

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

Luciane Baretta

**ANÁLISE AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DE DISTRITOS INDUSTRIAIS
COM O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO -
RS**

**São Leopoldo
2007**

Luciane Baretta

**ANÁLISE AMBIENTAL PARA IMPLANTAÇÃO DE DISTRITOS INDUSTRIAIS
COM O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO -
RS**

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. Dr. Maurício Roberto Veronez

**São Leopoldo
2007**

AGRADECIMENTOS

Àquele que esteve do meu lado, foi amigo, companheiro, e me fez acreditar que tudo daria certo, não somente de modo emocional, mas no ingresso no PPG e na própria realização desse trabalho. Dedico ao que considero minha maior conquista: Meu amor “Alessandro”.

Aos meus pais, Valdir e Ivanira, por terem sempre me apoiado ao longo do meu caminho acadêmico e profissional, e pelos esforços empregados na minha formação.

Ao meu irmão Antônio, literalmente um irmão, meu muito obrigada por ligar todos os finais de semana, sempre se mostrando um guardião preocupado com o andamento do trabalho, o que me deu muita força e confiança em função da admiração que nele deposito devido ao seu imenso conhecimento geral e cultural e da sua capacidade analítica.

Ao meu irmão Rubens, que dentro de seu universo filosófico, sempre me fez entender o sentido das coisas.

Ao professor orientador Dr. Maurício Roberto Veronez, pela orientação, conhecimento, sugestões e críticas construtivas as quais foram decisivas para a conclusão desse trabalho.

À professora Ms. Mirtes Ramires, pela sua contribuição na seleção de áreas aptas a implantação industrial do ponto de vista da engenharia civil.

Aos professores Dr. Osmar Coelho e Dr. Ubiratan Faccini, pelas sugestões quanto à aptidão de locais para implantação de distritos industriais quanto à geologia e pedologia.

Ao professor Dr. Leonardo Maltchik pela contribuição na definição de áreas úmidas através de um sistema hierárquico.

À Secretaria do Meio Ambiente de São Leopoldo, pelo projeto desenvolvido junto a esse trabalho, o que contribuiu financeiramente para a compra da imagem Quickbird, saídas a campo e técnicos disponíveis.

Ao Telmo Valles, por acompanhar as saídas a campo necessárias para realização desse trabalho e implantação da rede geodésica.

Aos bolsistas Leonardo Konrath, Douglas Zardo e Marcelo Zagonel, pela colaboração na implantação da rede geodésica.

À minha amiga Ms. Rita de Oliveira, pelas informações e sugestões quanto à geologia do município e os termos técnicos redundantes.

Ao Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP) da CAPES, que custeou todas as despesas com o curso, viabilizando a conclusão de todo estudo.

À todos amigos que de uma forma ou outra estiveram presente e contribuíram para amenizar as angústias surgida ao longo da dissertação.

À Deus por ter me proporcionado
a vida, dar a essência a tudo que existe,
e ser responsável por todas as minhas vitórias.

RESUMO

A partir do século XIX, as cidades passaram por uma transformação sem precedentes, em estreita relação com a elevada aceleração da industrialização nos grandes centros mundiais. Desde então, os processos de ocupação do solo e exploração dos recursos naturais têm evidenciado uma realidade nada harmônica com o conceito de desenvolvimento sustentável, sendo necessário uma reavaliação e substituição dos métodos praticados em relação ao planejamento do uso do solo. Os Distritos Industriais tornaram-se importantes instrumentos com os quais conta o Poder Público para induzir à desconcentração econômica e criar novos pólos de desenvolvimento. Para isso, o processo legislativo é um meio indispensável para definir usos prioritários do solo, orientar e acompanhar o processo de assentamento industrial. No entanto, o estabelecimento de um Distrito Industrial não deve ser analisado levando-se em conta somente o fator econômico, mas também a questão ambiental do empreendimento. Assim, esse trabalho tem por objetivo determinar locais adequados para implantação de Distritos Industriais, tendo como área piloto o município de São Leopoldo/RS. Como ferramenta, utilizou-se um Sistema de Informação Geográfica para a realização de análises espaciais e criação de critérios sobre um grande volume de informações ambientais, ponderadas pela legislação Federal, Estadual e Municipal. As principais informações utilizadas nesse trabalho foram: altimetria, hidrografia, uso do solo, pedologia, geologia e infra-estrutura. Os resultados são visualizados em cenários modelados de acordo com as restrições impostas sobre as informações, permitindo, ao final, a combinação de todos os cenários e criação da carta que indica os locais mais adequados para implantação de Distritos Industriais. Para São Leopoldo, cerca de 58,99% de sua área total, foi considerada como Área de Preservação Permanente (APP), porém 32,46% dessas áreas encontram-se ocupadas por construções e reflorestamentos. Contudo, mesmo propondo a preservação de mais da metade da área total do município, se obteve um resultado final com uma proporção considerável de áreas aptas para implantação de distritos industriais, sendo 31,69% consideradas boas e ótimas, e 8,84% regulares.

Palavras-chave: Análise ambiental; Distrito Industrial; Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

Since the 19th century, cities have been passing through a transformation without precedents that is strongly related to the high acceleration of industrialization in great world centers. Since then processes of soil occupation and natural resources exploitation have evidenced a reality that shows no harmony with the concept of sustainable development, making it necessary a reevaluation and replacement of the methods practiced in relation to planning the use of soil. Industrial Districts became important instruments which are used by the Public Power to induce economic decentralization and create new development poles. For this reason, the legislative process is an indispensable means to define the priorities in the uses of soil, also to conduct and follow the process of industrial registration. However, the Industrial District establishment shall not be analyzed by taking into account the economic factor only, but also the environmental issue of the enterprise. Thus, this research has the objective of determining adequate places for Industrial District implantation, having as a pilot area the city of São Leopoldo - RS. A Geographic Information System for the execution of spatial analysis and criteria creation on a large volume of environmental information will be used as a tool, which will be studied by Federal, State and Municipal legislation. The main information used on this research are: altimeter, hydrography, soil use, pedology, geology and infrastructure. The results will be visualized in scenarios modeled in accordance with the restrictions imposed upon the information, allowing at the end, to combine all scenarios and create the map that indicates the adequate places for Industrial Districts implantation. For São Leopoldo, around 58.99% of their total area, was considered Permanent Preservation Area (PPA), but 32.46% of these areas are occupied by buildings and reforestations. However, even proposing that more than a half of municipality total area must be preserved, was obtained as final result a considerable proportion of suitable areas for industrial districts implantation, where 31.69% were considered good and best, and 8.84% medium.

Keywords: Environmental Analysis; Industrial District; Geographic Information System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura de Sistema de Informação Geográfica (CÂMARA et al., 1996).....	27
Figura 2 - Localização da área de estudo	32
Figura 3 - Ilustração da rede GPS do município de São Leopoldo sobre a imagem de satélite <i>Quickbird</i> (SEMMAM, 2007)	34
Figura 4 – Ilustração de materializações de pontos utilizados na rede GPS	35
Figura 5 - Fluxograma das análises espaciais executadas no estudo.....	36
Figura 6 - Carta de declividade gerada do município de São Leopoldo/RS.....	40
Figura 7 - Carta de hidrografia de São Leopoldo/RS	41
Figura 8 - Carta de uso do solo de São Leopoldo/RS.....	42
Figura 9 - Carta de delimitação das APPs (Áreas de Preservação Permanente) em topos de morros em São Leopoldo/RS.....	45
Figura 10 - Carta de delimitação das APPs ao longo das linhas de cumeada em São Leopoldo/RS.....	46
Figura 11 - Carta de delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d’água em São Leopoldo/RS.....	47
Figura 12 - Carta de delimitação das APPs ao longo do rio ou qualquer curso d’água em São Leopoldo/RS.....	48
Figura 13 - Carta de delimitação das APPs de banhado em São Leopoldo/RS	51
Figura 14 - Carta de delimitação das APPs de mata nativa em São Leopoldo/RS.....	52
Figura 15 - Carta de delimitação das APPs em São Leopoldo/RS.....	53
Figura 16 - Carta de sobreposição das APPs e área construída em São Leopoldo/RS.....	54
Figura 17 - Carta de pedologia de São Leopoldo/RS (modificada de NASCIMENTO, 2001).....	55
Figura 18 - Carta geológica de São Leopoldo/RS (RAMGRAB et al., 2004)	59
Figura 19 - Jurisdição das principais vias de São Leopoldo/RS.....	65
Figura 20 - Classificação em níveis das principais vias de São Leopoldo/RS	66
Figura 21 - Vias estruturais de São Leopoldo/RS	66
Figura 22 - Exemplo de transformação em LEGAL de uma carta temática matricial para numérica	67
Figura 23 - Carta numérica gerada a partir da soma das 6 cartas.....	68
Figura 24 - Normalização entre 0 e 1 dos valores da carta numérica.....	68

Figura 25 – Representação do fatiamento eqüitativo aplicado sobre a carta numérica.....	69
Figura 26 – Sobreposição das APPs sobre o resultado do fatiamento	69
Figura 27 - Carta de Aptidão para Implantação de Distritos Industriais em São Leopoldo/RS	70
Figura 28 - Carta de ventos e aptidão para implantação de distritos industriais em São Leopoldo/RS.....	72
Figura 29 - Carta de aptidão para implantação de distritos industriais com sobreposição das zonas industriais propostas para São Leopoldo/RS.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das Áreas de APPs e Áreas Urbanas	54
Tabela 2 – Resumo das Classes Utilizadas na Análise Multicritério	74

LISTA DE ABREVIATURAS

AES Sul – Distribuidora de Energia Gaúcha S.A.

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

CAD – Computer Aided Design

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto ambiental

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA – Estação de Tratamento

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico

MC – Meridiano Central

METROPLAN – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional

ONG – Organização Não-Governamental

PEC – Padrão de Exatidão Cartográfico

PI – Plano de Informação

PND – Plano Nacional de Desenvolvimento

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PR – Paraná

PROTEGER – Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre

RC – Responsabilidade Civil

RS – Rio Grande do Sul

SACI – Simulador do Ambiente de Cidade

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SEMAE – Serviço Municipal de Água e Esgoto

SEMMAM – Secretaria Municipal de Meio Ambiente

SENAI/CETEMP – Centro Tecnológico de Mecânica de Precisão

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SP – São Paulo

SPG – Sistema de Posicionamento Global

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SSM – *Soft Systems Methodology*

SWOT – *Strenght, Weakness, Opportunities and Threats*

TRENSURB – Trens Urbanos de Porto Alegre S.A.

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio do Sinos

UTM – Universal Transverso de Mercator

VSM – *Viable System Model*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 GENERALIDADES	14
1.2 OBJETIVO	17
1.3 JUSTIFICATIVAS	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 UM BREVE HISTÓRICO	20
2.2 SIG APLICADO AOS ESTUDOS AMBIENTAIS	24
2.2.1 Exemplos de aplicações do SIG em estudos ambientais	27
3 MATERIAIS E MÉTODO	32
3.1 ÁREA DE ESTUDO	32
3.2 MATERIAIS	33
3.3 MÉTODO	33
3.3.1 Análise Multicritério	36
3.3.2 Entrada de Dados	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 ALTIMETRIA	39
4.2 HIDROGRAFIA	41
4.3 CARTA DE USO DO SOLO	42
4.4 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)	43
4.4.1 Delimitação das APPs em topos de morros e montanhas	44
4.4.2 Delimitação das APPs ao longo das linhas de cumeada	45
4.4.3 Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d'água	47
4.4.4 Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d'água	48
4.4.5 Delimitação das APPs de banhado	49
4.4.6 Delimitação das APPs de mata nativa	51
4.4.7 Delimitação da área total das APPs	52
4.5 PEDOLOGIA	55
4.5.1 Argissolos	56
4.5.2 Gleissolos e Planossolos Hápicos	57
4.5.3 Nitossolos	58

4.6 GEOLOGIA	59
4.6.1 Rio do Rasto	60
4.6.2 Pirambóia	60
4.6.3 Depósitos Aluvionares	61
4.6.4 Depósitos Colúvio-Aluviais	61
4.7 INFRA-ESTRUTURA	62
4.8 CARTA FINAL	67
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	75
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 GENERALIDADES

No decorrer dos séculos, os processos de ocupação e uso do solo, têm evidenciado uma realidade não condizente com o conceito de Desenvolvimento Sustentável, fazendo-se necessária uma reavaliação e substituição dos métodos praticados atualmente (SOUZA,1998).

Desde o século XIX, as cidades passaram por uma transformação sem precedentes, em estreita relação com a elevada aceleração do processo de industrialização dos grandes centros mundiais (ALBANO,1999). O intenso processo urbano e industrial brasileiro verificado a partir de 1950, caracterizado pela falta de planejamento e acelerado ritmo de crescimento econômico nos grandes centros urbanos, nunca valorizou o uso racional dos recursos naturais (OLIVEIRA, 1999).

No final da década de 60, países como a Inglaterra, Japão e Porto Rico serviram de exemplo para diversos Estados do Brasil, que perceberam que os Distritos Industriais eram a melhor alternativa para induzir a desconcentração econômica e criar novos pólos de desenvolvimento. Após a fase de adaptação, os Distritos Industriais tornaram-se importantes instrumentos com os quais conta o Poder Público para a consecução de sua política de interiorização do desenvolvimento econômico-social, visando a redistribuição de riquezas (CODIN, 198?).

A Conferência das Nações Unidas, ocorrida em 1972 em Estocolmo, deu início ao debate mundial sobre as questões ambientais, relacionadas a efeitos da poluição provocada pelas indústrias, perceptíveis desde a Revolução Industrial, e intensificadas pela industrialização a partir de 1960, servindo de base para um processo corretivo de estruturação institucional e formulação de políticas ambientais em diversos países (FRAGOMENI, 2005).

Como resultado desse processo, deu-se na década de 70, o predomínio do atendimento aos padrões ambientais através da implantação de tecnologias de fim-de-tubo pelas indústrias, como, por exemplo, as construções de tratamento de efluentes. As indústrias viam a incorporação das questões ambientais como um constante aumento dos custos operacionais e o clima entre governo e organizações não-governamentais (ONGs) era de constante confronto (BARATA, 1997).

Ainda em relação à estruturação institucional, nesta mesma época, foram criados em nível federal a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) e alguns órgãos estaduais de controle ambiental. Anteriormente aos anos 70, o país já contava com alguns instrumentos reguladores, tais como o Código das Águas, de 1934, a Lei de Proteção das Florestas, de 1965, a Lei de Proteção à Fauna, de 1967, entre outras (MAGRINI, 2001).

Segundo FUNDREN (1982 apud FRAGOMENI, 2005), o primeiro documento oficial que expressou de forma objetiva o interesse em ordenar a ocupação da atividade industrial, tendo em vista minimizar os efeitos nocivos ao meio ambiente, foi o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), publicado no final de 1974, que vigorou de 1975 a 1979. Dando continuidade a ele, entrou em vigor o III PND, para o período de 1980 a 1985, cuja ênfase está relacionada à necessidade de execução de projetos que previnam e combatam problemas ambientais, como a poluição da água e do ar, principalmente no interesse da população dos maiores núcleos industriais e urbanos.

As políticas ambientais dos países nos anos 80 assumiram um enfoque preventivo, introduzindo instrumentos da gestão ambiental pública que objetivaram auxiliar nas tomadas de decisão governamental. Uma atuação calcada em um maior grau de planejamento passou a ser exercida a partir deste novo contexto (MAGRINI, 2001).

As políticas e diretrizes ambientais despontaram na década de 90 com uma visão integradora, fazendo com que a indústria se transformasse em um elemento chave na gestão da qualidade do meio ambiente (FRAGOMENI, 2005).

O processo de revisão e consolidação das leis ambientais da Constituição Brasileira inclui a regulamentação de muitos dos instrumentos da gestão ambiental pública, tais como o Zoneamento, a Avaliação de Impacto Ambiental e o Licenciamento. Estes exemplos de instrumentos previstos pela Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) são de grande importância no contexto do planejamento territorial e no processo de orientação e restrição de locais para o assentamento industrial.

Ainda relacionado à ocupação do solo urbano, a Constituição Federal de 1988 almejou dar tratamento inovador à questão. Priorizou que o Plano Diretor fosse obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, e estabeleceu que as atividades de planejamento e controle do uso do solo deveriam ser desenvolvidas com estreita participação da sociedade civil.

De acordo com a Lei 10.257/2001, conhecida como o Estatuto da Cidade, o processo evoluiu, regulamentando dispositivos constitucionais sobre política urbana. Isto possibilitou que cada município, a partir da elaboração ou revisão do seu Plano Diretor, avaliasse a

conveniência de introduzir na legislação os novos instrumentos urbanísticos criados pelo Estatuto da Cidade (WALCACER, 2001).

O processo legislativo é um meio indispensável para definir usos prioritários do solo, delimitar a ocupação de determinadas parcelas do território, orientar e acompanhar o processo de assentamento industrial (FRAGOMENI, 2005).

De acordo com Silva et al. (2005), o estabelecimento de um Distrito Industrial não deve ser analisado levando-se em conta somente o fator econômico, mas também a questão ambiental do empreendimento visando à conciliação entre as partes. Infelizmente, no sistema capitalista, toda a localização das atividades econômicas, seja em termos de interesses privados ou sociais, tem quase que exclusivamente priorizado apenas o interesse de maximizar os lucros e minimizar os custos de produção.

Nesse aspecto, Mauro (1997) destaca que uma nova concepção de desenvolvimento precisa de uma reformulação dos objetivos, princípios e procedimentos do planejamento. O planejamento ambiental vem se configurando, cada vez mais, como uma ferramenta institucional e processual, para aplicar e introduzir os princípios do desenvolvimento sustentável em todas as esferas da atividade econômica e social.

O Município de São Leopoldo, mesmo possuindo uma farta legislação ambiental, carece de uma estrutura legislativa atualizada e harmonizada com a Federal e a Estadual. Grande parte dessa legislação é anterior à Constituição Federal de 1988 e ao Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul – Lei Estadual nº 11.520, de 3 de agosto de 2000.

O Estatuto da Cidade – Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 - regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Atribui ao município a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, dos patrimônios cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico (TEIXEIRA, 2002a).

Com relação ao planejamento ambiental, o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para o planejamento do uso do solo, vem se mostrando, cada vez mais, como uma eficiente ferramenta de aplicação em diversas áreas do conhecimento. Esses sistemas permitem o gerenciamento integrado de informações alfanuméricas e espaciais, através da inserção, edição, exclusão e consulta de todas as informações contidas em seu banco de dados.

No Rio Grande do Sul (RS), existem alguns exemplos do uso dessa ferramenta em aplicações relacionadas ao tema desse trabalho, tais como: auxiliar a tomada de decisão na escolha de áreas para a instalação de distritos industriais no município de Passo Fundo

(ACISA, 2005), e também para seleção de locais aptos à implantação de distritos industriais no município de Lajeado, através de uma avaliação multi-criterial (PÉRICO; CEMIN, 2006).

O estudo propõe a determinação de locais adequados para implantação de Distritos Industriais, utilizando técnicas de Geoprocessamento.

Através de uma imagem de satélite *Quickbird* e um mapeamento aerofotogramétrico, foi possível estruturar algumas cartas, em escala 1/10.000, importantes para o processo de diagnóstico ambiental da área de estudo, tais como: atualização das cartas de hidrografia, altimetria, infra-estrutura, geologia e pedologia; criação das cartas de declividade, ocupação urbana e uso do solo; mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos cursos d'água e lagos, ao redor das nascentes, banhados, linhas de cumeada, matas nativas e topos de morro. Esses resultados permitiram ao final, através de uma avaliação multicritério, combinar todos os cenários e criar a carta que indica os locais mais adequados para implantação de Distritos Industriais.

Foi implantada no município uma rede GPS (*Global Positioning System*) de 30 vértices, que possibilitaram a associação de toda a base cartográfica do trabalho ao sistema geodésico SIRGAS (Sistema de Referência Geodésico das Américas) no sistema de projeção UTM (Universal Transverso de Mercator). Com isso, todos os produtos utilizados e gerados, puderam ser analisados e processados com uma maior precisão.

1.2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é determinar locais viáveis para implantação de distritos industriais, utilizando técnicas de geoprocessamento ponderadas pela legislação ambiental Federal, Estadual e Municipal, tendo como área piloto o município de São Leopoldo – RS.

1.3 JUSTIFICATIVAS

A seleção de locais mais adequados para implantação de distritos industriais deve ser criteriosa, pois, além de preservar os recursos naturais, deve-se estabelecer um uso racional do

solo, em virtude da constante diminuição do espaço físico disponível nos centros urbanos. Com isto é possível garantir:

- O fornecimento de informações para auxiliar o plano diretor do município e a gestão ambiental em nível local;
- A conciliação do desenvolvimento econômico com a preservação ambiental;
- A preservação de áreas alagadas, uma vez que estas são freqüentemente aterradas ou drenadas;
- A preservação de áreas de uso especial como prevê a legislação estadual. Estas áreas são:
 1. As de formações vegetais defensivas à erosão de encostas ou de ambientes de grande circulação biológica;
 2. As de preservação permanente e as de vegetação nativa;
 3. As situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água e ao redor das lagoas, lagos e de reservatórios naturais ou artificiais;
 4. As localizadas ao redor das nascentes, incluindo os olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica;
 5. As do topo de morros, montes, montanhas e serras e nas bordas de planaltos, tabuleiros e chapadas;
 6. As de encostas ou parte destas cuja inclinação seja superior a 45° (quarenta e cinco) graus;
 7. As de manguezais, marismas, nascentes e banhados.

A espacialização de informações ambientais contribui para o estabelecimento de critérios técnicos adequados para a execução de atividades que não comprometam o meio ambiente, ligados a locais adequados para implantação de distritos industriais, preservando locais de grande valor ambiental. Estas áreas são estratégicas para conservação, sendo de grande importância para controle de ecossistemas por ocasiões de enchentes, secas, filtro biológico e proteção de bacias hidrográficas (EHRlich; MOONEY, 1983). Além disso, atuam como moderadores do clima local, regional e global (CLARK, 1992).

