



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE ÁREAS
APTAS À DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS**

FLÁVIO AGUIAR FOLLETTO

São Leopoldo, dezembro de 2016.

FLÁVIO AGUIAR FOLLETTO

**USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE ÁREAS
APTAS À DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS NA BACIA HIDROGRÁFICA RIO DOS SINOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Luciana Paulo Gomes

Banca examinadora: Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano
Prof. Dr. Odorico Konrad
Prof. Dr. Osmar Wöhl Coelho

São Leopoldo, dezembro de 2016.

F667u

Folletto, Flávio Aguiar.

Uso de geotecnologias para avaliação de áreas aptas à disposição final de resíduos sólidos urbanos na Bacia hidrográfica do Rio dos Sinos / Flávio Aguiar Folletto. – 2016.

169 f. : il., mapas color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016.

“Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Paulo Gomes”.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Sensoriamento remoto. 3. Lixo – Eliminação – Aspectos ambientais. 4. Gestão integrada de resíduos sólidos – Sinos, Rio dos, Bacia do (RS). I. Título.

CDU 628.46:528.8(816.5)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252)

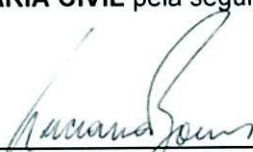
A dissertação de mestrado

**“USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DE ÁREAS APTAS À DISPOSIÇÃO FINAL DE
RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS”**

apresentada por **Flávio Aguiar Folletto**

foi julgada e aprovada como atendimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de

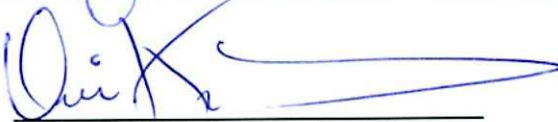
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pela seguinte banca examinadora:



Prof.ª Dr.ª Luciana Paulo Gomes
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS



Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS



Prof. Dr. Odorico Konrad
Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES



Prof. Dr. Osmar Gustavo Wohl Coelho
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

São Leopoldo, 21 de dezembro de 2016.

Dedico aos meus pais (*in memoriam*), pelos ensinamentos e exemplo de perseverança. Ao meu filho Gabriel que simplesmente define o que é o significado de amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

À minha família pela compreensão, apoio e incentivo dado a cada passo, a cada conquista. Ao meu filho Gabriel que é a luz da minha vida, minha inspiração, meu bem maior neste mundo.

À minha orientadora, Professora Luciana Paulo Gomes, pelas inúmeras contribuições durante todas as etapas da pós-graduação e pelo constante incentivo ao aprendizado.

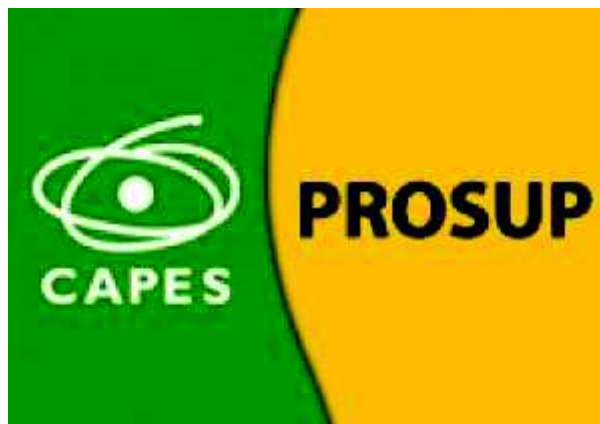
Ao Professor Marcelo Oliveira Caetano, pelas contribuições dadas ao longo do estudo. Ao Professor Rafael Rodrigo Eckardt, pelo incentivo, apoio e sobre tudo pelas oportunidades.

À Unisinos e a todos os professores do PPGEC, por proporcionarem conhecimento e aprendizado pleno a cada disciplina, evento ou mesmo pelo convívio.

Aos colegas de turma pelas trocas de experiências, trabalhos em grupo e principalmente pelo companheirismo nesta jornada. A colega Luiza, pela amizade, contribuições e por ter tornado a caminhada mais divertida.

Aos órgãos de fomento à pesquisa, CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

FONTES DE FINANCIAMENTO DA PESQUISA



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
2	OBJETIVOS	29
2.1	OBJETIVO GERAL.....	29
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	31
3.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E O CENÁRIO BRASILEIRO	31
3.1.1	<i>Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e os Aspectos Legais</i>	35
3.1.2	<i>Disposição final de resíduos</i>	37
3.1.3	<i>Gestão Cooperada ou Consórcios Públicos</i>	40
3.1.4	<i>Critérios para localização de Aterros Sanitários</i>	43
3.1.5	<i>Importância relativa aos critérios de seleção</i>	48
3.1.6	<i>Licenciamento Ambiental</i>	49
3.2	GEOTECNOLOGIAS	52
3.2.1	<i>Cartografia Digital</i>	52
3.2.2	<i>Geoprocessamento</i>	54
3.2.3	<i>Sistemas de Informação Geográfica (SIG)</i>	57
3.2.4	<i>Sensoriamento Remoto</i>	59
3.3	ÁREA DE ESTUDO.....	62
3.3.1	<i>A Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão</i>	62
3.3.2	<i>Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos</i>	63
4	MATERIAIS E MÉTODOS	69
4.1	SELEÇÃO E DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS.....	70
4.1.1	<i>Critérios Fatoriais</i>	71
4.2	LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS	73
4.3	ÁREAS PARA GESTÃO COMPARTILHADA	75
4.4	AVALIAÇÃO EM ESCALAS MAIORES	76
4.5	CRITÉRIOS PARA GESTÃO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA.....	77
5	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	79
5.1	SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA MAPEAMENTO	79
5.1.1	<i>Modelagem utilizando a lógica booleana</i>	82
5.1.2	<i>Modelagem Utilizando Critérios Escalonares</i>	95
5.1.3	<i>Classificação de Imagem por Sensoriamento Remoto</i>	105
5.1.4	<i>União de Bases Binárias e Escalonares</i>	109
5.2	ÁREAS APTAS A GESTÃO CONSORCIADA.....	113
5.3	POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM	122
5.4	CRITÉRIOS PARA GERENCIAMENTO DE ÁREAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	153
6	CONCLUSÃO.....	159
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Referência de área mínima recomendável para implantação do aterro sanitário ...	40
Quadro 2 – Diretrizes, as quais estão condicionados os pleitos encaminhados ao Ministério das Cidades.....	43
Quadro 3 – Critérios para localização de aterros sanitários.....	44
Quadro 4 – Diferentes critérios abordados por diferentes autores.....	45
Quadro 5 – Fatores associados aos diferentes critérios envolvidos.....	48
Quadro 6 – Áreas consideradas com restrições ambientais no Estado do Rio Grande do Sul.....	49
Quadro 7 – Critérios a serem considerados para EIA/RIMA.....	50
Quadro 8 – Principais componentes relacionados ao Geoprocessamento.....	56
Quadro 9 – Estrutura de apresentação de dados espaciais.....	58
Quadro 10 – Características dos sub-trechos da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.....	63
Quadro 11 – Municípios que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, número de habitantes e área inserida na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.....	64
Quadro 12– Parâmetros utilizados para cada critério envolvido.....	71
Quadro 13– Critérios e fontes de dados.....	74
Quadro 14 – Condicionantes consideradas no estudo.....	79
Quadro 15 – Critérios para os quais utilizou-se classificação binária ou booleana.....	80
Quadro 16 – Notas atribuídas para os diferentes critérios.....	81
Quadro 17 – Resultados das áreas quanto ao atendimento de critérios.....	110
Quadro 18 - Critérios utilizados no estudo para áreas consorciadas.....	113
Quadro 19 – Diretrizes, as quais estão condicionados os pleitos encaminhados ao Ministério das Cidades.....	114
Quadro 20 – Relação de áreas resultantes do processo de seleção por distância do centro gerador.....	119
Quadro 21 – Tamanho de área para gestão consorciada e resultados encontrados.....	121
Quadro 22– Critérios a serem considerados para replicação do estudo em outras Bacias Hidrográficas.....	154
Quadro 23 – Critérios a serem considerados para replicação do estudo em outras Bacias Hidrográficas.....	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre o Volume de resíduos coletados, variação de volume e o PIB.	33
Figura 2 – Razões percentuais de habitantes, resíduos gerados e PIB.	34
Figura 3 – Razões percentuais entre os resíduos destinados para aterros sanitários e variação anual.	35
Figura 4 – Razões percentuais entre o PIB, variação anual de resíduos coletados e evolução anual dos resíduos destinados a aterros sanitários.....	38
Figura 5 - Referência de Custo Global para implantação de Aterro Sanitário	42
Figura 6 – Comportamento espectral de alvos	60
Figura 7 – Comportamento da energia eletromagnética e as interações com a atmosfera.....	61
Figura 8 – Imagem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, áreas urbanas e principais vias.	65
Figura 9 – Desenvolvimento da pesquisa.....	69
Figura 10 – Relação de critérios, ferramenta e parâmetros utilizados na modelagem.	89
Figura 11 – Relação de critérios, ferramenta e parâmetros utilizados na modelagem.	105
Figura 12 – Localidade de Lomba Grande. Área de extração Santa Tecla.	152
Figura 13 – Localidade de Socorro. Área de extração de basalto.	152
Figura 14 – Roteirização de etapas e organização das bases cartográficas binárias.	155
Figura 15 – Roteirização de etapas e organização das bases cartográficas escalonares.....	157
Figura 16 – Roteirização da etapa final de desenvolvimento.....	158

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.....	85
Mapa 2 – Malha Viária e Áreas Restritas.....	87
Mapa 3 – Áreas Impróprias – Modelagem Binária.....	93
Mapa 4 – Formações Geológicas.....	97
Mapa 5 – Pedologia - Solos.....	99
Mapa 6 – Vulnerabilidade de Aquíferos.....	101
Mapa 7 – Usos e Ocupação do Solo.....	107
Mapa 8 – Áreas Consideradas Aptas pelo Estudo.....	111
Mapa 9 – Áreas Aptas – Raios de Busca <20 km.....	117
Mapa 10 – Área “A”.....	125
Mapa 11 – Área “B”.....	129
Mapa 12 – Área “C”.....	133
Mapa 13 – Área “D”.....	137
Mapa 14 – Área “E”.....	141
Mapa 15 – Área “F”.....	145
Mapa 16 – Área “G”.....	149

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.
ANA – Agência Nacional de Águas.
COMAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.
CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia.
CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente.
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.
CUB – Custo Unitário Básico.
DISA - Divisão de Infraestrutura e Saneamento Ambiental.
DPI – Divisão de Processamento de Imagens.
DSG – Diretoria do Serviço Geográfico.
EIA – Estudo de Impacto Ambiental.
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Carlos Henrique Roessler.
GNSS - Global Navigation Satellite System.
GPS – Global Position System.
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais.
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas.
LI – Licença de Instalação.
LO – Licença de Operação.
LP – Licença Prévia.
MMA – Ministério do Meio Ambiente.
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NBR – Norma Brasileira.
PEC – Padrão de Exatidão Cartográfico.
PIB – Produto Interno Bruto
PNMA – Política Nacional do meio Ambiente.
PNRS – Política nacional de Resíduos Sólidos.
PNSB – Política nacional de Saneamento Básico.
PRGIRS - Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios Integrantes do Pró-Sinos.
PRÓ-SINOS - Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Rios.
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental.
RSU – Resíduo Sólido Urbano.
SAGA – Sistema de Análise Geo-Ambiental.
SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente.
SIG – Sistema de Informação Geográfica.
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.
SPRING - Sistema para Processamento de Informações Geográficas.
UC – Unidade de Conservação.
UTM – Universal Transversa de Mercator.

RESUMO

FOLLETTO, F.A. **Uso de Geotecnologias para Avaliação de Áreas Aptas à Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. São Leopoldo, 2016. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo. 2016.

Frente aos padrões modernos de desenvolvimento e consumo, equacionar a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) tornou-se um grande desafio não só para administração pública, mas também para a sociedade. A disposição final de resíduos sólidos urbanos demanda constante expansão dos sistemas operacionais, frente ao crescente aumento populacional e consequente incremento aos volumes diários de resíduos gerados. A legislação nacional preconiza o desenvolvimento econômico e social, aliados a qualidade ambiental. A partir dessa premissa, avaliar alternativas locais de atividades e empreendimentos tornaram-se importantes ferramentas para analisar possíveis riscos a integridade ambiental. Um exemplo é a demanda por áreas para implantação de aterros sanitários, a qual implica em atender múltiplos critérios de ordem econômica, social e ambiental. Neste cenário, o presente estudo pretendeu, através das geotecnologias, identificar áreas aptas a disposição final de RSU na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Além disso, buscou-se avaliar a possibilidade de gerenciamento cooperado (consórcios públicos) entre os municípios da mesma Bacia Hidrográfica. Durante o desenvolvimento desse estudo, dados digitais inerentes a critérios ambientais, sociais e econômicos, em conjunto com aqueles relacionados ao Licenciamento Ambiental no Estado do Rio Grande do Sul, formaram um grupo de fatores limitantes à implantação de aterros sanitários, roteirizados e trabalhados em um Sistema de Informação Geográfico (SIG). Além dos dados digitais disponíveis em entidades governamentais e privadas, foram criadas bases cartográficas na ausência de informações. A partir da organização dessas bases, foram gerados mapas temáticos considerando os critérios restritivos, abordados para este estudo. Em uma segunda etapa a avaliação preconizou a possibilidade de gerenciamento compartilhado das áreas resultantes, visualizando vários arranjos entre as municipalidades. Finalmente, a metodologia proposta englobou uma análise da verdade terrestre através de imagens de alta resolução, considerando os elementos da paisagem e a eficácia da sistemática desenvolvida, além de confirmar a efetividade desta proposta, discutindo sua aplicabilidade a outras unidades de gestão. Os resultados apontam para 26 áreas, desigualmente distribuídas pela Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, em função de características físicas e ambientais. Deste total, 7 áreas apresentaram efetiva oportunidade de gerenciamento consorciado entre os municípios componentes da unidade de gestão, atendendo integralmente aos parâmetros propostos para o estudo. Além disso, as glebas selecionadas, quando submetidas a avaliação dos componentes da paisagem em maiores escalas, demonstram a efetividade e aplicabilidade da proposta. A replicação do método mostrou-se, tangível a outras regiões, refletindo a importância de avaliações pretéritas às obras de engenharia, para aterros sanitários, oportunizando redução de custos e reduzindo os impactos ambientais.

Palavras-chave: Geotecnologias; Resíduos Sólidos Urbanos; Aterro Sanitário.

ABSTRACT

Faced with modern patterns of development and consumption, equating the management of solid urban waste (MSW) has become a major challenge not only for public administration, but also for society. The final disposal of solid urban waste demands constant expansion of the operating systems, in response to the growing population increase and consequent increase in the daily quantity of waste generated. National laws recommend economic and social development, allied to environmental quality. Based on this premise, evaluating locational alternatives for activities and enterprises have become important tools to analyze possible environmental integrity risks. One example is the demand for landfill sites, which implies meeting multiple economic, social and environmental criteria. In this situation, the present study intends, through the geotechnologies, to identify suitable areas for final disposal of MSW in the Rio dos Sinos River Basin. In addition, it is intended to evaluate the possibility of cooperative management (public consortiums) between the municipalities of the same Hydrographic Basin. During the development of this study, digital data inherent to environmental, social and economic bases, together with those related to Environmental Licensing in the State of Rio Grande do Sul, formed a group of factors limiting the implantation of sanitary landfills, scripted and worked in a Geographic Information System (GIS). In addition to the digital data available in governmental and private entities, cartographic bases were created in the absence of information. From the organization of these databases, thematic maps were generated considering the restrictive criteria, approached for this study. In a second stage, the evaluation recommended the possibility of shared management of the resulting areas, visualizing arrangements between the municipalities. Finally, the proposed methodology set out an analysis of ground truthing through high resolution images, considering the elements of the landscape and the effectiveness of the systematics developed, besides confirming the effectiveness of this proposal, discussing its applicability to other management units. The results drives to 26 areas, unequally distributed by the Rio dos Sinos River Basin, due to physical and environmental characteristics. From this total, 7 areas presented an effective opportunity of management consortium between the municipalities components of the management unit, fully meeting the proposed parameters for the study. In addition, the selected areas, when submitted to the evaluation of the components of the landscape in larger scales, demonstrate the effectiveness and applicability of the proposal. The replication of the method proved to be tangible to other regions, reflecting the importance of past evaluations of engineering works for sanitary landfills, reducing costs and reducing environmental impacts.

Keywords: Geotechnology; Solid Urban Waste; Landfill.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, criou-se um senso comum e utópico, que relaciona, em um passado distante, homem e natureza de forma inter-relacionada. No entanto analisando está afirmativa, percebe-se que a humanidade, sempre utilizou a natureza de forma a servi-la como um repositório infinito de bens. Desta forma, a evolução humana, apenas alterou o poder destrutivo de seus instrumentos.

A partir da evolução do cenário industrial, ao mesmo tempo em que houve desenvolvimento tecnológico/industrial, a busca pela mão-de-obra fabril, passou a ser um atrativo a população. Nestes casos à urbanização se deu de forma desordenada e as políticas públicas não previam atendimento as necessidades de saneamento básico. Além disso, a premissa de que quanto maior consumo de produtos, maior geração de resíduos, também passou ser gerenciada de forma imediatista.

O crescimento das cidades e a expansão urbana, evidenciados em dados censitários publicados periodicamente no país, são apontados como uma das principais causas de impactos ambientais negativos. Diferente de áreas rurais, na zona urbana os hábitos de consumo da população levam a uma geração alta, contínua e crescente de resíduos domésticos, principalmente frente ao consumo de produtos industrializados.

A relação entre o consumo de produtos e a geração de resíduos são fenômenos indissociáveis e estão diretamente relacionados ao aumento da sociedade de consumo através do acesso a bens e produtos. Somente no ano de 2015, no Brasil, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) atingiu 218.874 ton/dia, segundo relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016).

Frente ao modelo atuante de desenvolvimento, equacionar a gestão de RSU, tornou-se um grande desafio, não só para gestores públicos, mas também para a sociedade. Ainda segundo o relatório da associação supracitada, embora tenha havido progresso na gestão e no gerenciamento de RSU nos últimos vinte anos, cerca de 41,3 % os resíduos gerados, foram depositados de forma inapropriada em 2015.

Pode-se afirmar que a geração de resíduos é uma questão que começa dentro dos domicílios e é transferida para o espaço público, podendo se tornar um problema ambiental de grandes proporções. Os reflexos da gestão dos resíduos sólidos urbanos, quando realizada

desordenadamente ou em caso de inexistência, atinge diretamente a saúde pública e os recursos naturais, promovendo degradação ambiental, social e econômica.

A gestão integrada insere uma imagem singular no que diz respeito à sistematização da disposição dos resíduos, pois através do gerenciamento integrado, ações regionais comuns se centralizam, gerando menores despesas financeiras e impactos ambientais. Este novo conceito, pode se estender a disposição final dos RSU, onde a tomada decisão passa pela determinação de áreas adequadas, fato dispendioso aos municípios de pequeno porte, além da demanda por áreas ambientalmente adequadas.

No Brasil a Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, a qual institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, define como disposição final adequada de RSU, a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, devendo ser observando normas operacionais específicas, evitando danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

A busca por alternativas de áreas aptas para implantação de aterros sanitários envolve tomadores de decisão, técnicos, especialistas e a comunidade. Diversas abordagens são aplicáveis ao tema, entre elas o uso e ocupação do solo, relevo e recursos hídricos, além de outros atributos físicos, bióticos e antrópicos, retratando um cenário multidisciplinar de conhecimento e sistematização de etapas e informações, indispensáveis a obtenção de bons resultados.

Entre as áreas do conhecimento as geotecnologias vêm evoluindo e proporcionando instrumentos para gestão territorial com grande eficiência. O Sensoriamento Remoto, dentro desta premissa, é uma das ferramentas técnicas avaliativas colocadas em prática, assim como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), o qual proporciona o ordenamento de um banco de dados, para selecionar entre outros, critérios técnicos, espaciais e econômicos na gestão territorial.

A partir de uma base de dados espaciais, aliada a um conjunto de atributos, direcionados a finalidade requerida, resultarão em mapas de aptidão, através de múltiplos critérios pré-estabelecidos. Além de atender o quesito localização a integração do SIG e de metodologias de apoio, possibilitam a tomada de decisão de uma maneira fundamentada, frente aos dados e informações restritivas aos múltiplos objetivos envolvidos à escolha de áreas aptas.

Neste contexto, o presente estudo visa avaliar através do uso das geotecnologias a possibilidade de gestão consorciada de resíduos sólidos urbanos para a Bacia do Rio dos

Sinos. A avaliação busca aliar técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG, abordando critérios espaciais, econômicos, ambientais, sociais e normativos para identificar áreas ou regiões potencialmente aptas para destinação final de resíduos sólidos urbanos para a região do Vale do Rio dos Sinos, através de uma abordagem regionalizada.

Frente a diversidade de aplicações relacionadas as geotecnologias e ao licenciamento ambiental dentro do escopo legal e político no Estado do Rio Grande do Sul, faz-se necessário definir as metas desta pesquisa no que tange a escolha por áreas para destinação final de resíduos sólidos urbanos. Os critérios aplicados compõem a base literária, assim como a legislação ambiental atualmente em vigor.

Não haverá ênfase, neste caso, a aspectos relacionados as demais fases de gerenciamentos de resíduos urbanos, que não a destinação final em aterros sanitários. A metodologia proposta preconiza uma temática a escolha de áreas aptas ou não aptas. Assim, a abordagem desta pesquisa não relaciona o grau de aptidão de áreas, mas procura identificar onde se encontram regiões próprias a destinação final de resíduos na Bacia Hidrográfica do Rios Sinos, conforme a metodologia proposta.

Desta forma, considera-se investigar a partir da localização e espacialização destes locais, a possibilidade de arranjos regionais para aterros sanitários que possam ser geridos de forma consorciada entre os municípios da bacia hidrográfica. As ferramentas aplicadas ao estudo visam ainda a possibilidade de replicação a outros cenários.

Este estudo se justifica ainda, frente ao atual quadro de manejo dos resíduos sólidos urbanos, onde menos de 60% do volume coletado no país, segue para destinação final em aterros sanitários (ABRELPE, 2016). Diferente das demais etapas, como, armazenagem coleta, transporte e tratamento, dispor os resíduos de forma ambientalmente adequada carece de evolução, visando assim, atender satisfatoriamente as questões ambientais e as prerrogativas legais.

Neste cenário, questões preponderantes, como, onde localizar um aterro sanitário e, quais os aspectos devem ser levados em consideração para escolha do local, tornaram-se difícil de equacionar frente ao diversificado número de fatores, relacionados a aspectos ambientais, legais, sociais e econômicos. Entende-se que, diante desta problemática, as geotecnologias se apresentam como uma ferramenta importante, capaz de englobar em grande número de fatores, possibilitando uma análise prévia confiável e tangível.

A partir dessas considerações iniciais, a estrutura do estudo foi dividida em cinco capítulos sequenciais. Este arranjo está ordenado da seguinte forma:

Capítulo 1: Corresponde a introdução a temática, a justificativa do estudo e os objetivos relacionados a pesquisa.

Capítulo 2: Apresenta o referencial teórico, abordando o contexto dos resíduos sólidos urbanos, com foco na destinação final em aterros sanitários. São abordados ainda cartografia digital e geotecnologias, com ênfase para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto. Finalmente, descreve-se a área de estudo e suas características frente ao contexto proposto.

Capítulo 3: Apresenta a metodologia da pesquisa, suas etapas e desenvolvimento.

Capítulo 4: Discussão dos resultados obtidos e suas etapas.

Capítulo 5: Aborda a conclusão do estudo com base na metodologia proposta e nos resultados encontrados.

2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos propostos no estudo, onde para este caso, buscou-se avaliar cenários de administração conjunta entre entes federados da unidade de gestão (Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos), otimizando, espaços e diminuindo impactos ambientais, além da redução de custos no gerenciamento final de resíduos sólidos urbanos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Através da utilização de geotecnologias, identificar áreas para implantação de sistemas de disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, que possam ser gerenciados de forma consorciada entre os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- ✓ Identificar, através de geotecnologias, áreas de interesse aptas para implantação de aterros sanitários.
- ✓ Avaliar através dos resultados obtidos, para o tema em estudo, arranjos intermunicipais para ações compartilhadas entre as municipalidades;
- ✓ Confirmar as potencialidades para o uso pretendido conforme os componentes da paisagem;
- ✓ Propor critérios para gerenciamento de áreas para o uso pretendido em unidades básicas de gestão: Bacias Hidrográficas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A contextualização deste Capítulo, abordará conceitos relacionados aos resíduos sólidos urbanos, com foco na destinação final ambientalmente adequada, ou seja, aterros sanitários. Outras duas abordagens dizem respeito às Geotecnologias, principalmente nas áreas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aplicados a estudos de temáticas similares a pesquisa proposta e, finalmente, a caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E O CENÁRIO BRASILEIRO

Os Resíduos Sólidos Urbanos, atualmente podem ser tratados como sendo um subproduto da atividade humana, ou então um rejeito. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da NBR 15.849/10, define como RSU, aqueles resíduos provenientes de domicílios, serviços de limpeza urbana, pequenos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços, que estejam incluídos no serviço de coleta regular de resíduos e, que tenham características similares aos resíduos sólidos domiciliares.

No Brasil, segundo Miziara (2008), até meados do século XIX, a proximidade das pessoas com os resíduos era percebida e vivenciada como algo, se não natural, pelo menos pouco problemático. O destino final dados aos resíduos em áreas urbanas eram depósitos em terrenos baldios, buracos, becos e ribanceiras, normalmente queimados quando do aparecimento de vetores ou mesmo mau cheiro. Apenas após o surgimento de doenças, essas práticas passaram a ser alvo de preocupação com a saúde pública.

A autora ainda descreve que a primeira campanha nacional direcionada a gestão de resíduos, foi articulada em 1971 pelo então governo ditatorial brasileiro, com o objetivo de desestimular o mau hábito de espalhar lixo em lugares públicos. A campanha incentivava a mudança de hábito da população, relacionando os costumes individuais ao grau de civilidade e conseqüentemente ao nível de desenvolvimento da sociedade. Neste contexto, a década de 1970 retratou uma das primeiras campanhas a nível nacional de educação ambiental.

Neste mesmo período o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, realizou as primeiras pesquisas nacionais referente as áreas do Saneamento Básico. Apesar de ser definido que as pesquisas seriam realizadas trienalmente, somente em 1989 se concretizou uma nova análise com adequação metodológica. No ano de 2000 foi realizada nova campanha, já denominada de Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Assim como nas pesquisas anteriores e a posterior no ano de 2008, novas metodologias foram utilizadas.

A quantidade de resíduos gerados pela população, entre outros fatores, está relacionada ao poder de compra e a urbanização (JUCÁ, 2014). No Brasil, esta afirmativa apoia-se ao fato de que, em um universo superior a 206 milhões de habitantes, cerca de 85% estão residindo em áreas urbanas. Além disso, o cenário econômico nacional da última década, relacionado ao Produto Interno Bruto – PIB, aponta para um crescimento médio anual per capita de 2,4%. Neste mesmo período, o país galgou uma posição de 6ª economia mundial (IBGE, 2015).

A evolução na coleta dos Resíduos Sólidos Urbanos, aumentou de 125.258 toneladas/dia, no ano de 2000, para 198.750 toneladas/dia em 2015 (IBGE, 2002 e ABRELPE, 2016). Este cenário representa um aumento aproximado de 58% para o período analisado. Para Jucá (2014), essa variação indica que a geração de resíduos não está relacionada, unicamente ao aumento da população para qual, observou-se um incremento de 12,87% no mesmo período, mas ainda, envolve fatores como o desenvolvimento econômico. O autor destaca, frente a essas relações, que o crescente aumento na geração de resíduos, resulta diretamente dos atuais padrões de qualidade de vida da população.

A Figura 1, a seguir, representa as relações dependentes entre as variáveis, Produto Interno Bruto – PIB (nacional), quantidade de resíduos coletados (toneladas/ano) e a relação de volume percentual para o período de 2010 a 2015. Os valores percentuais para variação no aumento do volume de resíduos, estão relacionados sempre ao ano anterior, por exemplo, no ano de 2014 houve um aumento de 3,2% no volume de resíduos coletados em relação ao ano de 2013 (IBGE, 2015).

