde a lei vigente era a do código florestal de 1965, que estabelecia uma menor área de preservação das margens dos cursos d'água, a qual foi ampliada pela resolução do CONAMA em 2003.

Caso fosse realizada a análise baseada nesta lei, a cidade estaria quase em sua totalidade em conformidade com o código florestal de 1965.

Na Figura 9 apresentam-se as APPs áreas úmidas que somam 10.900 Km², ocupando cerca de 9,70 % da área total do município.

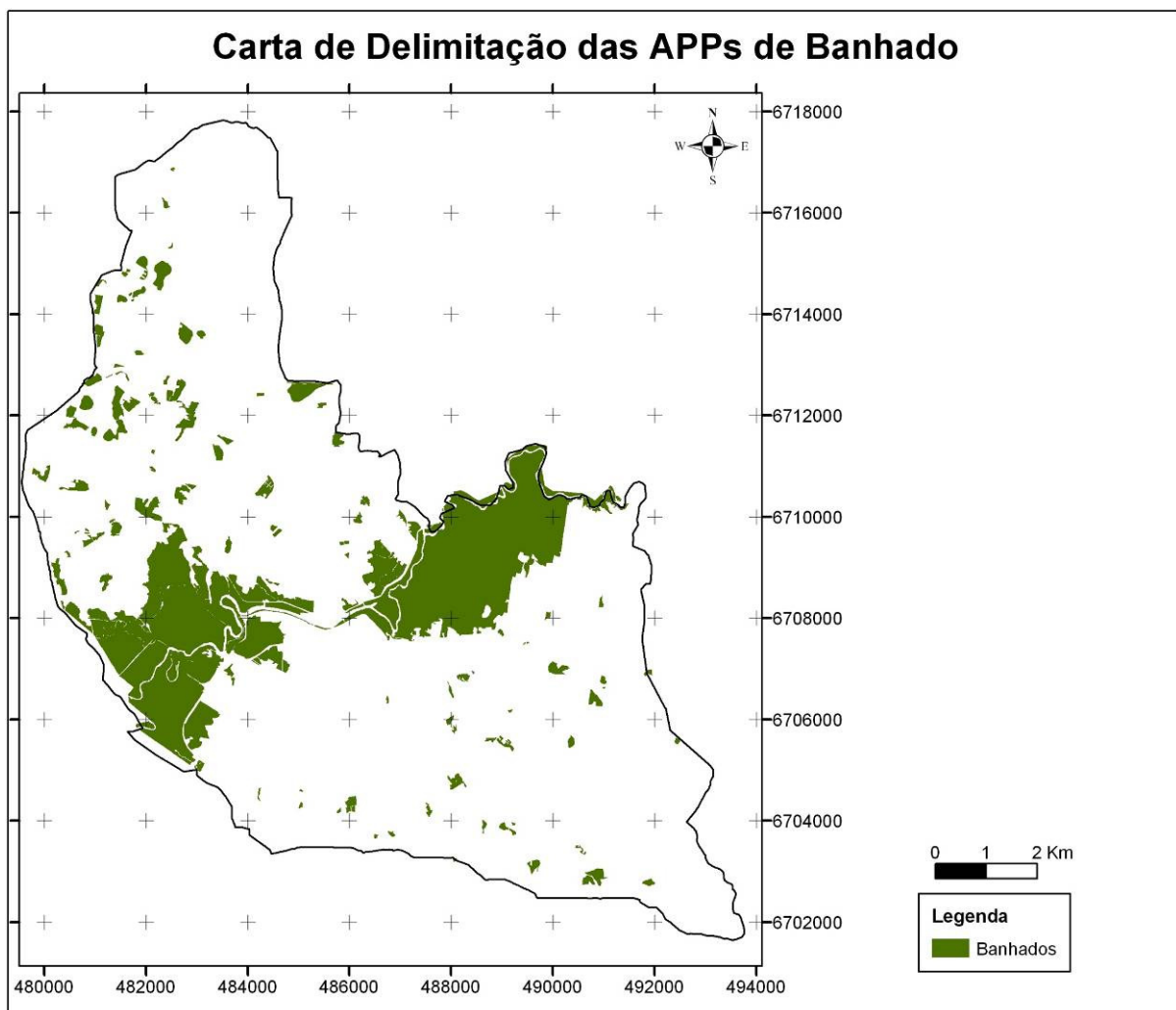


Figura 9 - Carta de delimitação das APPs em áreas úmidas (banhados). Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