A opção pelo uso de um SIG para a espacialização das informações apóia-se a um conjunto de trabalhos já realizados, tais como: na administração urbana (HUXHOLD, 1991; RAMALHO et al., 1994; ALMEIDA, 1994; LIMA, 1996), na escolha de locais adequados para instalação de empreendimentos (SOUZA, 1998; ANDRADE, 2000; NASCIMENTO, 2001), no mapeamento temático do território (TEUBNER Jr., 1994; VALÉRIO FILHO,

1998), na preservação ambiental (STRECK et al., 1999; WEBER; STRINGUINI, 2002) e na área da saúde (DIAS, 2001). O SIG possibilita analisar e solucionar problemas com critérios múltiplos devido à capacidade de combinar bases de dados alfanuméricos com informações espaciais (MÁRKUS, 1999 apud DALOTTO, 2000).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 UM BREVE HISTÓRICO

Esse capítulo abrange uma análise das experiências brasileiras e internacionais, reunindo informações de caráter descritivo dentro do histórico dos distritos industriais, assim como metodologias utilizadas nos estudos de caso e aplicações de SIG em estudos ambientais.

Um dos primeiros estudos que relatam formas de localização industrial foi formulado por Weber (1909, apud MOLD, 1975), que define as forças locacionais como formas de atração que agem no sentido de orientar as indústrias para os locais em que as variações nos custos de transporte ou custos de processo de produção sejam mais vantajosas para as empresas, e também aglomerar ou dispersar a atividade industrial no espaço geográfico. Losch (1940, apud MOLD, 1975), focalizou o ótimo locacional como ponto de máximo lucro para o empresário. Ele sublinha a concentração nos grandes centros urbanos, pois neles encontram-se necessariamente o “ótimo locacional” proporcionante dos maiores rendimentos, isto é, da “maximização do lucro”.

Para Thompson (1966) os melhores sítios industriais são aqueles próximos o suficiente das grandes cidades, podendo beneficiar-se do mercado e facilidades dos serviços que elas oferecem, mas afastados suficientemente para escapar à congestão e excessivo custo da terra.

Isard (1973) enriqueceu a teoria dos Custos Mínimos ao organizar as variáveis que atuam sobre o fator aglomeração, considerando outros fatores para explicação das decisões de localização, todos atuando do lado dos custos de produção, como disponibilidade de mão-de-obra, infra-estrutura, recursos naturais e custos de poluição.

Mold (1975) faz um cruzamento de informações referentes ao ano de 1965, para os seis gêneros industriais líderes da Área Metropolitana de Porto Alegre, analisando os padrões de localização industrial quanto ao tamanho à localização intrametropolitana, diversificação, especialização e concentração para melhor entender a estrutura urbana desta área no período em questão. A autora deteve-se a responder questões fundamentais sobre padrões de localização industrial na área metropolitana, como: tipo de indústria e localização, o que faz de uma área metropolitana uma localização preferencial para indústrias, qual o comportamento locacional interno e a existência de um critério de distribuição espacial dentro de uma área metropolitana.

Um dos aspectos analisados, comum a afetar o padrão locacional de todas as atividades urbanas é a acessibilidade. A indústria, bem como as demais atividades, procuram a localização, tamanho e parcela de local que maximize lucros ou satisfação. De fato, as vantagens relativas a acesso são determinantes nos padrões de uso da terra urbana.

Acrescenta ainda que há outra forma de encarar o uso industrial através do ponto de vista do planejamento. Este terá importantes conseqüências para os padrões locacionais intra-urbanos e encorajar um padrão racional de uso da terra, baseado em um conjunto de objetivos e maximização de lucros e satisfações pessoais.

Para Oliveira (1976), o termo distrito industrial tem sido usado genericamente para designar qualquer forma de aglomeração industrial planejada. A autora consegue congrega um apanhado de informações baseada na experiência de implantação de distritos industriais em alguns países desenvolvidos e subdesenvolvidos, especialmente o Brasil.

Para ela, mesmo quando há uma identidade de objetivos, não há uma definição de áreas ótimas para distritos industriais, considerando-se diferentes países. A tendência geral é a utilização de áreas inferiores a 500 hectares, mas uma definição de classes de tamanho (pequeno, médio e grande) é praticamente impossível quando comparamos um país com o outro. No Brasil, há uma grande variação de tamanhos; porém, a grande concentração está numa faixa intermediária de 200 a 500 hectares.

As indústrias brasileiras foram se localizando nas proximidades ou nos grandes centros urbanos, ou junto às fontes de matérias-primas, quando estas não eram facilmente transportáveis. O sucesso de uma política de implantação de distritos industriais depende ainda da integração da política urbana com a de desenvolvimento econômico, sem a qual não é possível definir os objetivos principais a serem alcançados.

Marshall (1985) foi um dos primeiros autores a analisar a aplicação dos princípios de redes na atividade econômica, ao estudar os distritos industriais na Grã-Bretanha. O autor mostra que as empresas podem se tornar mais eficientes e competitivas, quando concentradas em pequenos negócios similares em localidades específicas.

Rabellotti (1995) defende a proposta de que quando um grupo de produtores exercem atividades semelhantes na mesma localidade trazem benefícios estáticos, ajudando-os a se especializarem, atraindo fornecedores e compradores e gerando um "pool" de operários especializados. Para a autora, a obtenção de eficiência coletiva através de concentração de empresas numa mesma localidade pode ocorrer através de três formas distintas: pólos, redes e distrito industrial.

O trabalho de Mauad et al. (2003) buscou discutir o papel do Estado e a importância dos distritos industriais frente às políticas de desenvolvimento local, tendo como base uma visão sistêmica de gestão. Os autores abordam o desenvolvimento local como uma estratégia abrangente de criação de potencialidades e de identificação das vantagens comparativas entre dois distritos industriais em cidades distintas no estado de São Paulo, que leva em conta não só a dimensão econômica como também as perspectivas política, tecnológica, social, ambiental e da qualidade de vida da população. Referem-se ao desenvolvimento local como possibilidade de surgimento de comunidades mais sustentáveis, capazes de suprir suas necessidades imediatas. O objetivo do trabalho foi entender a dinâmica de criação e implantação de distritos industriais que visam promover o desenvolvimento local de determinada região. Para isso, Mauad et al. (2003) utilizaram duas metodologias sistêmicas: *Viable System Model* (VSM) e o *Soft Systems Methodology* (SSM) para análise e comparação dos distritos industriais, caracterizando as diferentes visões sistêmicas empregadas em cada projeto e seus impactos na viabilidade de cada sistema.

Galvão (2000) expõe as experiências com sucesso em vários países dos chamados “cluster” ou distritos industriais, uma nova definição para pequenas e médias empresas que estão se aglomerando em certos locais ou regiões, e passando a desenvolver uma diversidade de relações sociais, baseadas na complementaridade, na interdependência e na cooperação. Um dos motivos desse sucesso se deu pelo fato de que as empresas localizadas neles estariam organizadas em redes (“networks”) e desenvolvendo sistemas complexos de integração nos quais predominam, entre as empresas, vários esquemas de cooperação, solidariedade e coesão e valorização do esforço coletivo.

Corroborando com o trabalho anterior, Sousa (2003) deteve-se a analisar o *Cluster*, assim como seu papel determinante de vantagens competitivas e sua relação com o desenvolvimento local e regional. Averiguando se as aglomerações industriais trazem benefícios não apenas às empresas inseridas, mas também ao conjunto social e econômico do local envolvido. Veado e Isoppo (2004) comentam o processo de reestruturação das áreas industriais baseada na política geo-econômica do município de São José/SC, onde relatam o desenvolvimento do seu distrito industrial a partir da década de 1970.

Fragomeni (2005) apresenta uma proposta de Parques Industriais Ecológicos, baseado em um programa pioneiro no Brasil, instituído em 2002 no Rio de Janeiro conhecido como Programa Rio Ecopolo. A autora faz algumas recomendações para a formatação mais adequada na implantação desses Parques, no Estado do Rio de Janeiro e no país, feitas a partir da avaliação das experiências práticas nacionais, de estudos de caso internacionais e de uma

análise *SWOT – Strength, Weakness, Opportunities and Threats*. A autora ressalta a grande importância de uma atuação complementar aos tradicionais instrumentos da gestão ambiental pública na busca do ordenamento industrial territorial. Além do fator econômico é importante analisar a viabilidade ambiental do estabelecimento de um distrito industrial, visando a conciliação entre as partes.

Graedel (1994) estabelece uma ligação entre os ecossistemas naturais e o conjunto de atividades industriais, denominados ecossistemas industriais como norteador da otimização da utilização de materiais, desde a matéria-prima virgem até a disposição final de resíduos pelas indústrias. Uma das experiências próximas do estudo em questão é o trabalho realizado pela METROPLAN (1995), através do projeto PROTEGER, que divulga os resultados da avaliação geológico-geotécnica das áreas selecionadas para a implantação do distrito industrial do município de Nova Santa Rita – RS, incluindo as áreas inicialmente sugeridas pela Prefeitura Municipal, situadas na planície aluvionar do rio Caí.

As áreas selecionadas foram interpretadas através de fotografias aéreas, imagem de satélite, avaliação de dados de um furo de sonda e dois poços de captação de água subterrânea e a integração dos dados geológico-geotécnicos de trabalhos existentes. Foram adotados parâmetros relacionados com a geologia, relevo, recursos hídricos, geotecnia, áreas de inundação, drenagens, direção dos ventos, densificação de propriedades, cobertura vegetal e distâncias em relação à sede municipal. Os resultados permitiram estabelecer, em termos do estudo das características do meio físico do município, a área mais adequada para o referido assentamento industrial.

Para Ferrari (1982), os planejadores não devem levar apenas em consideração os aspectos econômicos no planejamento, mas também estar atentos a possíveis problemas sociais e ambientais para as cidades e região. Souza (1998) desenvolveu uma proposta de Zoneamento para Distritos Industriais em uma área central do Estado de São Paulo (Represa do Lobo) com o intuito de inserir o meio ambiente nos processos de tomada de decisão para o estabelecimento de usos e ocupação do solo. Para isso, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG) para espacialização das informações.

Quanto à eficácia, Pires et al. (1996) justifica o emprego da tecnologia SIG no âmbito do Planejamento pela possibilidade de uma avaliação mais sistêmica e menos empírica de uma determinada área geográfica. Ainda, este sistema permite realizar análises interdisciplinares abrangentes, interativas e flexíveis na modelagem de dados espaciais, demonstrando ter grande aplicação em trabalhos de estudo de impacto ambiental, planos diretores, planejamento ambiental entre outros.

Silva et al. (2005), através da utilização de um SIG, definiram locais de maior viabilidade ambiental para implantação de distrito industrial dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí no município de Itirapina - SP, utilizando como subsídio o decreto de regulamentação da Área de Proteção Ambiental. Nesse trabalho os autores utilizaram como base cartográfica os temas altimetria, pedologia, geologia, infra-estrutura urbana, hidrografia e uso do solo.

A utilização de SIG para estudos ambientais já acumula alguns anos de experiência, mas apenas recentemente análises relacionadas a empreendimentos que afetam o ambiente têm sido contempladas. A introdução de rotinas de apoio à decisão possibilita uma maior flexibilidade em análises de impactos, aptidão ou viabilidade, permitindo o estabelecimento de margens de risco para uma determinada decisão, de forma que um fator favorável compense outro desfavorável para obter um resultado ponderado. Quando não se tem um sistema que possibilite a realização de análises espaciais, geralmente são adotados critérios rígidos, que resultam na simples inclusão ou exclusão de uma área para um determinado propósito.

Apesar de uma minuciosa busca, durante a revisão bibliográfica, poucos são os trabalhos que abordam exatamente o que constitui o núcleo de interesse desse estudo. Percebe-se que, pelos trabalhos supracitados, a questão de implantação de distritos industriais tem quase que exclusivamente priorizações apenas com interesse de maximizar os lucros e minimizar os custos de produção, sem levar em consideração a preservação dos recursos naturais.

2.2 SIG APLICADO AOS ESTUDOS AMBIENTAIS

Visando a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população, faz-se necessária a análise ambiental, a qual se tem beneficiado do surgimento de novas tecnologias, por exemplo, o geoprocessamento (SANTOS; NASCIMENTO, 1992).

O termo geoprocessamento surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa aplicar um processo que traga melhorias para grafia ou representação da Terra. Não é apenas uma representação, mas um novo olhar sobre o espaço, um ganho de conhecimento, que é a informação (MOURA, 2005).

Para Câmara e 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 dos 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 contém variáveis de natureza temática (classes de vegetação, solos, aptidão, etc.) (INPE, 1995).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que também compõem o geoprocessamento, permitem o armazenamento através de banco de dados, o tratamento e a análise das informações dos PI's, visando a maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico (CÂMARA, 1995).

Weber e Hasenack (1997) acrescentam que o termo geoprocessamento tem sido usado com frequência como sinônimo de Sistemas de Informação Geográfica, porém a definição de geoprocessamento é muito mais ampla e abrange desde a coleta de dados até a geração de saídas na forma de relatórios, mapas digitais ou convencionais, devendo prever recursos para sua manipulação, estocagem e gerenciamento.

Segundo Câmara e Davis (2001), os primeiros SIGs surgiram na década de 60, no Canadá, com a finalidade de criar um inventário de recursos naturais, mas esses sistemas apresentavam uma grande dificuldade de acesso, pois a carência de recursos e de uma tecnologia avançada era muito grande. Somente nos anos 70 tornou-se viável o desenvolvimento de sistemas comerciais, devido à produção de novos recursos de *hardware*. Foi então que a expressão *Geographic Information System* foi criada. Nessa época surgiram também os primeiros sistemas comerciais de CAD (*Computer Aided Design*), que melhoraram muito as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia e serviram de base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Porém, apenas as grandes organizações tinham acesso a essa tecnologia, devido ao custo elevado.

O sensoriamento remoto associado à utilização do SIG, permite que o planejamento urbano seja pensado e realizado com base em dados mais fidedignos e atuais, tornando possível a realização de simulações para a previsão das conseqüências de determinada tomada

de decisão. A flexibilidade da manipulação da informação espacial permite que o planejador tenha à sua disposição imagens mais adequadas sobre a cidade, em toda a sua complexidade (MACHADO, 2002, p. 15).

Souza (1999) acrescenta: o SIG é um sistema que utiliza dados espaciais (cartográficos) em conjunto com dados descritivos (alfanuméricos tabulares), os quais trabalham com diferentes planos de informação permitindo análises entre os mesmos.

Hanigan (1988, apud BONATTO, 2002) define um SIG como um sistema de gerenciamento de informações que pode:

- coleccionar, armazenar e recuperar informações baseadas na localização espacial;
- identificar localizações dentro de um ambiente alvo com critérios específicos adequados;
- explorar relacionamentos entre grupos de dados dentro do ambiente;
- facilitar a seleção de dados transitórios para modelos analíticos de aplicações específicas capazes de avaliar os impactos das alternativas na escolha do ambiente;
- mostrar o ambiente selecionado tanto graficamente quanto numericamente antes da análise.

Fischer (1994) apresenta na definição de um Sistema de Informação Geográfica, o reconhecimento do papel revolucionário que o mesmo transmitiu na questão do planejamento e gerenciamento do espaço, especialmente porque, entre outros, permite o armazenamento, a manipulação e a exposição de dados espacialmente referenciados, tanto locais como atributos relacionados.

Baseado na capacidade de revolucionar o estudo do espaço, articular as informações geográficas e dados alfanuméricos com um ambiente digital capaz de realizar diversas operações, tais como a projeção de cenários e cálculos; o SIG tem sido utilizado com frequência para a análise de questões relacionadas com a informação geográfica. Trabalhos que abordam o uso e ocupação do solo, o meio ambiente e atividades antrópicas têm sido possíveis graças ao uso dessa ferramenta (SOUZA, 1998, p 46).

Resumidamente, um SIG é composto pelos seguintes componentes: interface com os usuários; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados. A figura 1 apresenta o relacionamento entre estes componentes (CÂMARA et al., 1996).

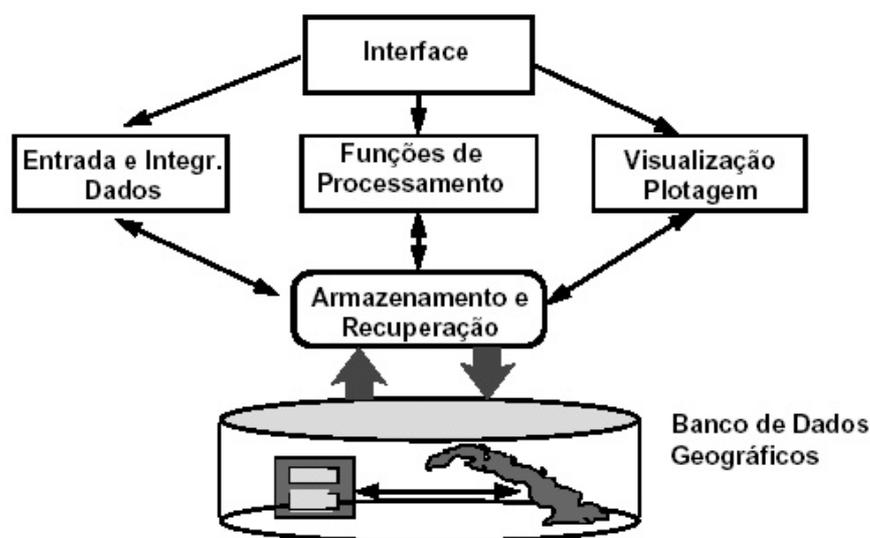


Figura 1 - Arquitetura de Sistema de Informação Geográfica (CÂMARA et al., 1996)

2.2.1 Exemplos de aplicações do SIG em estudos ambientais

Na última década, a tecnologia SIG tem gerado definitivo prestígio como aplicação computacional para o manejo da informação espacial. Sua utilização tem possibilitado seguir um ritmo contínuo de crescimento na obtenção de informação proveniente de diferentes fontes e ao mesmo tempo tem demonstrado ser eficaz em um amplo espectro de aplicações (BUZAI, 1998).

Huxhold (1991) relata exemplos de cidades americanas, onde o uso do SIG possibilitou planejamento mais adequado para a vistoria de construções, coleta de lixo, controle e remoção da neve, distribuição dos serviços públicos, controle das condições sanitárias e dos problemas de delinqüência e criminalidade.

Specht (1996) estabelece a ligação do SIG com a questão ambiental, através da sua utilização em favor do mapeamento das áreas com biodiversidade na terra, principalmente aquelas que já estão em situação comprometedora.

Ramalho et al. (1994) entendem que a recente aplicação dos SIGs no planejamento do uso e ocupação do solo favorece o desenvolvimento regional, auxilia na preservação do meio ambiente, determina áreas que necessitam de correção prioritária e orienta a ocupação dos espaços disponíveis. O benefício social decorrente do uso dessa tecnologia evidencia-se na

boa aplicação dos recursos nas áreas municipais e particulares, melhorando a qualidade de vida da população.

Considerando o SIG como ferramenta de apoio ao Poder Público, com especificidade à administração municipal, Almeida (1994, p. 83) enfatiza, entre as utilidades proporcionadas por tal sistema, a de desenvolver e implantar ações de planejamento urbano a partir do real conhecimento da estrutura físico-territorial de seu município, controlar e gerenciar áreas inundáveis e de preservação ambiental entre outras.

Souza (1998) desenvolveu seu trabalho considerando a ponderação de fatores ambientais e humanos próximo ao município de Itirapina/SP, junto aos limites da APA (Área de Proteção Ambiental) de Corumbataí. O mesmo objetivou a inserção do meio ambiente nas decisões relativas à identificação e delimitação de locais propícios à instalação de Distritos Industriais através do uso do SIG.

Corroborando com o trabalho anteriormente citado, Teubner (1994) acrescenta que a elaboração de zoneamentos ambientais de forma convencional (cartas impressas, análises simples sem a possibilidade de cruzar múltiplas informações), quando comparados à contribuição do SIG como ferramenta de apoio, apresentam as seguintes deficiências: menor precisão, erros de interpretação, generalizações excessivas, erros de sobreposição, e subjetividades.

Utilizou-se também o SIG no mapeamento da região do Vale do Paraíba e litoral norte do Estado de São Paulo, o qual contribuiu na elaboração de cartas temáticas (uso do solo, cobertura vegetal, geologia, recursos hídricos e áreas urbanas), obtendo a localização de áreas que possivelmente ocorriam descarte de resíduos a céu aberto e pontos de lançamentos de esgotos domésticos e industriais clandestinos (VALÉRIO FILHO, 1998).

A identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal contou também, com o auxílio do SIG, que possibilitou a manipulação de dados temáticos e cartográficos, a partir dos quais foram definidos parâmetros para a exclusão e inclusão de áreas potenciais à instalação de aterros (ANDRADE, 2000).

O município de São Leopoldo/RS igualmente fez uso desta ferramenta, para auxiliar na análise de critérios técnicos para a seleção de áreas a serem utilizadas na disposição final de resíduos sólidos urbanos (NASCIMENTO, 2001).

Outro trabalho que utilizou a tecnologia SIG para avaliar as áreas mais adequadas para a instalação de um aterro sanitário, visando a obtenção de uma superfície de aptidão, foi o estudo de Weber e Hasenack (2000) realizado no município de Osório/RS.

A tecnologia SIG também foi utilizada na Turquia, onde possibilitou a elaboração de mapas temáticos com dados relativos às águas superficiais e subterrâneas, áreas de banhado, rodovias, relevo, tipos de solo e locais susceptíveis à erosão. Após as análises foram determinados locais que apresentavam maior conveniência para a instalação de um aterro sanitário (BASAGAOGLU et al., 1997).

A opção pelo SIG tem sido adquirida por seguradoras de responsabilidade civil como ferramenta de elevado potencial para auxiliar nos processos de avaliação de riscos de poluição ambiental. Além dos órgãos públicos, muitas empresas privadas encontram nessa tecnologia as soluções para resolver seus problemas de marketing, logística, transporte e distribuição de filiais. As maiores usuárias atualmente são as áreas de telecomunicações, transporte de cargas e distribuição de energia. Particularmente na área ambiental, a expressiva difusão da tecnologia nos últimos anos deve-se a estimativa de que 85 a 90% das informações envolvidas nas atividades de diagnóstico a avaliação ambiental possuem expressão fortemente geográfica, requerendo, portanto tratamento e análise espacial. Como o processo de avaliação de risco de poluição ambiental para contratos de seguro RC (Responsabilidade Civil), manuseia essencialmente este tipo de informação, contribuindo significativamente para a redução dos custos e prazos de execução, bem como para o aumento da confiabilidade dos resultados (WEBER; STRINGUINI, 2002).