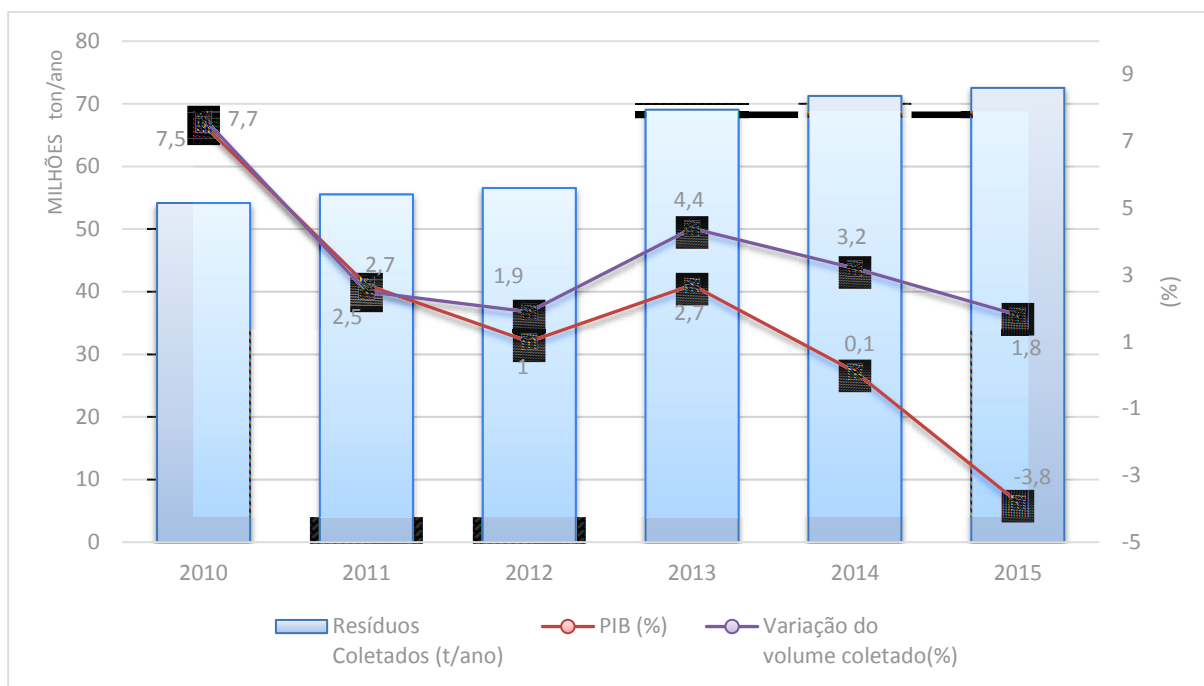


Figura 1 – Relação entre o Volume de resíduos coletados, variação de volume e o PIB.

Fonte: Adaptado de ABRELPE, (2010), (2011), (2012), (2013), (2014), (2015), (2016) e IBGE (2015).

Outro aspecto relacionado a geração de resíduos, é o fator regionalidade. Estudos publicados ao longo do tempo, como, IBGE (2008), IPEA (2012) e ABRELPE (2015), apontam diferenças significativas na geração de resíduos urbanos em diferentes regiões brasileiras e até mesmo entre os entes da federação. Neste sentido, além de fatores relacionados a população e ao PIB, outras relações pontuais e regionais devem ser vislumbradas para quantificar a geração de resíduos sólidos urbanos.

A Figura 2, a seguir, apresenta percentualmente as inter-relações do PIB, da geração de resíduos por região do país e finalmente o percentual da população brasileira que ocupa cada área. A região Sudeste, e a Nordeste são as maiores geradoras de resíduos e concentram 42% e 28% da população respectivamente. As regiões Centro-Oeste e Sudeste geram um volume percentual de resíduos superior ao número percentual da população que habita a região. A região Sul, apresenta baixo percentual de geração de resíduos em relação tanto à população quanto ao PIB (JUCÁ, 2014).

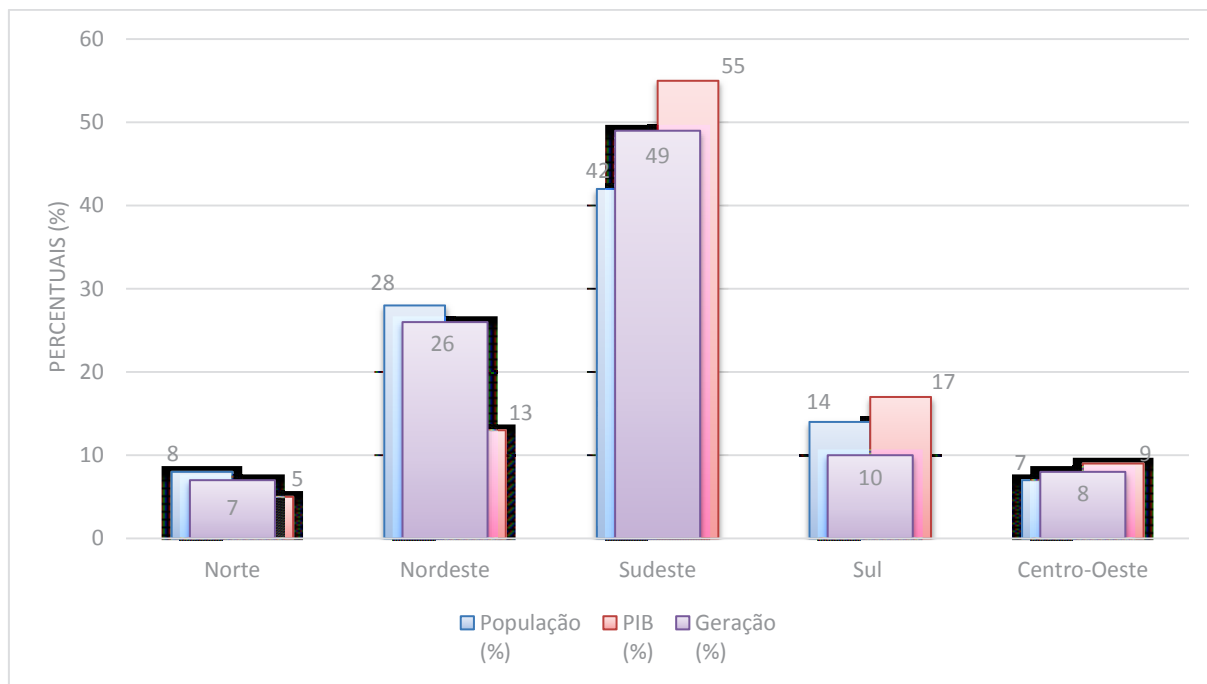


Figura 2 – Razões percentuais de habitantes, resíduos gerados e PIB.

Fonte: Adaptado de Jucá (2014) e ABRELPE (2015).

De acordo com o relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), divulgado em 2012, a geração de resíduos pode ser considerada a primeira fase da gestão de resíduos sólidos urbanos. O relatório explica ainda que, resíduo gerado não significa resíduo coletado, uma vez que, após a geração, atividades informais de coleta, disposição irregular e até a insuficiência do sistema público, são fatores relacionados a esta disparidade de dados (IPEA, 2012).

No gerenciamento dos resíduos sólidos, historicamente, têm sido alvo principal dos gestores a coleta e o transporte, especialmente em áreas urbanas. Para tanto, basta analisar os valores relacionados a cobertura de coleta que se estende a mais de 90% da população, enquanto a destinação final ambientalmente adequada atinge 58,7% dos resíduos (ABRELPE, 2016). O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, constitui responsabilidade pública e envolve a limpeza urbana, coleta, transporte, tratamento e a destinação final (JUCÁ, 2014).

A Figura 3, a seguir, enaltece as relações citadas anteriormente, com relação a pertinência a investimentos na destinação final de resíduos sólidos urbanos. O crescimento em investimento para correta destinação final de resíduos está abaixo de 1% nos últimos cinco anos, inferior ao aumento na geração. No ano de 2012, por exemplo, o percentual de resíduos destinados a aterros chegou a ser inferior ao ano anterior.

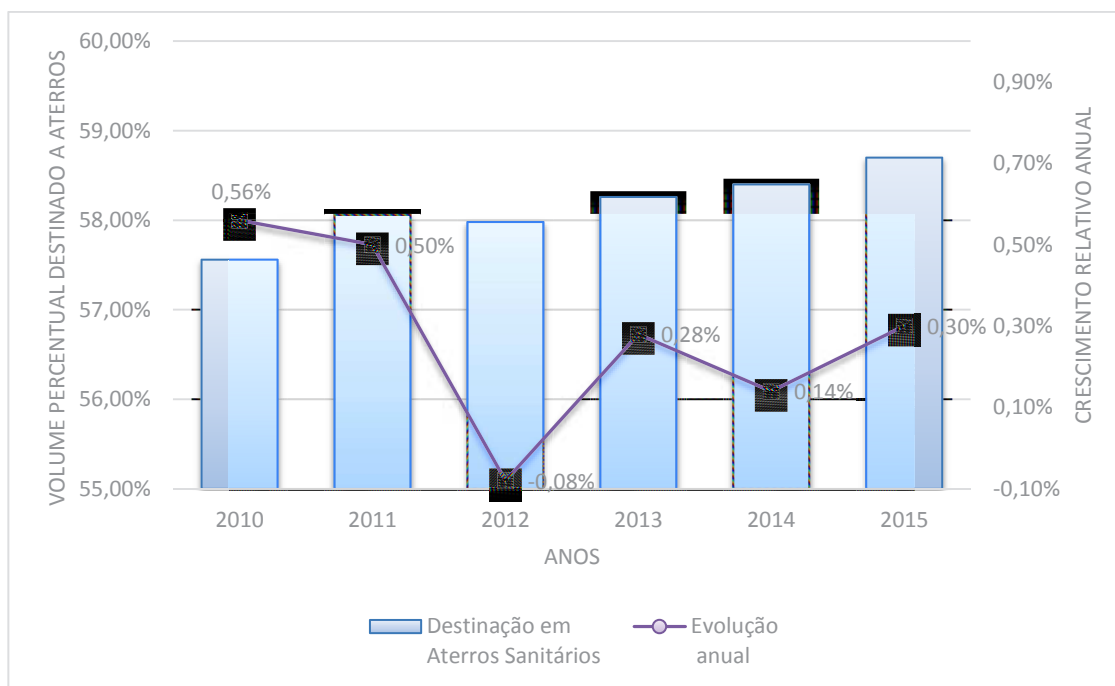


Figura 3 – Razões percentuais entre os resíduos destinados para aterros sanitários e variação anual.

Fonte: Adaptado ABRELPE (2010), (2011), (2012), (2013), (2014), (2015) e (2016).

3.1.1 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e os Aspectos Legais

Em âmbito federal, o Brasil permaneceu sem um marco regulatório específico, para gestão de resíduos sólidos urbanos, até o projeto de Lei nº 203-B, do senado federal. A proposta data de 1991, e finalmente foi a votação no senado federal em 07/06/2010, vindo a ser sancionada pelo então presidente da república em 02/08/2010, criando a Política Nacional de Resíduos Sólidos PNRS – Lei nº 12.305/10.

Na ausência de marco legal maior, o processo de gestão de resíduos sólidos urbanos, atendiam à outras normas que tangenciam a questão. A Constituição Federal e Lei Federal nº 6938/81, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, a Lei de licitações e contratações públicas (Lei nº 8.666/93), consórcios públicos (Lei nº 11.107/05), parcerias público-privado (Lei nº 11.079/04), crimes ambientais (lei nº 9605/98), Política Nacional de Saneamento (Lei nº 11.445/07), entre outras.

Anteriores ao marco regulatório, normativas na forma de Leis, Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), procuravam suprir lacunas. Entre as diversas Resoluções que dispõem sobre questões dos resíduos sólidos, podem ser citadas: 257/99, 307/02 e 404/08, entre outras, e as Resoluções CONAMA Nº 01/86 e 237/97, que obrigam a realização de Avaliações de

Impacto Ambiental para implantação de empreendimentos para tratamento ou disposição final de resíduos sólidos urbanos, como os aterros sanitários.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei nº 6.938/81, traz como um de seus principais instrumentos, o licenciamento ambiental de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras. É competência dos três níveis de governos, Federal, Estadual e Municipal, atuarem de forma complementar, suplementar ou exclusiva na legislação referente às questões ambientais.

No estado do Rio Grande do Sul, grande parte dos assuntos relativos ao meio ambiente competem à esfera estadual e/ou municipal. São tratados pela Secretária de Meio Ambiente (SEMA), através de outros órgãos vinculados com áreas de atuações direcionadas, como é o caso da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), que é a instituição responsável principalmente pela avaliação dos processos de licenciamentos ambientais e dos estudos de impacto ambiental no Rio Grande do Sul.

Segundo o Código Estadual de Meio Ambiente (Lei Estadual 11.520/00), os municípios gaúchos são responsáveis pelo licenciamento ambiental das atividades de impacto local. A definição destas atividades e o regramento do processo de descentralização do licenciamento foram estabelecidos pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), e se encontram detalhados na Resolução CONSEMA nº 288 de 2014.

Anterior a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Estado já possuía legislação referente à gestão de resíduos sólidos. A Lei Estadual nº 9.921/93, dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências. A Lei Estadual nº 14.528/14, instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, abordando princípios, objetivos, instrumentos e as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos no Estado.

Durante a década de 1990 e 2000, o cenário de carência quanto a gestão de resíduos sólidos no Brasil, atinge aspectos não só de degradação ambiental, mas também social (BROLLO E SILVA, 2001). Os autores destacam que este quadro se estendeu principalmente a famílias de baixa renda, não beneficiadas pela coleta regular, acarretando em disposição irregular. Nesta época, tais condições eram percebidas principalmente em municípios de pequeno porte, ou em regiões onde habitam as camadas sociais de baixa renda.

Após vinte e um anos de tramitação e debates políticos, no dia 02 de agosto de 2010, foi sancionada a Lei Federal nº 12.305, a qual criou a Política Nacional de Resíduos

Sólidos. A Lei Federal nº. 12.305/2010, foi regulamentada pelo Decreto Federal nº. 7.404/2010, em 23 de dezembro do mesmo ano. A regulamentação instituiu normas, cuja finalidade é viabilizar a aplicabilidade de seus instrumentos.

Para Costa e Ribeiro (2013), através da Política Nacional de Resíduos Sólidos, introduziram-se definições importantes quanto ao gerenciamento de resíduos. Este processo, segundo a legislação, aborda ações de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos trouxe ainda, inovações importantes, como a logística reversa. Através da Lei, embalagens usadas passaram a ser responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e vendedores, os quais devem realizar seu recolhimento. Foram incluídos nesse sistema produtos como agrotóxicos, pilhas, baterias, pneus, óleos lubrificantes, todos os tipos de lâmpadas e eletroeletrônicos.

Segundo Calderan (2013), a previsão da responsabilidade compartilhada envolvendo sociedade, empresas, prefeituras e governos estaduais e federal na gestão dos resíduos sólidos é outro marco importante na gestão, preconizados pela Lei. Aos Municípios cabe a tutela da coleta e o tratamento adequado dos resíduos, além de incentivos a catadores, a sociedade cabe a separação e acondicionamento dos resíduos e a indústria a reciclagem.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, de maneira geral, estabeleceu um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações com normativas, objetivando a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos sólidos. A Lei proíbe ainda, a criação de “lixões”, onde os resíduos são lançados a céu aberto e, neste caso, os municípios deverão construir aterros sanitários adequados ambientalmente, sem qualquer possibilidade de reaproveitamento do material destinado como rejeito (BRASIL, 2010).

3.1.2 Disposição final de resíduos

No Brasil a destinação final ambientalmente adequada se encontra regida pela lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, onde em seu Art. 3º, define que estão envolvidos ao processo de deposição final, a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético. Ainda, são vislumbradas outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

O aterro sanitário é um espaço ambientalmente adequado, destinado à deposição final de resíduos sólidos. De acordo com Albuquerque (2011), a estrutura física dos aterros sanitários é concebida para recepção dos resíduos sólidos urbanos, visando além da integridade a saúde pública, proteção ao meio ambiente. Conforme a NBR 15.849/10 da ABNT, o aterro sanitário é uma técnica de disposição, a qual utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos à menor área, cobrindo-os com camadas de terra periodicamente.

Dentro dessa concepção os aterros sanitários devem possuir sistemas de impermeabilização do solo, captação e tratamento do chorume e gestão adequada dos gases emitidos. O processo detalhado consiste em uma célula escavada em solo, onde é realizado, a impermeabilização e o nivelamento do terreno, obras de drenagem para águas pluviais, dispersão de gases e geração de lixiviado do processo de decomposição da matéria orgânica. (ALBUQUERQUE, 2011).

Nos últimos anos o país tem avançado na forma de dispor seus resíduos. Contudo, se considerarmos a destinação ambientalmente adequada, neste caso os aterros sanitários, esta evolução tem sido tímida nos últimos 5 anos. De acordo com o relatório da ABRELPE (2016), 58,7% dos resíduos coletados foram destinados para aterros sanitários, restando mais de 82 milhões de toneladas/ano, sendo dispostos de forma inadequada. Além disso a evolução anual na forma de dispor os resíduos, tem sido pequena e acompanham as tendências da economia brasileira, como demonstra o Figura 4.

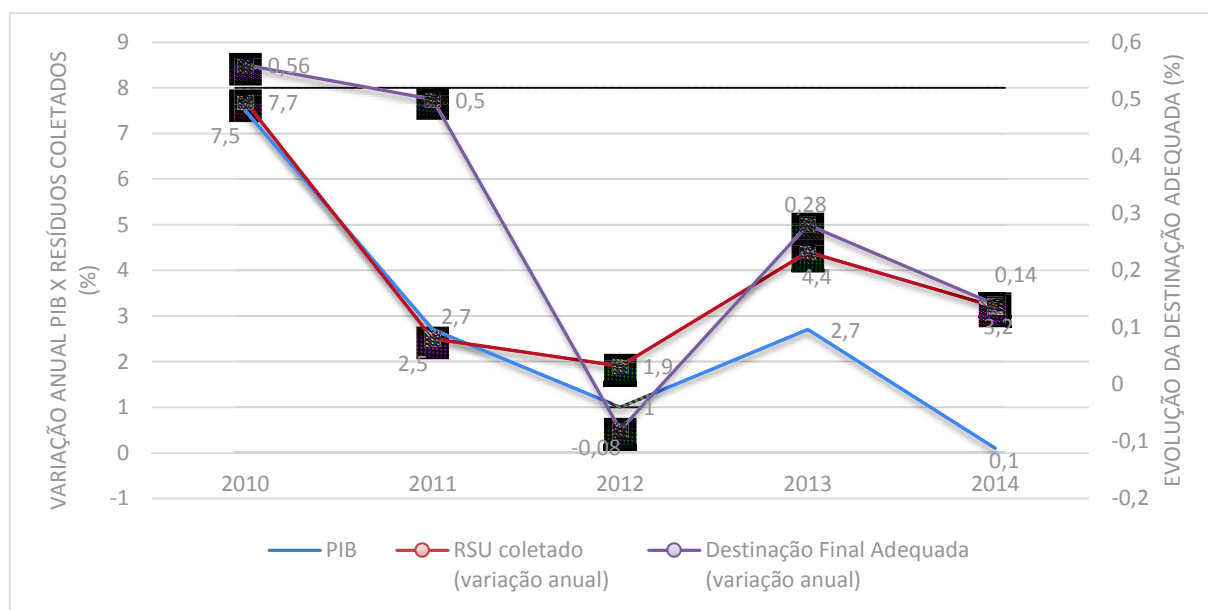


Figura 4 – Razões percentuais entre o PIB, variação anual de resíduos coletados e evolução anual dos resíduos destinados a aterros sanitários

Fonte: Adaptado de Jucá (2014) e ABRELPE (2015).

Na região Sul e Sudeste, assim como para os demais sistemas envolvidos no gerenciamento dos resíduos, o quadro de disposição final difere do restante do país. Enquanto as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste contabilizam 35,8%, 35,7% e 30,5% dos resíduos dispostos em aterros sanitários, respectivamente, as regiões Sudeste e Sul, destinam mais de 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados em aterros sanitários. No Rio Grande do Sul esse percentual atingiu em 2015, 70,9% dos resíduos coletados, os quais foram dispostos de forma adequada, segundo relatório da ABRELPE (2016).

Para Albuquerque (2011), os aterros sanitários se baseiam em técnicas sanitárias de impermeabilização do solo, compactação e cobertura diária por material inerte, coleta e tratamento de gases e lixiviados, entre outros procedimentos técnico-operacionais responsáveis por evitar os aspectos negativos da deposição final de resíduos, como por exemplo, proliferação de ratos, moscas, exalação de mau cheiro, contaminação dos lençóis freáticos e surgimento de doenças relacionadas.

Ainda conforme o autor supracitado, uma problemática relacionada aos aterros sanitários é a questão: “Onde localiza-los?”. As áreas destinadas à implantação de aterros sanitários têm uma vida útil limitada, e novas áreas são cada vez mais difíceis de serem encontradas próximas dos centros urbanos. A esta realidade, ainda está aliada à resistência das populações do entorno destes empreendimentos, os quais nem sempre são geridos de forma adequada causando infortúnios.

Diante do cenário até então discutido, o tamanho de áreas para o gerenciamento de resíduos é um fator de suma importância para gestão final de resíduos. O Ministério das Cidades através da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, definiu no ano de 2010, diretrizes para elaboração de projetos de engenharia que englobam as áreas de saneamento. Para resíduos sólidos urbanos, são definidos além do escopo de projeto, recomendações de tamanho de área para aterros sanitários.

A partir das diretrizes estipuladas pelo Ministério das Cidades, recursos financeiros disponibilizados através do governo federal serão concedidos somente mediante atendimento as prerrogativas de projeto recomendadas pelo órgão. O Quadro 1, a seguir, apresenta o tamanho de área necessária para o gerenciamento final dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários. As definições para essas áreas variam conforme o número de habitantes e pode comportar um único ente federado (apenas um município) ou ainda pode ser gerida na forma de consórcios públicos.

Quadro 1 - Referência de área mínima recomendável para implantação do aterro sanitário

População urbana atendida (habitantes)	Área mínima recomendável
Até 2.000	1,0 hectares
Entre 2.001 e 5.000	2,0 hectares
Entre 5.001 e 10.000	4,0 hectares
Entre 10.001 e 20.000	6,0 hectares
Entre 20.001 e 50.000	10,0 hectares
Entre 50.001 e 100.000	20,0 hectares
Entre 100.001 e 150.000	25,0 hectares
Entre 150.001 e 250.000	35,0 hectares
Entre 250.001 e 500.000	55,0 hectares
Entre 500.001 e 750.000	95,0 hectares

Fonte: Ministério das Cidades (BRASIL, 2010)

3.1.3 Gestão Cooperada ou Consórcios Públicos

A partir de 2005 com o advento da Lei Federal nº 11.107 e do Decreto Federal 6.017 de 2007, entra em vigor as prerrogativas que doutrinam o tema Consórcios Públicos. Desde então, os preceitos desta normativa se apresentam como uma alternativa de cooperação, entre municípios. A gestão associada de serviços públicos, poderá neste caso, permitir o alcance de metas comuns entre os entes, previamente estabelecidas.

Monteiro et al. (2011), destacam que os consórcios públicos entre municípios, proporciona gerir recursos, sejam eles humano ou financeiro, entre os consorciados. Esta ferramenta acaba viabilizando a implantações de ações, programas ou projetos, comuns aos integrantes. Esta forma de cooperação permite ainda, que os entes federativos possam prestar serviços de qualidade, abrindo mão de concessões ou terceirizações.

Para Calderan (2013), uma solução que surge referente ao tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos é justamente os consórcios públicos. Essa nova sistemática propicia uma modalidade à gestão pública municipal integrada, para gerenciar de maneira adequada seus resíduos. Estas ações visam principalmente, à implantação de sistemas para disposição final de resíduos que possam atender a mais de um município.

No Brasil as políticas e investimentos públicos atuais não cobrem a demanda para a área de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos gerados. Porém, a eficiência administrativa para com este quesito, deve ser implantada e mantida pelo órgão público local, assim como a capacitação técnica profissional, além do envolvimento e conscientização da sociedade (SUZUKI & GOMES, 2009).

As competências facultadas aos municípios, através da Constituição brasileira, envolvem constantes investimentos em uma gama de setores. A maioria dos recursos se encontra junto ao governo Federal e necessitam ser despendidos para os municípios para que cumpram com suas responsabilidades. Neste contexto a má distribuição de recursos é o ponto a ser considerado, principalmente quando se trata de municípios de pequeno porte (CALDERAN, 2013).

A autora citada anteriormente, destaca ainda que em municípios de pequeno porte, onde a receita é reduzida, gerenciar os resíduos sólidos urbanos associativamente é uma alternativa. A falta de recursos financeiros, a evolução da legislação ambiental e a escassez de áreas para disposição final, impossibilitam que municípios de pequeno porte supram as necessidades da municipalidade.

Neto et al. (2011), estimou os custos de implantação de aterros sanitários nas bacias dos rios São Francisco e Parnaíba. A partir do embasamento em planilhas de custos, com os principais elementos de projeto, surge um método que pode servir como referência para a regionalização de custos. O autor destaca, a necessidade de atualizar os preços unitários do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI e do CUB/m².

O autor citado anteriormente conclui ainda que, ocorre a diminuição dos custos per capita de implantação dos aterros sanitários, quando comparados ao número de habitantes por município. Para atender a uma população estimada em 10.000 habitantes, seriam gastos o valor de R\$ 184,06/hab, enquanto para uma população de projeto estimada em 250.000 habitantes a soma seria de R\$ 30,16/hab, segundo o estudo de caso apresentado.

Já os custos globais por habitante apresentados pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2012), apontam para valores aproximados aos apresentados anteriormente. Cabe destacar que são referências, neste caso, para orçamentos de gestão de investimentos e qualificação do gasto público em infraestrutura de saneamento. A Figura 5, a seguir, apresenta os custos globais, ou de referência, apresentados na Nota Técnica da SNSA (Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental), Nº 492/2011, para uma população entre 10.000 e 1.000.000 de habitantes.

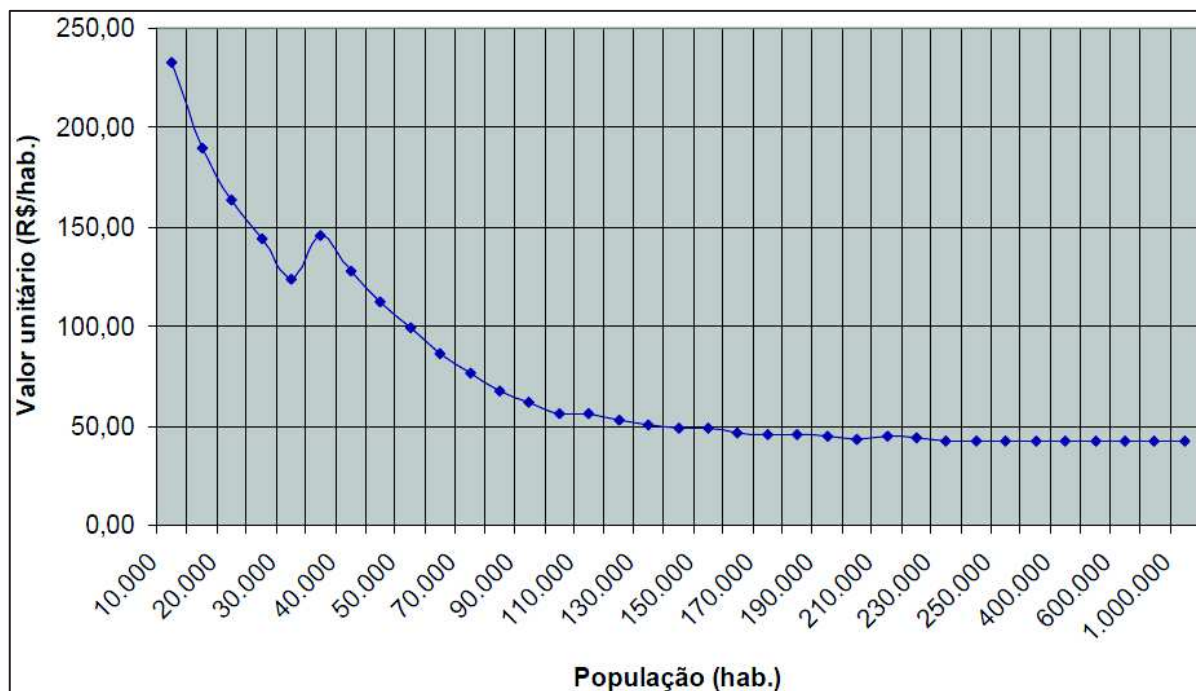


Figura 5 - Referência de Custo Global para implantação de Aterro Sanitário

Fonte: Ministério das Cidades (BRASIL, 2012)

Essas conclusões demonstram claramente a relação inversa do porte do empreendimento com os custos per capita. Dentro desta premissa, a formação e a implantação de consórcios públicos intermunicipais, para gerir a disposição final de resíduos sólidos urbanos, surge como uma alternativa viável economicamente. Além disso, esta possibilidade reduz a demanda por áreas ambientalmente favoráveis, otimizando a gestão ambiental dos resíduos.

Outra diretriz apresentada pelo Ministério das Cidades, é o Manual de Apoio a Sistemas Públicos de Manejo de Resíduos Sólidos em Municípios (BRASIL, 2012). No entanto, para o gerenciamento dos recursos liberados pelo Governo Federal, salvo alguma especificidade previamente avaliada em caráter especial pela entidade, somente serão liberados recursos aos projetos de disposição final de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, caso contemplem uma população superior a 80.000 habitantes.

Ainda segundo o Ministério das Cidades, os consórcios públicos para gerenciamento de aterros sanitários deverão manter uma distância mínima de 80 km de outro empreendimento de destinação final de resíduos sólidos urbanos. Este procedimento tem por objetivo impedir a implantação desnecessária de equipamentos de forte impacto ambiental, salvo quando estiver previsto em plano intermunicipal de resíduos sólidos (BRASIL, 2012).

As prerrogativas impostas pelo governo federal para Consórcios Públicos ou ainda convênios de Cooperação entre Entes Federados, visam comprovar viabilidade econômico-financeira, socioambiental e adequada gestão, entre os cooperados. O Quadro 2, a seguir, apresenta as principais condicionantes exigidas, para que sejam entendidas como viáveis a liberação de recursos do Governo Federal.

Quadro 2 – Diretrizes, as quais estão condicionados os pleitos encaminhados ao Ministério das Cidades.