Esta área tem uma peculiaridade, pois gera constante conflito de conceitos. O projeto de controle de enchentes no Vale do Rio dos Sinos, que foi elaborado na década de 70 pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS. O projeto objetivou o controle das cheias periódicas do Rio dos Sinos, através de um sistema de obras de contenção e de macro drenagem. Foram implantadas duas áreas de contenções perfazendo uma superfície de 1.600 ha destinadas à proteção de uma população estimada em 80.000 pessoas.

Em 1998, os diques e obras complementares foram concluídos.

A presença dessas estruturas possibilitou assentamentos (alguns regularizados) em áreas de banhado, situadas abaixo da altitude de 5m. Com isso, foram criadas 'zonas de expansão' nos bairros Vicentina, São Miguel, Campina e Santos Dumont, mesmo que ainda ocorram problemas de alagamentos, conforme dados da METROPLAN (Fundação Estadual de planejamento Metropolitano e Regional). Em todos esses bairros foi indicada a presença de ocupação irregular. A construção do sistema não foi acompanhada de um projeto urbanístico que integrasse as novas estruturas à cidade existente e amenizasse o impacto destas barreiras físicas e visuais, tampouco, foram realizados programas sobre a correta apropriação dos elementos urbanos.

4.3.4. Delimitação das APPs de mata nativa

A figura 10 apresenta as APPs de Matas Nativas, previstas pela Lei Orgânica do município de São Leopoldo e que somaram 14.500 Km², ocupando cerca de 13% da área total do município.