Além dos exemplos já mencionados é interessante citar a aplicação do SIG para avaliar a capacidade de uso da terra, mapear características ambientais (solo, relevo, clima, hidrologia) e indicar possibilidades de uso agrícola, conforme critérios exigidos pelo cultivo de diferentes lotes de um assentamento da reforma agrária de terras públicas do estado do Rio Grande do Sul. Esse levantamento buscou identificar a variabilidade das características da terra através da fotointerpretação dos trabalhos de campo, detectando as características limitantes ao uso agrícola tais como: declividade, drenagem, pedregosidade, profundidade efetiva, degradação e problemas de textura e fertilidade do solo e ainda identificar as limitações de uso. O trabalho também visou recomendar práticas de manejo sustentável, fornecendo subsídios para os dirigentes das políticas públicas, extensionistas e agricultores (WEGNER et al., 2000).

Ainda seguindo a linha de aplicação voltada para análise e interpretação dos levantamentos de solo, Reis et al. (2004) utilizaram o SIG com a intenção de obter cartas de solo e declividade, que proporcionaram as bases para estabelecer o potencial de uso do município de Bandeirantes, PR. Essa ferramenta, o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

(INPE), permitiu a investigação detalhada dos relacionamentos entre as entidades do meio ambiente.

O trabalho realizado por Kuntschik et al. (1995), implementou um modelo para a estimativa da perda de solos por erosão hídrica na microbacia do Ribeirão das Araras, em Araras, no Estado de São Paulo. Para tanto, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, visando identificar dentro da bacia, as regiões com maior susceptibilidade à perda de solos por erosão hídrica.

A qualidade das águas superficiais da Bacia do Arroio Candiota/RS também foi avaliada com o apoio do SIG. O trabalho apresentou de forma espacializada os dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais do referido arroio, onde estão localizadas as áreas de mineração do carvão que abastecem o Complexo Termoelétrico Candiota (STRECK et al., 1999).

Moura (2005) apresenta uma metodologia de análise espacial para cidade de Ouro Preto/MG, visando o planejamento urbano e a gestão do patrimônio histórico.

O estudo de Saurim (2005) teve como objetivo simular a dinâmica de crescimento do município de Santa Maria/RS considerando a complexidade existente em suas relações internas. Utilizando para isso o modelo configuracional urbano SACI-Simulador do ambiente de cidade, baseando-se em dados de natureza urbana, ambiental e institucional, para representar seu crescimento ocorrido nos últimos 20 anos explorando assim possibilidades de crescimento futuro.

Montoya et al. (1999) utilizou variáveis geográficas baseando-se em localizações pontuais, com o objetivo de identificar áreas de risco a inundações e a movimentos de massa na bacia do Rio Buquira, afluente do Rio Paraíba, em São José dos Campos - SP.

O uso de técnicas de geoprocessamento, permitiu a geração de informações básicas para um planejamento territorial do município de Volta Redonda, criando subsídios para que o poder público pudesse direcionar políticas habitacionais, indicando as áreas vocacionais que propiciassem uso compatível ao seu potencial, sem sujeitá-las a riscos ambientais como enchentes e desmoronamentos (LIMA, 1996).

A área da saúde também tem adotado essa tecnologia, é o que mostra o trabalho de Dias (2001), no controle da raiva canina. O autor estimou o tamanho e a distribuição espacial da população canina no município de Guarulhos/SP correlacionando-os com a população humana e composição sócio-econômica.

Com base nos trabalhos apresentados, pode-se concluir que o SIG fornece os meios, através dos quais, as informações geográficas podem ser utilizadas em uma grande variedade de aplicações e por usuários com diferentes habilidades.

É uma ferramenta que tem se tornado cada vez mais importante no apoio à administração e gerenciamento de dados. Através dele, é possível agrupar informações geográficas de maneira a diminuir custos e tempo, gastos na tentativa de localizar dados em fichas, arquivos, mapas e relatórios com base em dados georreferenciados. O SIG contribui com respostas eficientes aos problemas de demanda diária das organizações, facilitando a tomada de decisões, de forma inteligente, eficiente e precisa.

Porém é importante salientar que o gerenciamento humano do SIG é o elemento principal para garantir a boa qualidade de seus dados, pois a precisão de uma aplicação de SIG está diretamente relacionada com a precisão dos dados inseridos no sistema.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Município de São Leopoldo possui uma área de 107 km² e está localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre a 32 km ao norte da capital gaúcha, fazendo divisa com os Municípios de Estância Velha, Novo Hamburgo, Sapucaia do Sul e Portão (Figura 2). Situa-se entre as coordenadas geodésicas (51°13'39"W, 29°49'48"S) e (51°01'14"W, 29°38'59"S), parte baixa da bacia hidrográfica, onde ocorre uma extensa planície, constituída por banhados e áreas inundáveis (TEIXEIRA, 2002a).

O município apresenta altitude média de 26 m acima do nível do mar e ocupa 2,95% da área da bacia de drenagem do Rio dos Sinos, na qual está inserido (NASCIMENTO, 2001).

O clima predominante é subtropical úmido, com temperatura média anual de 19,7 °C, sendo a mínima absoluta -0,7°C e a máxima absoluta 40,4°C.

Os índices pluviométricos da região apresentam uma média anual de 1.538,0 mm. Segundo os dados preliminares do censo de 2000 (IBGE), possui uma população estimada de 193.403 habitantes, sendo 192.756 na área urbana e 647 habitantes na área rural. Sua economia é baseada na indústria, principalmente a coureiro-calçadista (TEIXEIRA, 2002a).

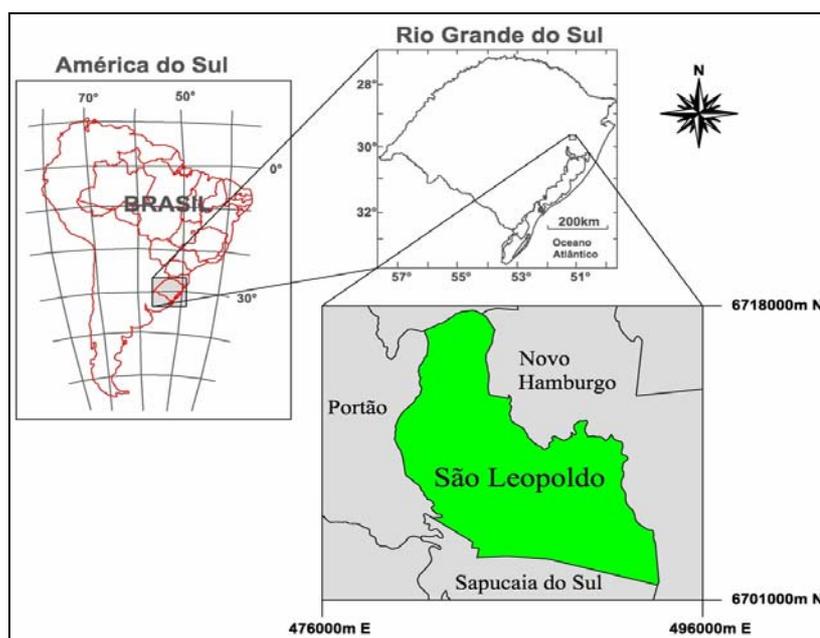


Figura 2 - Localização da área de estudo

3.2 MATERIAIS

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

- Imagem de Satélite *Quickbird* com resolução de 0,60 x 0,60 m, referente ao ano de 2005;
- Carta altimétrica com curvas em nível com equidistância vertical de 5 m – 1:10.000;
- Carta Geológica – 1:100.000 (RAMGRAB et al., 2004);
- Carta de Uso do Solo – 1:10.000;
- Carta de Pedologia – 1:25.000 (NASCIMENTO, 2001);
- Carta de Hidrografia – 1:10.000;
- Carta de Infra-estrutura (Rodovias Principais) – 1:10.000;
- Código Estadual do Meio Ambiente;
- CONAMA 302 e 303 de 2002;
- Plano diretor de São Leopoldo 2006;
- Plano ambiental de São Leopoldo 2002;
- Sistemas de Informação Geográfica – ArcGIS 8.3 e SPRING 4.2;
- Banco de Dados Access;
- 1 par de receptores GPS modelo LEICA SR-9400 (Simplex frequência);
- Programa de processamento de dados GPS SKI – 2.35.

3.3 MÉTODO

Para a estruturação da base cartográfica utilizada nas análises espaciais desse trabalho, foi implantada uma rede geodésica para georreferenciamento da imagem *Quickbird* e das demais cartas. Essa rede é composta por 30 pontos bem identificados nos produtos cartográficos e no terreno. Toda a base cartográfica foi associada ao Sistema Geodésico SIRGAS (Sistema de Referência Geodésico das Américas) na projeção UTM (Universal Transverso de Mercator).

O planejamento da rede 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. A Figura 3 ilustra a disposição dos pontos da rede.

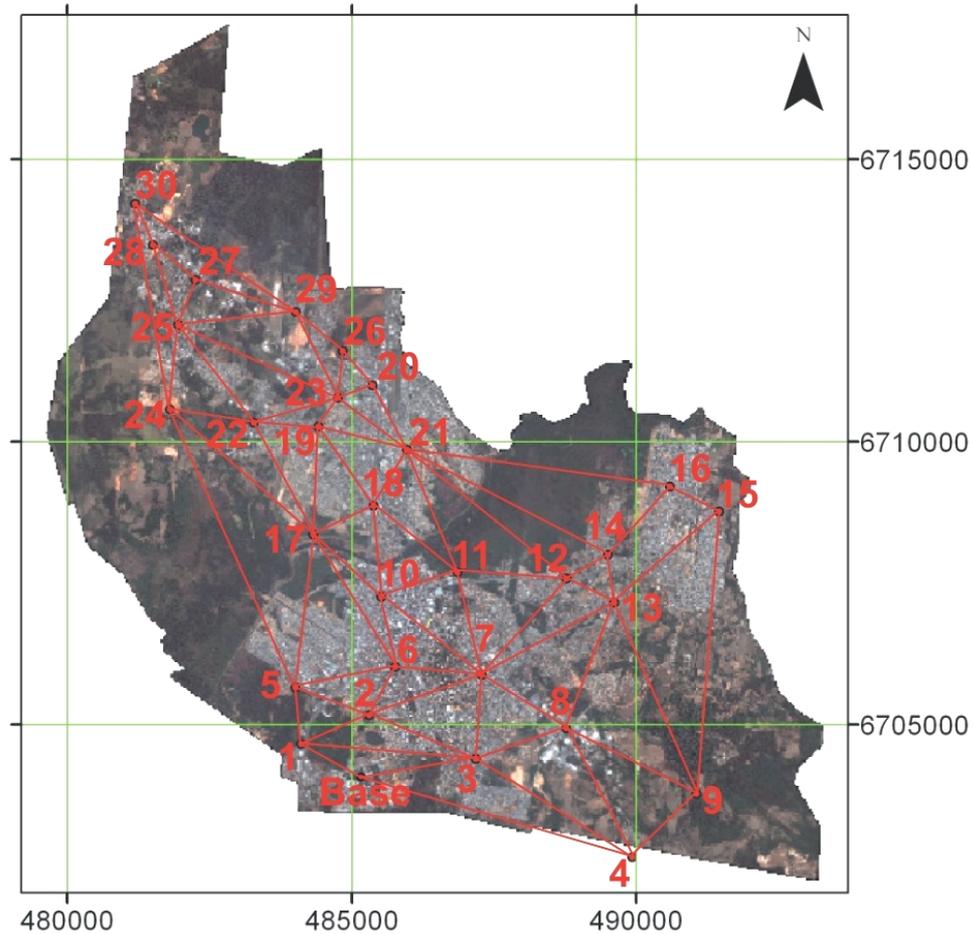


Figura 3 - Ilustração da rede GPS do município de São Leopoldo sobre a imagem de satélite *Quickbird* (SEMMAM, 2007)

O rastreamento dos vetores foi executado sempre formando figuras triangulares. Para isso foram utilizados 3 três receptores GPS de simples frequência modelo LEICA SR_9400. Todos os vetores rastreados tiveram comprimentos inferiores a 15 km e todas as ambigüidades tiveram solução fixa. O ponto de referência utilizado foi o vértice UNISINOS localizado sobre o prédio 6A, cujas coordenadas em SIRGAS homologadas pelo IBGE são:

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

- MC: -51°.

Após o processamento das linhas de base passou-se para um processo de ajustamento da rede pelo método dos mínimos quadrados onde o maior desvio padrão nas coordenadas horizontais foi inferior a 0,05 m.

Os 30 pontos materializados na rede geodésica implantada, foram rastreados com o sistema GPS através do método relativo estático. Para cada vértice da rede, foi realizada uma coleta de 1 hora de duração. A Figura 4 ilustra alguns exemplos de pontos materializados.



Figura 4 – Ilustração de materializações de pontos utilizados na rede GPS

Como ferramenta, utilizou-se dois Sistemas de Informação Geográfica, ArcGIS 8.3 e SPRING 4.2, para a realização de análises espaciais e criação de critérios sobre um grande volume de informações, ponderadas pelas legislações ambientais Federal, Estadual e Municipal. Os resultados são visualizados em cenários modelados de acordo com as restrições impostas sobre as informações, permitindo o estabelecimento de lugares aptos para instalação de Distritos Industriais.

As análises espaciais realizadas no processo de definição das áreas adequadas para implantação de Distritos Industriais podem ser visualizadas na Figura 5.

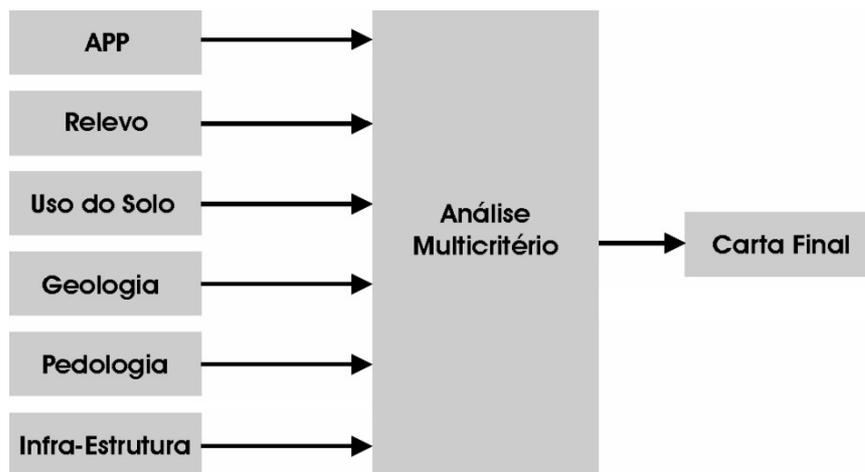


Figura 5 - Fluxograma das análises espaciais executadas no estudo

Para compor a carta final que estabelece quais são os locais mais adequados para a implantação de distritos industriais no município de São Leopoldo, foram combinadas, através da análise multicritério, as seguintes cartas: seis cartas de APPs (Áreas de Preservação Permanente), uma carta de relevo (classes de declividade), uma carta de uso do solo, uma carta de geologia, uma carta de pedologia e uma carta de infra-estrutura (com as principais vias de acesso ao município).

3.3.1 Análise Multicritério

Segundo Ramos (2000), o uso da Análise Multicritério como ferramenta de avaliação de alternativas é um método adequado para desenvolver cenários a partir de diversas hipóteses combinadas. Para o autor, a aptidão do território para o uso industrial pode ser avaliada através de critérios ou grupos de critérios que estão associados a diferentes temas. Esses critérios podem ser organizados por grupos e por níveis de análise, e combinados através da atribuição de diferentes graus de importância, ou peso.

A definição básica para decisão é a escolha entre alternativas. As mesmas podem representar diferentes temas (localizações, diferentes planos, diferentes classificações, diferentes hipóteses). Por exemplo, escolher entre quatro classificações de declividade do terreno (bom, regular, ruim, péssimo) para construção, é um ato que necessita da decisão.

Um critério representa uma condição que se pode quantificar ou avaliar e que contribui para a tomada de decisão. É, portanto, a medida de uma evidência, servindo de base para decisão. Os critérios podem ser de dois tipos: exclusão ou fatores.

Uma exclusão é um critério que limita as alternativas que devem ser consideradas na análise. Um bom exemplo de exclusão é considerar uma área “não apta”. Na maioria dos casos, uma exclusão traduz-se na criação de limitações ao espaço de análise, definindo as alternativas não elegíveis que deverão ser excluídas do espaço inicial de soluções possíveis.

Um fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa com base em um objetivo. Normalmente essa aptidão é medida numa escala continua e de forma a abranger todo o espaço de solução inicialmente previsto. Um exemplo clássico é a consideração de que quanto maior for a distância de uma rodovia existente, menor será a aptidão do solo para a localização de indústrias.

A regra de decisão é o procedimento que combina os critérios para chegar a uma determinada avaliação, incluindo a própria comparação entre avaliações no sentido de produzir decisões. As regras de decisões incluem procedimentos para normalizar diferentes critérios, resultando em um índice composto e uma regra que rege a comparação entre alternativas utilizando este índice. Um exemplo seria a determinação de um índice de aptidão de solos para expansão urbana, baseado num conjunto de critérios como o declive, a presença de determinadas infra-estruturas, tipo de solo, entre outros.

As regras de decisão são estruturadas no contexto de um objetivo específico, o qual corresponde a um conjunto de motivações para alcançar esse objetivo.

A escala aplicada aos fatores que serão apresentados no capítulo 4, utiliza o método baseado em pontos de 0 a 5: 5 - ótimo, 4 - bom, 3 - regular, 2 - ruim, 1 - péssimo, 0 - inadequado (RAMOS, 2000; SILVA et al., 2004).

3.3.2 Entrada de Dados

O trabalho foi dividido em duas etapas, tendo como base o conjunto de atividades desenvolvidas na sua elaboração:

- Trabalho de Campo: a partir de saídas a campo realizadas na área de estudo foi possível coletar, comprovar, detalhar e esclarecer informações relacionadas ao uso do solo, antes visualizadas apenas na imagem de satélite *Quickbird*.

- Trabalho de Gabinete: composto pelas tarefas de revisão bibliográfica e aplicação de técnicas de geoprocessamento, permitiu a geração das cartas, aplicação das análises espaciais e elaboração do produto final, ou seja, a carta onde são indicados os locais adequados para implantação de distritos industriais no município de São Leopoldo/RS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A expansão do município de São Leopoldo, RS, nas últimas décadas, tem se dirigido além dos limites impostos pela legislação ambiental. Diversos fatores contribuem para isto, tais como: loteamentos irregulares, aterro de banhados, infra-estruturas juntas aos recursos hídricos, desmatamento da vegetação nativa e implantação de indústrias em locais inadequados.

A partir das técnicas de análise espacial aplicadas nesse trabalho, com auxílio dos *softwares* ArcGIS 8.3, Autodesk MAP 5 e SPRING 4.2, foram geradas cartas que permitiram a composição do resultado final, diagnosticando as possíveis áreas para implantação de distritos industriais no município de São Leopoldo.

Para facilitar o processo de decisão, foi adotada a análise multicritério, que permite que um determinado objetivo seja alcançado através da avaliação e combinação de diversos critérios. Assim, para definir locais adequados para implantação de distritos industriais, foi escolhido o método baseado em escala de pontos, já descrito no capítulo anterior.

4.1 ALTIMETRIA

A partir da carta altimétrica, com curvas de 5 em 5 metros, gerada em 1990, através do aerolevanteamento realizado pela empresa Engefoto para o município de São Leopoldo, foi possível delimitar as Áreas de Preservação Permanentes (APPs), segundo, principalmente, as restrições estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e obter as classes de declividade para diferentes fins.

Para estabelecer uma classificação da declividade e definir pontos para análise multicritério, foram adotadas as classes de relevo propostas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), representadas na Figura 6. Abaixo são apresentadas as características de cada classe de relevo e sua pontuação proposta:

- *plano*: declividades que variam de 0 a 3% - Valor: 5 pontos.
- *suave ondulado*: declividades entre 3 e 8% - Valor: 4 pontos.
- *ondulado*: declividades que variam de 8 a 20% - Valor: 3 pontos.

- *forte ondulado*: declividades que variam de 20 a 45% - Valor: 2 pontos.
- *montanhoso*: declividades que variam de 45 a 75% - Valor: 0 pontos.
- *escarpado*: declividades acima de 75%. - Valor: 0 pontos.

Analisando os critérios estabelecidos por Ramos (2000), observa-se que a classificação definida por ele é mais restritiva, pois o autor define que as zonas planas com declive de até 2% são excelentes para a instalação de unidades industriais, desde que sejam tomadas algumas medidas para sanar problemas de drenagem; de 2 a 5% são ótimas; de 5 à 10% apresentam algumas limitações para implantação de edifícios e infra-estruturas sanitárias; de 10 à 15% impõem sérios problemas a localização de áreas industriais sendo apenas admissíveis se não houverem outras alternativas mais econômicas; de 15 à 25% apresentam riscos de erosão elevado; e acima de 25% os riscos de erosão são extremamente elevados.

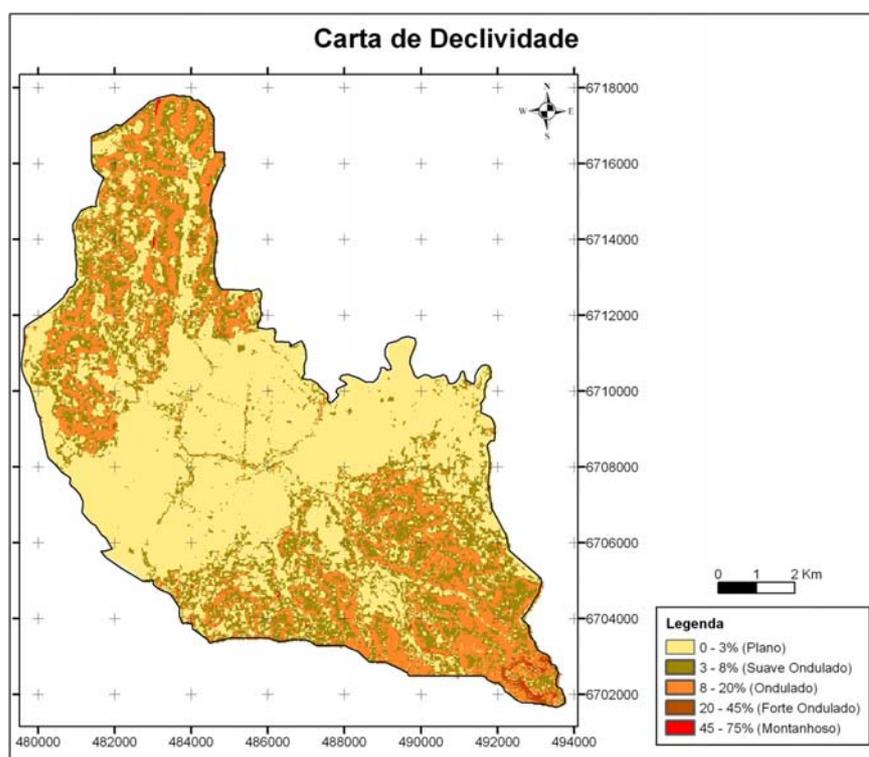


Figura 6 - Carta de declividade gerada do município de São Leopoldo/RS

A carta de relevo mostra que mais da metade do município, 61,14 km² (55% do território), é ocupada por áreas consideradas ótimas para a implantação de distritos industriais, levando-se em conta o fator declividade. As demais classes ocupam as seguintes áreas do município: suave ondulado 26,97 km² (24,27%); ondulado 21,44 km² (19,29%); forte ondulado 1,16 km² (1,04%); e inadequadas 0,41km² (0,4%). Sendo que essa última é representada pelas classes forte ondulado, montanhoso e escarpado, que ocupam a menor

porcentagem do território. Essas receberam valores baixos de pontuação por serem consideradas áreas de elevado risco de erosão.