Viabilidade econômico-financeira.	Viabilidade socioambiental.	Empreendimentos com gestão adequada.
<ul style="list-style-type: none"> - Escala adequada, mediante população beneficiada de, pelo menos 150.000 ou ainda, no caso de viabilidade demonstrada no plano intermunicipal de resíduos sólidos, 80.000 habitantes; - Comprovação de receitas suficientes para custear à manutenção dos serviços de forma adequada a operação do empreendimento, durante toda sua vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Previsão de integração, na coleta seletiva regular, dos catadores de materiais recicláveis ou reutilizáveis; - Distância mínima de 80 (oitenta) km de outro empreendimento de destinação final de RSU; - Previsão de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos recicláveis; - Viabilidade de seu licenciamento ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atender a Legislação: - Lei nº. 11.445/2007; - Lei nº. 12.305/2010; - Decreto nº. 7.217/2010; - Decreto nº. 7.404/2010.

Fonte: Ministério das Cidades (BRASIL, 2012)

3.1.4 Critérios para localização de Aterros Sanitários

Conforme Philippi & Aguiar (2005), a operação de um aterro sanitário deve ser precedida do processo de seleção de áreas, licenciamento, projeto executivo e implantação. Entre as dificuldades encontradas neste processo está o esgotamento das áreas disponíveis, refletindo neste caso, em deslocar os resíduos por maiores distâncias dos centros geradores, além do custo para com áreas de transbordo e aquisição de novos terrenos.

A problemática da destinação final de RSU, aliada ao mau gerenciamento dos serviços, implicam em um fator de risco potencial a saúde humana. Exemplos como proliferação de vetores e insetos, contaminação de águas subterrâneas e o contato humano exercido por catadores, corroboram para um quadro de alerta a saúde da população, sem mensurar o dano e a consequente remediação ambiental (SILVA e ANDREOLI, 2010).

Para Guizard et al. (2006), a demanda por áreas para deposição final em aterros sanitários se tornaram dispendiosas para a administração pública, frente à necessidade de atender a condições ambientais (físicas e bióticas), econômicas e sociais. De acordo com

Santos et.al. (2006), devido a necessidade de atender a estas prerrogativas, as regiões próprias, normalmente, estão fora dos limites do perímetro urbano. Além disso, a administração deverá buscar continuamente novas áreas, frente à extinção da capacidade de estocagem.

Philippi & Aguiar (2005), destacam ainda a inviabilidade de aterros sanitários de pequeno porte, os quais tendem a ser economicamente inviáveis. A NBR 13.896/97, estabelece exigências mínimas para a localização de aterros de modo que os impactos ambientais provenientes de sua instalação sejam minimizados. Além disso, preconiza a maximização da aceitação pública e que o local possa ser utilizado por um longo período de tempo.

A normativa, neste caso, recomenda evitar novas infraestruturas de deslocamento e acesso, necessitando apenas de um mínimo de obras para o início da operação. Tais exigências levam ainda em consideração, além dos citados, topografia do terreno, recursos hídricos, distância de núcleos habitacionais, critérios geológicos e pedológicos, vegetação, tamanho disponível e vida útil.

Lima et al. (2014), descreve uma série de critérios, os quais se encontram ordenados no Quadro 3, a seguir. Esses critérios buscam aliar uma série de parâmetros para uma análise essencial e pretérita as fases de projeto construtivo e instalações. Desta forma, tais arranjos visam a associação de estudos técnicos, ambientais, econômicos, sociais e políticos, a fim de que o resultado final satisfaça o maior número de fatores identificados.

Quadro 3 – Critérios para localização de aterros sanitários.

Critério	Condições/Parâmetros
Técnicos	Características quantitativas e qualitativas dos resíduos gerados, geografia da região, geomorfologia, pluviometria, urbanização, distância do centro gerador e aspectos urbanísticos;
Ambientais	Disponibilidade de área adequada, emissões de gases, geração de líquidos e outros que devem atender às legislações específicas;
Econômicos	Capacidade financeira de investimentos e capacidade de operação e manutenção das tecnologias;
Políticos	Fundamental importância no Brasil, em função da descontinuidade administrativa após as mudanças periódicas de gestão, que tem trazido cenários negativos na consolidação de tecnologias de tratamento de resíduos, tornando-se uma das maiores antipolíticas públicas existentes no país;
Sociais	Geração de emprego e renda e sua relação com a tecnologia a ser utilizada;

Referências	Geologia	Uso do Solo	Relevo Declividade	Recursos Hídricos Superficiais	Acesso à área	Distância de núcleos populacionais	Outros
CENÁRIO: BRASIL							
NBR 13.896 (1997)							Vida útil, custo, profundidade do lençol freático
Ornelas (2011)							Rede Viária
Domingos; Brito (2010)							Assentamentos Inkra, Poços de Petróleo
Gregório et al. (2013)							Rede Viária, Unidades de Conservação
Braga; Pereira (2014)							Rede Viária
Muniz (2013)							Legislação de uso de solos

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos trabalhos citados.

Os aspectos apresentados, independentemente da região, consideraram os recursos hídricos e a declividade do terreno, como principais fatores a serem considerados, seguidos por aspectos geológicos, usos e ocupação do solo, áreas urbanas e por fim, vias de acesso. Esses fatores são observados, avaliando conjuntamente as publicações citadas no Quadro 4. Porém, no Brasil, a NBR 13.896/97, rege as concepções de projeto, sendo seguida para vários estudos, somando-se outros critérios.

Ao sintetizar estes estudos fica evidenciada as singularidades regionais, ou seja, os critérios variam de acordo com as peculiaridades locais em relação à área estudada, como por exemplo, a existência de aeroportos, unidades de conservação, assentamentos, barragens, entre outros. Desta forma, nota-se que para uma análise que considera tantas variáveis, deve haver um prévio conhecimento do local da área de estudo, procurando alternar parâmetros, com foco as especificidades locais.

Outro aspecto evidenciado em estudos para determinação de áreas aptas ao destino final de resíduos sólidos urbanos são os métodos adotados para análise conjunta de multicritérios. Autores como Lourenço et al. (2015), atribuíram notas para esta finalidade. Este processo consiste em atribuir valor numérico entre zero e dez, ou zero e cinco, de acordo

com a aptidão de determinado parâmetro. Os autores exemplificam, entre outros, a questão pedologia, atribuindo maiores notas aos Argissolos, seguido de Cambissolos e Neossolos.

Gbanie et al. (2013), também classifica os Argissolos como sendo aqueles com maior potencial a implantação de aterros sanitários se comparados a solos arenosos. Outro destaque, na mesma publicação, são as notas atribuídas aos usos e ocupação do solo. Para este parâmetro os autores consideram áreas de campo mais aptas (maior nota), seguidas de áreas florestais e de cultivo.

Seguindo a atribuição de notas em uma análise exploratória, Josimović & Marić (2012), atribuíram de forma escalonar, valores de aptidão para fatores geológicos, usos e ocupação e distância da rede viária. Para os autores, áreas originadas da decomposição de rochas magmáticas são melhores pontuadas quando comparadas a áreas sedimentares, xistos e arenitos.

Para região do Vale do Rio dos Sinos, Gomes et al. (2001), agruparam as unidades geológicas de acordo com o potencial hídrico regional. A formação Sanga do Cabral recebeu maior pontuação, seguido das formações do período do Quaternário e nota zero para formação Botucatu. Pedologicamente os autores consideraram os solos Argissolos mais adequados, seguidos de Nitossolos e Planossolos.

As notas atribuídas pelos autores baseiam-se no fato de que Planossolos apresentam péssima drenagem e ocorrem em áreas inundáveis, os Neossolos são solos pouco desenvolvidos, não apresentando horizonte B diagnóstico, enquanto isso, os Chernossolos são pouco porosos e apresentam argilas expansivas e pegajosas quando molhadas, o que dificulta a drenagem e os Argissolos apresentam maior teor de argila, característica que lhes confere baixa permeabilidade, se caracterizando como uma impermeabilização eficiente.

A distância da malha viária, também é representada de forma escalonar por Gbanie et al. (2013) e por Josimović & Marić (2012). Ambas as publicações abordam distâncias entre 50 e 300 metros da rede viária como aquela considerada ideal. A medida que se considera a possibilidade de afastamento das áreas de deposição final de rodovias e estradas as notas gradativamente são reduzidas.

Outro método empregado em conjunto separadamente as avaliações escalonares é conhecido como lógica *booleana*, também chamada de binária ou bivalente. Através deste método se reconhece somente dois valores: verdadeiro ou falso. Desta forma determinado

objeto pertence ou não a certo conjunto de dados, não havendo possibilidade de valoração quantitativa de determinado dado. (NASCIMENTO, 2012).

3.1.5 Importância relativa aos critérios de seleção

Segundo Bueno (2013), a integração de diversos critérios, como aqueles abordados no Quadro 5, englobam fatores de ordem Socioeconômica, legais e Ambientais, possibilitando identificar áreas favoráveis, previamente. Através de estudos de campo, podem ser confirmadas e indicadas para a instalação de aterros. Rocha et al. (2010), identificaram que o conjunto de variáveis relacionadas ao meio físico, relacionam-se a fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, geotécnicos e hidrológicos.

O autor destaca ainda as questões relacionadas aos aspectos socioeconômicos, como por exemplo o valor da terra, uso e ocupação dos terrenos, distância de centros urbanos, integração à malha viária, aceitação da população e de suas entidades organizadas. Além dessas condições, a definição de critérios deve abordar aspectos legais e normativos, entre os quais, as NBR 13.896/97 e a bibliografia referente ao tema.

Quadro 5 – Fatores associados aos diferentes critérios envolvidos.

Meio Físico	
Geológicos / Geotécnicos	Características dos materiais que compõem o substrato dos terrenos: distribuição e características das unidades geológico-geotécnicas que ocorrem na região e as principais feições estruturais, como, falhas e fraturas;
Pedologia	Características e distribuição dos solos na região estudada, devendo ser observados os tipos de solo de ocorrem na região e a identificação dos tipos de solo mais apropriados como material de empréstimo;
Geomorfologia	Dinâmica do relevo do terreno (planícies, encostas, coxilhas, etc.).
Recursos Hídricos:	Águas subterrâneas e superficiais (profundidade do lençol freático, principais mananciais, bacias e corpos d'água de interesse ao abastecimento público e áreas de proteção de manancial);
Clima	Chuvas, temperatura e ventos predominantes.
Socioeconômicos	
Valor da terra, o uso e ocupação do solo, a distância da área com relação aos centros atendidos, a integração à malha viária e aceitabilidade da população e de suas entidades organizadas.	
Crítérios Legais	
São informações sobre as leis ambientais (federais, estaduais e municipais), como, localização das áreas de proteção ambiental, áreas de proteção de mananciais, parques, reservas, áreas tombadas pelo patrimônio histórico; e informações sobre o zoneamento urbano das cidades estudadas além de normativas técnicas.	

Fonte: Adaptado de Bueno (2013).

Nascimento (2012), aborda outros fatores de cunho operacional/financeiro. O autor destaca cenários a serem avaliados integralmente aos já destacados como por exemplo, distância das áreas urbanas aos aterros, vias de acesso, tamanho das áreas, vida útil do aterro, material de cobertura e distância de aeroportos. Questões de ordem social também são enaltecidas, como a inexistência de conflitos com a comunidade local (aceitação).

3.1.6 Licenciamento Ambiental

Além das prerrogativas apresentadas, no Estado do Rio Grande do Sul, assim como nos demais Estados da federação, existem normativas específicas para implantação de empreendimento capazes de causar danos ambientais. Essas condições regionais, podem ser; Leis, Resoluções, Decretos, Diretrizes Técnicas, Portarias, entre outras. Em virtude de o licenciamento ambiental ser gerido por esses procedimentos, a implantação de aterros sanitário no Estado, está condicionado ao atendimento das especificações do órgão ambiental licenciador (FEPAM, 2016).

A Divisão de Infraestrutura e Saneamento Ambiental (DISA), departamento ligado a FEPAM, mantém atualizados, formulários destinados ao licenciamento ambiental de atividades relacionadas a RSU, incluindo aterros sanitários. Basicamente o licenciamento é dividido em três etapas: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Algumas dessas etapas podem ser unificadas ou então dispensadas, dependendo da atividade a licenciar.

Especificamente para aterros sanitários, as normativas do órgão licenciador estipulam a necessidade de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Este processo é obrigatório, para novos aterros sanitários que recebam mais de 60 toneladas/dias, ou ainda, aqueles que serão ampliados e possuam essa capacidade de recebimento diária. Fica a critério da FEPAM, solicitar EIA/RIMA, em casos de recebimento de 20 a 60 toneladas/dia de RSU, ou ainda, aqueles que estejam situados nas áreas com restrições ambientais, como listadas no Quadro 6, abaixo.

Quadro 6 – Áreas consideradas com restrições ambientais no Estado do Rio Grande do Sul

Unidades de Proteção Especial	Estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, estadual e municipal, área de proteção ambiental, área de relevante interesse ecológico, floresta nacional, estadual e municipal, entre outras.
Unidades de Conservação (UC)	Conforme legislação vigente, sendo obrigatório a autorização do órgão responsável pela UC.
Região Costeira - Programa Estadual de Gerenciamento	Espaço físico territorial (620 km de costa), abrangendo todo o sistema lacustre/lagunar da planície costeira desde Torres

Costeiro (GERCO), Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/06) e Código Florestal (Lei nº 12.651/12)	até o Chuí, sendo o seu limite Leste a isóbata de 50 metros. Área de abrangência da Mata Atlântica, Florestas Nativas e Áreas de Preservação Permanente.
Aspectos Físicos	No perímetro urbano dos municípios, em áreas cujas características geológicas, geomorfológicas e geotécnicas, representam dificuldades para as soluções técnicas conhecidas de controle de poluição. Áreas que constituem zonas de recarga de aquíferos.
Delimitações Geográficas	Região Metropolitana de Porto Alegre e aglomerações urbanas definidas em lei. Áreas com restrição de usos, ou de importância do ponto de vista ambiental, atendendo às legislações federal, estadual e municipal.

Fonte: Adaptado de FEPAM (2016).

Em caso de EIA/RIMA, os aspectos a serem abordados também são geridos pela legislação e por normativas estaduais. A partir deste cenário, o órgão ambiental licenciador também impõe restrições técnicas para instalação de aterros sanitários. O Quadro 7, a seguir, aborda os parâmetros listados para satisfazer os estudos de alternativas locacionais, no Rio Grande do Sul, divididos em Critérios Eliminatórios Mínimos e Critérios Classificatórios Mínimos, como define a FEPAM.

Quadro 7 – Critérios a serem considerados para EIA/RIMA

Critérios Eliminatórios Mínimos	<ul style="list-style-type: none"> • Distância máxima do (s) centro (s) gerador (es) dos resíduos; • Distância mínima de aeródromos; • Impedimentos legais/regulatórios referentes a distanciamentos mínimos de obras de infraestrutura como redes de alta tensão, barragens, sistema viário, entre outros; • Áreas sujeitas a alagamentos; • Predominância de áreas de preservação permanente; • Ocorrência de fragmentos florestais nativos, com potencial de corredores de fauna e fluxo gênico; • Presença de espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção; • Distância mínima de Unidades de Conservação; • Fragilidade geo-estrutural (falhamentos e fraturamentos); • Potencial de vulnerabilidade de aquíferos; • Impedimentos legais referentes à legislação municipal reguladora do uso e ocupação do solo, e demais regulamentos municipais.
	<ul style="list-style-type: none"> • Distância de recursos hídricos; • Distância de núcleos habitacionais; • Presença de áreas de preservação permanente; • Direção preferencial dos ventos; • Interferência ou proximidade com zonas de importância biológica considerando-se os seus atributos ecológicos e fragilidades; • Interferência sobre corredores ecológicos; • Vegetação a ser suprimida, quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos;

<p style="text-align: center;">Critérios Classificatórios Mínimos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uso e ocupação do solo nas áreas de entorno; • Distância da borda dos platôs; • Áreas de nascentes e cabeceiras (drenagens de 1° e 2° ordem visíveis em escala 1: 50.000); • Vulnerabilidade dos aquíferos; • Compatibilidade da implantação do empreendimento com políticas setoriais, planos e programas governamentais e não governamentais, propostos e em implantação; • Características do solo; • Caracterização hidrogeológica; • Declividade menor que 30%; • Interferência na paisagem; • Interferência e distância em relação a Unidades de Conservação de Proteção Integral (Federais, Estaduais e Municipais); • Interferência em Terras Indígenas, projetos de assentamento, comunidades quilombolas, e em outras comunidades tradicionais; • Interferência em patrimônio arqueológico, histórico e cultural; • Viabilidade técnico-econômica; • Tamanho mínimo de lote em função da vida útil do aterro.
---	--

Fonte: FEPAM, (2016)

As singularidades regionais descritas para o Quadro 4, o qual, abordou a escolha de áreas, segundo a perspectiva de diferentes autores, se mostram comuns a muitos parâmetros imprescindíveis aos estudos para licenciamento da atividade apresentados no Quadro 7. Outra semelhança com os aspectos científicos, neste caso, é a avaliação local, onde pondera-se questões pontuais das áreas pretendidas para os estudos de localização de aterros sanitários.

Ainda no que se refere a questão regionalidade, esta pesquisa apresenta, a frente no item 2.3 (Área de Estudo), trabalhos realizados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e que envolveram estudos direcionados a esta temática. Outras avaliações próximas a Bacia Hidrográfica também fazem parte deste escopo, auxiliando na abordagem de critérios restritivos inerentes aos aspectos locais.

Diferentes formas de ponderação dos parâmetros mencionados, permite através de sua integralização, identificar áreas favoráveis sem custos prévios significativos, para posteriormente conduzir estudos de campo, que possam confirmar as pré-indicações para a instalação de aterros. Nesta dinâmica de integração, Brollo (2001), Rocha et. al (2010) e Braga & Pereira (2014), se basearam na cartografia digital, associada às geotecnologias como os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

3.2 GEOTECNOLOGIAS

Fonseca (2008), afirma que existem várias terminologias e conceitos encontrados na bibliográfica, para definir geotecnologias. Porém, o autor destaca que se trata de um conjunto de recursos tecnológicos, os quais, englobam, geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global. Essas ferramentas visam a coleta, processamento e análise de informações com referências geográficas.

Segundo Moraes; Ferreira e Oliveira (2010), no planejamento da gestão territorial, as geotecnologias se tornaram uma ferramenta eficaz. Esta afirmativa está amparada na necessidade de conhecimento espacial do ambiente, afim de avaliar através do planejamento estratégico as tomadas de decisão. Deste modo, as geotecnologias possibilitam uma análise integrada de fatores que podem, significativamente, contribuir destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

3.2.1 Cartografia Digital

Para Silva et al. (2013), “*a cartografia digital se tornou a base, o ponto de partida para quase todas as outras representações espaciais modernas*”. Segundo os autores, relaciona-se a aplicabilidade de uma diversidade de *softwares* e computadores, especializados em manuseio de bancos de dados geográficos e conseqüentemente cartográficos. Essa alternativa possibilitou a cartografia uma gama de novas possibilidades ao longo do tempo, difundindo o tema em várias áreas da pesquisa.

O avanço na cartografia digital a que se refere o parágrafo anterior, está relacionado a transição de formatos analógicos, para às bases cartográficas em meio digital. O conceito para esta transformação digital não é novo. Paulino e Carneiro (1998) apud Silveira, Carneiro e Portugal (2008), conceituam base cartográfica digital como um conjunto de registros em formato digital cujos elementos representam e expressam cartograficamente o conhecimento das características de um determinado ambiente e de seus componentes.

A partir desta contextualização, as bases cartográficas digitais possibilitaram incorporar e representar uma diversidade maior de informações do ambiente mapeado. Este método é representado através das camadas de informações, antes limitadas de serem representadas em meios analógicos. Com isso, aliado ao advento dos SIG, surgiu à necessidade de estruturação das bases cartográficas digitais

Loch (2006), aborda a importância de rotinas para geração de produtos cartográficos digitais. Há esta padronização se relacionam, principalmente, à escala adequada

de mapeamento, a Projeção (representação plana da superfície), sistema de coordenadas adotado, e o *Datum* utilizado (sistema de referência). No Brasil a Projeção utilizada é a UTM (Universal Transversa de Mercator) e o *Datum* oficial é o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) (IBGE, 2016).

Silveira, Carneiro e Portugal (2008), salientam ainda que devido a expansão das geociências houve também um aumento na demanda por dados digitais. Frente a esta premissa Silva et al. (2013), enfatiza a necessidade de conhecimento das normas básicas da cartografia, no que tange à produção cartográfica de mapas usuais, exemplificando mapas topográfico, assim como os temáticos.

Normativas nacionais para com a questão cartografia, estão relacionadas a Decretos, Resoluções e Especificação Técnica. É o caso do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfico), estabelecido pelo Decretos nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Além deste instrumento, o Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008, trata da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE.

Outra referência a normatização é a Especificação Técnica para a estruturação de dados geoespaciais vetoriais (ET-EDGV), da Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), através do Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Dentre as atribuições que competem a CONCAR, está a de elaborar instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia terrestre nacional. A partir desta premissa foi publicada em dezembro de 2009 a Resolução nº 1, definindo o perfil de metadados geoespaciais do Brasil.

Apesar dessas normativas regerem a atual cartografia digital, Santos et al. (2010), recorda que o PEC data de época em que os procedimentos cartográficos eram analógicos. Desta forma o Brasil carece de regramento atualizado, uma vez que, ainda são empregados parâmetros inerentes ao Decreto de 1984. Os autores destacam ainda, que o país vem se esforçando através de um grupo de trabalho chefiado pelo IBGE, para formar novas diretrizes.

Como já evidenciado anteriormente, a necessidade por dados digitais na cartografia, vem crescendo com o avanço das Geociências. Silveira, Carneiro e Portugal (2013), apresentam dois caminhos para estruturar a base cartográfica: Utilização de dados existentes ou a partir da criação de bases cartográficas para a finalidade pretendida. Neste último caso os dados dependem de levantamento *insitu*.

Um exemplo largamente utilizado para o estado do Rio Grande do Sul, são os dados produzidos por Hasenack e Weber (2010). Os autores geraram uma base cartográfica

vetorial contínua para o Estado em uma escala 1:50.000. Esse processo foi desenvolvido com a vetorização de 462 cartas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A partir das cartas referidas anteriormente, resultaram elementos da altimetria (pontos cotados e curvas de nível), hidrografia, sistema viário, manchas urbanizadas e limite do Estado. O IBGE, ANA (Agência Nacional de Águas), Serviço Geológico do Brasil (CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), entre outras entidades, disponibilizam dados digitais para aplicação em cartografia digital a diversas finalidades.

Outras fontes importantes de dados estão relacionadas a SEMA/RS (Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul), através da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. A entidade disponibiliza uma base de dados relacionada a áreas úmidas, localização de nascentes, entre outras. Dados digitais também podem ser adquiridos no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Todas essas fontes de informações digitais estão baseadas em tecnologias como: Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, levantamento de campo, e vetorização de dados analógicos, ou seja, exceto este último, as demais técnicas são comuns e empregados a mais tempo nas áreas da Geociências e da Engenharia. A partir desta coleta de dados é possível formar uma base digital de acordo com aplicação pretendida.

3.2.2 Geoprocessamento

Piroli (2010), traduz o termo geoprocessamento separadamente, assim sendo: “Geo” como significado de terra, superfície ou espaço e “processamento”, relacionado a informações ou informática. Segundo esta avaliativa, geoprocessamento se resume ao estudo de um espaço qualquer, fazendo uso de tecnologia computacional e, conseqüentemente a possibilidade de agregação de atributos relacionados ao espaço geográfico em estudo.

Ainda segundo o autor, este ramo da ciência estuda o processamento de informações georreferenciadas. Ou seja, informações munidas de dados que possibilitam sua localização geográfica através de um sistema de referência e uma série de coordenadas. Com isso, este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos, geralmente cartográficos, relacionados principalmente à localização, associada de seus atributos (feições físicas, biológicas, sociais, entre outras).

A partir desta contextualização, as ferramentas e metodologias de geoprocessamento, possibilitam um estudo integrado da realidade para análise ambiental

(CÂMARA, DAVIS E MONTEIRO 2001). Essa alternativa de tratamento de dados tem proporcionado uma análise ambiental, ligada a um extenso conjunto de fatores, frente a complexidade dos sistemas ambientais. Essa metodologia permite estabelecer relações sistêmicas entre as variáveis em julgamento, ponderando ou até mesmo limitando espaços, onde as características pretendidas sejam consideradas inadequadas para o caso.

Os autores citados anteriormente, vislumbram uma série de conceitos relacionados a geoprocessamento, usuais nas áreas de pesquisa aplicada aos constituintes do espaço físico. Além disso, salientam que o geoprocessamento é uma tecnologia multidisciplinar, convergindo para diferentes disciplinas científicas, para as quais o espaço é uma linguagem comum. Se a variável “onde” é importante para o escopo do estudo, então o geoprocessamento é uma ferramenta imprescindível, destacam os autores.

Uma visão mais aplicada em Geoprocessamento, como descreve Piroli (2010), utiliza escalas de mensuração que permitem associar grandezas, numéricas ou não, a cada objeto representado. A modelagem deste sistema, a partir de um objetivo para o qual as variáveis são selecionadas e combinadas, resultará na geração de um modelo da realidade espacial pretendido. O autor destaca ainda, oito componentes relacionados ao geoprocessamento, como demonstra o Quadro 8, a seguir.

Quadro 8 – Principais componentes relacionados ao Geoprocessamento

Informática	<i>Hardware</i>	Computador e aos periféricos utilizados.
	<i>Software</i>	Aplicativos que fornecem as rotinas e módulos necessários para adquirir, armazenar, visualizar e plotar as informações geográficas.
Sistemas de Informações Geográficas (SIG):	Ferramenta para produção de mapas.	Geração e visualização de dados espaciais.
	Suporte para análise espacial.	Combinação de informações espaciais.
	Bancos de dados geográficos.	Funções de armazenamento e integração de informações espaciais.
Sensoriamento Remoto:	Orbital	Informações são coletadas por sensores localizados em órbitas ao redor do planeta (ex: imagens de satélite).
	Sub-orbital	Realizado por equipamentos aerotransportados não localizados em órbitas (ex: aeromodelos)
GNSS (<i>Global Navigation Satellite System</i>) Sistema Global de Navegação por Satélite.	Sistemas de satélites que emitem sinais de rádio, captados na superfície por receptores GNSS. Em função da localização dos satélites calcula e informa a coordenada de qualquer ponto da superfície da terra.	
Mapas e Cartas topográficos	Transformados e/ou convertidos em dados digitais são usados como fonte primárias de informações.	
Topografia e Levantamentos em Campo	Permite o levantamento de informações com qualidade, principalmente em pequenas áreas (ex: áreas urbanas). Complementam e confirmam as informações em campo de mapeamentos em escalas menores.	
Processamento Digital de Imagens	Transformações e adaptações para modificar uma imagem (ex: composições de bandas de imagens de satélite, correções atmosféricas, aplicações de filtros e de contrastes, elaboração de fusões de imagens, transformações e restituições, classificações de imagens, reclassificações, entre outros).	
Capacitação Profissional	Capacidade para aplicar os recursos tecnológicos disponíveis, integrar o uso das diferentes metodologias, interpretando os resultados.	

Fonte: Adaptado de Piroli, (2010).

Frente as descrições apresentadas no Quadro 8, se reforça a premissa da multidisciplinariedade, onde, para a aplicação no geoprocessamento, far-se-á uso do conjunto, ou parte daqueles apresentados anteriormente. Diferentes usuários podem analisar inter-relações de diferentes fenômenos ou apenas determinar características pontuais ou de evolução espacial do ambiente. (PIROLI, 2010)

Nascimento (2012), afirma que a ferramenta de maior destaque dentro do geoprocessamento são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O autor conclui ainda, que provavelmente, por essa razão, muitas vezes os termos são utilizados como sinônimos, sendo que, na verdade, o segundo está contido no primeiro. O SIG está bastante difundido, frente sua capacidade de armazenar e processar dados, além de combiná-los, gerando informações por meio de relatórios, gráficos ou cartografia temática.

3.2.3 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Devido a precariedade da informática na década de 50, Estados Unidos e Inglaterra não tiveram sucesso na tentativa de produzir e gerir mapas de forma automatizada (CÂMARA, MONTEIRO e DAVIS, 2001). Segundo Smith, Goodchild e Longley (2015), o primeiro SIG foi desenvolvido para a construção de um sistema de inventário de recursos naturais no Canadá, o *Canadian GIS (Geographic Information System)*. Contudo a sua capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas.

Nos anos 70 surgem os primeiros sistemas comerciais de CAD - *Computer Aided Design*, ou projeto assistido por computador, contribuindo para melhorar as condições de produção de desenhos e plantas para engenharia. Essa base veio a servir de referência para os primeiros sistemas de cartografia automatizada. Nas décadas seguintes, outros sistemas foram lançados como o Arc/Info, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute – ESRI* e o Idrisi, lançado pela universidade de Clark, no estado do Massachusetts (USA).

No Brasil, o SIG passou a ser introduzido a partir dos anos 80, através da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Um grupo de pesquisadores do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia, desenvolveu o Sistema de Análise Geo-Ambiental ou SAGA. Paralelamente o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – (INPE) estabeleceu a Divisão de Processamento de Imagens – DPI, o qual, criou o Sistema de Tratamento de Imagens – (SITIM) e o Sistema Geográfico de Informações – (SGI). No ano de 1991 surgiu o Sistema para Processamento de Informações Geográficas – (SPRING) para ambiente *Windows*, bastante difundido no país.

Nascimento (2012), destaca que, atualmente, existem diversos SIG disponíveis no mercado. Alguns destes *softwares* são gratuitos como o é o caso do SPRING desenvolvido pelo INPE e o gvSIG, que teve sua origem em Valencia na Espanha em 2004, financiado pela União Européia. A autor enaltece a evolução dessas ferramentas ao longo do tempo, como por

exemplo, para os quesitos qualidade, interface com usuário e produtos gerados. Outros produtos como é o caso do *Google Earth e Maps* são exemplos disponíveis na internet.