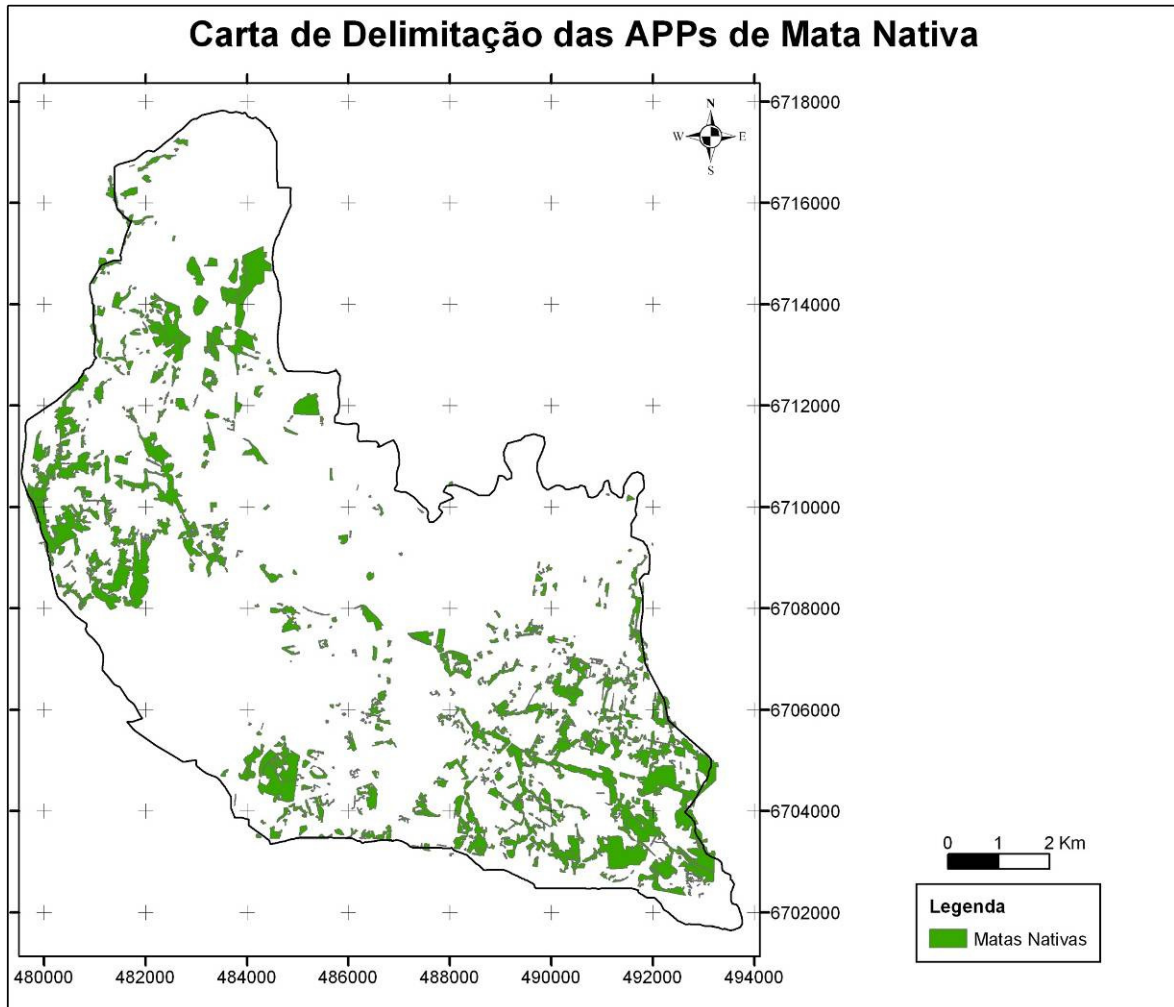


Figura 10 - Carta de delimitação das APPs de mata nativa. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

4.3.5. Delimitação da área total das APPs

A figura 11 ilustra a distribuição espacial das APPs que foram possíveis mapear através da imagem do *Google Earth*. Considerando-se as 4 categorias estudadas, o Código

Florestal e a lei orgânica do município promovem a proteção efetiva de 58.400 Km², o que corresponde a cerca de 56,50% da área total do município.