4.2 HIDROGRAFIA

A carta hidrográfica, de escala 1:10.000 (Figura 7), também gerada em 1990 pela empresa Engefoto, precisou ser atualizada para se adequar as modificações antrópicas que ocorreram no município (aterramentos, lagos artificiais, canalizações etc) (SEMMAM, 2007).

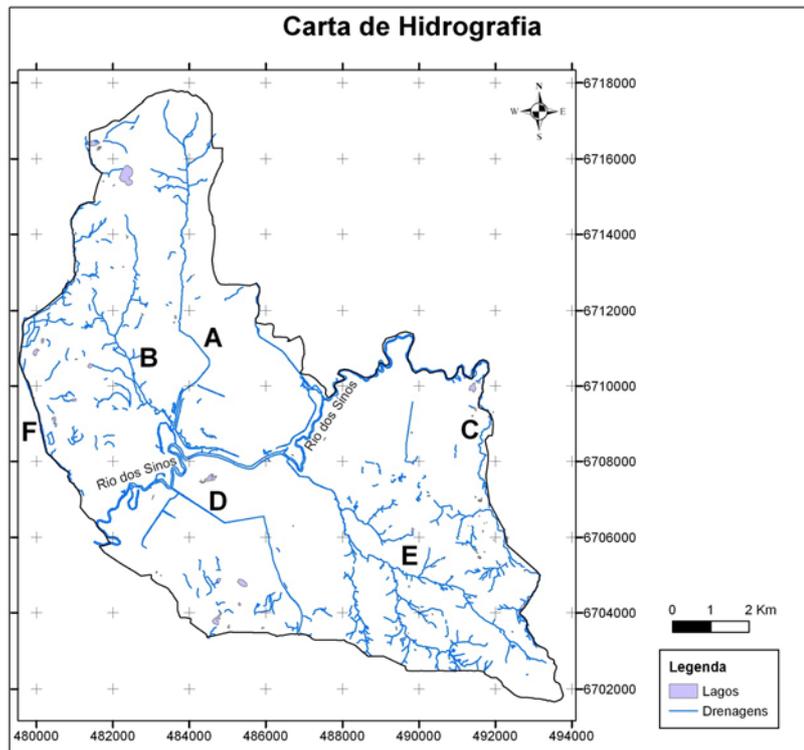


Figura 7 - Carta de hidrografia de São Leopoldo/RS

O município de São Leopoldo está inserido, em sua plenitude, dentro da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, sendo o Rio dos Sinos seu principal rio, o qual possui 6 sub-bacias: (A) Arroio Cerquinha, (B) Arroio da Manteiga, (C) Arroio Gauchinho, (D) Arroio João Corrêa, (E) Arroio Kruze e (F) Arroio Portão.

4.3 CARTA DE USO DO SOLO

A carta de uso do solo, de escala 1:10.000 (Figura 8), foi gerada a partir da interpretação da imagem de satélite QuickBird do município (cada pixel corresponde a 0,36m² do terreno) e através de verificações em campo para confirmação de dados verificados na imagem, como por exemplo: banhados, nascentes, matas nativas e matas mistas.

A partir da carta de uso do solo, pôde-se delimitar e definir as APPs segundo as restrições do CONAMA, Lei Orgânica Municipal e Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, Lei Nº 11.520, incorporando o Código Florestal.

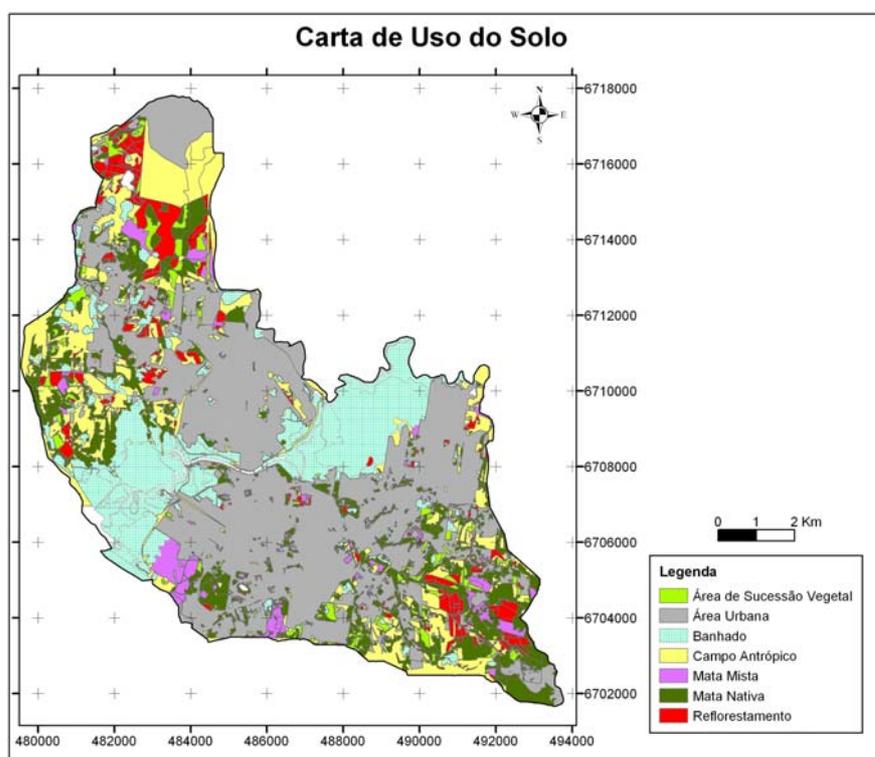


Figura 8 - Carta de uso do solo de São Leopoldo/RS

Abaixo estão descritas as classes de uso do solo com sua respectiva pontuação para análise multicritério, de acordo com (SOUZA, 1998):

- *Área de Sucessão Vegetal*: área em processo de regeneração vegetal, próximas ou juntas de áreas de mata nativa. Peso: 2. Apresenta o estágio inicial do processo de reocupação vegetal após o seu abandono por parte das atividades antrópicas e, por isso, sua pontuação é baixa, mas não proibitiva. Essa classe ocupa uma área de 2,4 km² (2,6% do território).

- *Área Urbana*: área compreendida pela mancha urbana do município. Peso: 2. Pelo fato de oferecer espaços ociosos em disponibilidade já transformados pelo homem, mas deve-se considerar que essa instalação não pode ocorrer a qualquer custo, pois o seu desenvolvimento pode ocasionar, sob alguns aspectos, uma queda na qualidade de vida da população local. A área urbana do município ocupa 46,77 km² (42,09% do território).
- *Banhado*: áreas alagadas permanentemente ou temporariamente. Peso: 0. Áreas protegidas por lei. Os banhados do município ocupam uma área de 19,07 km² (17,16%).
- *Campo Antrópico*: área composta por campos, solos expostos e desmatamentos. Peso: 5. Recebeu a pontuação mais elevada por não apresentar empecilho legal ou ambiental para sua ocupação. Essas áreas ocupam 17,75 km² (15,43%).
- *Mata Mista*: área com formação vegetal constituída por um sub-bosque de espécies nativas, em estágio vegetal primário ou secundário de regeneração e bosque constituído por espécies exóticas. Peso: 2. Pelo fato da área necessitar de uma avaliação mais detalhada sobre a diversidade de fauna e flora para poder ser explorada. Essa classe ocupa uma área de 3,28 km² (2,95%).
- *Mata Nativa*: área com formação florestal inserida no domínio Mata Atlântica. Peso: 0. Área protegida por lei. As matas nativas ocupam uma área de 15,4 km² (13,86%).
- *Área de Reflorestamento*: área com formação vegetal constituída por espécies exóticas, como: pinus, eucalipto e acácia. Peso: 4, pois não existe empecilho legal para a ocupação dessa área e, além disso, colabora com a proteção do solo frente ao processo erosivo e oferece um espaço verde de ocupação para algumas espécies da fauna local. As áreas de reflorestamento ocupam 5,38 km² (4,84% do território).

4.4 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

Os critérios utilizados para delimitação das APPs se baseiam nas resoluções do CONAMA, no Código Florestal Brasileiro e na Lei Orgânica Municipal.

Para definir as APPs, em escala 1:10.000, foram utilizadas as cartas de altimetria, hidrografia e uso do solo.

4.4.1 Delimitação das APPs em topos de morros e montanhas

Através da carta de altimetria foi possível definir as APPs, usando-se as curvas de níveis e as altitudes, conforme o artigo 2º da lei nº 4.771 do Código Florestal Brasileiro, que considera de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas no topo de morros, montes, montanhas e serras.

O critério adotado foi de acordo com a Resolução nº 303 do CONAMA, sendo as áreas restritas descritas a seguir:

- *Morro*: elevação do terreno com elevação do topo em relação à base entre 50 e 300m e encostas com declividade superior a 30% na linha de maior declividade.
- *Montanha*: elevação do terreno com cota do topo em relação à base superior a 300m.

Seguindo a metodologia descrita por (Ribeiro et al., 2002), foram selecionados os morros com altitude entre 50 e 300m e com declividade majoritariamente superior a 30%. Para delimitar as áreas de preservação situadas apenas nos topos de morro, calculou-se a relação entre a altura do topo do morro em relação à base. Esse procedimento objetivou identificar todas as células que possuíam relação igual ou superior a 2/3 (Figura 9).

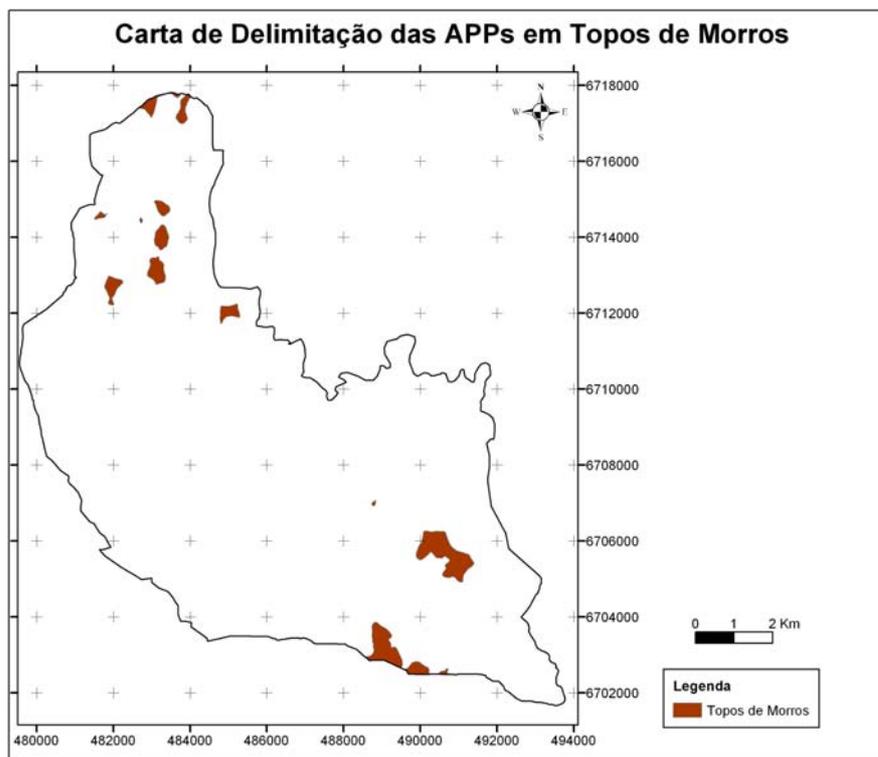


Figura 9 - Carta de delimitação das APPs (Áreas de Preservação Permanente) em topos de morros em São Leopoldo/RS

A carta de APPs de Topos de Morros do município de São Leopoldo, somam 2,779 Km², ocupando cerca de 2,5 % da área total do município.

4.4.2 Delimitação das APPs ao longo das linhas de cumeada

Considerando a resolução n° 303 do CONAMA, em seu artigo 2° inciso VII, o qual define linha de cumeada, como sendo a linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo no divisor de águas. O artigo 3°, inciso VI da mesma resolução delimita a área a partir da curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros.

Em parágrafo único a resolução n° 303 do CONAMA define que na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

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

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste; e

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

O resultado dessa APP apresenta as áreas localizadas no terço superior da encosta de cada sub-bacia, destacando as linhas de cumeada e a respectiva malha hidrográfica (Figura 10).

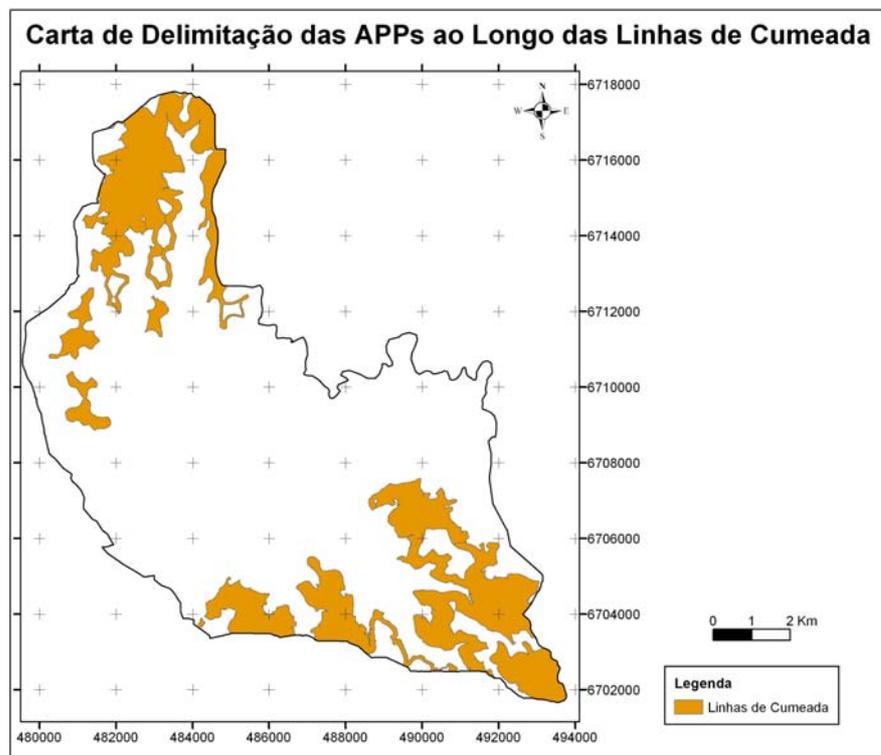


Figura 10 - Carta de delimitação das APPs ao longo das linhas de cumeada em São Leopoldo/RS

O terço superior das encostas do município de São Leopoldo ocupa uma área de 25,528 Km², ou seja, aproximadamente 22,97% da área do município.

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

A partir da carta de hidrografia, delimitou-se as APPs de nascentes e olhos d'água e ao longo de qualquer curso 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 essa classe em conformidade com as definições descritas acima (Figura 11).

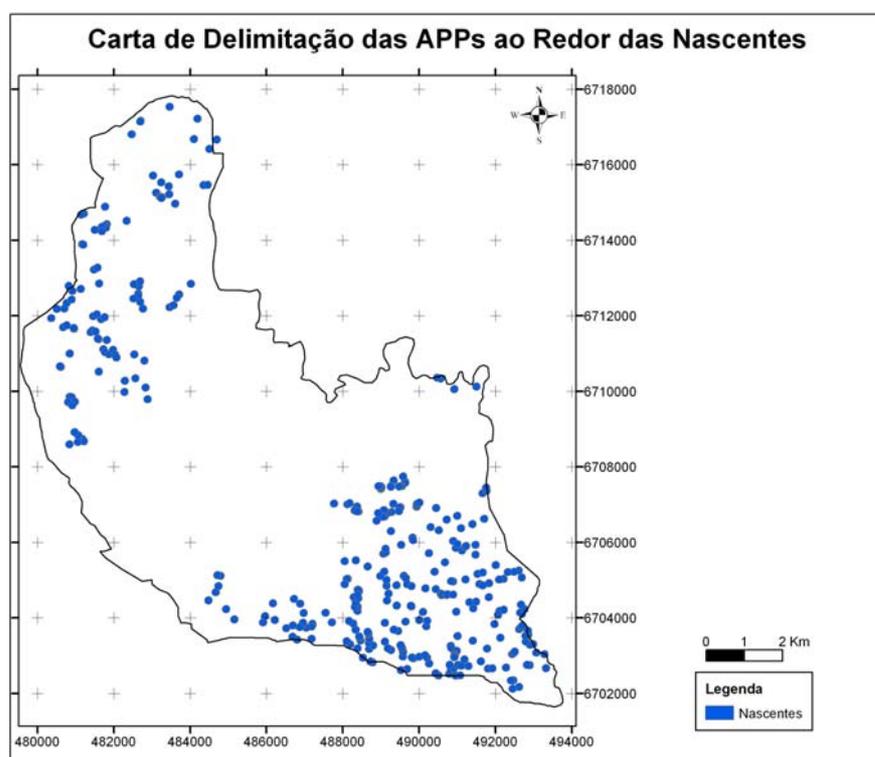


Figura 11 - Carta de delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d'água em São Leopoldo/RS

As áreas em um raio de 50m ao redor das nascentes somam 8,64 km², representando cerca de 7,77% da superfície do município.

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

Conforme o artigo 2º da lei nº 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 qualquer outro curso d'água, assim como lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais. De acordo com a resolução nº 302 do CONAMA, artigo 3º, os reservatórios artificiais devem preservar uma área de largura mínima, em projeção horizontal, de trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais. Segundo o inciso 6º desse mesmo artigo, essas disposições não se aplicam a superfícies inferiores a cinco hectares. A resolução nº 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; cem metros, para curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura (Figura 12). É importante ressaltar que para o Rio dos Sinos tomou-se como referência para delimitar essa classe de APP o nível do espelho d'água.

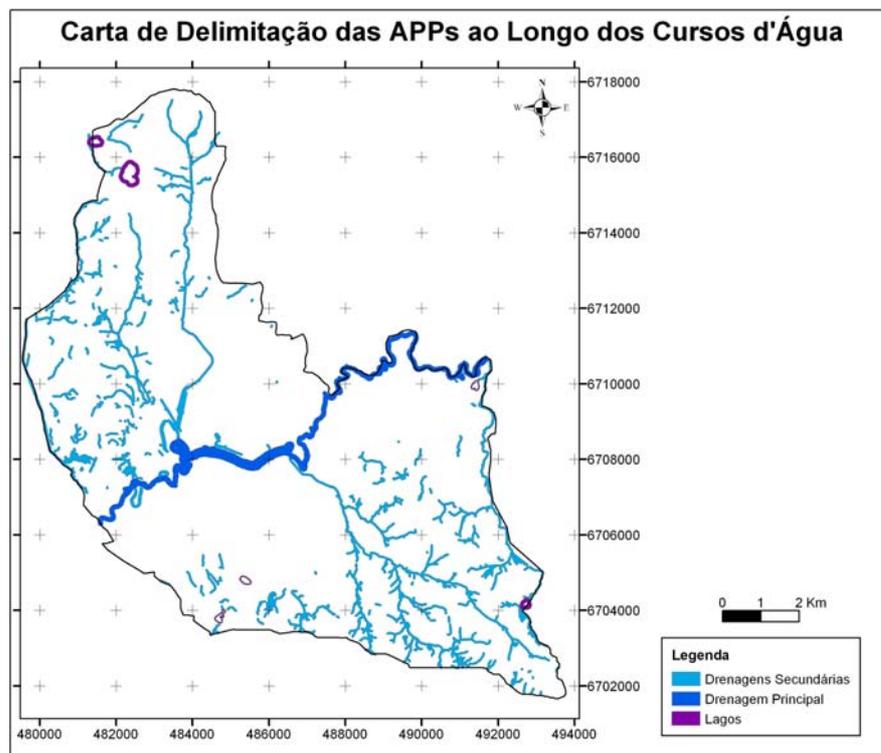


Figura 12 - Carta de delimitação das APPs ao longo do rio ou qualquer curso d'água em São Leopoldo/RS

As APPs ao longo da hidrografia estudada, foram delimitadas com uma largura de 30m para drenagens secundárias em cada margem, de 50m e/ou 100m para drenagem principal (Rio dos Sinos) e de 50m e/ou 100m para lagos artificiais, ocupando 14,13 Km² da área total do município, representando cerca de 12,72%, sendo 2,93% representada pela drenagem principal, 9,41% pela drenagem secundária e 0,38% pelos lagos artificiais.

4.4.5 Delimitação das APPs de banhado

Em conformidade com o artigo 11 da lei municipal nº 5.247, de 25 de abril de 2003, os banhados naturais são considerados áreas de preservação permanente, sendo que nessas áreas de preservação permanente não serão permitidas atividades que, de qualquer forma, contribuem para descaracterizar ou prejudicar seus atributos e funções essenciais. Como complemento o artigo 267 da lei orgânica municipal acrescenta que os banhados e demais áreas de inundação natural permanente ou periódica, localizados no Município e pertencentes à bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, são reservas ecológicas imunes a qualquer aterro e outras atividades que causem impacto ambiental ou alterem suas condições físicas, químicas e biológicas naturais (Figura 13).