Para Smith, Goodchild & Longley (2015), o gerenciamento de um SIG envolve operações como; sobreposição de mapas (combinação de dois ou mais mapas ou camadas), *buffer* simples (delimitação de regiões em um mapa, a uma determinada distância de um ou mais recursos, como cidades, estradas ou rios), entre outras operações básicas do sistema. A possibilidade de gerir essas informações ganhou impulso nas áreas das ciências ambientais.

Os autores supracitados destacam ainda, para a área ambiental com relação a aplicabilidade do SIG, como aquela onde se envolve uma série de ações, entre as quais o Sensoriamento Remoto. Neste caso, abrange aplicações de filtragem e/ou operações algébricas (álgebra de mapas), com técnicas de processamento de uma ou mais camadas, resultando em nova face do mapa. Como exemplo, a manipulação de dados chamados matriciais, pode resultar em um novo conjunto de imagens.

O Quadro 9, apresenta as formas dos dados em um SIG, podendo estes serem de dois tipos, vetoriais ou raster (também conhecido como matricial). Dados vetoriais são representados por pontos, linhas ou polígono (áreas), enquanto os dados raster, constituem imagens de satélite, fotos aéreas e mapas digitalizados (GHILIANI E WOLF, 2013). Estes dados possuem ligação a uma tabela de atributos que define espacialmente sua representação e características.

Quadro 9 – Estrutura de apresentação de dados espaciais

Estrutura Raster ou Matricial	Estrutura Vetorial
<ul style="list-style-type: none"> - A delimitação do espaço é representado através de uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente formando células ou <i>pixels (picture element)</i>. -As células possuem dimensões verticais e horizontais iguais, definindo sua resolução (área abrangida no terreno por cada célula). - É a estrutura comum das imagens de satélite, fotografias aéreas digitais e mapa digitalizados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Situados em sistemas de coordenadas bidimensional ou tridimensional. - Ponto: representado por uma única coordenada. - Linhas: no mínimo um par de coordenadas. -Polígonos: representado por várias coordenadas (pontos), com ponto em comum. - Fornecem a topologia das figuras geométricas.

Fonte: Adaptado de Ghliani e Wolf, (2013).

Frente as considerações descritas até o momento, os SIG permitem acesso à informação múltipla e integrada numa única base de dados. Desta forma possibilitam a elaboração de diferentes cenários alternativos e a simulação dos seus efeitos espaciais. Essas

alternativas permitem, por exemplo, melhorar as definições de medidas de planejamento a serem aplicadas na área pretendida. Por este motivo, constituem instrumentos importantes de apoio à decisão nos diferentes níveis.

O banco de dados destinado a manipulação no SIG, depende do projeto idealizado. Desta forma, os parâmetros, indicadores, e variáveis estarão relacionados diretamente ao contexto de trabalho. Para que sejam exploradas as funcionalidades do programa, a aquisição das fontes de dados, devem se levar em conta alguns aspectos. Nascimento (2012), descreve fatores como a escala de trabalho, área de estudo, confiabilidade das fontes e custos de aquisição.

Segundo Ghiliani & Wolf (2013) antes da utilização de dados existentes é imprescindível a verificação do conteúdo contido. Além da origem dos dados, acurácia, data, sistema de referência utilizado, entre outros, deve ser examinado para determinar sua relevância ao o estudo de caso. Os autores destacam ainda que a geração de dados pode ser desenvolvida através de digitalização de fotos aéreas com restituidores, de materiais gráficos, entrada via teclado, mapeamento móvel ou ainda levantamento de campo.

Como já destacado no subitem “Cartografia Digital”, muitas fontes de dados estão disponíveis em órgãos conhecidos. É o caso de entidades governamentais, federais e/ou estaduais, Secretarias, Prefeituras, Concessionárias e outros. Caso não se encontre todos os dados necessários, Pirolli (2010), sugere a geração da base digital desejada, desde que haja conhecimento prévio das técnicas de coleta de dados e utilização de equipamentos apropriados em função do tipo de informação necessária.

3.2.4 Sensoriamento Remoto

Muitas definições permeiam o meio bibliográfico para o termo “*sensoriamento remoto*”. Entre elas está a definida por Liu (2006), como uma técnica, não só de aquisição, mas de aplicação de informações sobre um objeto, sem nenhum contato físico como o mesmo. Desta maneira, Florenzano (2011), destaca que este ramo da tecnologia, permiti adquirir imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

O sensoriamento remoto se baseia no uso de sofisticados sensores capazes de medir a quantidade de energia eletromagnética, conforme sua interação com um objeto ou área como demonstra a Figura 6 (JANSEN, 2009). O autor ainda diferencia sensoriamento remoto, quando comparado a cartografia digital ou SIG. Enquanto os dois últimos exemplos

fazem uso de ferramentas ou dados gerados por outras tecnologias o sensoriamento remoto é fonte de informações.

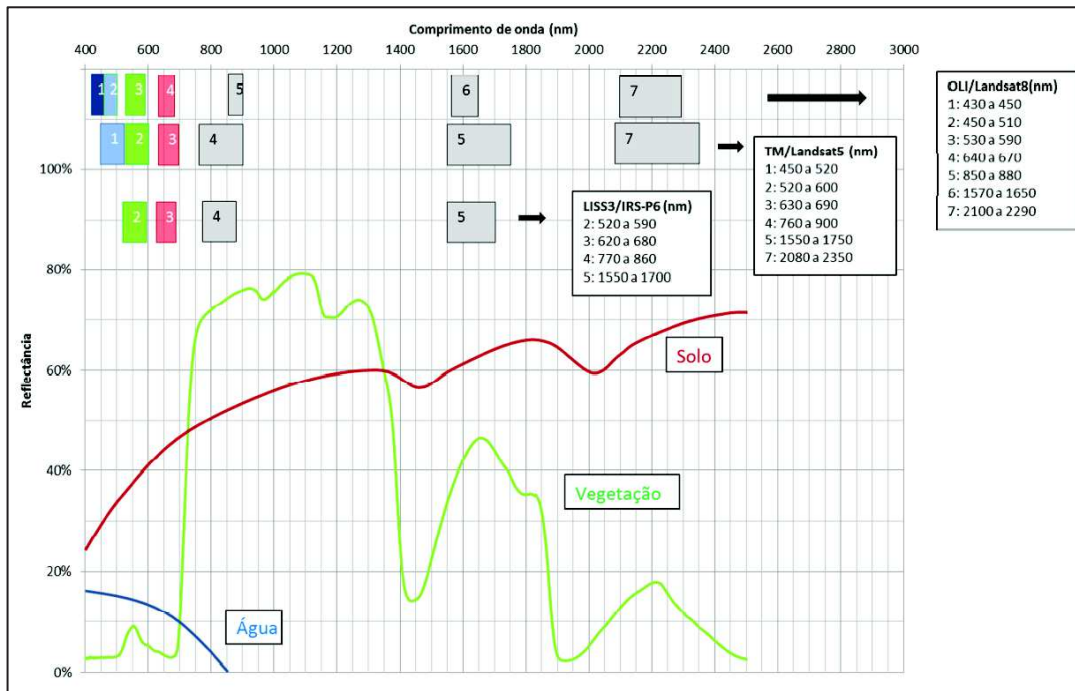


Figura 6 – Comportamento espectral de alvos

Fonte: Bastos (2014).

Grande parte dos estudos nesta área, como destaca Jansem (2009), se relacionam ao registro espacial de atributos do objeto no terreno. Cada *pixel* da imagem está associado a coordenadas x , y específicas da região em questão. Os padrões da informação espacial associada a diferentes alvos, permitem que a mesma seja usada em conjunto com outros dados espaciais, como em um SIG, por exemplo, ou ainda dar suporte a decisão.

Liu (2006), descreve que o comportamento espectral dos alvos terrestres é registrado em diferentes faixas ópticas do espectro eletromagnético. Essas faixas são separadas por diferentes bandas ou canais, compostas por distintas configurações. As quadriculas do terreno ou *pixel*, são ordenados em matrizes regulares, munidos de dados digitais, no qual cada valor corresponde a quantidade de energia refletida em diferentes gamas do espectro eletromagnético.

O autor supracitado destaca ainda que, além das características espectrais peculiares de cada alvo (água, solo, vegetação, entre outros), o método de medida utilizado pelos sensores varia entre equipamentos. Tais elementos dependem características técnicas: resolução espacial (tamanho do *pixel*), resolução espectral (número de bandas e largura de cada banda do espectro eletromagnético a que um sensor é sensível), rádio métrica (quantidade máxima possível de “número digital” por canal) e temporal.

A interação macroscópica de ondas eletromagnéticas com os respectivos alvos é explicada por Menezes e Almeida (2012), exemplificando a relação tamanho de onda e objetos. As irradiações das ondas do visível e do infravermelho, da luz solar, (0,4 a 2,5 μm), possuem tamanhos menores que o das moléculas de vapor de água que compõem uma nuvem, (em média 30 μm). Devido a essa diferença, as ondas que incidem nas nuvens são barradas e refletida de volta ao espaço.

No caso exposto, o sensor então registrará a intensidade da refletância da nuvem, formando uma imagem da mesma e não dos objetos que estão sobre a superfície terrestre. O contrário acontece quando o comprimento da onda for maior que o diâmetro das partículas. Neste caso, a onda atravessa a nuvem e incide nos objetos da superfície terrestre, sendo por eles refletida de volta para o equipamento. O radar é um exemplo de sensor que trabalha com micro-ondas, podendo gerar imagens, mesmo que o céu esteja totalmente coberto por nuvens.

A Figura 7, a seguir, representa as interações entre a irradiação solar e as atenuações proporcionadas pela atmosfera terrestre. Essas difusões ou dispersões são fenômenos naturais atmosféricos e previstos por técnicas de sensoriamento remoto. Menezes e Almeida (2012), discutem ainda, que em média, 47% do fluxo de radiação que incide na superfície terrestre é absorvido pelos materiais da superfície terrestre, 37% é refletido pela Terra (incluindo nuvens e atmosfera) e 17% é absorvido pela atmosfera.

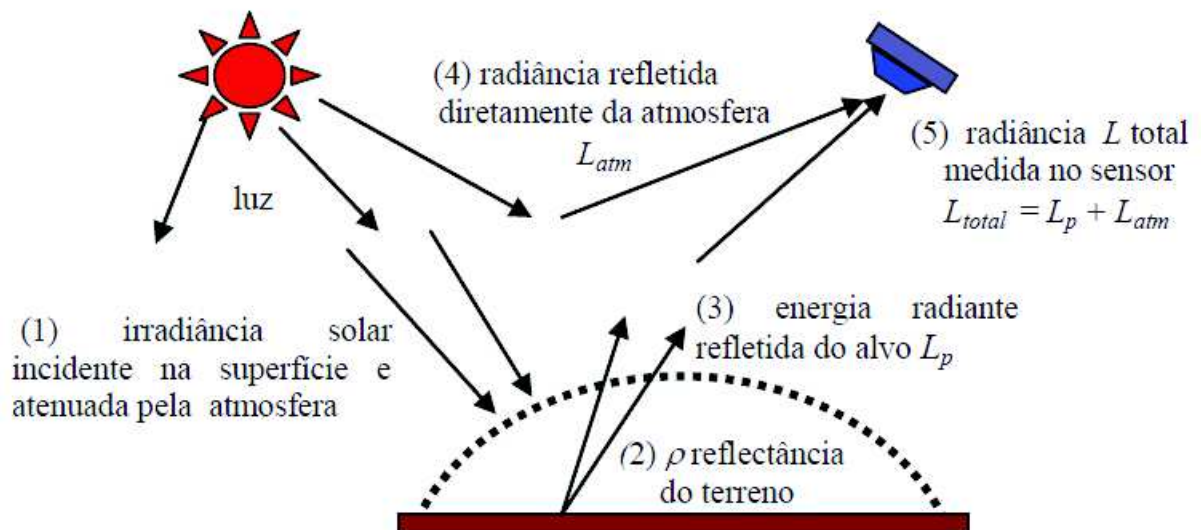


Figura 7 – Comportamento da energia eletromagnética e as interações com a atmosfera

Fonte: Menezes e Almeida (2012).

A atual constelação de satélites oferece uma gama de imagens para atender a ampla necessidade dos usuários. Sensores capazes de detectar áreas unitárias inferior a 1 metro e ainda a possibilidade de visualização estereoscópica 3D, são usualmente empregadas

em cadastros multifinalitários e cartografia digital. Várias outras finalidades, entre as quais, acompanhamento da mudança da paisagem e constituição de rochas, está à disposição para usuários através de sensores com um grande número de bandas espectrais (ANDRADE FILHO e RIBEIRO, 2014).

Existem várias séries de satélites de Sensoriamento Remoto em operação, entre eles podemos citar: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS, QUICKBIRD e NOAA. Os satélites das cinco primeiras séries são destinados ao monitoramento e levantamento dos recursos naturais terrestres, enquanto que os satélites NOAA fazem parte dos satélites meteorológicos, destinados principalmente aos estudos climáticos e atmosféricos, (FLORENZADO, 2011).

Para Menezes & Almeida (2012), não há um fluxo de processamento de imagens em *softwares* pré-definido, ou seja, dependem do usuário. Como exemplo os autores citam a necessidade de um usuário em gerar mapas temáticos. Neste caso necessita-se de informações precisas da localização dos alvos que se deseja investigar e por isso, as correções das distorções geométricas da imagem são imprescindíveis.

3.3 ÁREA DE ESTUDO

O limite geográfico deste estudo é a região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. É importante ressaltar que os limites de uma Bacia Hidrográfica não condizem na maioria das vezes com limites políticos, ou seja um único município pode fazer parte de duas ou mais Bacias. Nas etapas a seguir serão descritas as justificativas para avaliar a Bacia Hidrográfica como unidade de gestão e as características do local de estudos.

3.3.1 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão

A partir da Lei Federal nº 9.443 de 1997 a Bacia Hidrográfica passa a ser a unidade territorial de gestão, seguindo o modelo de outros países, como a França, por exemplo, não mais se baseando em fronteiras administrativas e políticas. A lei instituiu também, os Comitês de Bacias, composto por representantes da União, Estados, DF, Municípios, dos usuários de água e das entidades civis dedicadas as Bacias Hidrográficas.

Para Tucci (2007), a bacia hidrográfica é definida topograficamente e por uma rede de drenagem. Um único recurso hídrico ou um conjunto destes, tem sua vazão direcionada a uma única saída, chamada exutório. Os limites da bacia, são determinados por um divisor de águas, ou seja, trechos contínuos de maior altitude que separam as precipitações, distribuindo-as para a própria bacia ou para as vizinhas.

A partir desta ótica, Mezomo (2010), salienta que água na bacia hidrográfica, reflete qualquer ação que ocorra e que altere de forma significativa o equilíbrio natural do território. Essa visão reflete a necessidade de ações conjuntas no território, onde possíveis contaminações ou danos ambientais se estendam por toda bacia em função do sistema de drenagem. Além disso, esta premissa reforça a necessidade de gestão conjunta em bacias hidrográficas.

3.3.2 Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

De acordo com os dados da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul – SEMA/RS, geograficamente, a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos localiza-se na porção nordeste do Estado. Abrange uma área aproximada de 3.747 Km², englobando, total ou parcialmente, 32 municípios. Limita-se ao norte pela coordenadas geográficas 29°20' a 30°10' de latitude Sul e 50°15' a 51°20' de longitude Oeste.

Segundo a FEPAM (2016), o curso d'água principal tem uma extensão aproximada de 190 Km, e a precipitação pluviométrica anual média é de 1.350mm. As nascentes da bacia hidrográfica estão localizadas na Serra Geral, em altitude superiores a 900 metros e, a foz no delta do rio Jacuí entre a ilha Grande dos Marinheiros e ilha das Garças.

Além do rio dos Sinos, compõe ainda a bacia, tributários, sendo os principais formadores o rio Rolante e Paranhana, além de diversos arroios. A cobertura vegetal da bacia é reduzida, com remanescentes florestais próximos a nascentes e em áreas de alta declividade. Ainda de acordo com a FEPAM (2016), para efeito de caracterização hidrológica e hidráulica o rio dos Sinos foi dividido em 03 sub-trechos distintos, descritos no Quadro 10:

Quadro 10 – Características dos sub-trechos da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

SUPERIOR - entre as cotas 600m e 60m (alta declividade), extensão de 25 km.	<ul style="list-style-type: none"> • Mais precisamente de Caraá até Rolante; • Vegetação ciliar e pequenos banhados; • Áreas de baixa densidade populacional; • Pequenas propriedades rurais; • Agricultura é diversificada (culturas de arroz, cana de açúcar e hortaliças, etc); • Pecuária também é pouco desenvolvida (gado leiteiro, suínos e aves).
MÉDIO - extensão de aproximadamente 125 km, (média declividade)	<ul style="list-style-type: none"> • Área superior a 1000 km²; • Possui alto índice pluviométrico; • Aumento da densidade populacional, com duas grandes cidades (Sapiranga e Taquara); • Característica rural como a porção superior.
INFERIOR – baixa	<ul style="list-style-type: none"> • Comporta maior concentração populacional da bacia;

declividade (40 km finais)	<ul style="list-style-type: none"> • Concentra maior atividade industrial; • Pequenas propriedades rurais; • Caracterizada pela drenagem de grandes centros urbanos.
----------------------------	---

Fonte: Adaptado de FEPAM (2016).

De acordo com IBGE (2016), a estimativa para população total nos municípios que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos é de 2.200.233 habitantes. Ressalta-se ainda, que nem todos os municípios estão integralmente inseridos na bacia. Em alguns casos, os limites dividem áreas urbanas, assim como rurais. O Quadro 11, abaixo, se demonstra a estimativa do número de habitantes para o ano 2015 (IBGE, 2016) e percentual do território de cada município na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Quadro 11 – Municípios que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, número de habitantes e área inserida na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

	Município	População estimada 2015 - (hab.)	Área na bacia (%)
1	Araricá	5.301	99,00%
2	Cachoeirinha	125.975	19,17%
3	Campo Bom	64.171	100,00%
4	Canela	42.411	59,03%
5	Canoas	341.343	55,94%
6	Capela de Santana	112.89	1,42%
7	Caraá	7.863	99,67%
8	Dois Irmãos	30.175	8,92%
9	Estância Velha	46.444	93,53%
10	Esteio	83.984	100,00%
11	Glorinha	7.518	0,10%
12	Gramado	34.605	31,61%
13	Gravataí	272.257	16,00%
14	Igrejinha	34.341	93,17%
15	Ivoti	15.318	6,28%
16	Nova Hartz	20.035	98,04%
17	Nova Santa Rita	25.700	41,94%
18	Novo Hamburgo	248.694	100,00%
19	Osório	43.897	5,01%
20	Parobé	55.486	100,00%
21	Portão	33.994	85,99%
22	Riozinho	4.571	99,13%
23	Rolante	20.712	100,00%
24	Santa Maria do Herval	6.328	2,60%
25	Santo Antônio da Patrulha	41.977	32,58%
26	São Francisco de Paula	21.551	11,43%
27	São Leopoldo	228.370	100,00%
28	São Sebastião do Caí	24.676	3,57%
29	Sapiranga	79.560	58,95%
30	Sapucaia do Sul	138.357	100,00%

31	Taquara	57.238	93,26%
32	Três Coroas	26.092	94,16%
	TOTAL	2.200.233	

Fonte: Adaptado de IBGE (2015) e Goetze (2009), Souza (2008) e Esteves (2010).

Souza (2008), destaca que, diversas Unidades de Conservação (UC) possuem parte ou a totalidade de seus territórios nesta bacia hidrográfica, incluindo as Áreas de Proteção Ambiental Municipais de Caraá e Riozinho, a Área de Proteção Ambiental Municipal do Morro da Borussia (Osório) e A Floresta Nacional de São Francisco de Paula.

Entre os 32 municípios que compõe a Bacia, 26 são integrantes do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. A entidade tem como objetivo geral; “*Estabelecer um planejamento das ações de saneamento com a participação popular atendendo aos princípios da política nacional de saneamento básico (Lei nº 11.445/07) com vistas à melhoria da salubridade ambiental, a proteção dos recursos hídricos e promoção da saúde pública.*” (PROSINOS 2015). A Figura 8 são ilustrados os municípios da Bacia.

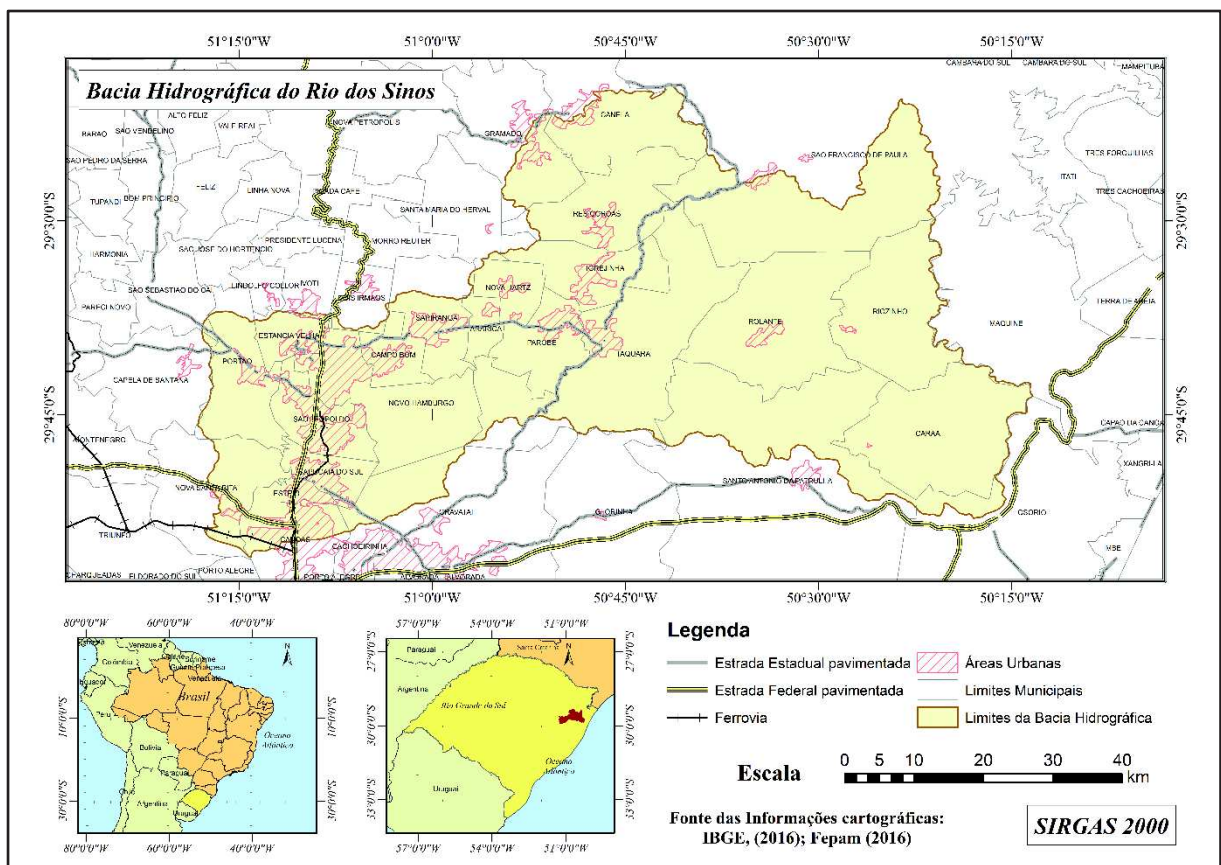


Figura 8 – Imagem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, áreas urbanas e principais vias.

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

As bases de dados digitais utilizada para o desenvolvimento da Figura 8, foram extraídos das seguintes entidades: Limites da Bacia Hidrográfica (ANA, 2016); Limites municipais (FEPAM, 2016); Áreas urbanas (FEPAM, 2016); E finalmente o sistema viário e ferroviário (IBGE 2016). Para processamento dos dados, o *software* utilizado foi o ArcGis, versão 10.2.2.

A partir da premissa apresentada anteriormente, o Consórcio tem desenvolvido atividades de estudos e diagnósticos ambientais. É o caso do Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios Integrantes do Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos Pró-Sinos (PRGIRS). O Plano foi desenvolvido através de convênio com Ministério do Meio Ambiente (MMA) e publicado no ano de 2012.

Ao mesmo tempo em que se desenvolveu um Plano para o Consórcio, individualmente, cada município teve seu Plano realizado e publicado no mesmo ano. O convênio previu 5 metas a serem atingidas: Diagnóstico situacional de cada município; Elaboração de prognósticos; Plano de gestão integrada regional de resíduos; Modelagem e indicação de áreas de transbordo, destino final e tratamento; Instalação e operação de uma central de controle para gerenciamento de serviços por GPS (PROSINOS, 2015).

Individualmente, para os municípios, foram estipuladas 3 metas, incluindo Diagnóstico, Prognóstico e Modelagem/indicação. O estudo técnico apontou possibilidades para destinação final de resíduos sólidos urbanos, indicando áreas favoráveis nos municípios estudados. Contudo, os arranjos institucionais entre os entes consorciados de forma a avaliar as reais possibilidades de ações, não fizeram parte dos objetivos desta etapa (PROSINOS, 2015).

Além dos trabalhos técnicos citados, estudos para determinação de áreas para destinação final de RSU, na região da Bacia, já haviam sido desenvolvidos por Gomes et al. (2001), o qual fez uso do SIG para um diagnóstico ambiental preliminar de áreas aptas a disposição final no município de São Leopoldo. No mesmo município, Nascimento (2001), também avaliou critérios técnicos para escolha de áreas aptas a disposição final de RSU.

Goetze (2009), adotou em sua linha de pesquisa, o SIG como uma das ferramentas de trabalho, para entre outros objetivos, diagnosticar e especializar os cenários do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Outro diagnóstico, neste caso procurando identificar áreas para aterro de resíduos industriais, foi

desenvolvido por Silva (2010), utilizando as geotecnologias em um estudo de caso no município de Osório.

No mesmo município, Weber & Hasenack (2000), aplicaram SIG para um zoneamento de aptidão à instalação de um aterro sanitário. Na região de Bento Gonçalves, Bortolatto & Ahlert (2012), fizeram uso de geotecnologias para a mesma finalidade, ou seja, escolher áreas para disposição final de RSU. Na localidade de Picada Café - RS, Viegas et al. (2014), também utilizaram geotecnologias para determinação de Áreas de Preservação Permanente (APP), naquele município.

A partir dos estudos técnicos e científicos, relacionados ao uso de geotecnologias aplicados a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e demais regiões do Estado, foi possível direcionar métodos e procedimentos para a avaliação de áreas aptas a destinação final de resíduos sólidos urbanos. Na sequência deste estudo, serão apresentados os materiais e os métodos adotados, para atingir os objetivos propostos no trabalho.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Baseado no contexto literário apresentado, a metodologia para o desenvolvimento do estudo proposto, abordará três diferentes linhas de pesquisa, quando da concepção e implantação de projetos que possam causar dano ambiental. Para tanto, serão abordados além de questões ambientais, fatores sociais e econômicos na busca por áreas aptas, assim como para os posteriores arranjos cooperados entre os entes da Bacia Hidrográfica.

A metodologia proposta faz uso de *softwares* de processamento de dados em ambiente SIG. Neste caso, serão utilizados os programas computacionais ArcGis 10, Global Mapper 15, *software* topográfico Topo EVN e Google Earth Pro, para tratamento e geração de dados. A proposta metodológica está estruturada em 5 etapas, como demonstra a Figura 9, a seguir e, descrita conforme a sequência metodológica proposta.

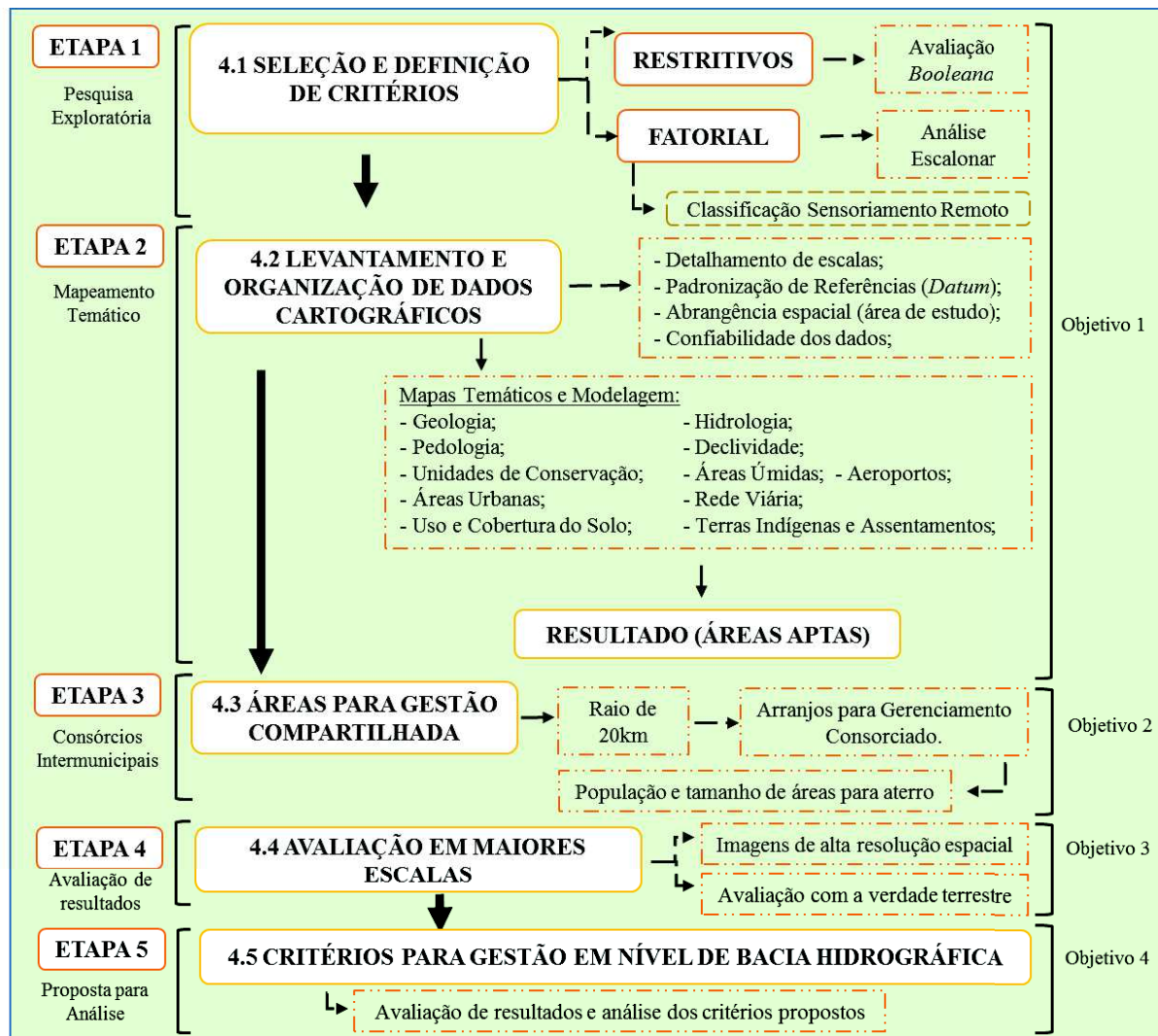


Figura 9 – Desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Desenvolvido pelo autor.