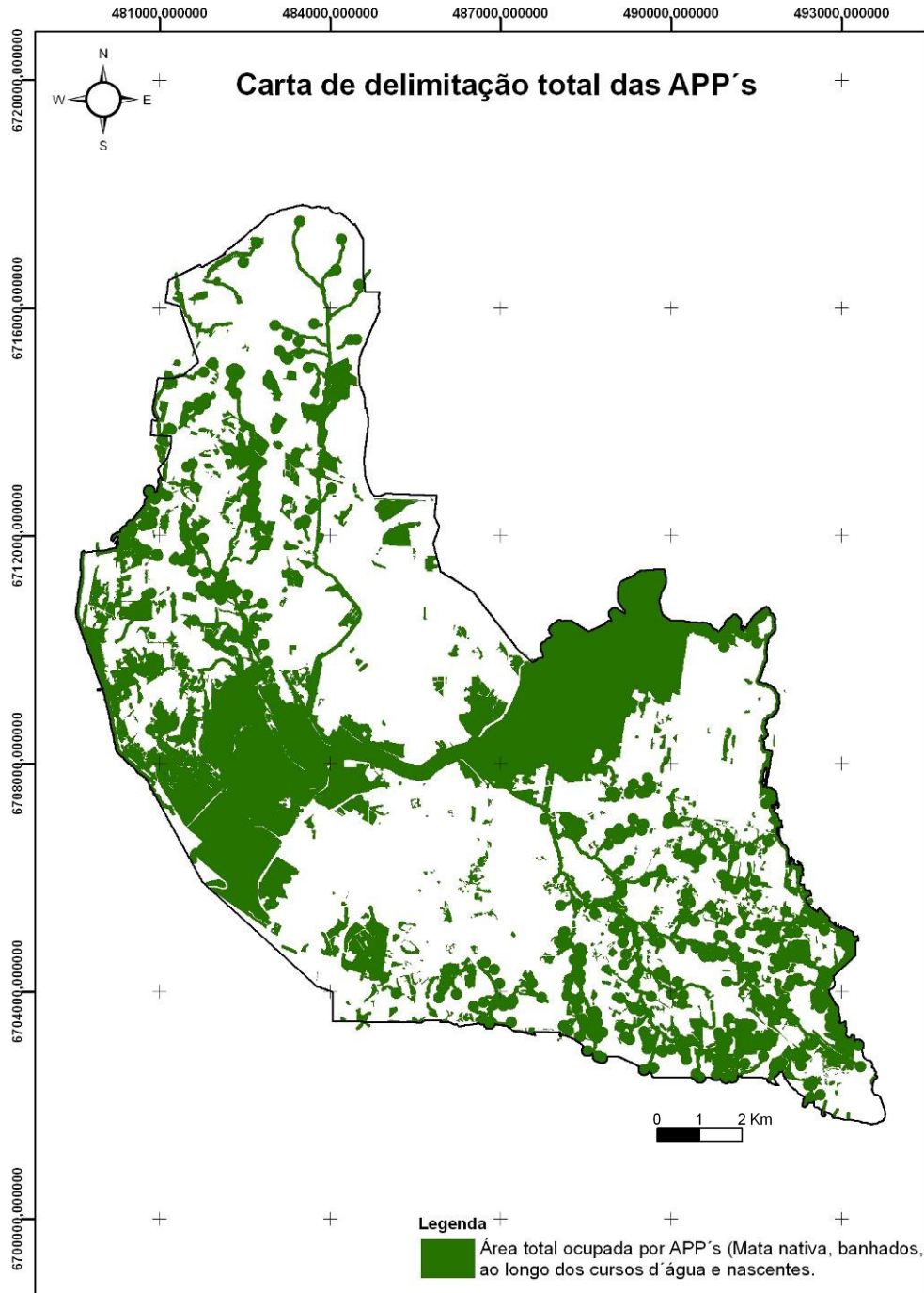


Figura 11 - Carta de delimitação de todas as APPs. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

4.3.6 Sobreposição do conjunto de APPs mapeadas com a área construída

Foi realizada uma sobreposição da área urbana na carta de APPs e constatou-se que, em algumas situações, existem construções dispostas em locais indevidos conforme a legislação ambiental. Na figura 12 tudo que está em cor verde são as APPs. O perímetro formado pelas cores vermelho e castanho é definido como área urbana. Já, tudo que está em vermelho, são construções em locais que não estão em conformidade segundo a legislação ambiental.