As áreas úmidas são ecossistemas que permanecem inundados por tempo longo o bastante para o estabelecimento de solos encharcados e plantas aquáticas (ROLON; MALTCHIK, 2006).

É necessário destacar a importância da classificação e inventário das áreas úmidas, para contribuir no seu conhecimento e estudos mais precisos. A classificação define os tipos ou categorias de áreas úmidas, com base em características como hidrologia, geomorfologia, tipo de solo e vegetação, enquanto o inventário determina sua quantidade, extensão e distribuição.

Segundo Rolon e Maltchik (2006) as áreas úmidas são legalmente protegidas no Brasil, mas até o momento não existe um sistema de classificação nacional, ou mesmo regional, para esses ecossistemas. As leis que tratam do assunto em sua maioria, utilizam termos regionais, que nem sempre incluem todas as classes de áreas úmidas de uma região, dificultando ações voltadas para a conservação.

Os autores propõem um modelo de classificação hierárquico baseado nas áreas úmidas palustres do Rio Grande do Sul. Este sistema agrupa as áreas úmidas em diferentes níveis,

partindo de uma divisão mais detalhada (usando critérios como tipo de solo, regime hídrico e vegetação dominante).

O subsistema palustre apresenta três tipos, com base no período de permanência da água no local ou origem dessa: ‘permanente’(lâmina d’água presente o ano inteiro), ‘intermitente’(com lâmina d’água ao menos por quatro meses do ano) e ‘ausência de lâmina d’água (apenas solo saturado de água). Já os subsistemas lacustre e ripário tem dois tipos: ‘permanente’ (com água o ano inteiro) e ‘intermitente’(secos em alguns períodos). Já as planícies de inundação podem ser ripárias (se a água veio de um rio) ou lacustre (se veio de um lago).

Cada tipo é dividido em ‘classes’, conforme a existência de cobertura vegetal e a forma biológica das espécies dominantes. São propostas cinco classes: (a) ‘ausência de vegetação’, (b) ‘herbácea’, (c) ‘emergente’, (d) ‘lenhosa’ e (e) ‘pluriestratificada’.

- (a) Áreas onde a cobertura vegetal é inferior a 30% da área total;
- (b) Representada por espécies hidrófilas (plantas verdadeiramente aquáticas, que podem estar fixas ao substrato ou livre da coluna de água);
- (c) Predominam as herbáceas enraizadas, com folhas acima d’água;
- (d) A classe lenhosa indica áreas com plantas de caules lenhosos e divide-se nas subclasses ‘arbustiva’ (espécies com altura inferior a 4m) e ‘arbórea’(altura acima de 4m);
- (e) Exibe duas ou mais formas biológicas dominantes.

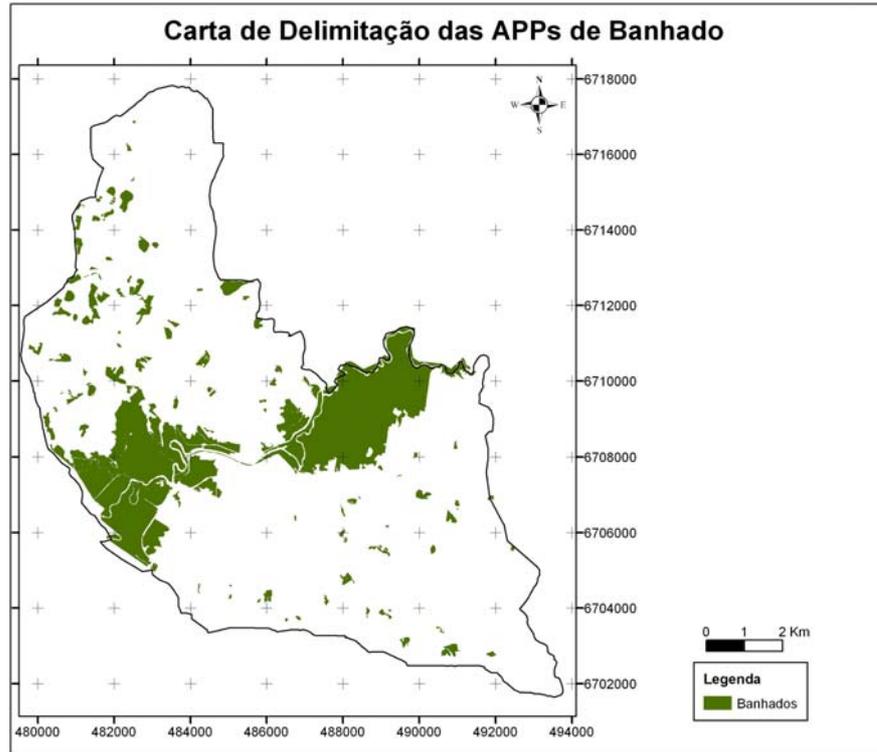


Figura 13 - Carta de delimitação das APPs de banhado em São Leopoldo/RS

As APPs de banhados somam 19,11km², ocupando cerca de 17,2% da área total do município.

4.4.6 Delimitação das APPs de mata nativa

A manutenção da biodiversidade urbana requer um conhecimento ecológico integrado ao planejamento urbano (NIEMELÄ, 1999). A legislação ambiental que orienta o planejamento, entretanto, não considera explicitamente a conservação da biodiversidade como critério de planejamento e licenciamento ambiental (LÖFVENHAFT et al., 2002).

Em termos de planejamento ecológico-econômico de uso do solo, o primeiro passo é a identificação de áreas com diferentes graus de importância para a conservação. Essa avaliação permitirá, então, subsidiar na negociação com outras demandas, a fim de construir uma solução ecologicamente sustentável, ou seja, assessorar o processo de tomada de decisão sobre as prioridades e estabelecer metas de conservação (MARZLUFF, 2002).

A Lei nº 4.771, de 1965, Código Florestal, considera apenas os critérios de relevo e hidrografia. Por isso, 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 (Figura 14).

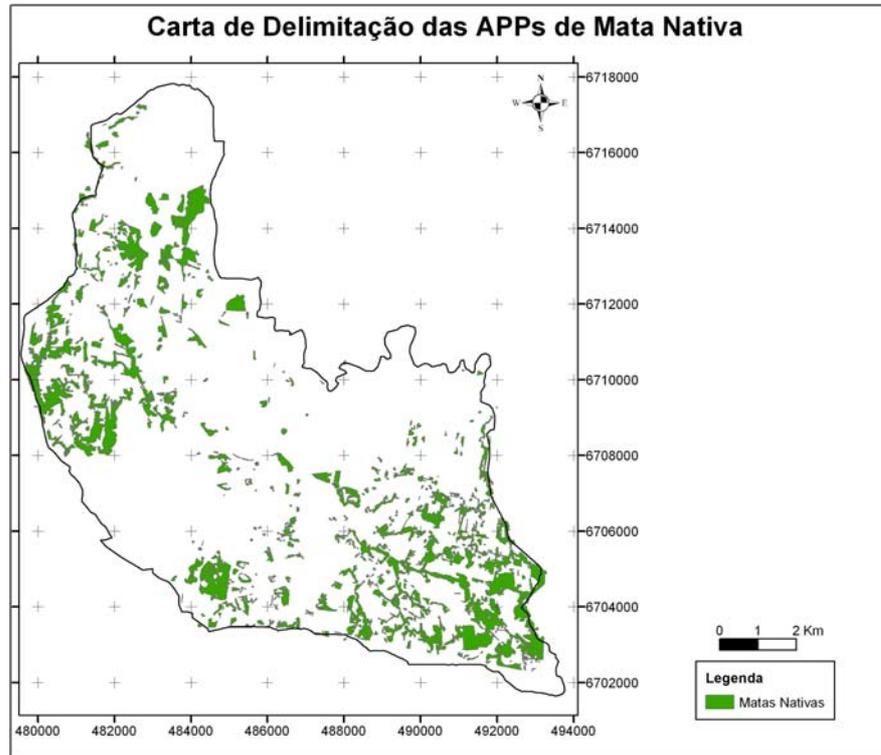


Figura 14 - Carta de delimitação das APPs de mata nativa em São Leopoldo/RS

As APPs Matas Nativas, previstas pela Lei Orgânica do município de São Leopoldo somam 15,02 Km², ocupando cerca de 13,52% da área total do município.

4.4.7 Delimitação da área total das APPs

A partir das seis cartas de APPs apresentadas acima, foi possível compor a área total do município que deve ser preservada (Figura 15).

Para análise multicritério adotou-se o valor 0 de pontuação para as APPs, pois são áreas protegidas pela legislação vigente.

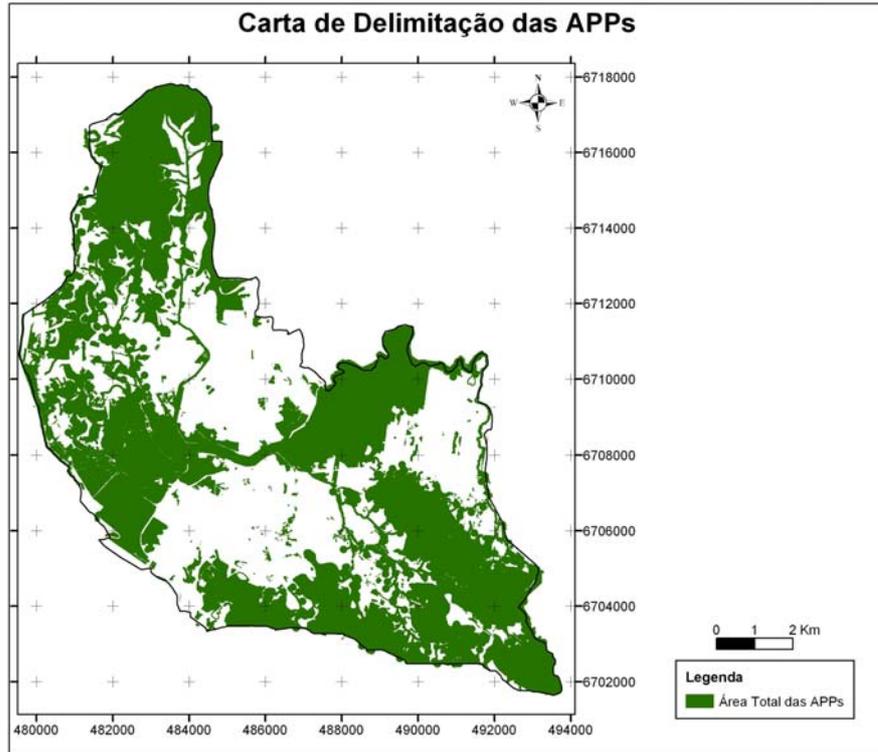


Figura 15 - Carta de delimitação das APPs em São Leopoldo/RS

A área total das APPs ocupa 65,56 km², que é equivalente a 58,99% da área total do município.

Foi realizada uma sobreposição da área urbana na carta de APPs e constatou-se que cerca de 15,9 km² (24,25%) já está ocupada pela área urbana (Figura 16).

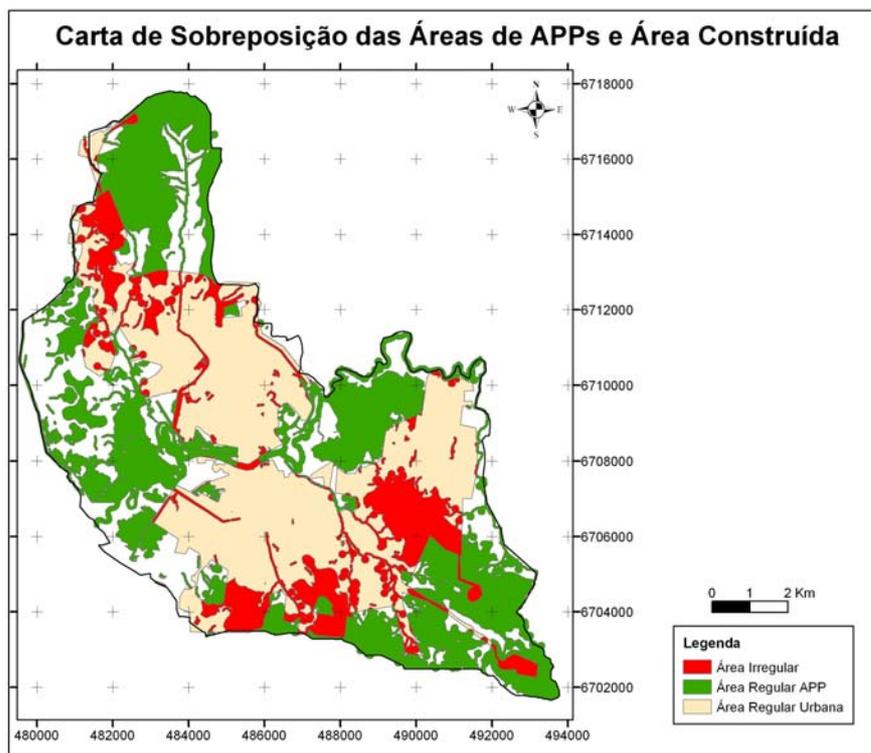


Figura 16 - Carta de sobreposição das APPs e área construída em São Leopoldo/RS

Na Figura 16, as áreas em cor verde representam as APPs, as de cor bege representam a área urbana e as de cor vermelha são áreas urbanas irregulares, ou seja, áreas que sobrepõem as APPs.

A Tabela 1 faz uma síntese das áreas de APPs e áreas urbanas do município de São Leopoldo, seguidas do percentual de contribuição isolada de cada categoria, não sendo contabilizadas as eventuais sobreposições.

Tabela 1 – Síntese das Áreas de APPs e Áreas Urbanas

Categoria	Área (km²)	Percentual do território
Ao redor de nascentes	8,64	7,77%
Terço superior de encostas	25,528	22,97%
Ao longo de cursos d'água:		
- Drenagem principal	3,256	2,93%
- Drenagem secundaria	10,457	9,41%
- Lagos	0,42	0,38%
Topos de morros	2,779	2,5%
Áreas úmidas	19,137	17,22%
Área total de APPs	65,558	58,99%
Área Urbana	46,77	42,09%
Área urbana em conflito com APPs	15,90	14,31%

4.5 PEDOLOGIA

A carta pedológica utilizada no trabalho é proveniente do levantamento realizado por Nascimento (2001) em escala 1:25.000 (Figura 17). Segundo o autor, esse produto foi obtido através de verificações em campo, descrições de perfil de solo e posterior coleta de amostras, análises físicas e químicas das mesmas.

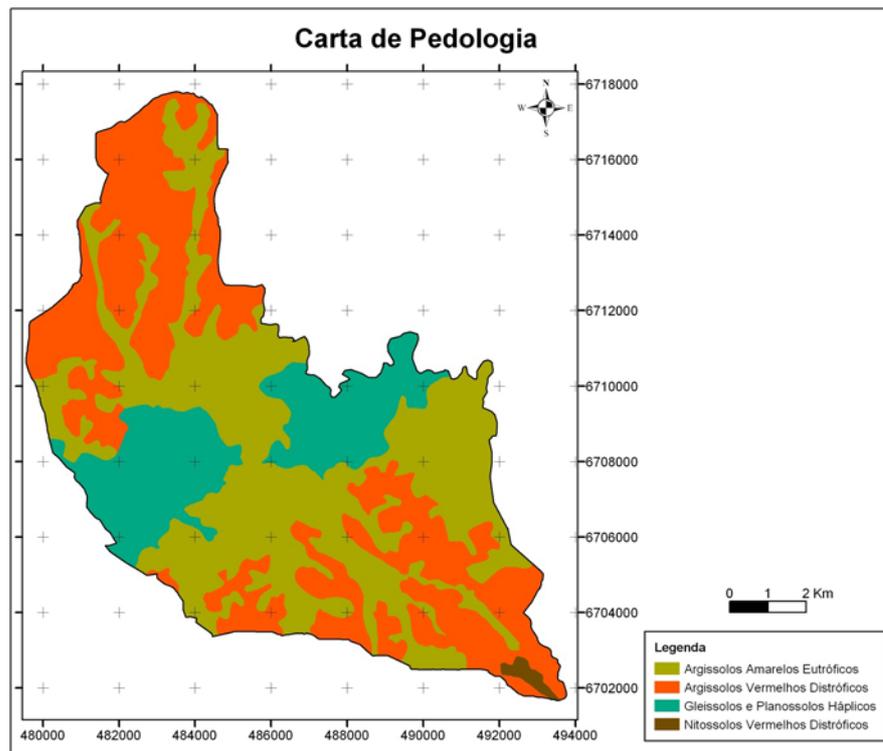


Figura 17 - Carta de pedologia de São Leopoldo/RS (modificada de NASCIMENTO, 2001)

No município de São Leopoldo, de acordo com a escala de mapeamento, foram identificados quatro tipos de solos: Gleissolos e Planossolos Háplicos (ocupam uma área de 19,81 km² do território), Argissolos Amarelos Eutróficos (48,89 km²), Argissolo Vermelhos Distróficos Típicos ou Abrúpticos (41,8 km²) e Nitossolos Vermelhos Distróficos Argissólicos (0,61 km² do território).

O critério levado em conta para essa análise foi à preocupação com a contaminação do lençol freático.

Com base nas informações extraídas de Embrapa (1999) e Streck et al. (2002), foi possível descrever as principais características de cada um dos tipos de solos mencionados.

4.5.1 Argissolos

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural (Bt) com argila de atividade baixa imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico. Parte dos solos dessa classe apresenta um evidente incremento no teor de argila, com ou sem decréscimo, do horizonte B para baixo no perfil. A transição entre os horizontes A e Bt é usualmente clara, abrupta ou gradual.

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. A textura arenosa ocorre desde a superfície do solo até o início do horizonte B textural, entre 50 e 100 cm de profundidade. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta, ou baixa, predominantemente cauliniticos.

Argissolos Amarelos Eutróficos:

São solos com saturação por base alta ($V \geq 50\%$), na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

Estes solos receberam Peso 2, por apresentarem permeabilidade $\geq 10^{-3}$ cm/s, ou seja, alta infiltração (NASCIMENTO, 2001). Do ponto de vista das obras civis este solo é adequado, pois a água da chuva é rapidamente absorvida. Porém deve haver uma grande preocupação com a contaminação do lençol freático.

Argissolos Vermelhos Distróficos Típicos ou Abrúpticos:

São solos com saturação por bases baixa ($V < 50\%$), na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA). Abrúpticos por apresentarem mudança textural abrupta. Típicos por não se enquadrarem em nenhuma outra classe.

Estes solos receberam Peso 3, por apresentarem mudança textural abrupta, característica que influencia na condutividade hidráulica e na capacidade de infiltração de água, tornando o solo mais susceptível a erosão hídrica (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985). Estes solos ainda apresentam permeabilidade = 10^{-4} cm/s, ou seja, baixa infiltração (NASCIMENTO, 2001) e média escavabilidade (TSCHEBOTARIOFF, 1978). Ambos os aspectos não são considerados ideais para obras de engenharia, porém na visão ambiental, este solo é menos propenso a contaminação do lençol freático.

4.5.2 Gleissolos e Planossolos Háplicos

Os Gleissolos Háplicos são solos constituídos por material mineral (formados, essencialmente, por compostos inorgânicos em estágios de intemperismo variado), com horizonte glei imediatamente abaixo do horizonte A. Caracterizam-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, que se processa em meio anaeróbico, com muita deficiência ou mesmo ausência de oxigênio, devido ao encharcamento do solo por longo período ou durante todo o ano.

O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, devido a compostos ferrosos resultantes da escassez de oxigênio causada pelo encharcamento. Este processo também provoca a redução e solubilização de ferro, promovendo translocação e reprecipitação dos seus compostos.

Gleissolos Háplicos desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfia, podendo formar-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea. São solos que ocorrem sob vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea.

Os Planossolos Háplicos caracterizam-se pela ausência de horizonte glei coincidindo com o B plânico (Btg), ocorrendo freqüentemente nas áreas de várzea dos rios e lagoas. Apresentam perfis com seqüência de horizontes A-E-Bt-C. A mudança rápida da textura arenosa para uma mais argilosa dos horizontes mais superficiais (A+E) para o horizonte Bt define uma mudança textural abrupta, pela qual se distinguem os Planossolos dos Gleissolos.

Esses solos receberam Peso 1 na análise multicritério por serem considerados solos hidromórficos, ou seja, encontram-se em zonas saturadas, com excesso de umidade, onde o lençol freático está próximo a superfície do terreno, podendo aflorar nos períodos mais chuvosos. Não possuem boa drenagem, pois apresentam permeabilidade = 10^{-4} cm/s (baixa infiltração), o que dificulta o processo de lixiviação (OLIVEIRA; BRITTO, 1998; NASCIMENTO, 2001). Para obras de engenharia as áreas onde ocorrem Planossolos e Gleissolos necessitam altos investimentos em infra-estrutura, mas isto não impede sua utilização. Porém deve ser analisado o impacto ambiental causado pela escolha dessas áreas. Para Souza, (1998) solos hidromórficos são inaptos à instalação de distritos industriais pelo fato de se situarem próximos de recursos hídricos, apresentarem cobertura de banhado, e por

não apresentarem características mínimas como compactação e permeabilidade para o suporte deste tipo de empreendimento.

4.5.3 Nitossolos

Nitossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico (reluzente) de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, com superfície dos agregados reluzente, relacionada à cerosidade e/ou superfícies de compressão.

Estes solos apresentam horizonte B bem expresso em termos de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, mas com inexpressivo gradiente textural.

São solos profundos bem drenados, de coloração variando de vermelho a brunada.

Nitossolos Vermelhos Distróficos Argissólicos:

Solos com saturação por bases baixa ($V < 50\%$) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 15% a $< 36\%$, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), considerados argissólicos por conter relação textural (B/A) maior ou igual a 1,4.

Estes solos receberam Peso 4, pois apresentam alto teor de argila, baixa infiltração (10^{-5} cm/s) (NASCIMENTO, 2001) e média escavabilidade (TSCHEBOTARIOFF, 1978).

Conforme Nascimento (2001), Gleissolos e Planossolos (Peso 1) são considerados inadequados ao descarte final de resíduos sólidos, por apresentarem drenagem irregular e ocorrerem em áreas inundáveis. Sendo este o mesmo motivo de preocupação em relação a riscos de poluição de mananciais subterrâneos adotou-se o mesmo critério para seleção de áreas para implantação de distritos industriais. Considerando de maior aptidão os solos das classes Argissolos Amarelos Eutróficos (Peso 2), Argissolo Vermelhos Distróficos Típicos ou Abrúpticos (Peso 3) e Nitossolos Vermelhos Distróficos Argissólicos (Peso 4), devido ao alto teor de argila de onde se origina sua baixa permeabilidade.