4.1 SELEÇÃO E DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS

Esta etapa da metodologia procurou evidenciar a conjugação de critérios adotados neste estudo para seleção de áreas para aterro sanitários. Além disso, considerou-se aspectos normativos, quer sejam legais ou diretrizes técnicas, procurando unir um número significativo de critérios. A composição dos critérios associados, visam verificar as reais condições das áreas resultantes desde processo de seleção a partir desta metodologia.

Para definir os critérios de decisão, foram estabelecidos basicamente duas formas de análise: restritivos e fatoriais. Os critérios restritivos estão amparados em metodologias de classificação, chamados na ciência da computação de *booleanos* (verdadeiros ou falsos, ou ainda, binários ou bivalentes). Este método limita a análise a regiões geográficas específicas, diferenciando-as em aptas e não aptas.

A análise *booleana* pode ser aplicada em casos onde a implantação de determinada atividade, neste caso aterro sanitário não é permitida, pois desta forma a área será excluída. São exemplos: Áreas de Preservação Permanente (APP), áreas urbanas, zonas próximas a aeroportos, unidades de conservação e seus entornos, áreas de alta declividade, áreas úmidas, terras indígenas e assentamentos, assim como regiões de circundantes previstas em legislação.

No que se refere a análise fatorial, estas podem ser descritas como critérios que determinam algum grau de aptidão para determinadas regiões geográficas. Neste caso, de acordo com operador são estipuladas medidas de escala, normalmente contínuas e abrangendo todo o espaço determinado. Desta forma, uma pontuação apontará locais considerados mais aptos ou menos aptos, dentro da escala adotada.

A decisão dos critérios apresentados a seguir, foram baseados na NBR 13.896/97 e em estudos de caso como aqueles apresentados no Quadro 4 deste estudo, item 2.1.4, do referencial teórico. Procurou-se unir aos critérios, peculiaridades regionais como Unidades de Conservação (UC) e as áreas de Proteção Ambiental, além da Floresta Nacional de São Francisco de Paula (SOUZA, 2008).

O Quadro 12, a seguir, apresenta os critérios, abordados neste estudo, listados juntamente com os parâmetros estabelecidos para análise e as referências utilizadas. As alusões feitas a seguir, para o termo “análise exploratória”, indica que serão desenvolvidos vários cenários sempre considerando áreas melhor pontuadas (notas de 0 a 5), para o parâmetro em análise, dentro de uma abordagem escalonar (fatorial).

Quadro 12– Parâmetros utilizados para cada critério envolvido.

CRITÉRIOS AMBIENTAIS		
Critérios	Parâmetros	Referências
➤ Geologia	Fatorial. ➤ Escalonar de 0 a 5	Análise exploratória; Diretrizes Técnicas. Gomes et al. (2001)
➤ Hidrologia	Restritivo (0 e 1): ➤ Distância de 200 m de recurso hídricos superficiais. ➤ Raio de 50 m de poços. Fatorial (escalonar 0 – 5) ➤ Vulnerabilidade de Aquíferos.	NBR 13.896/97. FEPAM (2016)
➤ Pedologia	Fatorial: ➤ Escalonar de 0 a 5.	Análise exploratória; Diretrizes técnicas. Gomes et al. (2001)
➤ Declividade	Restritivo (0 e 1): ➤ Declividade superior a 30%.	NBR 13.896/97; FEPAM (2016).
➤ Unidades de Conservação	Restritivo (0 e 1): ➤ Raio de 3 km (zonas de amortecimentos)	Lei Estadual nº 11.520/2000.
➤ Áreas Úmidas	Restritivo (0 e 1): ➤ Raio de 200 m.	FEPAM (2016).
CRITÉRIOS ECONÔMICOS		
➤ Áreas Urbanizadas	Restritivo (0 e 1): ➤ Raio de 500m.	NBR 13.896/97.
➤ Rede Viária	Fatorial: ➤ Escalonar de 0 a 5.	Análise exploratória; NBR 13.896/97. Gbanie et al. (2013). Josimović & Marić (2012).
➤ Aeroportos	Restritivo (0 e 1): ➤ Raio de 13 km e 20 km	- CONAMA 04/95; - RBAC nº 154/2012. - LEI 12.725/2012
CRITÉRIOS SOCIAIS		
➤ Uso e Cobertura do Solo	Fatorial: ➤ Escalonar de 0 a 5.	Análise exploratória; FEPAM (2016). Gomes et al. (2001).
➤ Terras Indígenas e Assentamentos	Restritivo (0 e 1): ➤ Raio de 3 km	FUNAI – Fundação Nacional do Índio.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.1 Critérios Fatoriais

O aporte literário, tanto técnico como científico, referente a área de estudo é uma das etapas mais importantes para com os critérios que podem variar as concepções de aptidão.

Por exemplo, a caracterização dos solos regionais implica em avaliar condições específicas de permeabilidade, material de cobertura para resíduos, entre outros. Cada formação ou tipo de solo, neste caso, recebeu uma pontuação referente a sua aptidão, como aqueles descritos por Gomes et al. (2001), referentes as peculiaridades da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Partindo-se desta concepção, os mapas gerados apontaram áreas onde predominam solos com um valor de aptidão mais alto, uma vez que não existem restrições legais, mas sim técnicas para implantação de determinados empreendimentos com relação ao tipo de solo. Essa mesma questão se estende as feições geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e as pontuações segundo o grau de aptidão, também foram a partir de estudos de classificação geológica da área de estudo.

Além dos critérios citados anteriormente (Solos e Formações Geológicas), os quais, passaram por uma avaliação escalonar (notas de 0 a 5, segundo sua aptidão), todos os demais critérios que receberão o mesmo tratamento (notas), foram fundamentados na bibliografia, como é o caso do sistema viário, uso e cobertura do solo e vulnerabilidade de aquíferos (NBR 13.896/97; Gbanie et al. (2013); Josimović & Marić (2012)).

Essa análise exploratória, variando notas de acordo com as classes do critério em avaliação, possibilita estabelecer cenários alternativos e com isso a possibilidade de comparar diferentes resultados. Além disso, a partir desta etapa foram produzidos mapas temáticos de uso e cobertura do solo, geologia, solos, entre outros. Para o caso do mapeamento de uso e cobertura do solo foram empregadas técnicas de Sensoriamento Remoto como descrito a seguir.

Imagens da plataforma Landsat 8 formaram a base de dados para classificação de uso e cobertura dos solos. Segundo a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2016), a plataforma orbital carrega dois sensores principais. O sensor OLI (*Observation Landsat Instrument*), operando na faixa do espectro visível e do infravermelho de ondas curtas e o TIRS (*Thermal Infrared Remote Sensing*), que opera no espectro do infravermelho termal e de ondas longas.

A resolução espacial do sensor (tamanho do *pixel*), varia de 30 metros para as bandas multiespectrais de 1 a 7, além da banda 9. A banda 8 (pancromática), possui resolução de 15 metros enquanto o infravermelho termal apresenta resolução de 100 metros para as duas bandas espectrais. As imagens foram obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais – INPE, tomando-se como critério um máximo de cobertura de nuvens de 10% para órbita ponto 221-081 e 221-080.

As imagens foram classificadas pelo método supervisionado da Máxima Verossimilhança Gaussiana (MAXVER). Para Silva; Betiol & Sano (2008), trata-se de um método probabilístico pelo qual os *pixels* da imagem são associados com a respectiva classe temática, baseado na criação de amostras de treinamento. Foram definidas estabelecidas 12 classes de cobertura, sendo: 1 - água, 2 - reflorestamento, 3 - pecuária (campos), 4 - agricultura, 5 - influência urbana e, 6 - áreas degradadas pela mineração.

As outras 6 classes se referem as Formações florestais ocorrentes, sendo 1 - Formação de Pioneiras, 2 - Estepe, 3 - Floresta Estacional Decidual, 4 - Floresta Estacional Semidecidual, 5 - Floresta Ombrófila Mista e, 6 - Floresta Ombrófila Densa (RADAM, 1986). Tais classes levam em consideração aspectos ligados ao licenciamento ambiental, assim como questões relacionadas aos altos custos de reposição florestal além dos impactos causados. Para dar seguimento a metodologia proposta, após as definições dos critérios, foram organizados os dados digitais.

Como resultado, gerou-se mapas temáticos com base na classificação de imagem, com os principais usos e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. A partir desses procedimentos, assim como a prévia organização dos dados cartográficos, os resultados foram unificados aos demais critérios, para os quais se utilizou a classificação *booleana*.

4.2 LEVANTAMENTO E ORGANIZAÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS

Como já salientado, existem a disposição dos usuários uma gama de dados digitais disponíveis para acesso e “captura” *online*. Grande parte desses dados são encontrados em órgãos governamentais como ANA, CPRM e FEPAM, entre outros e, em entidades públicas ou privadas de ensino e pesquisa, como é o caso da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UFRGS e da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Existem casos onde as escalas de trabalho não permitem a identificação de alguns elementos da paisagem. Um exemplo, foram as áreas urbanizadas de pequenos municípios ou de regiões interioranas (aglomerados), não espacializados frente ao tamanho de escala. Desta forma, essas áreas foram geograficamente localizadas através do *software Google Earth Pro*, delimitadas e exportadas em formato compatível com o *software* de SIG (*shape file*).

A aquisição e organização de dados dependem ainda de padronização prévia a um referencial. Ao longo do tempo no Brasil, muitos referenciais foram utilizados para mapeamento. Alguns exemplos de *Datuns* são o Córrego Alegre, utilizado principalmente durante o governo militar e SAD 69, que vigorou no país até início de 2014.

As variabilidades de sistemas de referência geográfica proporcionaram uma gama de produtos digitais em vários referenciais. Desta forma, o primeiro procedimento foi a transformação do banco de dados para um único sistema de referência, neste caso o Sistema de Referência Geocêntrico para Américas - SIRGAS 2000, atualmente adotado no Brasil e nos demais países das Américas.

O Quadro 13, a seguir, apresenta as fontes de dados que foram utilizados para desenvolver o estudo. A partir desses dados e critérios determinados, foi possível gerar o mapeamento das áreas que oferecem aptidão para instalação de aterros sanitários. Ao final desta etapa, foi realizado um estudo, para organização dessas áreas e propor o gerenciamento compartilhado.

Quadro 13– Critérios e fontes de dados

CRITÉRIO AMBIENTAIS	
Critério	Fonte dos dados e escalas
➤ Geologia	- CPRM, (2015). 1:250.000 - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital – LASERCA (UNISINOS); - Laboratório de Modelagem e SIG – Instituto de Geociências (UFRGS); 1:250.000
➤ Hidrologia	- HASENACK & WEBER (2010); 1:50.000 - CPRM (2016); 1:250.000 - FEPAM (2016); 1:50.000
➤ Pedologia (Solos)	- Laboratório de Modelagem e SIG – Instituto de Geociências (UFRGS). 1:250.000
➤ Declividade	- HASENACK & WEBER (2010); 1:50.000 - Arquivos <i>TopoData (Global Mapper)</i> ; 1:50.000
➤ Unidades de Conservação	- FEPAM (2016); 1:250.000
➤ Áreas Úmidas	- FEPAM (2016); 1:250.000
CRITÉRIOS ECONÔMICOS	
➤ Áreas Urbanas	- Desenvolvido pelo autor – Modelagem sobre imagens de alta resolução espacial. 1:50.000
➤ Rede Viária e Ferroviária	- FEPAM (2016); 1:250.000
➤ Aeroportos	Será desenvolvido com base em normas técnicas: - CONAMA 04/95. - RBAC nº 154/2012. 1:250.000

CRITÉRIOS SOCIAIS	
➤ Uso e Cobertura da Terra	Desenvolvidos (técnicas de Sensoriamento Remoto); - INPE (2016).
➤ Terras Indígenas e Assentamentos	FUNAI – Fundação Nacional do Índio. 1:250.000

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 ÁREAS PARA GESTÃO COMPARTILHADA

Como discutido anteriormente, a gestão cooperada neste estudo, visa estimar a possibilidade de mais de um município, gerir áreas aptas para aterro sanitário. Essa iniciativa traria benefícios mútuos em vários setores da administração pública, gerando principalmente uma redução de custos para esta etapa do gerenciamento de resíduos urbanos. Soma-se ainda a dificuldade de alguns municípios, frente a localização geográfica em opções por áreas aptas.

A partir dos dados digitais das áreas urbanas da Bacia do Rio dos Sinos, lembrando que, devido a escala dos dados disponíveis para áreas urbanas estarem em escalas pequenas, já na etapa anterior, foi necessário agregar as áreas de pequenos municípios e até mesmo pequenas localidades. Esta etapa é importante uma vez que áreas pretendidas poderiam, possivelmente, localizar-se sobre regiões urbanizadas.

As formas de digitalização dessas áreas foram sobre imagens disponibilizadas por *softwares* livres, contendo atributos geoespaciais. Concluído o processo de obtenção de dados e mapeamento, foram criados raios de abrangência de 20 km (recomendação técnica de projeto para distância máxima a ser percorrida entre o gerador e o local de disposição final, descritos por Van Elk, (2007), das áreas selecionadas e consideradas com máximo potencial. Além de responder quantos e quais municípios poderiam gerenciar uma única área, puderam ainda ser vislumbradas distâncias entre as unidades e arranjos intermunicipais, conforme Diretriz Técnica do Ministério das Cidades (Brasil, 2012).

Apesar de representar um método simples para avaliar as possíveis cooperações para gestão, o processo nesta etapa demanda por tempo para análise. Este argumento se justifica pela necessidade de relacionar as áreas possíveis para disposição final e as áreas urbanas, dentro do raio estipulado. Neste caso, as áreas necessitaram apresentar dimensões apropriadas para disposição dos resíduos, conforme a população total englobada.

Em nova etapa, a escolha das dimensões das áreas propostas, foram relacionadas as áreas urbanas englobadas em um raio de 20 km. O número mínimo de habitantes por região

cooperada, (80.000 hab.), parte do pressuposto estabelecido pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2010), apresentados no Quadro 1, onde se define em 25 hectares o tamanho mínimo de área para gerenciamento consorciado, visto a população total a ser atingida.

A partir desta análise conjunta foram gerados mapas com arranjos intermunicipais possíveis de serem geridos em conjunto entre as municipalidades conforme o tamanho das áreas resultantes. A partir da escolha das áreas indicadas, nova avaliação posterior foi conduzida, afim de avaliar em maiores escalas a efetividade das escolhas e confirmar o potencial de uso.

4.4 AVALIAÇÃO EM ESCALAS MAIORES

Todo mapeamento resultante dos métodos apresentados até o momento, foi resultado de escalas menores, ou seja, apresentam menor riqueza de detalhes em função do tamanho de área. Esse resultado deve-se também, a fonte de dados, em sua grande maioria variando as escalas entre 1:50.000 e 1:250.000. Considerando o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), o erro admitido para esta escala seria entorno de 100 metros, dependendo da classe pretendida.

Como já destacado neste trabalho, Santos et al. (2010), relata a necessidade de se buscar novas formas de avaliar produtos cartográficos frente a evolução tecnológica. A partir desta premissa, o objetivo foi de averiguar os resultados obtidos com relação as áreas selecionadas no SIG e delimitando-as sobre imagens de alta resolução, usando técnicas de georreferenciamento, a partir da exportação de polígonos.

O procedimento inicial partiu da transformação de polígonos (arquivos *Shapefile*), das áreas aptas, incluindo o distanciamento dos centros geradores, para arquivos na extensão “kml” (*Keyhole Markup Language*). Silva et al. (2013), explica que a extensão “kml” é formada a partir uma gramática XML que serve para modelar e armazenar características geográficas como pontos, linhas, imagens, polígonos e modelos para exibição em *softwares* como no *Google Earth*, *Google Maps* e em outros aplicativos.

Os arquivos gerados possibilitaram visualizar em imagens de alta resolução, os limites das áreas selecionadas anteriormente (polígonos). Desta forma, uma análise interpretativa foi realizada para as principais áreas, relacionando os resultados obtidos através da base digital e os elementos da paisagem em imagens de alta resolução espacial. Este procedimento permitiu avaliar a qualidade dos resultados pretendidos e as chances de aplicabilidade nas áreas selecionadas.

Ao final desta etapa foram gerados mapas apresentando, além da localização espacial através de coordenadas, a possibilidade de visualizar características de uso e cobertura do solo. Além disso, elementos não perceptíveis de escalas menores podem ser melhor detalhados em função de escalas maiores. Como já destacado uma escala maior apresenta maior riqueza de detalhes, enquanto em uma escala menor se perde detalhes.

4.5 CRITÉRIOS PARA GESTÃO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA.

Nascimento (2012), considera que a análise dos fatores ambientais, econômicos e sociais e a possibilidade de resposta aos impactos das atividades antrópicas, são atualmente bem mais numerosas e específicas do que foram no passado. O autor atribui essas condições ao desenvolvimento técnico-científico e suas inter-relações.

Uma das técnicas atuais mais importantes para esta interdisciplinaridade é o Geoprocessamento, que envolve o Sensoriamento Remoto e SIG e, que serão utilizados neste trabalho. Nesta etapa final pretendeu-se avaliar os critérios apresentados, como forma de auxiliar diferentes pontos de vista e os diferentes fatores, de forma que possam ser replicados para outras Bacias Hidrográficas.

A partir desta perspectiva, gerou-se um mapeamento sistêmico das etapas desenvolvidas, configurando padrões de “rotas” utilizadas no SIG e roteirizados em tabelas e fluxogramas preliminares. Este princípio permite identificar junto ao banco de dados do SIG, cada arquivo (*Shape file*), utilizado para cada etapa. Estes dados são importantes, pois na expectativa de extrapolação para outras, poderão ser utilizados na mesma sequência.

Torna-se importante destacar que organizações dos dados cartográficos dizem respeito à Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, sendo necessário verificar a disponibilidade de arquivos digitais para outras localidades e áreas de estudo. Outro aspecto diz respeito às peculiaridades de cada região hidrográfica, como por exemplo, Unidades de Conservação, aeroportos, ou ainda elementos peculiares locais como sítios arqueológicos, por exemplo.

Dentro deste contexto, os resultados apresentarão um roteiro sequencial, conforme a ferramenta utilizada e os critérios utilizados para Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. O cruzamento das informações produzirá um modelo potencial de multicritérios, o qual poderá ser utilizado em outras regiões hidrográficas ou mesmo em áreas politicamente definidas de um ou mais municípios.

Com esta visão e a partir dos resultados obtidos, buscou-se analisar como a escolha de múltiplos critérios, podem auxiliar no processo de localização de uma área para

deposição de resíduos e implantação de um aterro sanitário. Esse método considerou desde a identificação dos fatores restritivos até a atribuição de pesos aos fatores ponderáveis, de forma a minimizar os impactos causados ao meio ambiente e a sociedade como um todo.

5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA MAPEAMENTO

De acordo com a base metodológica proposta o número de critérios estabelecidos totalizou-se 13 (treze) condicionantes, abordando os contextos ambientais, econômicos e sociais da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. O Quadro 14, a seguir, demonstra os fatores abordados para os diferentes contextos.

Quadro 14 – Condicionantes consideradas no estudo.

CRITÉRIOS AMBIENTAIS		
1. Geologia (Formações);	2. Recurso hídricos superficiais;	3. Poços de captação de água Subterrânea
4. Vulnerabilidade de Aquíferos;	5. Pedologia (Solos);	6. Declividade;
7. Unidades de Conservação;	8. Localização de áreas úmidas;	
CRITÉRIOS ECONÔMICOS		
9. Áreas Urbanizadas;	10. Sistema Viário;	11. Aeroportos;
CRITÉRIOS SOCIAIS		
12. Uso e Cobertura do Solo;	13. Terras Indígenas e Assentamentos;	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Definidos os elementos condicionantes do estudo, aqueles aos quais foram empregados o método de análise *booleana* ou binária, fizeram parte da primeira etapa de união de fatores com o propósito de obter os polígonos das áreas sem restrições normativas ou legais, através da aplicação do método. Os critérios restritivos foram impostos nas bases cartográficas georreferenciadas conduzindo-se uma análise binária destes modelos.

O processamento a partir da base cartográfica, resulta em uma categorização das informações em 1 (presença) e 0 (ausência). Por exemplo, conforme a Resolução Conama 04/95 e RBAC nº 154/2012, as áreas aeroportuárias que operam por instrumento ou IFR (*Instrument Flight Rules*), apresentam restrição a empreendimentos como aterros sanitários, em um raio de 20 km. Neste caso, a área de abrangência aeroportuárias são consideradas inadequadas e “excluídas” das opções para busca de áreas aptas. O Quadro 15, a seguir, apresenta os demais casos, para os quais, resultou no mesmo tratamento, além de reforçar as fontes das referências normativas aplicadas a partir de normas técnicas e da legislação em vigor.

Quadro 15 – Critérios para os quais utilizou-se classificação binária ou booleana.

Critérios	Método	Base Cartográfica	Referências
1. Recurso hídricos superficiais.	- Distância de 200 metros para cada lado.	- HASENACK & WEBER (2010); - ANA (2016);	- NBR 13.896/97.
2. Poços de abastecimento de água.	- Raio de 50 m.	- CPRM (2016); - Desenvolvido pelo autor.	- FEPAM (2016)
3. Declividade.	- Inferior a 30%.	- HASENACK & WEBER (2010);	- NBR 13.896/97; - FEPAM (2016).
4. Unidades de Conservação.	- Raio de 3 km (zonas de amortecimentos).	FEPAM (2016).	- Lei Estadual nº 11.520/2000.
5. Áreas Úmidas	- Raio de 200 metros.	FEPAM (2016).	FEPAM (2016).
6. Áreas Urbanizadas.	- Raio de 500 metros	- HASENACK & WEBER (2010); - Desenvolvido pelo autor.	- NBR 13.896/97.
7. Aeroportos.	- Raio de 20 km (restrições a empreendimentos).	- Desenvolvido pelo autor.	- CONAMA 04/95; - RBAC nº 154/2012.
8. Terras Indígenas e Assentamentos.	- Raio de 3 km (zonas de amortecimento).	- FEPAM (2016).	- FUNAI – Fundação Nacional do Índio.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As bases apresentadas acima no Quadro 15, com informação reconhecidamente restritivas, receberam valor nulo, ou zero. Na modelagem final estes valores nulos, são excluídos do modelo, independente de ocorrerem atributos considerados favoráveis, como as características do solo, por exemplo. Já as áreas que não foram excluídas da modelagem, que apresentavam valor 1 (um), podem ainda apresentar variações dentro do modelo.

A definição dos parâmetros que apresentam algum tipo de restrição, resultou em dados que se apoiam na literatura científica e técnica, objetivando atingir a meta de englobar, tanto parâmetros estudados em nível acadêmico, como aqueles indicados em leis e normativas técnicas. Diante deste cenário, o resultado englobou 8 (oito) critérios restritivos, os quais limitam há possibilidade de instalação de um aterro sanitário frente as condições legais e técnicas impostas.

Dando continuidade a lógica proposta no estudo, a segunda parte para proposição de critérios, resultaram em outros 5 (cinco), parâmetros, desta vez, avaliados de forma escalonar. A partir das categorias de cada critério as bases georreferenciadas recebem pontuação de 0 a 5 de acordo com sua potencialidade para disposição final de resíduos sólidos urbanos. Como exemplo podemos citar a pedologia, onde segundo Gomes et al. (2001), já citados neste estudo, áreas com solos da categoria Argissolos recebem valores mais altos, assim como áreas com solos Neossolos. O Quadro 16, apresenta os resultados da estruturação de notas dadas aos critérios escalonares utilizados no estudo, além da base cartográfica e o embasamento teórico das decisões.

Quadro 16 – Notas atribuídas para os diferentes critérios.

Crítérios	Notas	Base Cartográfica/ Fonte de Dados	Referências
9. Geologia.	- Basalto 05 - Riodacitos 05 - Quartzo/arenito 04 - Argilito/siltito 04 - Folhelho/arenito fino 04 - Conglomerado 02 - Areia/cascalho 0 - Turfa 0	- Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital – LASERCA (UNISINOS);	- CPRM, (2015) - Gomes et al. (2001) - Josimović & Marić (2012)
10. Solos (Pedologia).	- Argissolo 05 - Neossolo 05 - Cambiossolo 04 - Chernossolo 03 - Água 0 - Urbano 0 - Planossolo 0	- Laboratório de Modelagem e SIG – Instituto de Geociências (UFRGS); Laboratório de Modelagem e SIG – Instituto de Geociências(UFRGS).	- Gomes et al. (2001) - Lourenço et al. (2015) - Gbanie et al. (2013)
11. Vulnerabilidade de aquíferos.	- Aquífero Fraturado – baixa possibilidade – limitado; 05 - Aquífero Fraturado – praticamente improdutivo; 05 - Aquífero Fraturado – recarga e descarga; 04 - Aquífero Poroso – Recarga 03	- Laboratório de Modelagem e SIG – Instituto de Geociências (UFRGS);	FEPAM (2016)
12. Malha Viária.	- Até 200m 05 - Até 300m 04 - Até 500m 03 - Até 1000m 01	- FEPAM (2016)	- NBR 13.896/97. - Gbanie et al. (2013) - Josimović & Marić (2012)

13. Uso e Ocupação do Solo.	- Reflorestamento	05	- INPE, (2016) Desenvolvidos (técnicas de Sensoriamento Remoto);	- FEPAM (2016) - Gbanie et al. (2013) - Silva; Betiol & Sano (2008)
	- Pecuária	05		
	- Agricultura	02		
	- Áreas Degradadas	05		
	Florestas:			
	- Estepe	05		
	- Form.Pioneiras	0		
	- Semi-Decidual	03		
- Decidual	03			
- Obrófila Mista/Densa	01			

Fonte: Elaborado pelo autor.

A base cartográfica apresentada até o momento, são fontes de diferentes estudos técnicos e científicos, disponibilizadas para livre acesso em portais de instituições governamentais e privadas. Atualmente a disponibilização desses dados georreferenciados, pelas organizações, proporcionam além de acesso rápido a informação, a geração de produtos de qualidade nas áreas de SIG e Sensoriamento Remoto.

No entanto, cabe destacar a fundamental importância do gerenciamento da base cartografia digital, frente as diferentes fontes de dados. A grande variabilidade de informações, traz consigo, igual diversidade de sistemas de referência ou *Datum*. Para tanto o primeiro passo frente as fontes de dados para este mapeamento, após as definições de quais critérios seriam utilizados, foi a adequação para o sistema de referências em vigor no Brasil, SIRGAS, 2000.