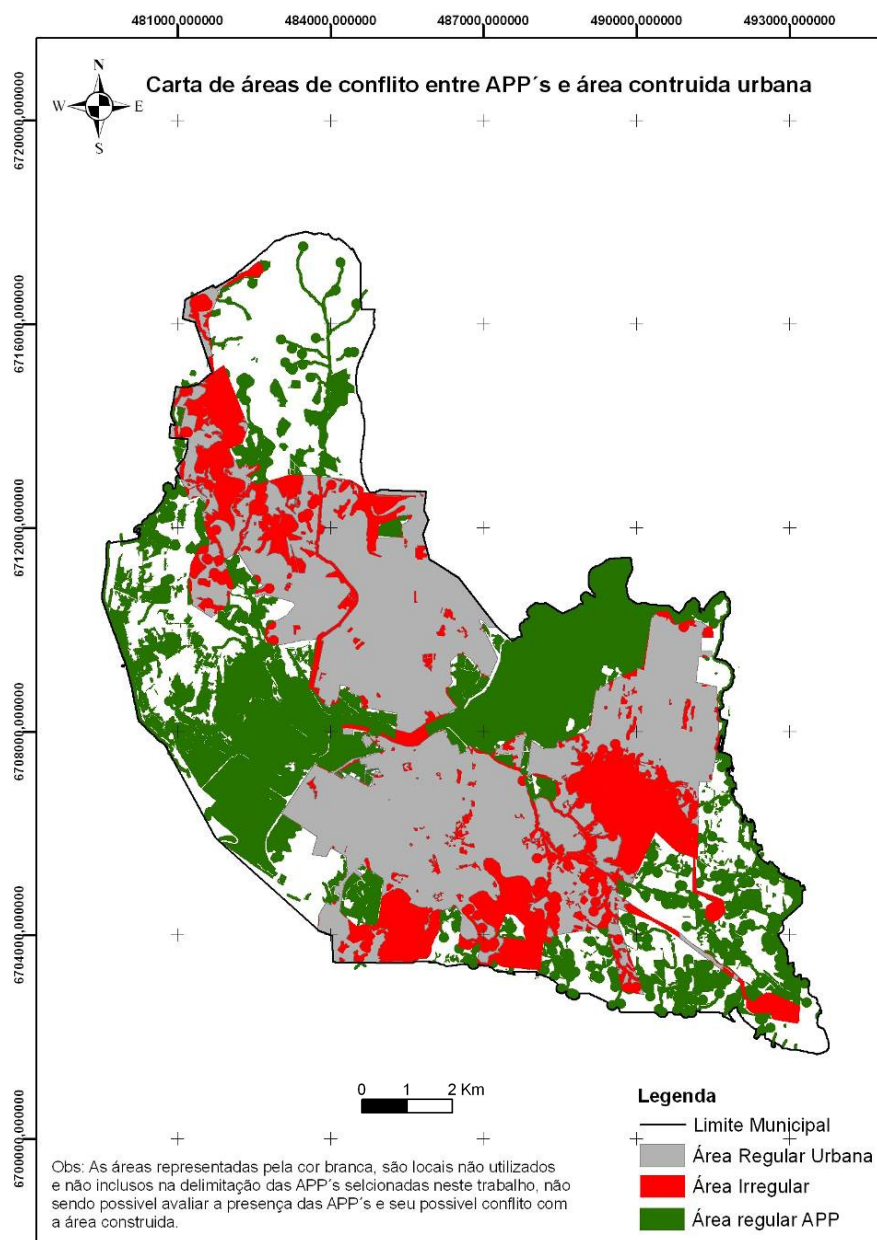


Figura 12 – Carta de sobreposição do conjunto de APP's mapeadas com a área construída. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

A Tabela 3 sintetiza, em termos de áreas, qual o percentual de contribuição isolada de cada categoria de APP no município de São Leopoldo, não sendo contabilizadas as eventuais superposições. É possível verificar que, de um total de 51,00 % de APPs no município, 10,50% estão ocupadas pela área urbana.

Tabela 4 - Superfície total do município de São Leopoldo protegida por categoria de área de preservação permanente.

Categoria	Área (Km²)	Percentual do território
Ao redor de nascentes	10.500	9,90%
Ao longo de cursos d'água:		
- Drenagem principal	2.900	0,31%
- Drenagem secundária	11.500	10,40%
- Lagos	0.50	0,40%
Matas nativas	14.500	13%
Áreas úmidas	19.000	17%
Área total de APP's	58.400	51,00%
Área urbana em conflito com APP's	12.500	10,50%

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho mostrou que, para uma altitude de captura das cenas do *Google Earth* de 5900 metros, foi possível elaborar um produto cartográfico com uma qualidade compatível com as demandas provenientes de muitas atividades de planejamento ambiental desenvolvidas no em São Leopoldo e que o método proposto pode ser utilizado em qualquer município do Brasil carente de produtos cartográficos.

A rede de apoio GPS implantada, além de apoiar muitas atividades de Mensuração desenvolvidas nas diferentes secretarias, foi fundamental para a realização das análises de tendência de erro, de exatidão e de precisão. Para isso foram utilizados os testes estatísticos “*t-Student*” (análises de tendência e de exatidão) e de “*Qui-quadrado*” (análise de precisão) para um nível de significância de 10%.

Pelos testes observou-se que a imagem elaborada do município de São Leopoldo não possui tendência de erros nas componentes “Este” e “Norte” e que a mesma pode ser enquadrada, tanto em exatidão quanto em precisão, em um PEC enquadrado em uma escala 1/15.000 e classe B. O produto poderia estar em um nível de escala maior (1/10.000) se não fosse o erro linear proporcionado pelo vértice 29. Isso só poderia ser confirmado se realizar o mesmo estudo para cenas capturas a uma altitude menor que a 5900 metros.

Além da escala 1/15.000 ser geometricamente compatível com muitas atividades de gerenciamento ambiental desenvolvidas em âmbito municipal, a imagem possui uma qualidade visual muito boa facilitando o mapeamento de vegetações, hidrografia, áreas de preservação permanente e, também, nos processos de licenciamentos ambientais.

O trabalho mostrou que o município de São Leopoldo possui uma pequena área rural e cerca de 56,50% de seu território composto pelas APPs sendo elas ao longo de cursos d’água correspondendo a 10,70%, áreas úmidas a cerca de 17%, ao redor das nascentes 9,90 % e Matas Nativas 13%.

Em termos de crescimento urbano haverá a necessidade dos administradores e técnicos do município começarem a elaborar projetos de crescimento da cidade de forma vertical e não mais horizontalmente.