Para especialidades como a engenharia civil o solo é um material sobre o qual são edificados os mais diversos tipos de obras, devendo esse apresentar propriedades que permitam sua sustentação. Diversos parâmetros geotécnicos devem ser observados como adensamento, permeabilidade, resistência ao cisalhamento, erodibilidade, colapsividade, resistência compactada e saturada, compressibilidade compactada e saturada, entre outras (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

Em relação à profundidade do lençol freático, o município de São Leopoldo não apresenta levantamentos detalhados. Para isso, é de extrema importância o cadastramento dos poços pelos órgãos municipais e estaduais, para fins de obtenção de características do lençol freático, permitindo fazer análises sobre esses dados.

4.6 GEOLOGIA

O conhecimento da geologia do Município permite entre outras coisas a identificação dos locais mais adequados para a instalação de distritos industriais (TEIXEIRA, 2002b).

A carta geológica utilizada no trabalho é proveniente da publicação “Mapa Geológico do Brasil ao Milionésimo” da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (RAMGRAB et al., 2004). Apesar da carta ter escala 1:1.000.000, o nível de detalhamento das informações na região metropolitana, possibilita que ela seja utilizada na escala 1:100.000 (Figura 18).

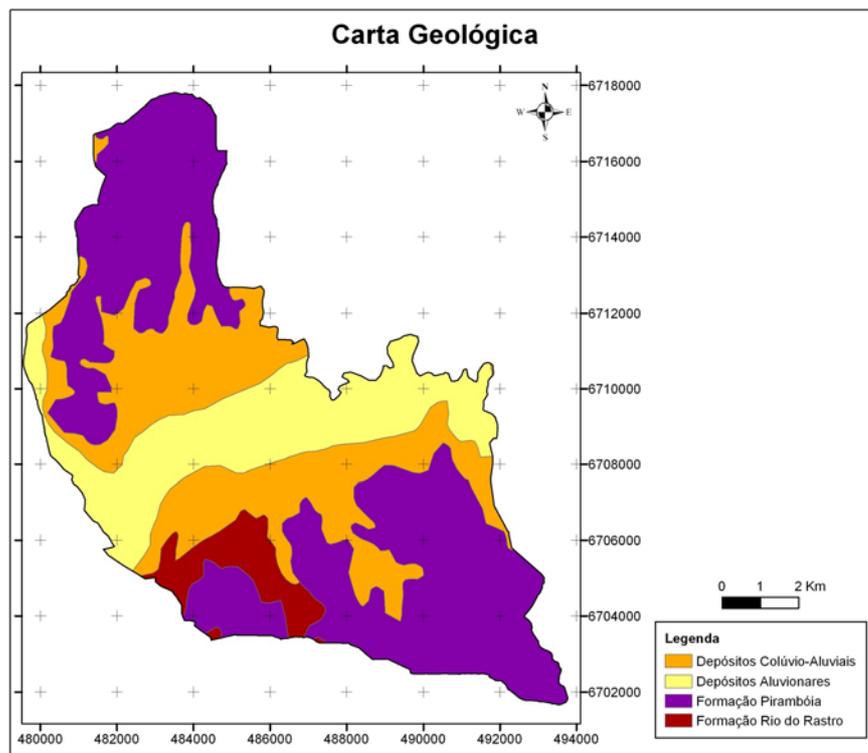


Figura 18 - Carta geológica de São Leopoldo/RS (RAMGRAB et al., 2004)

A seguir são apresentadas as formações geológicas encontradas no município da base para o topo.

4.6.1 Rio do Rasto

A Formação Rio do Rasto, cujas idades são correlatas as da Formação Pirambóia, também pertence ao Grupo Passa Dois (RAMGRAB et al., 2004).

Essa formação é composta por pelitos, siltitos e arenitos finos a muito finos, de coloração vermelha (dominante), amarela a eventualmente esverdeada, camadas lenticulares (algumas vezes amalgamadas), estratificações cruzadas tangenciais de pequena e grande porte, laminações plano-paralelas, (ANDREIS et al., 1984 apud NOWATZKI et al., 1992). O ambiente de deposição destes sedimentos corresponde a um ambiente transicional, com depósitos eólicos, fluviais, deltaicos e lacustres (RAMGRAB et al., 2004).

Essa formação ocupa uma área de 5,47 km² do território, e recebeu Peso 4 por apresentar em sua composição pelitos, siltitos e arenitos finos, o que caracteriza uma formação pouco permeável e ausente de aquífero.

4.6.2 Pirambóia

A Formação Pirambóia pertence ao Grupo Passa Dois, cuja idade está compreendida entre Permiano superior e Triássico inferior. Essa formação é constituída por arenitos médios a finos, de geometria lenticular bem desenvolvida, depositados em ambiente continental eólico (RAMGRAB et al., 2004). Os arenitos têm coloração esbranquiçada, amarelada ou avermelhada, siltoargilosos, com grãos sub-angulosos e sub-arredondados. (SCHNEIDER et al., 1974 apud ROSA FILHO et al., 2003).

A Formação Pirambóia é formada quase que exclusivamente por fácies de arenitos com estratificações cruzadas acanaladas ou tangenciais e, mais raramente, planares. As estratificações são em geral de médio à grande porte (chegando a atingir 5m). Intercalados aos arenitos lenticulares ocorrem arenitos com acamadamento plano-paralelo e pelitos laminados, correspondentes a depósitos de interdunas. Os sedimentos arenosos depositados nas interdunas podem estar parcialmente homogeneizados por liquefação e apresentarem bioturbações. Estes sedimentos caracterizam depósitos de dunas eólicas e interdunas úmidas, eventualmente recortadas por canais de *wadis* (FACCINI et al., 2003).

Essa formação ocupa uma área de 51,5 km² do território, e recebeu Peso 3 por ser bastante permeável. Segundo Souza (1998) a formação pirambóia é possuidora de um lençol freático importante e de fácil contaminação.

4.6.3 Depósitos Aluvionares

Os Depósitos aluvionares são depósitos holocênicos, do período quaternário, encontrados nas calhas de rios e planícies de inundação. São constituídos por sedimentos com espessura variável. A granulometria predominante é a fração silte-argila; existindo, subordinadamente, areia e cascalho (RAMGRAB et al., 2004). A heterogeneidade observada é em função do próprio regime dos cursos d'água, os quais tanto no passado como no presente estão sujeitos a períodos de estiagem e de cheias, variando, dessa forma, a quantidade e envergadura do material depositado. Também ocorre a sedimentação de matéria orgânica em banhados e meandros desenvolvendo em geral uma densa vegetação (TEIXEIRA, 2002b).

Essa formação ocupa uma área de 22,82 km² do território, e tendo em vista a boa porosidade e permeabilidade, os depósitos aluvionares funcionam como escoadores superficiais para a água do rio nos períodos de enchentes, atuando como um dreno (GATTO, 1999). Por essas e demais características, essa formação recebeu Peso 1 na análise multicritério.

4.6.4 Depósitos Colúvio-Aluviais

Os Depósitos colúvio-aluviais também depósitos holocênicos, têm a mesma idade dos depósitos aluvionares, sendo constituídos por cascalho, areia e argila (RAMGRAB et al., 2004). Ocorrem principalmente em regiões de relevo plano a suave ondulado, onde o lençol freático está próximo à superfície do solo, com áreas de descarga de aquíferos sujeitas às oscilações deste lençol que necessitam de obras de drenagem para diminuir o encharcamento do solo, formando os banhados e áreas inundáveis (TEIXEIRA, 2002b). Por apresentar essas características, que evidenciam um alto risco de contaminação, essa formação recebe Peso 2 na análise multicritério. Essa formação ocupa uma área de 31,32 km² do território.

4.7 INFRA-ESTRUTURA

O pensamento clássico estima que a preocupação principal de uma empresa é de minimizar seus custos de transporte e, portanto, localizar-se o mais próximo possível das fontes de matéria prima, energia e dos produtos intermediários, para poder dessa forma reduzir ao máximo as despesas de transporte dessas matérias, do local de origem para o local de transformação.

Todas as empresas têm necessidade de contatos múltiplos com as instituições bancárias e empresas que prestam serviços, portanto é essencial que as suas sedes ou pelo menos seus serviços financeiros estejam próximos dessas. Os fatores associados à atividade industrial utilizados como modelo de localização para o noroeste de Portugal, foram divididos em cinco categorias:

- acessibilidade: proximidade de auto-estradas, estradas de rede principal, terminais rodoviários e ferroviário de carga, portos marítimo e fluviais, e aeroportos com terminal de cargas.
- mão-de-obra: população ativa, população desempregada.
- inércia industrial: existência de unidades industriais, proximidade a aglomerados industriais.
- infra-estruturas básicas: abastecimento de água, drenagem de águas residuais, distribuição de energia elétrica, comunicação e sistema de coleta de resíduos sólidos.
- equipamentos terciários: proximidade de equipamentos e serviços de apoio à atividade industrial.

Outro fator levado em conta é a proximidade a centros de investigação e ensino superior como: universidades com ramo tecnológico, parques de ciência e tecnologia e institutos politécnicos com ramo tecnológico (RAMOS, 2000).

Para Ferrari (1982), a localização da atividade industrial em micro-escala depende de critérios urbanísticos para a eleição dos sítios industriais, tais como:

- Condições físicas, climáticas e pedológicas: as áreas industriais devem ter baixa declividade (0% a 5%), pois facilitam os transportes horizontais, a implantação de ramais ferroviários e rodoviários, e diminuem os custos das edificações. Os solos devem ser mecanicamente favoráveis a grandes concentrações de cargas e, de

preferência, não devem ser escolhidos terrenos agricultáveis. Uma zona industrial exige grande quantidade e qualidade de água, potável ou não potável. Os ventos também influenciam na localização industrial, para não poluir as áreas urbanizadas próximas. Deve-se evitar a instalação em vales de ventilação reduzida, onde as partículas poluidoras (fumaças, gases, entre outros) possam se acumular em densas nuvens.

- Condições de localização relativa: a localização de uma indústria ou de um conjunto delas será tanto mais vantajosa quanto mais atividades complementares – mão-de-obra, serviços públicos, prestação de serviços, áreas residenciais, ruas ou estradas de rodagem, telefone, infra-estrutura, etc. – existirem em suas proximidades.

Em relação à distribuição de água, o município de São Leopoldo conta com duas Estações de Tratamento (ETA): a ETA I, ou ETA São José, localizada nas coordenadas UTM X = 486880,54m e Y = 6706868,23m, e a ETA II, ou ETA Imperatriz Leopoldina, localizada nas coordenadas UTM X = 488792,53m e Y = 6707559,06m. As ETAs abastecem com água potável 99% da cidade (SEMAE, 2007).

A 30 km ao sul do município localiza-se o Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, oferecendo serviços para transporte de passageiros e carga aérea, atendendo à aviação geral, executiva e comercial de terceiro nível (INFRAERO, 2007).

A rede elétrica da região metropolitana do Estado do RS é atendida pela Distribuidora de Energia Gaúcha S.A. (AES Sul), que cobre praticamente todas as áreas do município.

Além do transporte rodoviário, São Leopoldo conta com duas estações de metrô administradas pela Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A. (TRENSURB). Este é um fator importante, pois permite que a mão-de-obra se desloque a um custo mais baixo, e cidadãos de outros municípios da região metropolitana possam vir trabalhar na cidade.

O município oferece centros de desenvolvimento e ensino técnico e superior, tais como: a Universidade do Vale do Rio do Sinos (UNISINOS), Centro Tecnológico de Mecânica de Precisão (SENAI/CETEMP), Parque Tecnológico do Pólo de Informática, Escola Técnica Estadual Frederico Schmidt, entre outros. Todas essas instituições formam milhares de pessoas todos os anos e desenvolvem pesquisas e produtos para o mercado interno e externo.

A partir das informações citadas acima, foi considerado como critério de infraestrutura, apenas a rede viária do município. Essa decisão foi orientada pela falta de informações espaciais e critérios específicos relacionados à rede elétrica, distribuição de água,

coleta seletiva de lixo e de resíduos sólidos, telefonia, mão-de-obra, entre outros. Assim, todos os fatores relacionados à infra-estrutura, exceto o relevo e a pedologia que foram abordados nas seções anteriores, os ventos que serão analisados mais adiante, e a rede viária, foram considerados presentes em todo território municipal.

Os dados referentes à rede viária, foram obtidos através da Lei N° 6.125, de 19 de dezembro de 2006, que dispõem sobre o Plano Diretor do Município de São Leopoldo, de acordo com os termos da Lei Federal N° 10.257, de 10 de julho de 2001, Estatuto da Cidade. A rede viária do município é classificada conceitualmente e hierarquicamente em (Figura 19 e 20):

I - Rede Viária Estrutural, composta dos níveis 1, 2 e 3:

- Nível 1 – aquelas vias, que atravessam o Município, utilizadas como ligação com a Capital e com os demais Municípios e Estados como: BR-116 de Jurisdição federal.
- Nível 2 - aquelas vias, não incluídas no nível anterior, utilizadas como ligação intermunicipal, podendo se articular com as de nível 1: Av. Mauá (Municipal) e RS-240 (Estadual).
- Nível 3 – aquelas vias, não incluídas nos níveis anteriores, utilizadas como ligações internas do Município, podendo se articular com as de nível 1 e 2: Av. João Corrêa, Av. Feitoria, Av. Unisinos, Av. Imperatriz Leopoldina, Av. Integração, Av. Atalíbio T. de Resende, Av. John Kennedy, Av. Thomas Edson, Av. das Industrias, Av. Dr. Paulo Uebel, Av. Júlio de Castilhos, Rua Artur Ebling, Rua do Parque e Rua Barreto Viana, todas sob jurisdição municipal.

A Rede Viária Estrutural é constituída pelas vias que estabelecem as principais ligações entre as diversas partes do Município e entre este e os demais Municípios e Estados.

São consideradas Vias Estruturais aquelas que propiciam segurança e fluidez do tráfego, sendo determinantes para a integração entre os municípios da Região Metropolitana para complementação da ligação entre bairros, melhoria e implantação do transporte coletivo.

II - Rede Viária Não Estrutural, composta de vias coletoras, secundárias, locais, de pedestres, ciclovias e passeios públicos.

A Rede Viária Não Estrutural é constituída pelas demais vias que, independentemente de suas características físicas, coletam e distribuem o tráfego internamente aos bairros, estando classificadas em cinco tipos:

- Vias coletoras: são aquelas utilizadas como ligação entre vias secundárias e locais, com as vias estruturais;
- Vias secundárias: são aquelas que fazem a ligação entre as vias coletoras, ou que fazem a ligação entre outras duas vias coletoras e que tenham extensão maior que quinhentos metros;
- Vias locais: são aquelas que fazem a ligação entre duas vias secundárias, com extensão máxima de quinhentos metros e que não tenham possibilidade de prolongamento futuro.

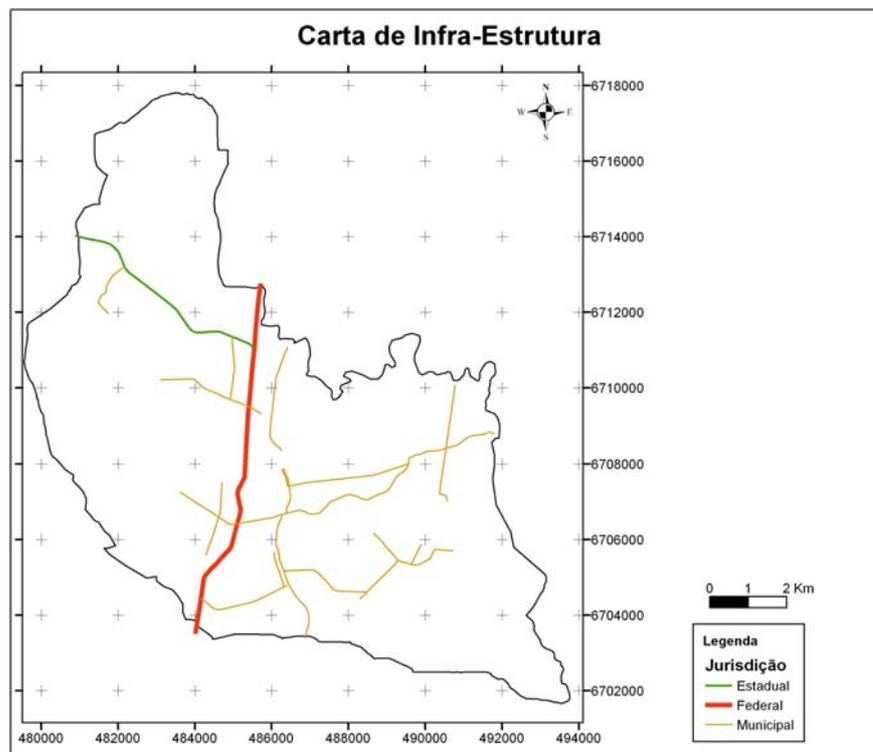


Figura 19 - Jurisdição das principais vias de São Leopoldo/RS

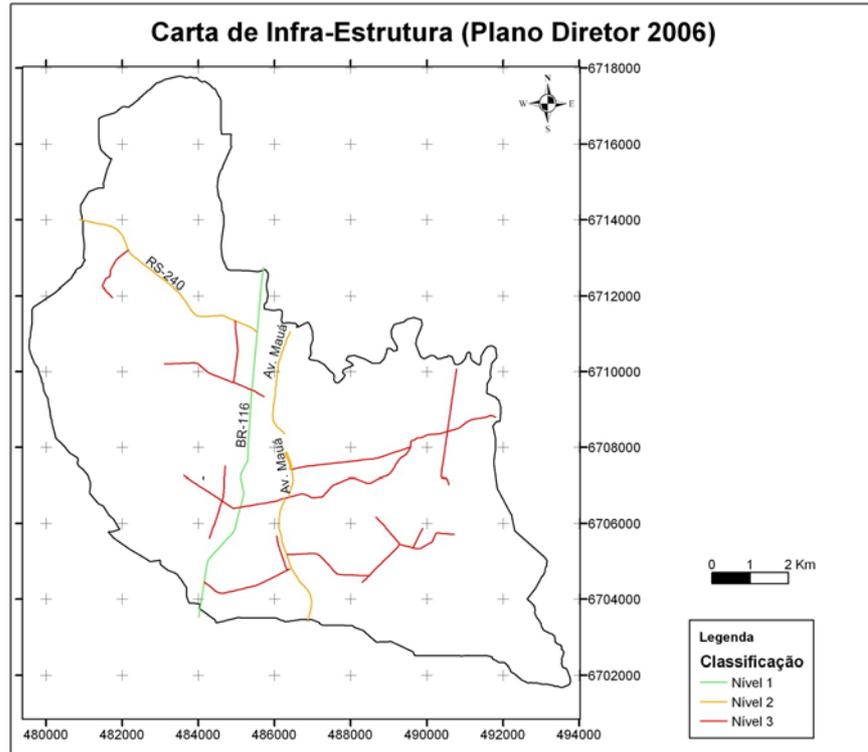


Figura 20 - Classificação em níveis das principais vias de São Leopoldo/RS

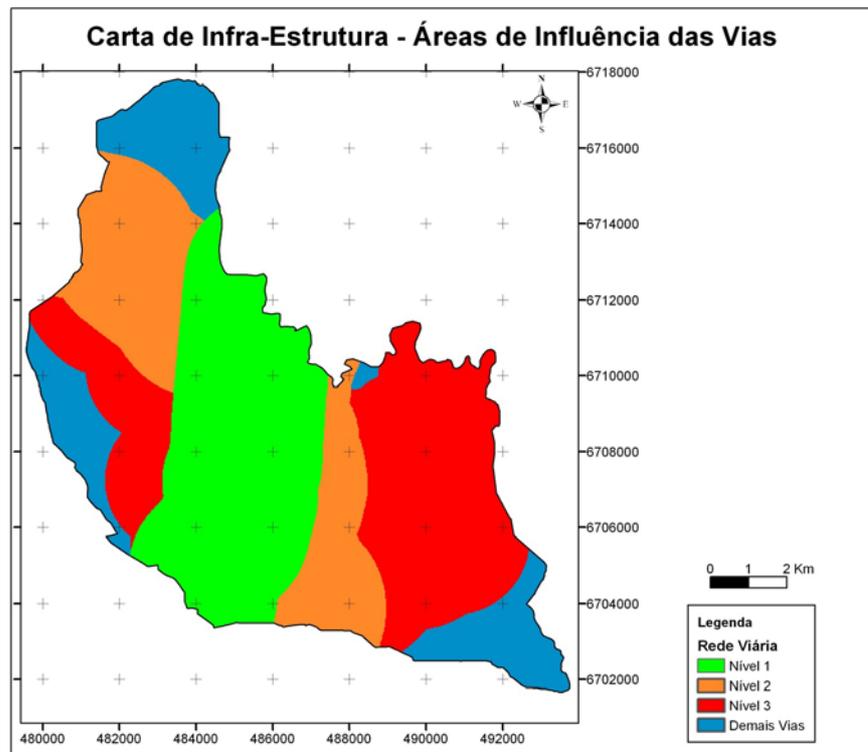


Figura 21 - Vias estruturais de São Leopoldo/RS

Para o fator infra-estrutura na análise multicritério, considerou-se apenas as vias estruturais existentes, pois essas representam os principais canais viários do município. As vias estruturais foram pontuadas de acordo com os níveis de importância estabelecidos pelo

Plano Diretor vigente, e estão representadas na Figura 21: Nível 1 – Peso: 5; Nível 2 – Peso: 4; Nível 3 – Peso: 3; e demais vias – Peso: 2.

Para delimitar as áreas de abrangência de cada via e assim identificar as mais favoráveis à localização industrial, de acordo com sua posição geográfica e importância, adotou-se uma distância máxima da infra-estrutura de 2 km (PÖYRY, 1993 apud SOUZA, 1998). Com isso, as áreas apresentadas na Figura 20, respeitando a sobreposição das de maior peso, ocupam as seguintes porções do território: Nível 1 – 33,97 km²; Nível 2 – 23,93 km²; Nível 3 – 34,43 km²; e demais vias – 18,99 km².