5.1.1 Modelagem utilizando a lógica *booleana*

Apresentados os critérios de forma compartimentada, e a adequação da base cartográfica através da transformação de sistemas de referências para SIRGAS 2000, desenvolveu-se o mapeamento temático. A partir das três visões abordadas no estudo, sendo: Ambiental, Econômica e Social, foram desenvolvidos os seguintes mapas, com base em informação digitais disponíveis e desenvolvidas pelo autor, quanto aos critérios restritivos:

- 1) Mapa de Recursos Hídricos Superficiais, Poços de Captação, e Áreas Úmidas;
- 2) Mapa contendo, Unidades de Conservação e Terras Indígenas, Malha Viária e zona de segurança aérea de aeroportos;

Para compor o mapeamento inicial e posterior modelagem, alguns atributos foram comuns a todos os mapas gerados. É o caso dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, utilizado como base digital, dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, foram a fonte de dados para os

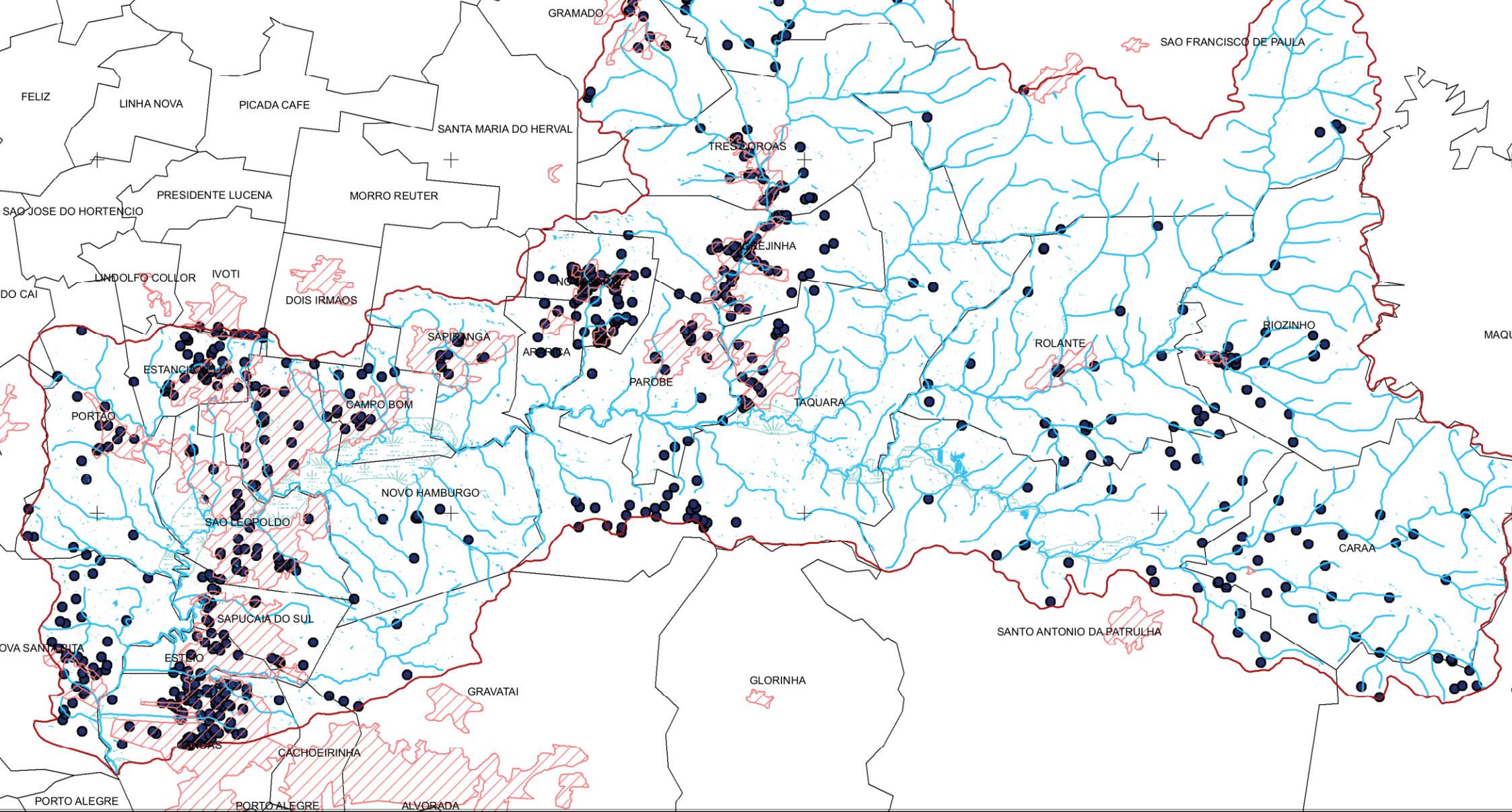
limites dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica. Além disso o *layout* de trabalho com padronização e apresentação de coordenadas, imagens e escalas, também foram definidos nesta etapa e replicados aos demais.

A escala de mapeamento pretendida foi de 1:400.000, englobando em uma única figura para toda a extensão da Bacia Hidrográfica. Escalas maiores, como 1:100.000 ou 1:50.000, não seria possível enquadrar toda a área. No entanto cabe salientar que as fontes de dados utilizadas foram desenvolvidas em escalas de 1:50.000 e 1:250.000, portanto os mapas gerados, podem ser extrapolados para plotagem em escalas maiores (limite de 1:250.000), sem perder qualidade de informação.

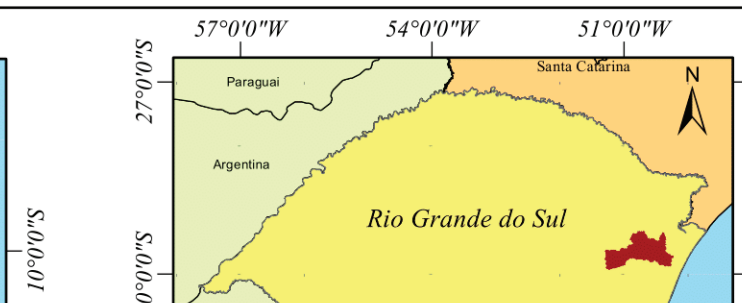
A seguir são apresentados os Mapas de 1 e 2, onde são demonstrados os resultados obtidos através de técnicas de geoprocessamento, a partir da base cartográfica. Posteriormente, esses primeiros mapas, juntamente com outras áreas de influência, formaram a base de informações para o desenvolvimento dos processos de modelagem, conforme critérios *booleanos* ou binários.

Mapa 1 – Hidrografia de Superfície e Poços de Captação de Água Subterrânea.

Mapa 2 – Unidades de Conservação, Terras Indígenas e área de segurança aérea (Aeroporto Internacional Salgado Filho).



51°15'0"W 51°0'0"W 50°45'0"W 50°30'0"W 50°15'0"W



Legenda

- Limites da Bacia
- Áreas Urbanas
- Recursos Hídricos
- Limites Municipais
- Áreas Úmidas
- Lagos - Barragens
- Pontos de Interesse

Como mencionado anteriormente, os mapas gerados serviram como base de dados para definição de áreas com restrições normativas e legais. A partir desta análise, todas as áreas resultantes não apresentam restrições para implantação de aterros. Contudo, o modelo pode variar conforme critérios escalonares, ou seja, existem solos impróprios, a vulnerabilidade de aquíferos ou ainda, fatores de uso e ocupação do solo que dificultam os processos de licenciamento ambiental, como vegetação nativa, por exemplo.

A Figura 10, a seguir, apresenta a sequência de métodos e ferramentas do *Software* utilizado (ArcGis 10), com o objetivo de excluir as áreas as quais estão atribuídas algum tipo de restrição. As etapas de modelagem serão detalhadas com maior ênfase quando da discussão referente aso critérios para gestão em nível de Bacia Hidrográfica, procurando retratar a replicação de métodos para outras regiões.









<u>CRITÉRIOS</u>	<u>FERRAMENTA (ArcGis) / PARÂMETROS</u>
Recursos Hídricos Superficiais	⇒  Buffer de 200 metros
Recursos Hídricos Poços de captação	⇒  Buffer de 50 metros
Áreas Urbanas	⇒  Buffer de 500 metros
Áreas Úmidas	⇒  Buffer de 200 metros
Unidades de Conservação	⇒  Buffer de 3 Quilômetros
Terras Indígenas	⇒  Buffer de 3 Quilômetros
Declividade	⇒  Excluídas $\geq 30\%$
Regiões de abrangência Aeroportuárias	⇒  Buffer de 20 Quilômetros

Figura 10 – Relação de critérios, ferramenta e parâmetros utilizados na modelagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Torna-se importante detalhar a nomenclatura das ferramentas utilizadas no processamento de dados no *software* ArcGis. O significado literal da terminologia “*buffer*”, é

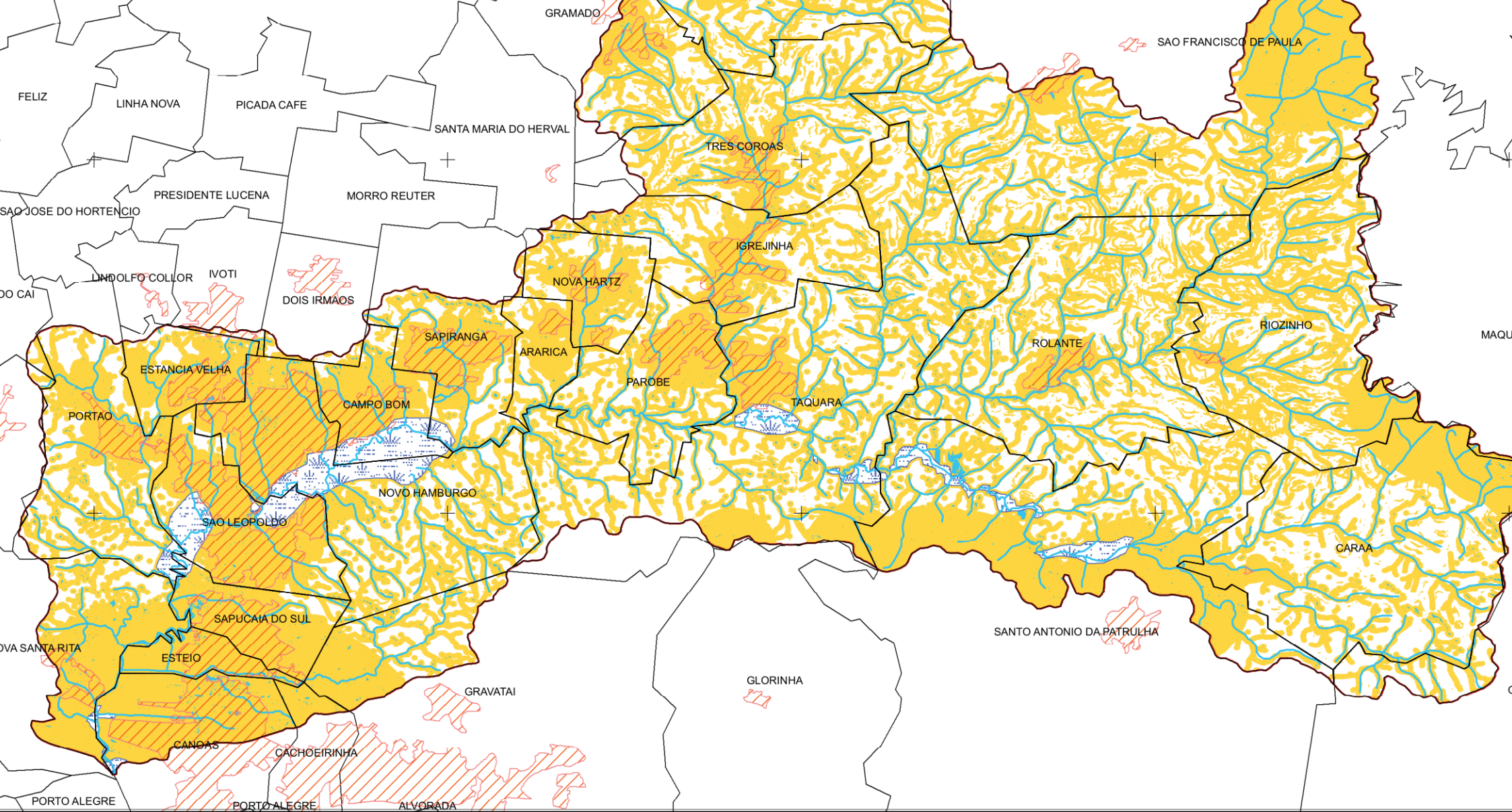
amortecedor ou ainda zona tampão (*buffer zone*). Neste caso a ferramenta gerou áreas de amortecimento no entorno dos elementos de estudo, variando a distância conforme demonstrado na Figura 10.

A apresentação dos resultados desta etapa se encontra detalhado a seguir, para cada um dos critérios restritivos.

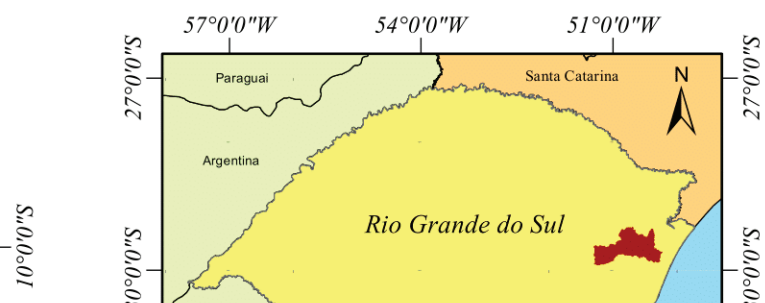
- a) **Recursos Hídricos Superficiais:** Eliminação de áreas do entorno de rios, córregos e lagos em um raio ou *buffer* de 200 metros. Este recurso é conhecido ainda na cartografia digital como *off set*. A distância atribuída está normatizada segundo a NBR 13.896/97. Neste caso, as Áreas de Preservação Permanente para este critério, estão sendo atendidas, uma vez que para toda Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos não ocorrem recursos hídricos superficiais superiores a 200 metros de largura (Lei Federal nº 12.651/12).
- b) **Poços de captação de água subterrâneas:** O raio de abrangência para esses casos foi de 50 metros, no entanto, não existem normativas legais, mas sim técnicas, regidas pelo governo do Estado do Rio Grande do Sul, para preservação de águas subterrâneas através do Licenciamento Ambiental (FEPAM, 2016).
- c) **Áreas Urbanas:** O raio de distanciamento para áreas urbanas é resultado de normativa brasileira (NBR 13.896/97), estipulado em 500m. Todas as áreas urbanas apresentadas são resultado de digitalização sobre imagens de alta resolução no *software* livre *Google Earth Pro*, ou seja, correspondem ao ano de 2016. Após este processo os polígonos de cada município foi exportados na extensão *.kmz*, em seguida transformados em um único arquivo no formato *shape file*.
- d) **Áreas Úmidas:** Este critério basicamente utiliza o mesmo distanciamento utilizado para recursos hídricos superficiais (200 metros). A questão áreas de preservação permanente também são atendidas com esta projeção dos limites ou bordas de áreas úmidas.
- e) **Unidades de Conservação e Terras Indígenas:** Esses critérios estão sendo descritos em conjunto, uma vez que seguem o mesmo parâmetro, sendo este um raio de 3 km estipulado para zonas de amortecimento, conforme a Lei Estadual 11. 520/ 2000 e FUNAI, (2016), respectivamente.

- f) **Declividade:** No novo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651/12), consta como Áreas de Preservação Permanente, aquelas incidentes sobre encostas com declividade igual ou superior a 45°. Desta forma essas áreas automaticamente estão excluídas de processos de Licenciamento ambiental frente aos riscos de deslocamento de massa, exceto em casos de utilidade pública ou ainda interesse social. Já a NBR 13.896/97 preconiza que áreas com declividade superior a 30% não deve ser utilizada para instalação de aterros sanitários. Neste caso, para este critério, as áreas com declividade superior a 30% foram excluídas das análises, contemplando a legislação e a normativa técnica.
- g) **Regiões de abrangência aeroportuárias:** A Resolução CONAMA 04/95 e o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC nº 154/2012, normatizam uma escala de abrangência para o entorno de aeroportos de acordo com a sua classificação. Devido ao aeroporto Internacional Saldo Filho, também operar por instrumentos, o raio de abrangência onde não devem ser instalados empreendimentos que possam atrair a fauna, neste caso aves, é de 20 km. A base aérea de Canoas devido aos procedimentos de operação e sua classificação, possui um raio de abrangência de 13 km como limitante. Porém, este raio fica inserido na área de segurança do aeroporto Salgado Filho, distante apenas 5 km da base aérea. Desta forma, parte desta área, incide sobre o sul da Bacia, incluindo os municípios de Canoas, Nova Santa Rita e Esteio.








No Mapa 3, a seguir, representa-se o resultado do somatório das bases cartográficas digitais (disponíveis e desenvolvidas) georreferenciadas, com as exclusões das áreas que apresentaram limitações. Com a conclusão desta etapa, como já destacado, as áreas resultantes não teriam impedimento legais ou normativos. A partir deste ponto, iniciando-se então a etapa de mapeamento escalonar com os parâmetros que serão listados na sequência.



51°15'0"W 51°0'0"W 50°45'0"W 50°30'0"W 50°15'0"W



Legenda

-  Limites da Bacia
-  Limites Municipais
-  Áreas Urbanas
-  Áreas Urbanas
-  Áreas Úmidas
-  Recursos Hídricos
-  Hidrografia Poligonos

5.1.2 Modelagem Utilizando Critérios Escalonares

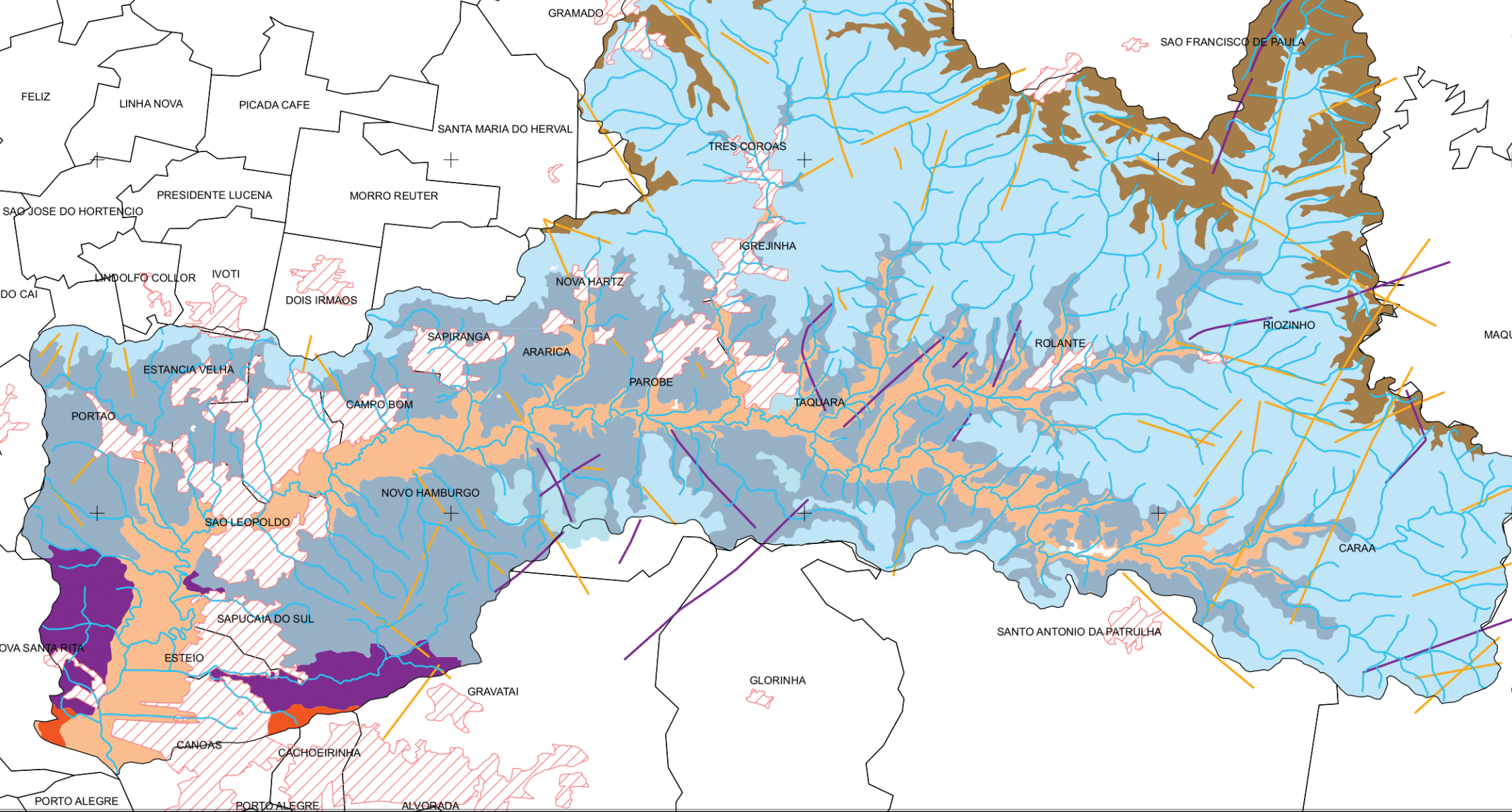
A partir desta etapa, apresentados os resultados da classificação restritiva, iniciou-se o mapeamento para com os parâmetros considerados neste estudo como escalonares. Partiu-se do pressuposto que as áreas indicadas até o momento, possam ainda passar por um processo de seleção o qual indique aquelas com maior potencial. Desta forma, busca-se relacionar critérios de aptidão em mais aptos ou menos aptos através de notas, como já destacado na fase inicial desta discussão.

A partir da base cartográfica digital, contendo além dos atributos comum aos mapas restritivos, como limites da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos e limites municipais, foram gerados outros 3 mapas, utilizados posteriormente para modelagem dos atributos escalonares. Assim como no caso anterior, houve padronização de *Datum* e escalas de trabalho. A seguir é apresentada a listagem de mapas gerados do 4 ao 6.

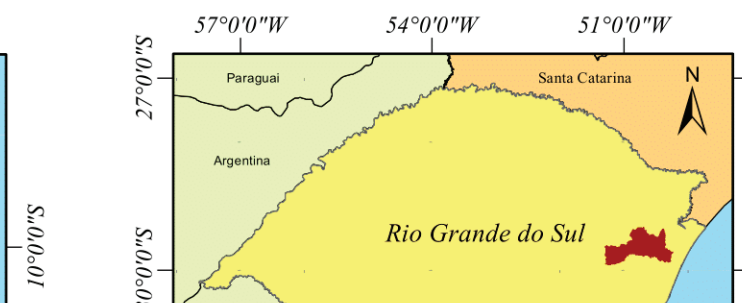
Mapa 4 - Mapa Geológico;

Mapa 5 - Mapa Pedológico;





Mapa 6 – Mapa de Vulnerabilidade de Aquíferos;

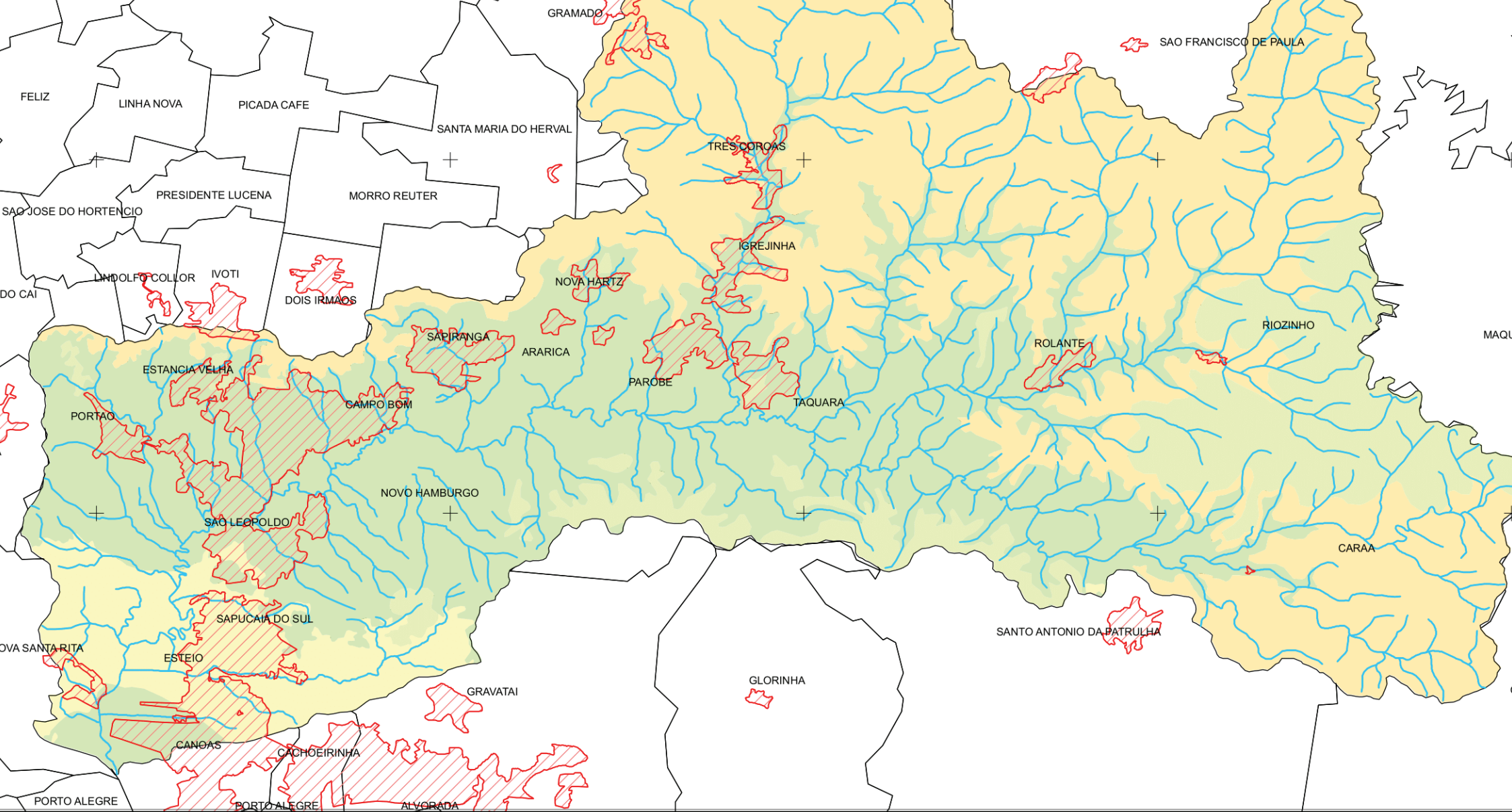


51°15'0"W 51°0'0"W 50°45'0"W 50°30'0"W 50°15'0"W

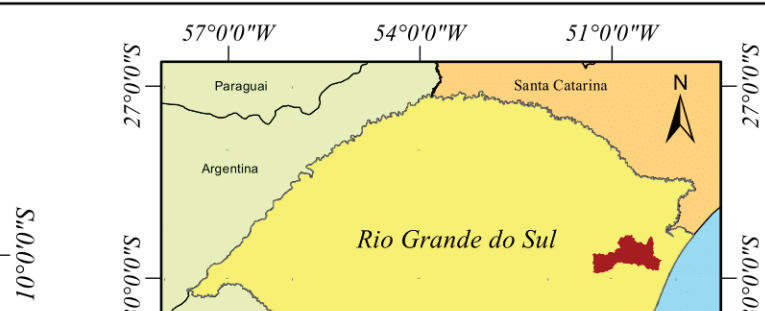


Legenda







-  Áreas Urbanas
-  Recursos Hídricos
-  Falhas Geológicas
-  Formação Botucatu
-  Formação Irati
-  Formação Rosário do Sul
-  Áreas Urbanas
-  Formação Irati
-  Formação Rosário do Sul



51°15'0"W 51°0'0"W 50°45'0"W 50°30'0"W 50°15'0"W



Legenda

-  Áreas Urbanas
-  Recursos Hídricos
-  Aquífero Fraturado - Recarga e Descarga
-  Aquífero Fraturado - Recarga e Descarga
-  Aquífero Poroso - Recarga e Descarga
-  Limites Municipais

Fazendo uso das bases cartográficas georreferenciadas, sem restrição binária, mas que podem apresentar variação quanto a potencialidade para empreendimentos, foram atribuídas as notas por aptidão, conforme descrito no Quadro 16. A seguir serão abordadas as notas para cada critério escalonar, utilizado neste estudo, procurando ressaltar a importância dos valores atribuídos a cada parâmetro.

- a) **Geologia:** A importância deste critério está relacionada as Formações geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Receberam maiores notas a Formação Serra Geral, composta basicamente por Basaltos e Riodacitos, seguido por graus de aptidão inferiores em outras Formações. Essas escolhas basearam-se em fatos implícitos as Formações, como tipo de aquífero (fraturado ou poroso) e origem dos solos. A base de dados cartográficos utilizadas foi disponibilizada pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, LASERCA.
- b) **Pedologia (Solos):** Como mencionado anteriormente, os solos com maior aptidão e, portanto, maior nota foram aqueles de origem basáltica e riodacítica. Como característica fundamental, são solos argilosos, oferecem menor permeabilidade após compactação. Além disso a constante necessidade de material de cobertura para os resíduos favorece a determinação de maiores notas a esta classe. Já solos como Planossolos, receberam nota zero, por apresentarem, além de características inadequadas, como permeabilidade, localizam-se em várzeas, próximos a recursos hídricos. A fonte de dados foi do Laboratório de Modelagem e SIG do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.
- c) **Malha Viária:** Este critério relaciona-se unicamente a questão econômica, diferente dos anteriores os quais há uma relação com aspectos ambientais, apesar da disponibilidade de material para cobertura, neste caso solo, ter relação econômica para implantação de aterros sanitários. As notas superiores foram de acordo com a proximidade das áreas em relação a rodovias e estradas já implantadas, reduzindo a necessidade de investimentos em infraestruturas de transporte com abertura de novas vias.

- d) Vulnerabilidade de Aquíferos:** A base cartográfica Digital para área de estudo, possui segundo FEPAM (2016), três unidades denominadas de Aquífero Fraturado e uma unidade de Aquífero Poroso. A partir da espacialização dessas unidades é possível indicar potenciais de vulnerabilidade, conforme a característica de cada ambiente. O Aquífero Fraturado de baixa possibilidade ou limitado, indica baixo fluxo subterrâneo e menor “produção” de água. Essas condições são mais severas para o Aquífero Fraturado praticamente improdutivo e, neste caso obtiveram as melhores notas frente as condições de contaminação serem muito restritas. Já para o Aquífero Fraturado com recarga e descarga e o Aquífero Poroso com recarga, obtiveram as menores notas, frente a vulnerabilidade de sofrerem contaminação.
- e) Usos e Ocupação do Solo:** O uso do solo são fatores determinantes, principalmente na aceitação de empreendimentos que possam causar danos ambientais. A implantação de aterros, devido ao impacto ambiental associado, deve privilegiar áreas degradadas ou que resultem em menor impacto ambiental, social e econômico. Neste caso a priorização foi por áreas ocupadas por silvicultura, pecuária ou ainda aquelas com vegetação de estepe, uma vez que entraves ligados as questões ambientais serão amenizados. Outra relação são os custos com reposição florestal obrigatória, além da necessidade de áreas extras para averbação de Bioma. Neste procurou-se excluir áreas de vegetação nativa, atribuindo notas menores para estas feições, conforme condicionantes do licenciamento ambiental no estado.