A utilização da imagem de satélite do *Google Earth* (associada a uma rede de pontos GPS) mostrou-se eficiente no aspecto de uma localização e quantificação mais precisa das APPs. Os produtos gerados por este estudo associados com a planta cadastral do município

passam a desempenhar ferramentas importantes para um planejamento integrado das diversas atividades desenvolvidas nas secretarias do município.

A utilização de um SIG para geração e cruzamento dos diversos níveis de informações proporcionou uma eficiência muito grande, principalmente em agilidade e ganho de tempo.

Mesmo a imagem sendo de alta resolução, atividades de campo são indispensáveis para comprovar questões que geram dúvidas no processo de interpretação. Isso ocorreu no mapeamento das áreas úmidas do município.

Este estudo proporcionará para a secretaria de planejamento uma maior eficiência no processo de licenciamento ambiental uma vez que todas as APPs estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro em uma escala adequada para a maioria das atividades que ocorrem no município.

Vale à pena ressaltar que pela característica da cidade em possuir uma percentagem significativa de APPs ao longo de cursos d'água e também de áreas úmidas sugere-se desenvolver um estudo hidrogeológico do município.

Crescimento desordenado e implantação de empreendimento em locais inapropriados podem provocar problemas sérios de contaminação do lençol freático. Para um município onde enfrenta problemas sérios de abastecimento de água em períodos de estiagens e onde praticamente 100% do abastecimento de água ocorre por meio de águas superficiais é necessário realizar estudos hidrogeológicos e integrarem os mesmos às APPs.

A mitigação de impactos ambientais e os planos de restauração, conservação e manejo, podem ser direcionados para as APPs propostas por este trabalho.

Identificou-se que a degradação ambiental, em função do descumprimento da legislação ambiental, é mais intensa ao longo dos cursos d'água, estando relacionada à facilidade de acesso, pois grande parte destas áreas está em cotas inferiores a 50 m. Nessas áreas mais planas e com menor necessidade de obras de engenharia, estão a população mais pobre onde ocorre, além do escoamento cloacal, a eliminação dos resíduos resultantes da coleta irregular de lixo urbano o qual são levados para estes locais. O que não é utilizado para fim comercial é eliminado nos cursos d'água localizados, muitas vezes, nos fundos das residências ou próximos a elas.

Ao analisar o meio ambiente urbano é preciso considerar, além de outros fatores, os conflitos existentes nestas áreas. Atualmente, a população urbana que ocupa as APPs, vive em conflito com os aspectos legais que integram os instrumentos de proteção ambiental. Dessa forma, constitui-se necessário, estudos que busquem alternativas de conciliação entre estes interesses. Adotar esta perspectiva significa passar da concepção de catástrofes e riscos

eventuais à consciência dos problemas cotidianos, a fim de tratar os problemas ambientais não apenas como desastres possíveis, mas, sobretudo através de critérios que envolva o maior número de variáveis e as partes envolvidas no processo urbano. A pesquisa na identificação dos fatores que promovem conflitos em APP urbanas busca colaborar de forma significativa na definição de critérios para a gestão ambiental municipal, passível de ser aplicado em diferentes escalas espaciais de análise.

REFERÊNCIAS

Almeida Filho, R.; Shimabukuro, Y. E. Detecting areas disturbed by gold mining activities through JERS-1 SAR images, Roraima State, Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, v. 21, n. 17, p. 3357-3362, 2000.

Baretta, L. ; Veronez, M. R. ; Reinhardt, A. O. Environmental analysis for industrial districts implantation using geoprocessing techniques. In: *Fourth International Symposium on Recent Advances in Environmental Health Research*, 2007, Mississipi. *Fourth International Symposium on Recent Advances in Environmental Health Research*, 2007.

Boggione, G. A. Restauração de imagens do satélite Landsat-7. 2003. 160 p. (INPE-10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2003.

Brasil. Decreto Lei 89.817, de 20 de Junho de 1984. Estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Brasília, 1984. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/CCIVIL/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 09 de out. 2008.

Brasil. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. Brasil. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de Março de 2002, dispõe sobre as áreas de preservação permanente.

Câmara, G.; Medeiros, J. S. de. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. In: *VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 1996, Salvador. Anais... Salvador, 1996. 144p.