4.8 CARTA FINAL

A partir das seis cartas mencionadas nas seções anteriores (APP, Relevo, Uso do Solo, Geologia, Pedologia e Infra-Estrutura), foi possível criar a carta final que objetiva, através da adoção de técnicas de geoprocessamento, estabelecer áreas adequadas para implantação de distritos industriais visando, principalmente, a preservação ambiental.

Para gerar a carta final, todas as cartas tiveram que ser padronizadas e processadas no *software* SPRING, com auxílio da linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico).

Cada uma das cartas temáticas matriciais (*raster*) foi transformada em uma carta numérica (Modelo Numérico do Terreno), com seus respectivos pesos propostos para cada classe (5, 4, 3, 2, 1, 0), como mostra a Figura 22.

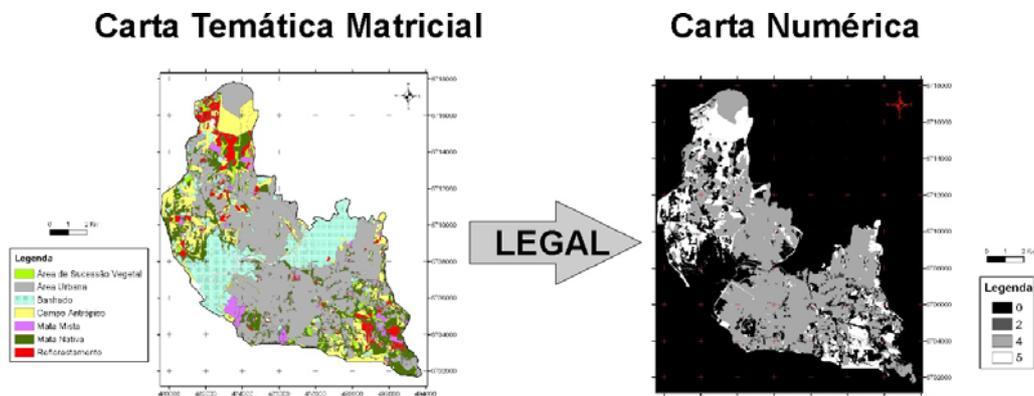


Figura 22 - Exemplo de transformação em LEGAL de uma carta temática matricial para numérica

Após a aplicação do processo de transformação para as 6 cartas, essas foram somadas, gerando uma única carta numérica (Figura 23).

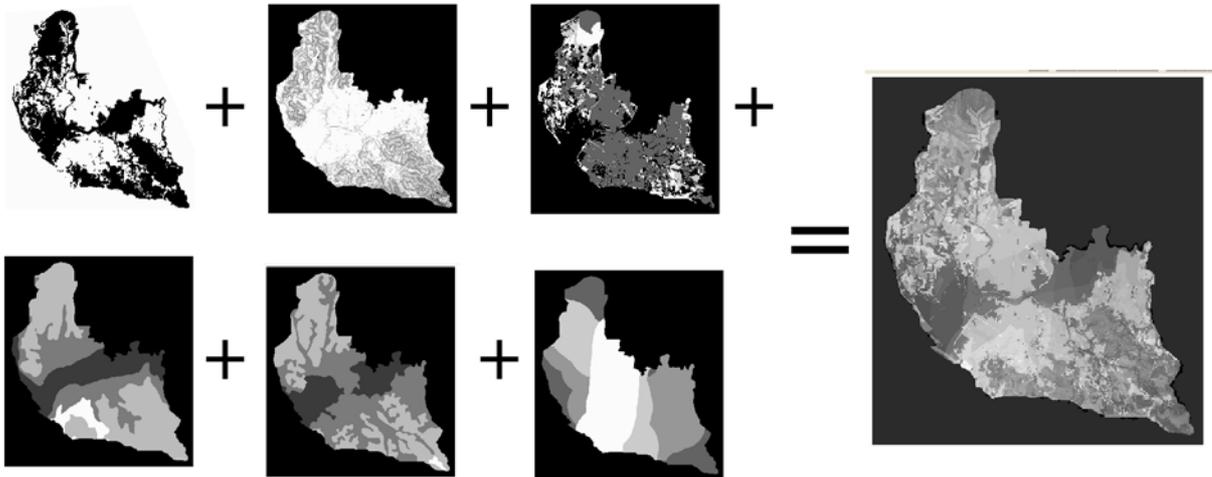


Figura 23 - Carta numérica gerada a partir da soma das 6 cartas

Para facilitar a compreensão da distribuição de valores da carta numérica gerada, foi aplicado sobre ela um processo de normalização, deixando seus valores entre 0 e 1 (Figura 24).

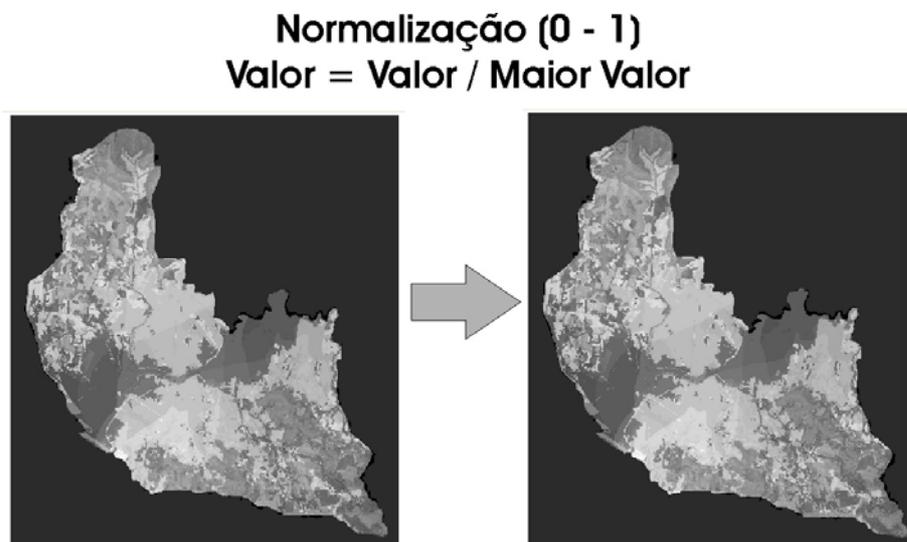


Figura 24 - Normalização entre 0 e 1 dos valores da carta numérica

Através de um histograma foi possível determinar o intervalo de valores mais significativo da carta numérica normalizada, permitindo a aplicação equitativa de um fatiamento de 6 níveis, que resultou em uma nova carta temática matricial (Figura 25).

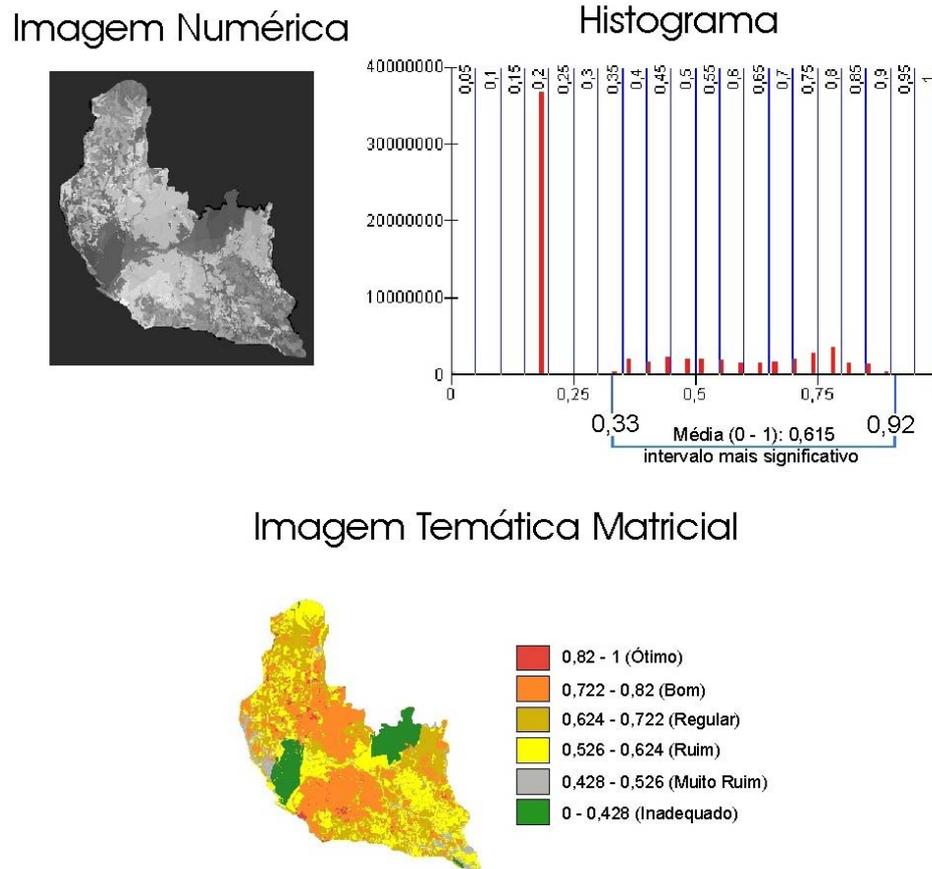


Figura 25 – Representação do fatiamento equitativo aplicado sobre a carta numérica

Finalmente, como o resultado de todos os processos não manteve as áreas determinadas como APPs, foi necessário que elas fossem inseridas novamente, com peso 0, sobre a carta resultante do fatiamento, concluindo assim a carta final (Figura 26).

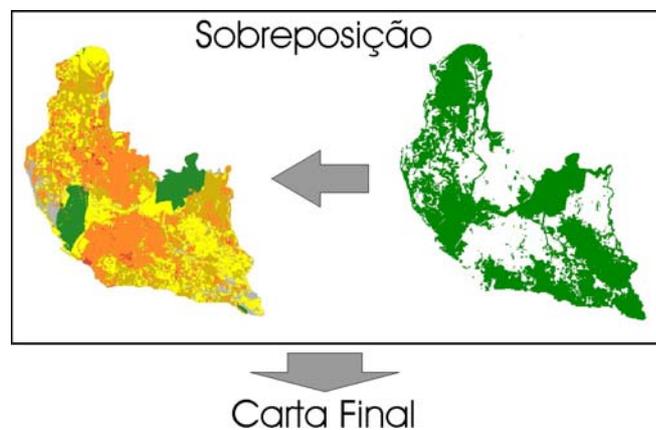


Figura 26 – Sobreposição das APPs sobre o resultado do fatiamento

A Figura 27 apresenta o resultado que indica as áreas mais adequadas para implantação de distritos industriais no município de São Leopoldo/RS.

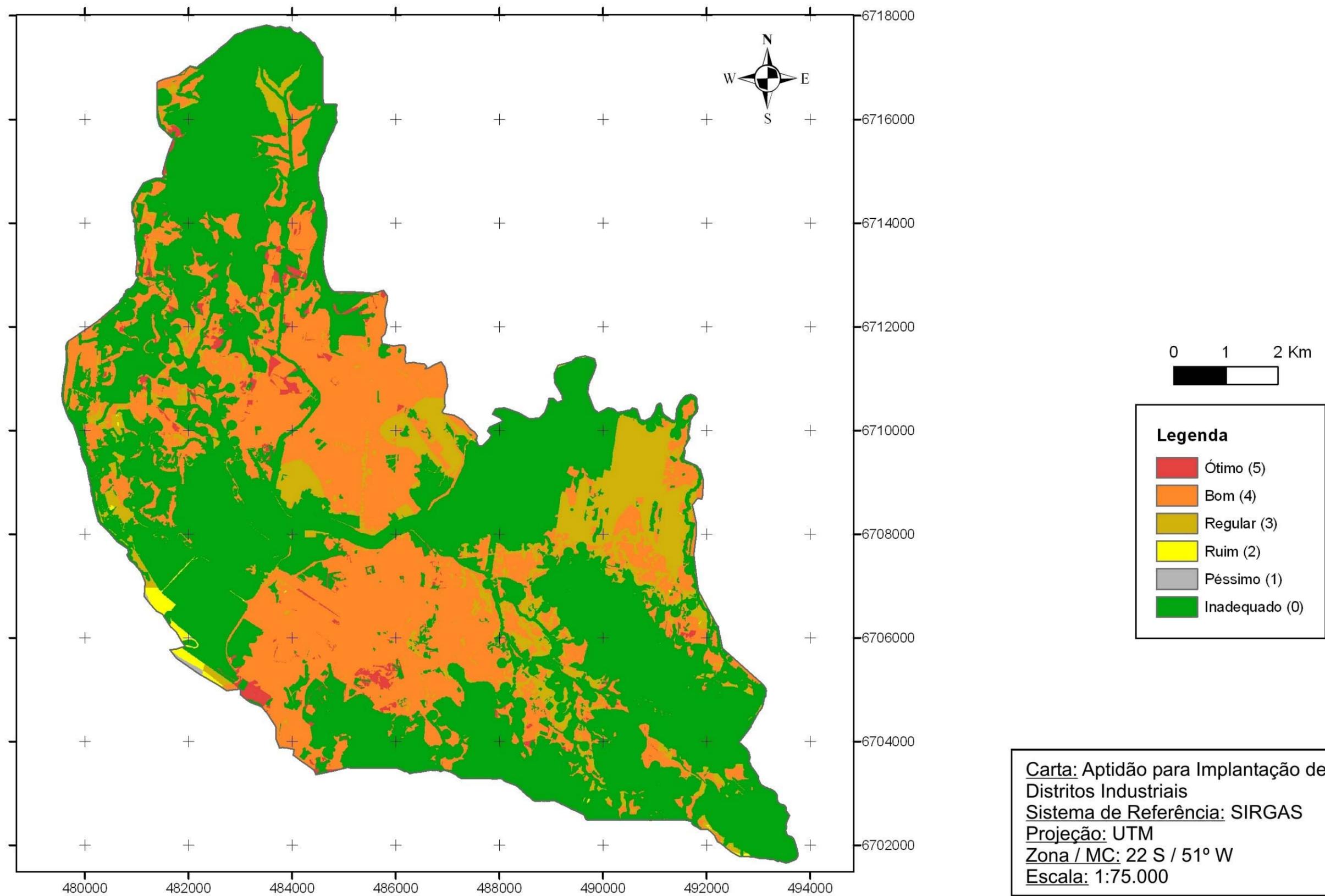


Figura 27 - Carta de Aptidão para Implantação de Distritos Industriais em São Leopoldo/RS

Para área total do município de São Leopoldo adotada nesse trabalho (111,12 km²), tem-se como resultado da análise de aptidão para implantação de distritos industriais, o seguinte:

- Ótimo (Peso 5): cobre uma área de 1,18 km² (1,06% da área total do município), ocorrendo principalmente na área urbana, próxima as vias de nível 1;
- Bom (Peso 4): ocupa uma área de 34,04 km² (30,63% do território), localizando-se principalmente na área urbana;
- Regular (Peso 3): cobre uma área de 9,82 km² (8,84% do território), concentrando-se sobre a área urbana e áreas próximas as APPs;
- Ruim (Peso 2): com uma área de 0,464 km² (0,42% do território), situando-se próxima as APPs;
- Muito Ruim (Peso 1): ocupa uma área muito pequena, com 0,064 km² (0,06% do território), ocorrendo principalmente nas extremidades do município junto as APPs;
- Inadequado (Peso 0): cobre uma área de 65,56 km² (58,99% do território), localizando-se nas áreas que devem ser preservadas de acordo com a legislação vigente.

Outra questão a ser considerada sobre as áreas aptas para implantação de distritos industriais é a direção dos ventos, que são apresentados na Figura 28, de onde é possível destacar o seguinte (TEIXEIRA, 2002b):

- Vento Leste/Sudeste: 37,6%, com ocorrência na primavera, verão e outono;
- Vento Oeste/Sudoeste: 17,5%, com ocorrência no inverno;
- Vento Norte/Nordeste: 13%, com ocorrência em todas as estações;
- Vento Noroeste: 9,8%, com ocorrência em todas as estações;
- Calmaria: 14,7% de ocorrências;
- Intensidade máxima absoluta: 110 km/h (30,56 m/s).

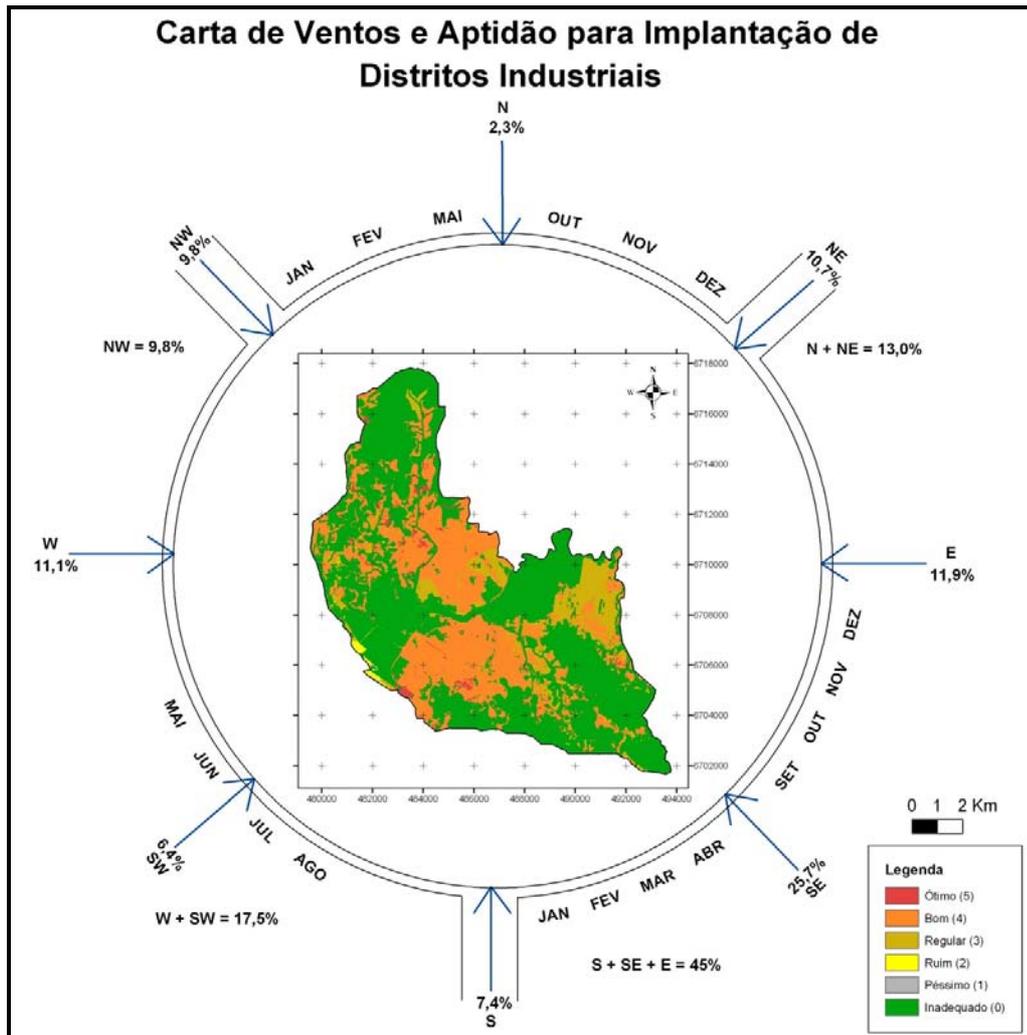


Figura 28 - Carta de ventos e aptidão para implantação de distritos industriais em São Leopoldo/RS

Os ventos que sopram com frequência do sudeste, indicam que deve haver uma maior preocupação com a emissão de gases provocada pelas industriais localizadas à sudeste, pois esses gases são direcionados na direção noroeste, onde se situa a região mais urbanizada do município. Para as demais regiões, os ventos não apresentam uma frequência tão significativa.

Na Figura 29 é apresentado o zoneamento industrial proposto em Teixeira (2002a), sobrepondo a carta de aptidão para implantação de distritos industriais.

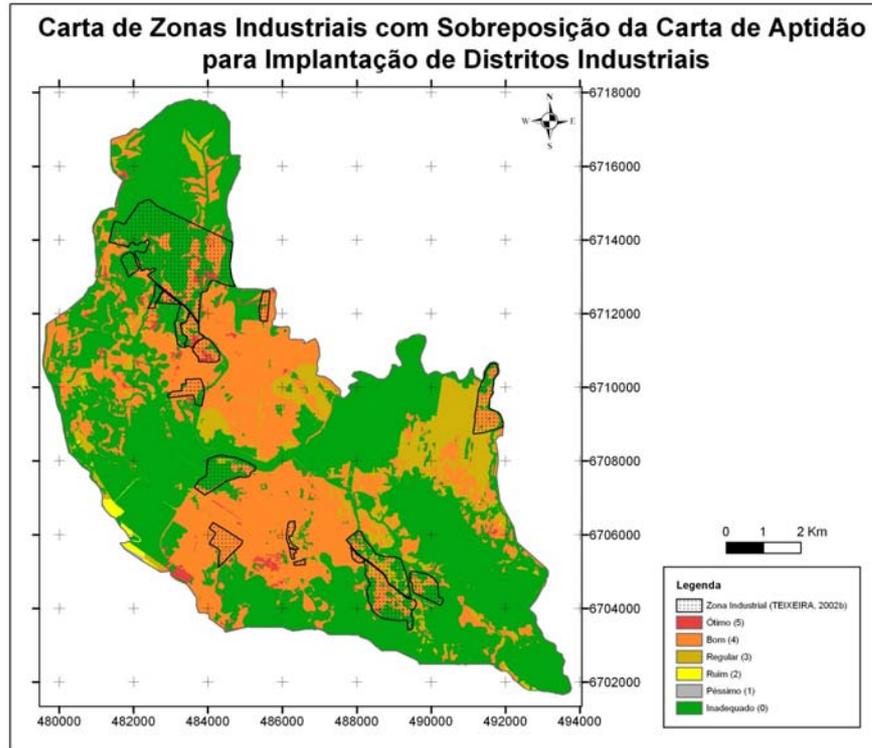


Figura 29 - Carta de aptidão para implantação de distritos industriais com sobreposição das zonas industriais propostas para São Leopoldo/RS

O zoneamento industrial proposto no Plano Ambiental de 2002 compreende uma área de 12,18 km² (10,96% do território), sendo que 8,86 km² (72,74% do zoneamento industrial) está situado sobre APPs, evidenciando a falta de critérios adotados para determinação de áreas industriais.

Na Tabela 2 é apresentado um resumo das classes utilizadas na análise multicritério com seus respectivos pesos e áreas ocupadas no município.