Na Figura 11, a seguir, apresenta-se de forma resumida a sequência resultante do método proposto (ferramentas do *Software*), utilizados com o objetivo de escalonar áreas com maior ou menor grau de aptidão. Como salientado anteriormente, as etapas de modelagem serão detalhadas com maior ênfase quando da discussão referente aso critérios para gestão em nível de Bacia Hidrográfica, procurando retratar a replicação de métodos para outras regiões

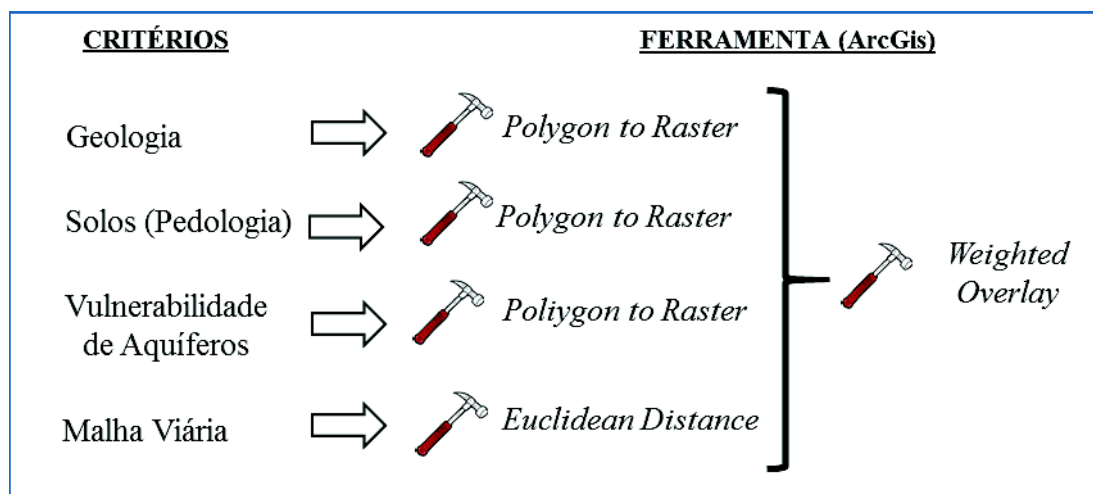


Figura 11 – Relação de critérios, ferramenta e parâmetros utilizados na modelagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A abordagem a partir de notas, discutido anteriormente, busca evidenciar locais onde a potencialidade para instalação de aterros sanitários sejam maiores. Como resultado desta etapa, serão conhecidas as regiões, com maior aptidão, sendo estas consideradas como preferenciais, uma vez que atendem as necessidades técnicas. O parâmetro uso e Ocupação do Solo será discutido a seguir, pois o mesmo faz uso de outras ferramentas e Sensoriamento Remoto para atingir a finalidade pretendida.

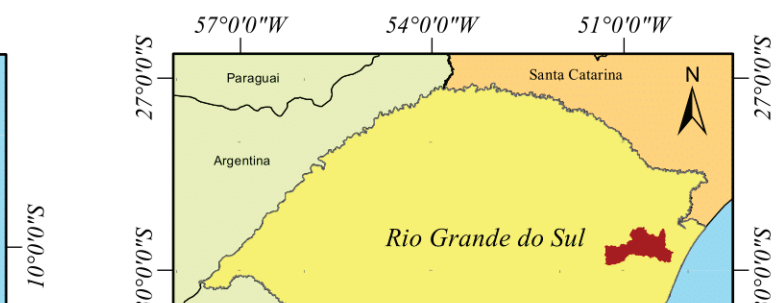
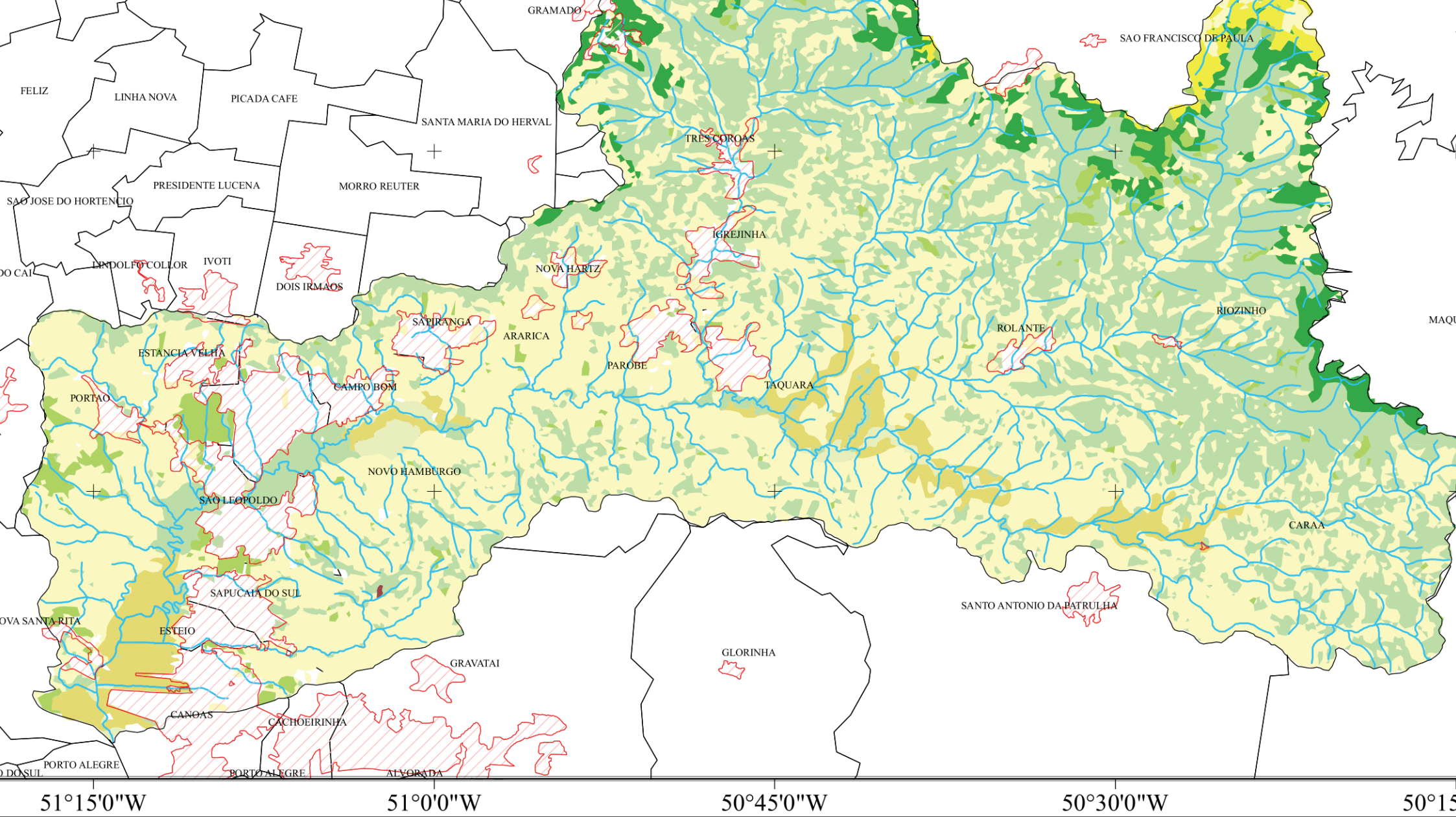
5.1.3 Classificação de Imagem por Sensoriamento Remoto

Para a classificação de imagem por Sensoriamento Remoto buscou-se identificar os usos e a ocupação do solo na área de estudo (imagens INPE, 2016). A método de classificação supervisionado da máxima verossimilhança gaussiana (MAXVER), mostrou-se eficaz a finalidade e para esta escala de mapeamento. Outro aspecto favorável, foi possibilidade de alteração na composição das bandas espectrais utilizadas, sem a perda dos polígonos já definidos, possibilitando assim, adensar um maior número dados referentes à categoria.

Como em outros métodos de classificação de imagens, existem limitações. Neste caso, acredita-se que este fato se apoia na realização de uma análise pontual, baseada unicamente em atributos espectrais (RIBEIRO & HERMANN, 2009). A análise urbana, por exemplo, muitas de suas feições, como ruas, edificações, estacionamentos e solos expostos, apresentaram respostas espectrais similares, ou então contém informações de diversas classes chamados de pixels mistos.

Apesar da necessidade de variar as bandas espectrais com intuito de “limpar” os pixels ou extrair pixels limpos, o programa mostrou-se dinâmico, porém com dificuldade em distinguir alvos em áreas muito antropizadas, necessitando de um maior número de amostras para a correta definição de classes. Desta forma, aumentou-se o número de variáveis (pixels com a mesma classe), considerados para o contexto de cada região, resultando em uma classificação muito similar a verdade terrestre, excelente para escala de mapeamento.

A seguir, no Mapa 7, apresenta-se os resultados do processo de classificação de uso e ocupação do solo, conforme as classes estabelecidas. Como o objetivo desta etapa é de obter a espacialização de cada tipologia de uso, esses valores são foram quantificados para obter a valoração de área, de cada classe utilizadas neste estudo.



Legenda

- Áreas Urbanas
- Recursos Hídricos
- Agricultura
- Estepe
- Floresta Estacional
- Floresta Ombrófila Densa
- Formação
- Reflorestamento
- Áreas Degradas

5.1.4 União de Bases Binárias e Escalonares

Após a obtenção dos dados individuais fazendo uso das bases binárias e escalonares, os dados foram “agrupados”, afim de gerar polígonos com as áreas que apresentam potencial ou ainda, aquelas áreas que indicam poucas restrições (notas baixas). Desta forma, o produto final desta modelagem é resultante do cruzamento e somatório de todos as bases georreferenciadas com critério binário 1 e aquelas com notas escalonares já definidas anteriormente.

O resultado total da modelagem indicou que 152 áreas apresentam potencial para receber aterros sanitários, conforme a metodologia proposta. Porém, este número diz respeito há locais com áreas variáveis entre 0,1 ha, á 1000 ha. Nesta etapa observou-se que o software unificou diversos padrões de polígonos, sendo estes gerados de forma continua resultando em áreas extensas ao longo de encostas com declividade inferior a 30%, principalmente. Além disso esta quantidade de área, reflete os resultados de todas as notas.

A partir desta etapa, todas as áreas resultantes com potencial, foram submetidas a dois processos de filtro de informações, na tabela de atributos do *software*. No primeiro passo procurou-se conhecer apenas aquelas áreas com dimensões entre 25 ha e 200 ha. A referência de 25 ha foi escolhida, afim de atender a um tamanho mínimo para gerenciamento de aterros sanitários, que possa atender a uma população superior a 80.000 habitantes e a área máxima de 200 ha para obter-se polígonos com formatos menos alongados.

A segunda etapa de filtragem objetivou separar as áreas que apresentaram máximo potencial, daquelas com notas inferiores. Para tanto, as áreas foram subdivididas em duas classes, considerando máximo potencial, ou seja, aqueles que atingiram conceito máximo e as demais, que foram excluídas. Entende-se que áreas que apresentam algum tipo de restrição, devem somente ser consideradas na falta daquelas que oportunizam máximo potencial.

Outra justificativa para esta tomada de decisão quanto as dimensões mínimas de área, considerou os pré-requisitos apontados pelo Governo Federal, para liberação de recursos. Além disso, o estudo preconiza o gerenciamento consorciado de RSU, que será discutido no próximo capítulo, e neste caso a possibilidade de menor investimento por habitante, como já descrito neste trabalho.

O tratamento de dados citado anteriormente, resultou na seleção de 24 áreas, consideradas como prioritárias, de acordo com a metodologia proposta. Com a junção de todos os critérios propostos, procurou-se enaltecer locais onde ocorra menor potencial para

geração de impactos ambientais. Assim, os resultados para todas as áreas selecionadas atendem as condições pré-estabelecidas conforme demonstra-se no Quadro 17, a seguir.

Quadro 17 – Resultados das áreas quanto ao atendimento de critérios.

Crítérios	Métodos e Notas	Resultados
1. Recurso hídricos superficiais.	- Distância de 200 metros para cada lado.	Não ocorrem recursos hídricos para esta escala de mapeamento.
2. Poços de abastecimento de água.	- Raio de 50 m.	Não existem poço de abastecimento nas áreas selecionadas.
3. Declividade.	- Inferior a 30%.	A declividade é inferior a 30 %.
4. Unidades de Conservação.	- Raio de 3 km (zonas de amortecimentos).	Todas as áreas estão distantes 3 km de Unidades de Conservação.
5. Áreas Úmidas	- Raio de 200 metros.	Nenhuma área localiza-se sobre banhados ou charcos.
6. Áreas Urbanizadas.	- Raio de 500 metros	Todas estão distantes 500 metros de áreas urbanizadas.
7. Aeroportos.	- Raio de 20 km (restrições a empreendimentos).	Nenhuma área está a um raio de 20km do aeroporto internacional Salgado Filho.
8. Terras Indígenas e Assentamentos.	- Raio de 3 km (zonas de amortecimento).	Todas as áreas estão distantes 3 km de áreas indígenas.
9. Geologia	- Basalto 05 - Riodacitos 05	Todas as áreas atingiram nota máxima e encontram-se sobre basaltos da Serra Geral.
10. Solos (Pedologia)	- Argilossolo 05 - Neossolo 05	Todas as áreas possuem máxima aptidão de solos para implantação.
11. Vulnerabilidade de Aquíferos	- Aquífero Fraturado – baixa possibilidade – limitado; 05 - Aquífero Fraturado – praticamente improdutivo; 05	Todas as glebas encontram-se sobre áreas de baixa produtividade de águas subterrâneas.
12. Malha Viária	- Até 200m 05	Os limites perimetrais de todas as glebas estão a 200 metros da malha viária.
13. Uso e Ocupação do Solo	- Reflorestamento 05 - Pecuária 05	Todas as áreas estão sobre locais de reflorestamento ou utilizada para pecuária extensiva.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Mapa 10, a seguir, apresenta-se os resultados das localizações das 24 áreas resultantes. Ressalta-se que não foi gerado mapa com todas as áreas (152), frente ao tamanho diverso das glebas além de grande parte não apresentar interesse para próxima etapa do estudo.

5.2 ÁREAS APTAS A GESTÃO CONSORCIADA

Os resultados da base cartográfica utilizada para especializar as áreas urbanas, por si só, demonstram as grandes dimensões das áreas urbanizadas na Bacia Hidrográfica. Um dos objetivos deste estudo, frente a grande urbanização foi a busca por áreas que pudessem ser geridas de forma consorciada entre os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, basicamente com intuito de redução de custos com a infraestrutura.

Além disso, outros aspectos favoráveis aos consórcios é a possibilidade de redução nos custos de instalação e operacional de aterros sanitários. Porém para atender inicialmente a essas condicionantes, as áreas devem oferecer condições de uso para mais de um município, ou seja, a localização é fator preponderante na tomada de decisão, frente aos distanciamentos a serem percorridos, além do número de habitantes a serem atendidos.

Como já destacado neste estudo, Neto et al. (2011), estimou os custos de implantação de aterros sanitários, verificando que estes diminuem conforme aumenta o número de habitantes atendidos. Esta mesma analogia é feita pelo Ministério das Cidades (2012), ao adotar referências de custo global para implantação de aterros sanitários. Essas condicionantes servem de embasamento técnico e referência para liberação de recursos para projetos e obras públicas no eixo do saneamento ambiental.

Além de questões de ordem econômica, os consórcios podem possibilitar ainda, a de redução na demanda por áreas ambientalmente favoráveis, otimizando a gestão ambiental para disposição final de resíduos sólidos urbanos. Dentro desta premissa, o gerenciamento consorciado permite aumentar o número de habitantes atendidos, por um mesmo empreendimento, possibilitando cumprir as demandas técnicas para liberação de recursos financeiros de ordem pública.

Visando suprir as condições discutidas até o momento, esta etapa da pesquisa considerou os elementos abordados na Quadro 18, a seguir apresentada.

Quadro 18 - Critérios utilizados no estudo para áreas consorciadas.

80.000 habitantes	20 km	80 km
<ul style="list-style-type: none"> • População mínima a ser atendida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distância mínima entre o centro gerador e a área de disposição final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distância mínima entre aterros sanitários na mesma Bacia Hidrográfica

Fonte: Elaborado pelo autor.

A distância entre aterros sanitários de 80 km é medida adotada pelo Ministério das Cidades, como ideal para o gerenciamento consorciado de aterros sanitários. Como já citado, a entidade argumenta ser desnecessária a implantação de equipamentos de auto impacto ambiental, em distâncias inferiores (BRASIL, 2012). Já o distanciamento de 20 km é considerado como ideal frente aos custos de transporte, sendo diretamente proporcional ao aumento da distância até os aterros sanitários (Van Elk, 2007).

A partir dessas considerações procedeu-se a busca pela gestão consorciada, gerando-se raios de rastreio de 20 km, a partir do centro das áreas urbanas integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. As buscas foram conduzidas as áreas pré-selecionadas, identificadas pela metodologia proposta no estudo e discutidas anteriormente.

Ressalta-se novamente que os limites de uma Bacia Hidrográfica qualquer, nem sempre ou ainda, na maioria dos casos, não condizem com limites políticos. Evidencia-se por exemplo, grandes áreas rurais na Bacia do Hidrográfica do Rio dos Sinos de municípios que não possui sua sede (área urbana) na mesma unidade de gestão. É o exemplo do município de Santo Antônio da Patrulha, o qual 100% da área urbana está localizada fora dos limites da unidade de gestão estudada.

Existem também, outras situações que merecem destaque, como é o caso dos municípios de Gramado e Canela. Ambos possuem áreas urbanas localizadas nos divisores de água das Bacias Hidrográficas dos Rios do Sinos e Caí. A partir destas considerações e para a realização da análise consorciada, considerou-se municípios os quais, possuem limites urbanos, integral ou parcial na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Outras prerrogativas impostas pelo governo federal para Consórcios Públicos ou ainda convênios de cooperação entre Entes Federados, visam comprovar viabilidade econômico-financeira, socioambiental e adequada gestão, entre os integrantes. No Quadro 19, a seguir, apresenta-se as principais condicionantes exigidas, para que sejam entendidas como viáveis, além da liberação de recursos Federais, atendimento as questões socioambientais.

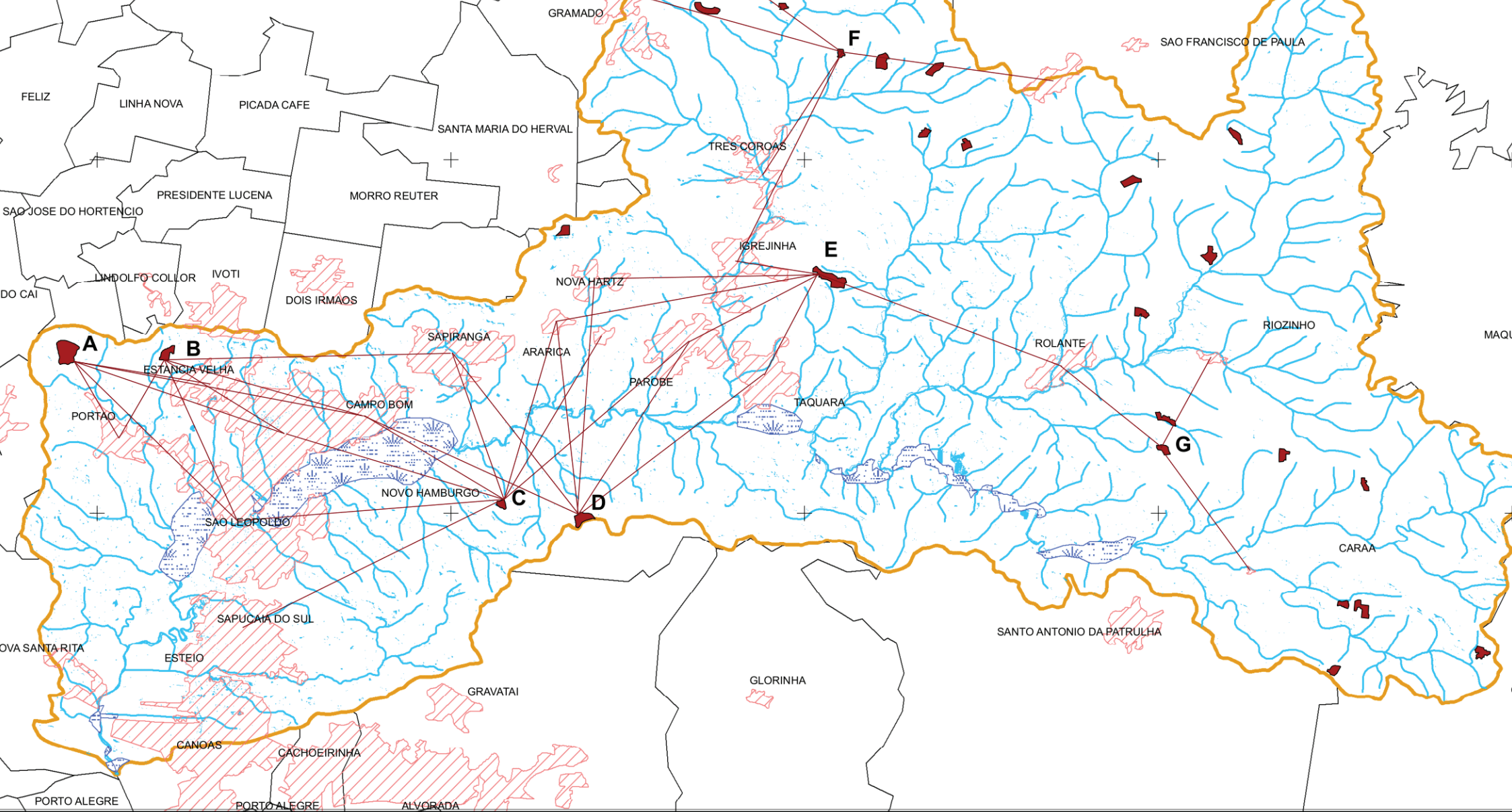
Quadro 19 – Diretrizes, as quais estão condicionados os pleitos encaminhados ao Ministério das Cidades.

Viabilidade econômico-financeira.	Viabilidade socioambiental.	Empreendimentos com gestão adequada.
- Escala adequada, mediante população beneficiada de, pelo menos 150.000 ou ainda, no	- Previsão de integração, na coleta seletiva regular, dos catadores de materiais	- Atender a Legislação: - Lei nº. 11.445/2007;

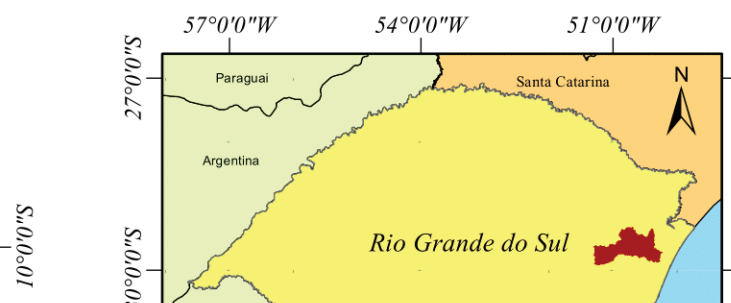
<p>caso de viabilidade demonstrada no plano intermunicipal de resíduos sólidos, 80.000 habitantes;</p> <p>- Comprovação de receitas suficientes para custear à manutenção dos serviços de forma adequada a operação do empreendimento, durante toda sua vida útil.</p>	<p>recicláveis ou reutilizáveis;</p> <p>- Distância mínima de 80 (oitenta) km de outro empreendimento de destinação final de RSU;</p> <p>- Previsão de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos recicláveis;</p> <p>- Viabilidade de seu licenciamento ambiental.</p>	<p>- Lei nº. 12.305/2010;</p> <p>- Decreto nº. 7.217/2010;</p> <p>- Decreto nº. 7.404/2010.</p>
--	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das condicionantes discutidas, gerou-se o Mapa 9, no qual apresenta-se o raio de busca de 20 km, e as áreas atingidas. Como já destacado, a distância estipulada partiu das áreas centrais das regiões urbanas, tendo em vista as diversas formas geométricas, algumas localidades afastadas das regiões centrais (centro geográfico), podem resultar em distâncias diretas pouco superiores ao estabelecido.



51°15'0"W 51°0'0"W 50°45'0"W 50°30'0"W 50°15'0"W



Legenda

- Raios de busca <20 km
- Áreas Aptas
- Áreas Urbanas
- Áreas Úmidas
- Recursos Hídricos
- Limites da Bacia

Como demonstrado no Mapa 9 o número de áreas aptas, considerando o distanciamento de 20 km foi de 7 áreas, nominadas de “A” a “G”. Qualquer uma dessas áreas poderia ser gerenciada na forma de consórcio público entre os municípios, seguindo este parâmetro. No Quadro 20, apresenta-se a relação de municípios, número de áreas aptas, e as possibilidades de arranjos intermunicipais resultantes desta metodologia.

Quadro 20 – Relação de áreas resultantes do processo de seleção por distância do centro gerador

Área/Localização	Municípios	Distância (km)	Nº total de Habitantes
A – Portão 209 ha	Estancia Velha	9,2	46.444
	Novo Hamburgo	14,7	248.694
	São Leopoldo	18,2	228.370
	Portão	6,4	33.994
	Campo Bom	19,8	64.171
	Nº de municípios - 5	Distância média: 13,6	Pop. Atend.: 416.140
B – Estância Velha 67 ha	Sapiranga	18,7	79.560
	Novo Hamburgo	9,6	248.694
	São Leopoldo	13,3	228.370
	Portão	6,2	33.994
	Campo Bom	13,6	64.171
	Estância Velha	3,8	46.444
	Nº de municípios - 6	Distância média: 10,8	Pop. Atend.: 495.700
C – Novo Hamburgo 33 ha	Sapiranga	11,9	79.560
	Novo Hamburgo	16	248.694
	São Leopoldo	17,8	228.370
	Campo Bom	11,4	64.171
	Sapucaia do Sul	18,9	138.357
	Araricá	14	5.301
	Parobé	16,8	55.486
	Nova Hartz	18,3	20.035
	Nº de municípios - 8	Distância média: 15,6	Pop. Atend.: 839.794
D – Taquara 85 ha	Campo Bom	16,6	64.171
	Araricá	14,8	5.301
	Taquara	16,1	57.238
	Nova Hartz	18,2	20.035
	Sapiranga	15,4	79.560
	Parobé	14,2	55.486
	Nº de municípios - 6	Distância média: 15,9	Pop. Atend.: 281.791
E – Igrejinha 145 ha	Araricá	18,4	5.301
	Taquara	8,7	57.238
	Nova Hartz	15,2	20.035
	Igrejinha	5,2	34.341

E – Igrejinha 145 ha	Rolante	16,5	20.712
	Parobé	9,4	55486
	Nº de municípios - 6	Distância média:12,3	Pop. Atend.: 193.113
F – Três Coroas 25 ha	Igrejinha	17,3	34.341
	Gramado	145	34.605
	Canela	101	42.411
	S. Francisco de Paula	142	21.551
	Três Coroas	96	20.092
	Nº de municípios - 5	Distância média	Pop. Atend.: 153.000
G – S. Antônio da Patrulha 43 ha	Rolante	92	20.712
	Riozinho	7,5	4.571
	Caraá	11,4	7.863
	Nº de municípios - 4	Distância média	Pop. Atend.: 33.146

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de IBGE (2015).

Observando o quadro anterior, vislumbra-se as diversas alternativas apresentadas. Essas alternativas buscaram sempre áreas mais próximas dos centros urbanos, procurando oportunizar o maior número possível de habitantes a serem atingidos. Cabe ainda destacar que o tamanho das áreas passa, neste caso a ser fundamental para os possíveis arranjos intermunicipais.

Observa-se ainda que outros municípios os quais não possuem áreas urbanas dentro da unidade de gestão, poderiam compor alguns consórcios. É o caso do município de Santo Antonio da Patrulha, o qual ingressaria a unidade de gestão “G”, juntamente com os municípios de Rolante, Riozinho e Caraá. Desta maneira a proposta somaria mais 49.977 habitantes (população estimada do município de Santo Antônio da Patrulha em 2015), totalizando 83.123 habitantes, possibilitando a busca por subsídios federais.

Próximas as áreas “F” e “G”, existem outras áreas resultantes que poderiam ainda ser exploradas para finalidade, no entanto, o estudo priorizou a menor distância dos municípios até as glebas, desde que atendidas as condicionantes de tamanho de área. Assim, os resultados se relacionam sempre as menores distâncias, para a maioria dos municípios componentes daquele consórcio.

Outros municípios como Dois Irmãos, Ivoti, Lindolfo Collor, São Sebastião do Caí e Capela de Santana, poderiam ainda englobar os consórcios das áreas “A” e “B”. Obviamente, quanto maior o número de municípios integrantes em um único consórcio, maior será a população atingida, assim como a demanda por áreas maiores também aumentará. Neste caso, a gleba “A” no município de Portão teria um grande potencial para esta escala de

mapeamento, sendo a maior extensão entre as áreas resultantes, as quais serão apresentadas a seguir.