Dalmolin, Q.; Leal, E. Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 7, n. 1, p. 21-40, 2001.

Diegues, A.C.S. *Ecologia Humana e Planejamento em Áreas Costeiras*. São Paulo: NUPAUB/USP, 1996.

Dnaee (1980), Código de águas, volumes 1 e 2, Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, Ministério das Minas e Energia.

Fávero, O.A.; Nucci, J.C.; Biasi, M., Vegetação natural e potencial e mapeamento da vegetação e usos atuais das terras da floresta nacional de Ipanema, Iperó/SP: Conservação e gestão ambiental. R. R. RA E GA, Curitiba, n.8, p.55-68, editora UFPR.

Florenzano, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo, Oficina de Textos, 2002. 97 p.

Green, K. The Potential and limitations of remote sensing and GIS in providing ecological information. In: Sample, V. A. (ed). Remote sensing and GIS in ecosystem management. Washington: Island Press, 1994.

Hasenack, H.; Weber, E.; Valdameri, R. Análise de vulnerabilidade de um parque urbano através de módulos de apoio à decisão em sistemas de informação geográfica. In: GIS Brasil, 98. Curitiba – PR. Anais Eletrônicos. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ecologia/idrisi>> Acesso em: 20 mar. 2003.

Hott, M. C. et al. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, 2005, p. 3061-3068.

Lal, R. Soil erosion by wind and water: Problems and prospects. In: LAL, R. *Soil erosion and research methods*. Wageningen: SWCS, 1988. p. 1-6.

Lal, R.; Stewart, B.A. Need for land restoration. *Adv. Soil Sci.*, New York, v. 17, p. 1-11, 1992.

Löfvenhaft, K.; Bjorn, C.; IHSE, M. Biotipe patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and urban planning*. V.58, p.223-240, 2002.

Maltchick, L; Bertoluci, V.D.M. e Erba, D.E. Inventário de áreas úmidas do município de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. Pesquisas: Botânica, 53: 79-88, 2003a.

Mascarenhas, N. D. D.; Correia, V. R. M. Medidas de qualidade de estimadores de proporções de classe dentro de um pixel de imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1983. 52 p. (INPE-2791-PRE/354).

Ono, Sidnei; Barros, Mario Thadeu Leme de; Conrado, Guilherme Nunes. A Utilização de SIG no planejamento e Gestão de Bacias Urbanas. In: AbrhSIG. São Paulo/SP: 2005.

Pinto, S.A.F. Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica. 1991. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

Pompeu, C. T. (1995), Aperfeiçoamento da legislação e ações governamentais no campo dos recursos hídricos, A água em Revista, ano III n. 4, pp. 4-11.

Potere, D., Horizontal Positional Accuracy of Google Earth's High-Resolution Imagery Archive. Sensores, v.8, p.7973-7981, 2008.

Ribeiro, C. A. A. S.; Oliveira, M. J.; Soares, V. P.; Pinto, F. A. C., Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros e em linhas de cumeada: Metodologia e estudo de caso. In: Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas à Engenharia Florestal, 5, 2002, Curitiba, Paraná. Anais, 7 – 18p.

Smith, T. M., V. Lakshmanan, 2006: Utilizing Google Earth as a GIS platform for weather applications. Preprints, 22nd Conference on Interactive Information Processing Systems, Atlanta, GA, USA, AMS, CD-ROM, 8.2.

Smith, T. M., K. L. Ortega, A. G. Kolodziej, 2007: Enhanced, high-density severe storm verification. Preprints, 23rd Conference on Interactive Information Processing Systems, San Antonio, TX, USA, AMS, CD-ROM, 4B.3.

Tanaka, S; Sugimura, T. A new frontier of remote sensing from IKONOS images. *International Journal of Remote Sensing*. v. 22, n.1, p. 1 – 5. 2001

Tucci, C. E. M. (1995), Alguns desafios brasileiros em recursos hídricos e meio ambiente – Parte 1. A água em revista, ano III, n. 8, pp. 9-15.

Vieira et al. Utilizando SIG na Análise Urbana da Microbacia do Rio Itacorubi, Florianópolis SC, In. COBRAC 2006 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis · 15 a 19 de Outubro, 2006, p. 1-9. (2006)