Tabela 2 – Resumo das Classes Utilizadas na Análise Multicritério

Carta	Classe	Peso na Análise Multicritério	Área (km²)	Porcentagem do Território
APP	APP	0	65,558	58,99
Geologia	Rio do Rasto	4	5,47	4,92
	Pirambóia	3	51,5	46,34
	Depósitos Aluvionares	1	22,82	20,53
	Depósitos Colúvio-Aluviais	2	31,32	28,18
Infra-Estrutura	Nível 1	5	33,97	30,57
	Nível 2	4	23,93	21,53
	Nível 3	3	34,43	30,98
	Demais vias	2	18,99	17,09
Pedologia	Argissolos Amarelos Eutróficos	2	48,89	44,09
	Argissolos Vermelhos Distróficos Típicos ou Abrúpticos	3	41,8	36,97
	Gleissolos e Planossolos Hápticos	1	19,81	17,83
	Nitossolos Vermelhos Distróficos Argissólicos	4	0,61	0,55
Relevo	Plano	5	61,14	55,02
	Suave Ondulado	4	26,97	24,27
	Ondulado	3	21,44	19,29
	Forte Ondulado	2	1,16	1,04
	Montanhoso	0	0,41	0,37
Uso do Solo	Área de Sucessão Vegetal	2	2,4	2,6
	Área Urbana	2	46,77	42,09
	Banhado	0	19,07	17,16
	Campo Antrópico	5	17,75	15,43
	Mata Mista	2	3,28	2,95
	Mata Nativa	0	15,4	13,86
	Área de Reflorestamento	4	5,38	4,84

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho propôs uma análise ambiental para escolha de locais aptos para implantação de distritos industriais, questão desconsiderada pela maioria dos trabalhos desenvolvidos nessa área, que visavam apenas a maximização dos lucros.

Um dos fatores que contribuíram com a inclusão de critérios ambientais, está associado ao fato de o Plano Diretor tornar-se obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes, através da Constituição Federal de 1988 e após a Lei nº. 10.257 de 2001, que estabelece o “Estatuto da Cidade” e regulamenta os dispositivos constitucionais sobre a política urbana. Isso vem auxiliando no planejamento das cidades brasileiras, contribuindo com o ordenamento da ocupação do solo.

A metodologia empregada nesse estudo, desenvolvida a partir do uso de técnicas de geoprocessamento, possibilitou ganhos de agilidade, precisão, compatibilidade, praticidade, análise múltipla, qualidade de impressão, entre outras, para os processos de entrada, processamento e saída dos dados.

É importante ressaltar que a qualidade das informações obtidas depende diretamente da qualidade dos dados utilizados na geração das mesmas. Portanto, apesar da maioria das cartas utilizadas nesse trabalho terem escala 1:10.000, as cartas de geologia e pedologia não foram encontradas com o mesmo nível de detalhamento, evidenciando a necessidade de novos estudos no sentido de produzir mapeamentos em escalas maiores do que se tem atualmente. Assim como estudos geofísicos e geotécnicos, que permitam dados mais detalhados de superfície e sub-superfície, tais como verificação da profundidade do lençol freático, fluxo do mesmo e zonas de fraturas.

Através dos critérios eliminatórios e classificatórios estabelecidos foi possível reduzir o universo de busca de áreas, o que facilita o processo de tomada de decisão pelo Poder Público.

Entre as análises espaciais executadas, os resultados obtidos permitiram uma redução de 58,99% das áreas adequadas para implantação de distritos industriais no município. Essa redução se deve ao fato dessas áreas serem consideradas APPs (Áreas de Preservação Permanente), as quais receberam peso 0 na análise multicritério, ou seja, essas áreas não devem ser utilizadas, pois são protegidas por leis municipais, estaduais e federais, e que

segundo Maltchik et al. (2003), contêm um conjunto representativo da diversidade de flora e fauna, de importância regional, que devem ser preservados.

O fato de São Leopoldo estar situado sobre uma planície de inundação, não surpreende a grande proporção de áreas ocupadas por APPs. Porém, é importante acrescentar que 24,25% dessas áreas se encontram sobrepostas por áreas construídas e 8,21% por áreas de reflorestamento, ou seja, 32,46% das APPs encontram-se alteradas.

Apesar de mais da metade do município ser composto por APPs, encontrou-se uma proporção considerável de áreas aptas para implantação de distritos industriais, sendo 31,69% consideradas boas e ótimas, e 8,84% regulares.

O comparativo realizado na seção 4.8, entre o zoneamento industrial proposto no Plano Ambiental de 2002 e a carta final do presente trabalho, evidencia a importância de trabalhos baseados em análises ambientais, uma vez que o zoneamento proposto pelo Plano Ambiental sugere que 10,96% do território municipal seja utilizado para fins industriais, sendo que 72,74% dessas áreas estão situadas sobre APPs.

A análise da direção e frequência dos ventos também deve fazer parte do processo de escolha dos locais adequados para implantação de distritos industriais, pois o deslocamento da poluição atmosférica gerada pelas indústrias que estão nos locais de maior incidência dos ventos, pode afetar a área urbana. Em São Leopoldo, deve-se ter maior preocupação com os ventos oriundos da região sudeste (25,7% de ocorrência), pois se somados com os ventos sul e leste, representam 45% da incidência de ventos no município.

Os resultados apresentados nesse trabalho confirmam a falta de critérios adotados para determinação de áreas industriais, fato comprovado ao longo dos séculos em praticamente todos países do mundo. Portanto, os projetos de assentamentos industriais devem ser revisados, incluindo critérios para preservação do meio ambiente, pois assim como para São Leopoldo, onde grande parte das áreas consideradas aptas para implantação de distritos industriais, já se encontram urbanizadas e, cada vez mais, as APPs estão sendo ocupadas para promover a política expansionista do município, outras cidades ao redor do mundo precisam começar a se preocupar com suas riquezas naturais.

A conciliação do desenvolvimento urbano com a proteção ambiental deve se fazer presente no processo decisório das prefeituras e demais órgãos públicos, pois só assim é possível garantir a sustentabilidade entre expansão e preservação.

Como sugestão para dar continuidade a esse trabalho, é proposto que nas áreas aptas para implantação de distritos industriais, sejam realizados zoneamentos por grupos industriais, de acordo com as classes abaixo (FERRARI, 1982):

- Leves e terciários – não poluem a atmosfera, as águas ou o solo, nem causam distúrbios ou incômodos à comunidade;
- Pesadas e Gerais – tem sua poluição ou seu grau de incômodo controlável, simplesmente por um processo de localização adequada nas áreas urbanizadas;
- Incômodas e Perigosas – devem ficar afastadas das áreas urbanizadas pelo incômodo permanente e incontrolável que apresentam e pelo risco de vida eminente que representam à comunidade.

REFERÊNCIAS

ACISA. **Estudo de Potencialidades de Áreas para o Parcelamento Industrial no Município de Passo Fundo –RS, convênio entre Associação Comercial, Industrial, de Serviços e Agropecuária de Passo Fundo (ACISA) e Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP)**. Passo Fundo, 2005.

ALBANO, Maria T. F. **Processo de Formulação do 2º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre**. 1999. 187 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Departamento de Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, [1999].

ALMEIDA, M. L. P. O Geoprocessamento em Lajeado - RS. O Caminho da Modernidade. In: GIS BRASIL – 94, Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SAGRES, 1994. 624 p.

ANDRADE, F. S. **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na identificação de Áreas Potenciais para a Instalação de Aterros Sanitários no Distrito Federal**. 2000. Disponível em: <http://gisbrasil.com.br/portugues/xtras_gb2000/1122/1122.htm> Acesso em: 2 fev. 2007.

BARATA, M. Gestão Ambiental Empresarial. In: II ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Eco-Eco, 1997.

BASAGAOGLU, H. et al. Selection of waste disposal sites using GIS. **Journal of the American Water Resources Association**, Middleburg, v. 33, n.2, p. 455-464. 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

BONATTO, Daltro. **Estruturação de um Sistema de Informação Geográfica para Monitoramento de Corpos d'Água**. 2002. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, [2002].

BRASIL, Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. In: **Código Florestal**. Brasil, 1965.

BUZAI, G. D. Sistemas de Información Geográfica (SIG). In: MATTEUCCI, S. D.; BUZAI, G. D. **Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial**. Buenos Aires: Eudeba, 1998. p. 185-195.

CÂMARA, Gilberto. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. 1995. 252 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, [1995].

CÂMARA, Gilberto et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Unicamp, 1996.

CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José S. de. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador, 1996. 144p.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Introdução ao Geoprocessamento. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>> Acesso em: 10 mar. 2005.

CLARK, C. Empirical evidence for the effect of tropical deforestation on climatic change. **Environmental Conservation**, New York, v. 19, p. 39-47. 1992.

CODIN – Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro. **A Industrialização no Brasil e os Distritos Industriais**. Rio de Janeiro, RJ, [198-]. 68 p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 302, de 20 de março de 2002. In: **Legislação Federal**. Brasil, 2002.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. In: **Legislação Federal**. Brasil, 2002.

DIAS, Ricardo A. **Emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no Controle da Raiva Canina**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária e Zootecnia), Universidade de São Paulo (USP), [2001].

DALOTTO, R. A. S. **Aplicação de Modelos Cartográficos para Simplificação, Prognose e Decisão nos Estudos Ambientais da Bacia Carbonífera Catarinense**. 2000. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), [2000].

EHRlich, P. R.; MOONEY, H. A. Extinction, substitution, and ecosystem services. **BioScience**, Washington DC, v. 33, p. 248-325, 1983.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. 412 p.

FACCINI, Ubiratan F.; GIARDIN, Arnaldo; MACHADO, José L. F. Heterogeneidades Litofaciológicas e Hidroestratigrafia do Sistema Aquífero Guarani na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F.; NETTO, R. G. **Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares**: Estudos de casos. São Leopoldo: UNISINOS, 2003. p.145-173.

FERRARI, C. **Urbanismo**: Curso de Planejamento Municipal Integrado. São Paulo: Pioneira, 1982. 631 p.

FISCHER, M. M. From Conventional to Knowledge-based Geographic Information Systems. **Computers, Environments and Urban Systems**, Atlanta, v. 18, n. 4, p. 233-242. 1994.

FRAGOMENI, A. L. M. **Parques Industriais Ecológicos como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental Cooperativa**. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [2005].

GALVÃO, O. J. de A. "Clusters" e Distritos Industriais: Estudos de Casos em Países Seleccionados e Implicações de Política. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 21, p. 3-49. 2000.

GATTO, L. C. S. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jaguaribe: Diretrizes Gerais para a Ordenação Territorial**. Ministério de Planejamento e Orçamento, Salvador: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 1999. 77p.

GRAEDEL, Thomas. Industrial Ecology: definition and implementation. **Industrial Ecology and Global Change**, Cambridge, UK, p. 23-41, 1994.

HUXHOLD, William E. **Information in the Organization and Applications of Urban Geographic Information Systems**. New York: Oxford University Press. 1991. Cap.1 e 3.

INFRAERO. **Aeroporto Internacional Salgado Filho**. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/aero_prev_home.php?ai=37> Acesso em: 15 mar. 2007.

INPE. **Introdução ao Sistema de Informações – SGI**. Imagem Geossistemas. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.

ISARD, W. **Métodos de Análisis Regional: Una Introducción a la Ciencia Regional**. Ariel, Barcelona, 1973. 815 p.

KUNTSCHIK, G., FORMAGGIO, A.R., GLERIANI, J.M. Cuantificación de pérdida de suelo por erosión hídrica en la cuenca del Ribeirão das Araras (SP-Brasil) en ambiente SIG, usando imágenes TM. Resultados preliminares. In: VII Simpósio Latinoamericano de Percepción Remota (Memorias- SELPER), Puerto Vallarta. **Anais...** Puerto Vallarta, 1995. p. 796-803.

LIMA, M. A. Planejamento urbano: utilização de Sistemas de Informação Geográfica - SIG na avaliação socioeconômica e ecológica - um estudo de caso. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas, e a gestão regional**. Campinas: UNICAMP, 1996. p. 218-239.

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.

MACHADO, C. B. **Utilização de Técnicas de Geoprocessamento no Estudo da Vulnerabilidade à Ocupação Urbana**: Caso do Morro Chechela, Santa Maria – RS. 2002. 77 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, [2002].

MAGRINI, A. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. **Revista Brasileira de Energia**, Campinas, v. 8, p. 135-147. 2001.

MALTCHIK, Leonardo; BERTOLUCI, Vilma D. M. e ERBA, Diego A. Inventário de áreas úmidas do município de São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Botânica**, v. 53, p. 79-88. 2003.

MARSHALL, A. **Princípios da Economia**. São Paulo: Nova Cultural, 1985. v. 1. 272 p.

MARZLUFF, J. M. Fringe Conservation: A Call To Action. **Conservation Biology**, Boston, v. 16, p. 1175-1176. 2002.

MAUAD, T. M. et al. Análise comparativa entre distritos industriais: uma aplicação do enfoque sistêmico para avaliar projetos de desenvolvimento local. In: III Internacional Conference of Iberoamerican Academy of Management, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGVSP, 2003. 29 p.

MAURO, C. A. (coord.). **Laudos periciais em depredações ambientais**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Regional, DPR, IGCE, Unesp – Rio Claro, 1997.

METROPLAN. **Seleção Preliminar de Áreas para o Futuro Distrito Industrial do Município de Nova Santa Rita – RS**. Estudo Geológico-Geotécnico (PROTEGER). Porto Alegre, v. 19, 17 p., 1995.

MOLD, Z. M. **Padrões de Localização Industrial na Área Metropolitana de Porto Alegre**. 1975. 251 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [1975].

MONTOYA, M. A. P.; CLAROS, M. E. A. C.; MEDEIROS, J. S. de. **Identificación de las áreas con riesgo de inundacion y deslizamiento en la cuenca del Rio Buquira en el Municipio de São José dos Campos – SP utilizando las tecnicas de sensoriamento remoto y geoprocementamiento**. São José dos Campos: INPE. Diciembre. Trabalho do Curso Internacional em Sensoriamento Remoto do INPE. cap. 10. 1999.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da Aurora, 2005. 294 p.

NASCIMENTO, C. E. G. **Verificação de Critérios Técnicos para Seleção de Áreas Aptas a Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de São Leopoldo – RS**. 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, [2001].

NOWATZKI, Carlos H. ; ZELTZER, Flora ; PAULA, Cezar C. Mapa Geológico da Folha de São Leopoldo-RS. **Estudos Tecnológicos : Acta Geologica Leopoldensia**, Série mapas, n. 1, São Leopoldo: UNISINOS, 1992.

NIEMELÄ, J. Ecology and urban planning. **Biodiversity and Conservation**, Boston, v. 8, p. 119-131. 1999.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, 1998.

OLIVEIRA, F. J. P. Características Geotécnicas de Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos. In: III Simpósio Sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos – REGEO 95, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, p. 563-576. 1999.

OLIVEIRA, L. E. G. Algumas considerações sobre a implantação de Distritos Industriais. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 38, p.22-69. 1976.

PÉRICO, Eduardo; CEMIN, Gisele. Planejamento do Uso do Solo em Ambiente SIG: Alocação de um Distrito Industrial no Município de Lajeado, RS, Brasil. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 1, p. 41-52. 2006.

PIRES, F.; MEDEIROS, C. B.; SANTOS, R. F. Um ambiente computacional de apoio a concepção de aplicações geográficas. In: GIS Brasil, II Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1996. p. 545-553.

RABELLOTTI, R. Is there an “industrial district model”? Footwear districts in Italy and México compared. **World Development**, Boston, v. 23, p. 29-41. 1995.

RAMALHO, G. G. C.; CALIJURI, M. L e RIOS, L. (1994) – Proposta Metodológica para Elaboração do Mapeamento Geotécnico de Viçosa (Viçosa – MG) com Uso de Sistemas de Informações Geográficas. In: GIS Brasil – 94, Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento (p.44-45), Curitiba. **Anais...** Curitiba: SAGRES, 1994. 624p.

RAMGRAB, G.E. et al. Folha SH.22-Porto Alegre. In: SCHOBENHAUS, C. et al. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. Brasília: CPRM, 2004. CD-ROM.

RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial: Um Modelo para o Noroeste de Portugal**. 2000. 323 f. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Braga, [2000].

REIS, T. E. S.; BARROS, O. N. F.; REIS, L. C. Utilização de Sistema de Informações Geográficas para Obtenção das Cartas de Solo e de Declividade do Município de Bandeirantes-PR. **Geografia**, Londrina, v. 13, n. 1. 2004. Disponível em: <<http://www.geo.uel.br/revista>> Acesso em: 3 jan. 2007.

RIBEIRO, C. A. A. S. et al. **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, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2002. p.7–18.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº. 11.520, de 3 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. In: **Legislação Estadual**. Secretária Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/lcodma.htm>> Acesso em: 13 mar. 2006.

ROLON, A. S.; MALTCHIK, L. Áreas palustres: classificar para proteger. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 228, p. 66-69. 2006.

ROSA FILHO, E. F. da. et al. Sistema Aquífero Guarani – Considerações Preliminares sobre a Influência do Arco de Ponta Grossa no Fluxo das Águas Subterrâneas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 17, p. 91-112. 2003.

SANTOS, M. A; NASCIMENTO, J. A. S. A Inserção da Variável Ambiental no Planejamento do Território. **Revista da Administração Pública**, São Paulo, v.26, n.1, p. 6-12. 1992.

SÃO LEOPOLDO. Lei nº. 5.247, de 25 de abril de 2003. Dispõe sobre a Política Ambiental de Licenciamento, Proteção e Controle, Conservação, Recuperação do Meio Ambiente e Penalidades Aplicáveis. In: **Legislação Municipal**. São Leopoldo, 2003. Disponível em: <<http://www.saoleopoldo.rs.gov.br>> Acesso em: 6 out. 2006.

SÃO LEOPOLDO. Lei nº. 6.125, de 19 de dezembro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Leopoldo. In: **Legislação Municipal**. São Leopoldo, 2003. Disponível em: <<http://www.saoleopoldo.rs.gov.br>> Acesso em: 6 out. 2006.

SÃO LEOPOLDO. Lei Orgânica Municipal, de 3 de abril de 1990. Institui a Lei Orgânica Municipal. In: **Legislação Municipal**. São Leopoldo, 1990. Disponível em: <<http://www.saoleopoldo.rs.gov.br>>. Acesso em: 6 out. 2006.

SEMAE – SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. **Obras e Serviços**. Disponível em: <<http://www.semae.rs.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

SEMMAM – SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. **Projeto de Pesquisa, Implantação de Um Sistema de Informação Geográfica para o Diagnóstico Ambiental de São Leopoldo, convênio entre Secretaria Municipal do Meio Ambiente – SEMMAM e Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS**. São Leopoldo, 2007.

SAURIM, E. **Crescimento Urbano Simulado para Santa Maria – RS**. 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [2005].

SILVA, Antônio N. R. da. et al. **SIG: Uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais.** São Carlos: Ed. dos Autores, 2004.

SILVA, Reginaldo M. da. et al. Analysis from Viability for Industrial District Implantation Inside the Environmental Protection Area Using GIS. In: CIPA 2005, XX International Symposium, Torino, 2005. **Anais...** Torino, 2005. p. 742-745.

SOUSA, C. de. **Clusters Industriais: Vantagem Competitiva e Desenvolvimento Regional.** 2003. 97 f. Dissertação (Mestrado em Economia), Faculdade de Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [2003].

SOUZA, F. C. B. **Sistema de Apoio à Decisão em Ambiente Espacial Aplicado em Um Estudo de Caso de Avaliação de Áreas Destinadas Para a Disposição de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de Porto Alegre.** 1999. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), [1999].

SOUZA, P. H. de. **A Ponderação de Fatores Ambientais para a Proposição de Zoneamento para Distritos Industriais utilizando o SIG.** 1998. 183 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento), EESC/USP, São Carlos, 1998.

SPECHT, J. Mapping Earth's Endangered Biodiversity. **GIS World**, v. 9, n. 3, p. 42-46. 1996.

STRECK, C. D. et al. Avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do arroio Candiota-RS utilizando sistemas de informação geográfica. Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 5. **Anais...** Salvador/BA.1999.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Emater/RS – UFRGS, 2002. 116p.

TEIXEIRA, M. B. (Org.). **Plano Ambiental de São Leopoldo: estruturas institucionais, legislação, planejamento e proteção ambiental.** v. 1, Porto Alegre: MTC, 2002a. 128 p.

TEIXEIRA, M. B. (Org.). **Plano Ambiental de São Leopoldo: Patrimônio Natural e Cultural e Atividades Sócio-econômicas.** v. 2, Porto Alegre: MTC, 2002b. 128 p.

TEUBNER Jr., F. J. A Utilização de SIGs para a Definição de Zoneamentos Ambientais Costeiros. In: GIS BRASIL – 94, Congresso e Feira para usuários de geoprocessamento, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SAGRES, 1994. 624 p.

THOMPSON, J. H. Some theoretical considerations for industrial geography. **Economic Geography**, Worcester, v. 42, p.356-365. 1966.

TSCHEBOTARIOFF, Gregory P. **Fundações, estruturas de arrimo e obras de terra : A arte de projetar e construir e suas bases científicas na mecânica dos solos**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1978. 513 p.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de Sensoramento Remoto e Geoprocessamento Aplicadas ao Planejamento Regional. In: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Presidente Prudente, **Resumos e Roteiros de Campo**, 1998. 12 p.

VEADO, R. W.; ISOPPO, K. K. V. Política GEO-Econômica do Município de São José – Uma Reestruturação das Áreas Industriais. In: COBRAC, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, Florianópolis, 2004. **Anais...** Florianópolis, 2004.

WALCACER, F. O avanço da comunidade sobre a área industrial. **Súmula Ambiental**, v. 57, p. 1-2. 2001.

WEBER, E.; HASENACK, H. Uso de Sistemas de Informação Geográfica no Planejamento Urbano. In: VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. 117 p.

WEBER, E.; HASENACK, H. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 6, Salvador. **Anais...** Salvador/BA. 2000.

WEBER, E.; STRINGUINI, M. A. **Os seguros de responsabilidade civil - poluição ambiental e os Sistemas de Informação Geográfica**: novas tecnologias na avaliação de riscos. Cadernos de Seguros. Fundação Escola Nacional de Seguros. Rio de Janeiro. Ano XXII, n. 112, p. 35-39. 2002.