Diante do exposto, na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos poderiam ser gerenciados associativamente 7 (sete), unidades de disposição final de RSU. Essas unidades segundo os pré-requisitos do Ministério das Cidades (BRASIL, 2012), estariam aptas a receber resíduos de 19 municípios distintos, considerando a Unidade de Gestão e ainda, outros 6 municípios de fora da Bacia Hidrográfica. No entanto, a distância de 80 km entre as unidades (aterros sanitários), não seria atingida para nenhuma das áreas envolvidas. Este quesito diz respeito a dimensão da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, a qual não comporta grande extensão de área.

Dois fatores, a urbanização e o posicionamento geográfico dos municípios foram as limitações para implantação de unidades consorciadas. Ou seja, a fragmentação e a diversidade de usos do solo, implicam em áreas de menor extensão, impossibilitando um maior número de arranjos intermunicipais, com elevado número de habitantes atendidos. No Quadro 21, apresenta-se as exigências quanto a extensão de áreas segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2012), e os resultados obtidos na etapa anterior.

Quadro 21 – Tamanho de área para gestão consorciada e resultados encontrados.

Áreas	População Atendida	Volume estimado de RSU 1,071 kg/hab./dia) ABRELPE (2016); kg/dia	Área necessária em ha, (BRASIL, 2012)	Resultado encontrado (ha)
A - Portão	416.140	445.685,9	55	209
B – Estância Velha	495.700	530.894,7	55	67
C – Novo Hamburgo	839.794	899.419,4	95	33
D - Taquara	281.791	301.798,1	55	85
E - Igrejinha	193.113	206.824	35	145
F – Três Coroas	153.000	163.863	25	25
G – S. Antônio da Patrulha	33.146	35.499,3	10	43

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de ABRELPE (2016); IBGE, (2015) e Brasil (2012).

Ressalta-se novamente a necessidade de vastas extensões de terras para gestão, principalmente a partir de 250.000 habitantes atendidos. Porém, para este quesito, praticamente todas as áreas atenderiam as extensões necessárias (A; B; D; E; F e G). A opção de área “C” no município de Novo Hamburgo, necessitaria de uma redução no número de habitantes, ou seja, um rearranjando nas opções, uma vez que para os municípios mais

populosos da área sudoeste da Bacia, principalmente São Leopoldo e Novo Hamburgo, as opções estendem-se a mais de uma área.

Assim como existe a possibilidade de um município encaminhar seus resíduos a mais de uma área, existe também a situação de haver áreas aptas para os municípios ao Sul da área estudada. É o caso dos municípios de Canoas, Nova Santa Rita e Esteio, para os quais, conforme a proposta metodológica desenvolvida, não resultou em regiões aptas, assim como não atingem distâncias máximas para envio às regiões consorciadas. Frente a estes cenários, uma opção seria estações de transbordo para posterior destinação final.

A partir desta forma de gerenciamento, os municípios sem áreas aptas ou ainda, sem opções de gestão consorciada, vislumbrariam a possibilidade de gerenciamento dos sistemas de coleta e transporte, visando otimizar custos com estações de transbordo. Este procedimento já é adotado por alguns municípios não só da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, mas de várias regiões do Estado, os quais terceirizam o setor, encaminhando RSU a mais de 100 km de suas sedes.

5.3 POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Definidas as melhores áreas dentro do escopo da pesquisa, a qual abordou diferentes critérios conforme apresentado até momento, procurou-se verificar a eficiência deste processo de múltiplas escolhas. Deve-se ter em mente que as escalas de mapeamento são fundamentais neste processo, ou seja, conforme a escala utilizada, determinados elementos da paisagem serão representados ou então omitidos do Mapa.

Conforme normativa técnica ou PEC cartográfica (Padrão de Exatidão cartográfica), apresentada neste estudo, para uma escala em torno de 1:50.000, erros na ordem de 25 metros se enquadram como valor aceitável. A partir destas considerações, muitos elementos podem não estar mapeados e serem interferentes no processo de licenciamento, como é o caso de recursos hídricos de menor porte e significância.

Para tanto, a pesquisa objetivou nesta etapa, conhecer em maior escala as áreas resultantes até a presente momento, englobando aptidão espacial, assim como a gestão consorciada, ambos discutidos nas seções anteriores. Este procedimento leva em consideração a verdade terrestre, neste caso baseando-se em feições visualizadas em imagens de alta resolução espacial e disponíveis no *software* livre *Google Earth Pro*.

A área “A”, localizada no município de Portão, apresentou grande importância, principalmente frente a sua extensão. Englobando uma gleba pouco superior a 200 hectares, o

uso e ocupação do local baseiam-se na silvicultura com vegetação exótica. Além disso as aptidões da área para a escala de mapeamento adotada em base 1:50.000, não apresentaram restrições ambientais.

Ao verificar o polígono delimitado em imagens de alta resolução, percebe-se fragmentos com culturas cíclicas e pastagens, além de pequenos trechos com vegetação nativa. Provavelmente o software tenha “misturado” as variações espectrais, englobando as pequenas ocorrências de espécimes nativos junto as áreas de silvicultura. No Mapa 10, apresenta-se a imagem utilizada para interpretação em maior escala.



LEGENDA:



Polígono da Área;

MAPA 10 - ÁREA - A

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Avaliação de Mapemaneio em maiores escalas

ESCALA:

1 / 10.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:

209 ha

FONTE DA IMAGEM:

Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM:

26/05/2016

DATUM:

SIRGAS 2000
UTM - 22J

ESCALA GRÁFICA:



LOCALIZAÇÃO:

Município de Portão - RS

ENGENHARIA CIVIL
Mestrado e Doutorado

ESCOLA Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

Como demonstra-se no Mapa 10, não são observados recursos hídricos visíveis para esta escala, tão pouco elementos que destoam dos parâmetros fornecidos ao SIG para identificar as áreas aptas. Certamente, independentemente do método adotado para escolha de áreas, a avaliação *in loco* jamais pode ser dispensada em qualquer obra desta magnitude.

A gleba “B”, no município de Estância Velha, possui condições semelhantes a área de Portão e situam-se relativamente próximas (6 km). No entanto suas dimensões são menores, atingindo 67 hectares. Essas equivalências dizem respeito aos usos e ocupação do solo, sendo utilizada também para silvicultura, com áreas de culturas cíclicas ou campos de pastagens.

Um pequeno fragmento com vegetação nativa, também pode ter destoadado junto aos *pixels* da ocupação por espécimes exóticos. Um reservatório de água, natural ou artificial pode ser visualizado a noroeste da gleba. Segundo o Novo Código Florestal, áreas de até 1 hectare, com acúmulo de água natural ou artificial, passaram a não ser mais consideradas como Áreas de Preservação Permanente – APP.

Neste caso a avaliação *in loco* torna-se indispensável, uma vez que o reservatório poderia ser abastecido por nascente, limitando parte do local em função da proteção da fonte. Independentemente dessas considerações, a gleba se mostra com grande potencial, segundo este método de avaliação, uma vez que a o tamanho da área ultrapassa as dimensões para gestão consorciada, segundo os parâmetros indicados.

A seguir no Mapa 11, apresenta-se a área “B”, locada sobre imagem de alta resolução, utilizada para interpretação dos atributos espaciais. Cabe ainda destacar que, tanto para área “A”, como para área “B”, existem as possibilidades de integrar aos consórcios, municípios que estão localizados geograficamente fora da Unidade de Gestão, como já salientado anteriormente.



LEGENDA:



Polígono da Área;

FONTE DA IMAGEM:

Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM:

26/05/2016

DATUM:

SIRGAS 2000
UTM - 22J

MAPA 11 - ÁREA - B

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Avaliação de Mapemanejo em maiores escalas

ESCALA:

1 / 10.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:

67 ha

ESCALA GRÁFICA:



LOCALIZAÇÃO:

Estância Velha - RS

ENGENHARIA CIVIL
Mestrado e Doutorado

ESCOLA Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

A Gleba “C” no município de Novo Hamburgo, não é a menor área, porém localiza-se no município mais populoso da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. O gerenciamento dos RSU poderia ser conduzido de forma individual, frente ao número de habitantes, área com aptidão e a distância do centro gerador. Porém esta é a única área que para o parâmetro distância do centro gerador, atenderia ao município de Sapucaia do Sul.

Na gestão consorciada, nem sempre as melhores áreas estão nos territórios da própria sede (área urbana), como é este caso. Para Novo Hamburgo é mais viável em termos de distância conduzir os resíduos a Estância Velha, do que a opção de aterro sanitário em sua própria região política.

Outra questão importante e que deve ser discutida é a existência de processos minerários na área. Referem-se a extração de arenito, rocha típica da formação Botucatu e que nesta avaliação foram consideradas com baixo potencial para aterros sanitários. Novamente esta interpretação pode ter caráter de escala, ou seja, conforme a escala 1:250.000, neste local não ocorrem arenitos, porém as “lentes” dessa formação podem ser visualizadas em maiores escalas.

Ainda neste local o resultado do uso e ocupação do solo, pode ter sido direcionada a ocorrência de campos (pecuária), porém a gleba representa ser bastante fragmentada em pequenas propriedades rurais, remontando a cultivos cíclicos. Silvicultura e fragmentos com espécimes nativos podem ser visualizados de forma descontínua pela área.

Avaliando este contexto, é provável que local não tenha necessariamente alta aptidão a aterros sanitários, porém o fato ser explorada pela mineração, favorece outros quesitos, refletindo em custos de instalação e operação, principalmente. No Mapa 12, demonstra-se o polígono da gleba e os elementos da paisagem procurando sempre apresentar as interpretações da verdade terrestre.



LEGENDA:



Polígono da Área;

MAPA 12 - ÁREA - C

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Avaliação de Mapemanejo em maiores escalas

ESCALA:

1 / 10.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:

33 ha

ESCALA GRÁFICA:



FONTE DA IMAGEM:

Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM:

26/05/2016

DATUM:

SIRGAS 2000
UTM - 22J

LOCALIZAÇÃO:

Novo Hamburgo

**ENGENHARIA
CIVIL**
Mestrado e
Doutorado

ESCOLA
Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

A área “D”, localiza-se no limite da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, também chamado de divisor de águas, no município de Taquara. Normalmente esses locais merecem maior atenção, pois comportam recurso hídricos de ordem “1”, normalmente não representados nesta escala de mapeamento. Tais condições reforçam a necessidade de validar uma avaliação baseada em dados cartográficos nativos de escalas menores.

Interpretando as imagens de alta resolução, observa-se o predomínio da Silvicultura sobre a gleba. Assim como nas áreas “A” e “B”, tais condições dificultam em parte, verificar a ocorrência, de elementos naturais. Neste caso, pequenos fragmentos de vegetação nativa também ocorrem sobre a gleba entre os talhões de mata exótica.

A Leste da área, observa-se uma vasta rede reservatórios, não sendo possível por imagem, interpretar as fontes de abastecimento (lençol freático, nascentes, fontes de colúvio ou acúmulo topográfico). A proximidade desses reservatórios pode representar solo hidromórfico, com lençol freático raso, impossibilitando a implantação deste tipo de empreendimento neste local.

No entanto, a gleba possui uma área de 85 ha, e as condições discutidas anteriormente estendem-se há um montante inferior a 10% do total. No Mapa 13, a seguir podem ser visualizadas e interpretadas tais condicionantes descritivas.



LEGENDA:



Polígono da Área;

FONTE DA IMAGEM:

Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM:

26/05/2016

DATUM:

SIRGAS 2000
UTM - 22J

MAPA 13 - ÁREA - D

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Avaliação de Mapemaneio em maiores escalas

ESCALA:

1 / 10.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:

85 ha

ESCALA GRÁFICA:



LOCALIZAÇÃO:

Taquara - RS

ENGENHARIA CIVIL
Mestrado e Doutorado

ESCOLA Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

A área “E” no município de Igrejinha foi o polígono resultante com formato geométrico mais alongado de todas as áreas, totalizando 145 hectares (segunda maior área). Praticamente 90% da área é composta por pastagens e o restante por silvicultura. Assim como em boa parte das glebas observa-se pequenos reservatórios, porém bastante espaçados (distantes), um dos outros.

A Noroeste da área é possível observa sulcos de drenagem superficial, provavelmente de recursos hídricos. Porém sua magnitude e abrangência em um contexto sazonal ou perene só poderia ser julgada *in loco*. Assim como na gleba anterior, a vasta área permite ainda a redução de tamanho, excluindo assim a possível ocorrência de APP.

No Mapa 14, a seguir representa-se os limites da gleba, representando os usos e ocupação do solo no local. Destaque-se novamente que este processo de obtenção de imagens e georreferenciamento dos polígonos, consistiu basicamente no uso da ferramenta *Project* do software *ArcGis* para transformar os polígonos para projeção *WGS-84*. Após a ferramenta *Shape to kml*, alterou o formato do arquivo para versão compatível com *Google Earth Pro*.



LEGENDA:



Polígono da Área;

FONTE DA IMAGEM:

Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM:

26/05/2016

DATUM:

SIRGAS 2000
UTM - 22J

MAPA 14 - ÁREA - E

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Avaliação de Mapemaneio em maiores escalas

ESCALA:

1 / 15.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:

145 ha

ESCALA GRÁFICA:



LOCALIZAÇÃO:

Igrejinha - RS

ENGENHARIA CIVIL
Mestrado e Doutorado

ESCOLA Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

A área nomeada como “F”, localiza-se no município de Três Coroas e caracteriza-se por ser a área de menor tamanho, totalizando 25 hectares. No entanto, a localização espacial da área englobada se demonstrou bastante favorável para com o quesito distância do centro gerador, assim como para os demais critérios.

Para esta área, assim como para a próxima a ser discutida (área “G”), torna-se importante destacar a ocorrência de áreas próximas também aptas conforme os critérios propostos. No entanto, a questão distância dos centros gerados foi o parâmetro máximo considerado, havendo mais de uma área como opção. Neste caso, quanto menor a distância a ser percorrida melhor o enquadramento da área, desde que o tamanho da gleba seja suficiente para a população atendida.

Acredita-se ainda que no local a principal atividade seja a agricultura, elemento este que foi atribuído notas baixas em virtude de se reduzir áreas de produção de alimento para instalação de aterro sanitário. Provavelmente a cultura produzida na data da imagem, devido aos seus atributos espectrais, enquadrou-se como áreas de pecuária (campo).

Não são visíveis elementos em solo que possam restringir o uso da área, ligados ao uso e ocupação conforme a proposta metodológica. Apresenta-se no Mapa 15, o polígono da área.



LEGENDA:



Polígono da Área;

FONTE DA IMAGEM:
Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM: 26/05/2016
DATUM: SIRGAS 2000
UTM - 22J

MAPA 15 - ÁREA - F

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM
Avaliação de Mapemaneio em maiores escalas

ESCALA GRÁFICA:



ESCALA:
1 / 10.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:
25 ha

LOCALIZAÇÃO:
Três Coroas - RS

ENGENHARIA CIVIL
Mestrado e Doutorado

ESCOLA Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

A última área selecionada foi nomeada de área “G” e localiza-se na zona rural do município de Santo Antônio da Patrulha. Como já destacado neste estudo, o município não possui sua área Urbana dentro dos limites da Unidade de Gestão. Porém a localização da área é estratégica para o gerenciamento consorciado.

Acredita-se que este fato não seja empecilho para uma gestão intermunicipal, uma vez que se atende a população mínima para gerenciamento e redução de custos. A área é utilizada integralmente para atividade de silvicultura, não sendo visíveis condicionantes limitadoras segundo esta avaliação.

Como discutido anteriormente existem áreas próximas como outras opções a serem consideradas. Porém a área “G” é que apresenta menor distância média entre todos os municípios atendidos naquela região, sendo assim a melhor opção conforme a metodologia proposta. A seguir, no Mapa 16, demonstra-se a localização da gleba e os atributos em imagem de alta resolução.



LEGENDA:



Polígono da Área;

FONTE DA IMAGEM:

Google Earth Pro

DATA DA IMAGEM:

26/05/2016

DATUM:

SIRGAS 2000
UTM - 22J

MAPA 16 - ÁREA - G

POTENCIALIDADES DE USO E OS COMPONENTES DA PAISAGEM

Avaliação de Mapemanejo em maiores escalas

ESCALA:

1 / 10.000

ÁREA DO EMPREENDIMENTO:

43 ha

ESCALA GRÁFICA:



LOCALIZAÇÃO:

Santo Antonio da Patrulha - RS

ENGENHARIA CIVIL
Mestrado e Doutorado

ESCOLA Politécnica

UNISINOS
Somos infinitas possibilidades

A partir da proposta inicial, onde buscava-se, uma análise interpretativa das principais áreas, relacionando os resultados da base digital com os elementos da paisagem em imagens de alta resolução espacial, resultou na possibilidade de avaliar a qualidade e versatilidade da metodologia proposta.

Além do uso e ocupação, dados a diferentes áreas, elementos não considerados na abordagem cartográfica (escala 1:250.000), puderam ser visualizados e interpretados. Avaliando as imagens percebe-se que quanto menor a extensão de uma área contendo atributos espectrais específicos, maiores são as chances de se perder informações com a “mistura” de atributos.

Por exemplo, um único lote em meio urbano sem edificação e com solo exposto, não será classificado separadamente, ou seja, a resposta espectral se dissipará juntamente com a resposta das áreas edificadas. Outro exemplo parecido é o caso da vegetação nativa, pequenos fragmentos ou árvores isoladas podem não ser identificadas a partir das respostas espectrais.

Essas condições, entre outras, enaltecem a necessidade de uma interpretação em resolução aprimorada, oportunizando problematizar e identificar atributos de determinado local, não contemplados na base cartográfica. Deve-se lembrar que a modelagem é ferramenta que possibilita uma avaliação prévia, podendo orientar projetos técnicos.

Outra questão percebida nesta avaliação, são algumas inconformidades de mapeamento, como é o caso da geologia e de solos. A adequação dessas bases, poderiam resultar em outras áreas aptas em diferentes localizações. Em uma avaliação inicial, duas áreas chamam maior atenção, concidentemente duas áreas exploradas pela mineração.

Além da área “C” em Novo Hamburgo, a área de extração mineral de basalto (DNPM, 2016), chamada Santa Tecla, na localidade de Lomba Grande no município de Gravataí, está localizada sobre a formação Serra Geral, composta por vasta camada de basaltos. Contudo, na base cartográfica, esta região está mapeada como Formação Botucatu.

Outra área que merece destaque localiza-se no município de Portão e engloba todos os atributos já descritas para gleba de Lomba Grande. Ou seja, trata-se de outra área de mineração de basalto (DNPM, 2016), também mapeada como sendo Formação Botucatu. Assim como a área anterior, ofereceria excelentes condições para reabilitação.

Estas condições acabaram limitando prováveis áreas adequadas para disposição final de resíduos, pois oportunizam o uso da conformação de extração já existente,

disponibilidade de material para cobertura, aproveitamento de uma área já degradada, entre outros atributos técnicos e econômicos para uso futuro. Na Figuras 12, apresenta-se a área de Lomba Grande, ao lado de um recorte de imagem de alta resolução.



Figura 12 – Localidade de Lomba Grande. Área de extração Santa Tecla.

Fonte: Adaptado de *Google Earht Pro*.

Assim como apresentado na Figura 12, a gleba localizada no município de Portão, comporta características semelhantes. A atividade de extração é exercida desde o ano de 2005, unicamente de processos de britagem. Apesar do tempo decorrido, a área não apresenta possibilidade de ser exaurida, segundo a Administração. Na Figura 13, podem ser visualizadas as feições do local.



Figura 13 – Localidade de Socorro. Área de extração de basalto.

Fonte: Adaptado de *Google Earth Pro* e Arquivo da Empresa.

Diante do exposto, acredita-se que ocorram outras localidades que possam oferecer condições para o gerenciamento final de RSU e não estejam contempladas na base cartográfica. Porém, essas análises, demandam maiores estudos afim de investigar as possibilidades. Dados do departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, pode oferecer uma base confiável, e servir de fonte inicial de informações.

5.4 CRITÉRIOS PARA GERENCIAMENTO DE ÁREAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Como já apresentado na etapa metodológica deste estudo, para a abordagem de critérios, procurou-se avalia-los de forma que pudessem ser replicados para outras Bacias Hidrográficas. Assim como nos métodos, a etapa de revisão bibliográfica definiu os critérios a serem utilizados, abordando diferentes autores.

Similar as definições abordadas em diferentes estudos, este trabalho considerou para Bacia Hidrográfica de Rio dos Sinos, diversos aspectos considerando os meios, físico, biótico e antrópico. Um dos aspectos a ser relacionado, diz respeito a três critérios utilizados, neste estudo e que apresentam, variação espacial muito semelhante devido a ligação entre os elementos.

Tais critérios dizem respeito as Formações Geológicas, Pedológicas e Vulnerabilidade de Aquíferos. A decomposição das rochas dá origem a solos típico da fonte, assim basaltos não resultam em solos arenosos, assim como um aquífero poroso não apresentará baixa permeabilidade. A partir dessas definições a base geológica poderá ser utilizada para compor outros estudos a nível de Bacia, sem comprometer aquíferos ou ainda implantação sobre solos impróprios, nesta escala de mapeamento.

Seguindo esta analogia, os poços de águas subterrâneas também podem não ser efetivos, uma vez que nem todas as perfurações estão mapeadas no sistema SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas). As mesmas considerações não se aplicam a recursos hídricos superficiais, pois são imprescindíveis ao mapeamento, não só pelo risco de contaminação, mas devido ao fato de limitarem as regiões frente a legislação ambiental.

As áreas de reserva natural, independentemente da finalidade, devem em qualquer Bacia Hidrográfica serem excluídas, devido a proteção integral regida pela atual legislação, assim como áreas de alta declividade (superiores a 30%). Regiões urbanas, dentro do perímetro urbano ou fora dele, necessitam manter distâncias adequadas em função da tipologia de empreendimento e aos riscos oferecidos ao meio ambiente e a saúde pública.

Os usos e a cobertura do solo são elementos importantes a serem discutidos independentemente do estudo ou região. Áreas de produção de alimento, acredita-se ser uma última opção, enquanto aquelas já degradadas pela mineração oferecem um alto potencial. Outro aspecto diz respeito a cobertura do solo, onde a tipologia vegetal, estágios de regeneração ou ainda as atividades econômicas implicaram em custos ambientais e econômicos.

A replicação do estudo independente da técnica utilizada, passa por questões normativas legais. Esses regramentos podem ser distintos conforme a região do país, ou mesmo doutrinas municipais e que devem ser observadas. Apresenta-se no Quadro 22, a relação de critérios considerados, segundo esta avaliação, indispensáveis a avaliação multicritério através de geotecnologias.

Quadro 22– Critérios a serem considerados para replicação do estudo em outras Bacias Hidrográficas.

CRITÉRIOS AMBIENTAIS		
Geologia (Formações);	Recurso hídricos superficiais;	Declividade;
Unidades de Conservação;	Localização de áreas úmidas;	
CRITÉRIOS ECONÔMICOS		
Áreas Urbanizadas;	Sistema Viário;	
CRITÉRIOS SOCIAIS		
Uso e Cobertura do Solo;	Unidades de Conservação, Terras Indígenas e Assentamentos;	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao observar o Quadro 22, nota-se uma redução de critérios quando comparados ao número de fatores utilizados neste estudo. Porém acredita-se que tais elementos excluídos de uma futura análise, não representam perda de qualidade nos resultados, mas sim redução de tempo de busca, organização e processamento de dados digitais. O Quadro 22 demonstra ainda que a maioria dos critérios a serem considerados partem de uma avaliação *booleana*.

Neste caso tais considerações se baseiam no fato de que a legislação ambiental e técnica, restringe a implantação de estruturas e obras civis, determinando parâmetros consolidados. Já uma avaliação escalonar poderia responder a critérios econômico, representando distâncias e grau de qualidade das áreas.

Como já discutido, as singularidades de cada Bacia Hidrográfica devem ser consideradas, sintetizando aspectos peculiares de cada região. Neste caso a busca por dados cartográficos nem sempre estarão disponíveis, sendo necessária a criação destes elementos para utilização em SIG. Porém a diversidade de *softwares* no mercado, pagos e livres, apresentam uma gama de opções na área das geotecnologias.

Os resultados apresentados a seguir, foram criados a partir de uma roteirização de passos para trabalho em ambiente SIG. Essas “rotas” são importantes pois o objetivo de

extrapolar a metodologia para outras Bacias Hidrográficas, poderão ser utilizados na sequência em que este trabalho foi desenvolvido.

A partir desta proposta, a seguir serão apresentados os resultados da roteirização desenvolvida, pretendendo fornecer subsídios para outros estudos nesta temática. Após a busca por fontes digitais disponíveis para *downloads* em vários provedores, o passo seguinte foi a organização de pastas com a base digital.

Todas as etapas foram desenvolvidas no software *ArcGis*. A importância da conversão inicial de todas as bases cartográficas para uma única projeção, implica na prevenção de erros com georreferenciamento, falhas do sistema e ainda a possibilidade de boa precisão para exportar polígonos de áreas selecionadas sem ocorrer perda de qualidade do produto cartográfico gerado.

A seguir na Figura 14, são abordados os critérios iniciais do trabalho os quais passaram por uma avaliação *booleana*. Nomear os arquivos com o nome da ferramenta ou ainda com o valor do parâmetro utilizado, auxilia no ordenamento das informações e possibilita retornar a pontos específicos, reorganizando critérios.

BASES BOOLENAS OU BINÁRIAS

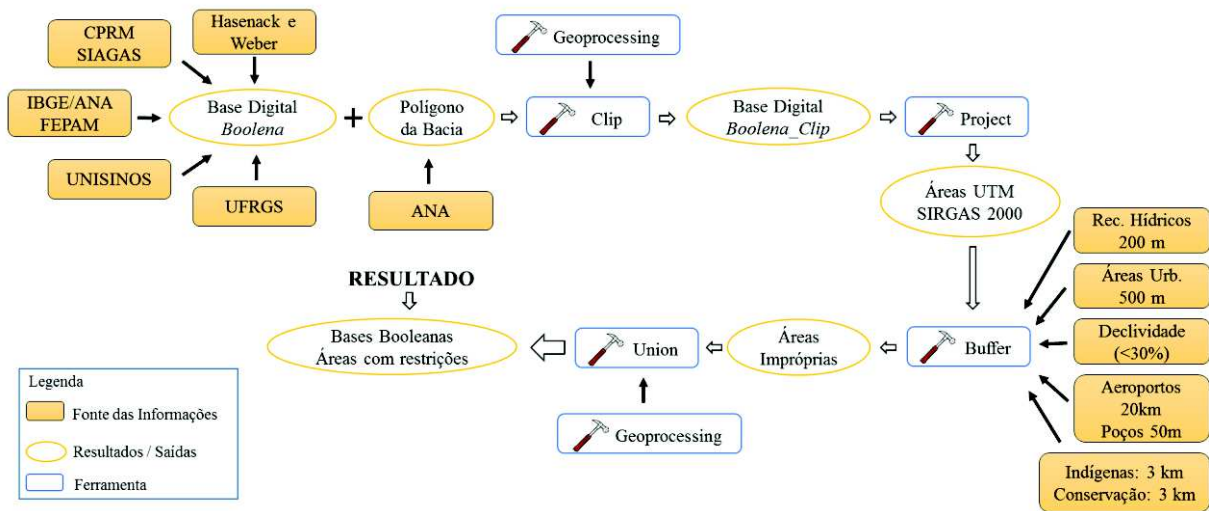


Figura 14 – Roteirização de etapas e organização das bases cartográficas binárias.

Fonte: Do autor.

O maior banco de dados diz respeito a análise *booleana*, na qual fez-se uso de nove bases digitais para compor a avaliação. O processo resultou em um único arquivo de bases *booleanas*, daquelas áreas onde existem impedimentos normatizado. A partir desta etapa o tratamento foi direcionado as bases escalonares, abordando as notas definidas na fase metodológica.

No Quadro 23, a seguir, apresenta-se a lista de ferramentas utilizadas procurando destacar além da tradução literal dos instrumentos a finalidade de cada um. Este procedimento visa também possibilitar o entendimento de cada etapa, conhecendo o propósito de cada ferramenta.

Quadro 23 – Critérios a serem considerados para replicação do estudo em outras Bacias Hidrográficas.

Ferramenta do ArcGis	Tradução Literal	Finalidade
<i>Buffer</i>	Amortecimento	Cria polígonos em uma distância específica ao redor das feições selecionadas.
<i>Geoprocessing</i>	Geoprocessamento	
<i>Project</i>	Projeção	Ferramenta para reprojetar <i>layers</i> para outros sistemas de coordenadas
<i>Union</i>	União	Une vários arquivos (formato “shp” com geometria de polígono) em apenas um.
<i>Polygon to Raster</i>	Polígono para Raster	Converte arquivos de outros formatos para Raster.
<i>Weighted Overlay</i>	Sobreposição Ponderada	Ferramenta de sobreposição ponderada.
<i>Dissolve</i>	Dissolver	Agrega características com base em um atributo especificado.
<i>Extract by Mask</i>	Extrair por mascara	Recorta limites definidos em uma área Raster
<i>Select</i>	Seleção	Aproxima feições selecionadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A classificação de imagem para definição dos usos e ocupação do solo foram descritos na etapa metodológica, assim como discutidas no item 4.4, deste estudo. Para a classificação basicamente, deve-se ter o cuidado de buscar o maior número possível de polígonos de uma mesma classe. Esta condição refletirá na qualidade da classificação, a qual dependerá do objetivo do observador.

As notas atribuídas aos critérios escalonares, também podem variar conforme o entendimento e aplicabilidade de cada estudo. No caso da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, tais condições foram elevadas a máxima restrição, inclusive excluindo as áreas com vegetação nativa, por exemplo. Na Figura 15, demonstra-se o tratamento dado aos critérios escalonares, lembrando que as notas foram apresentadas no Quadro 16.

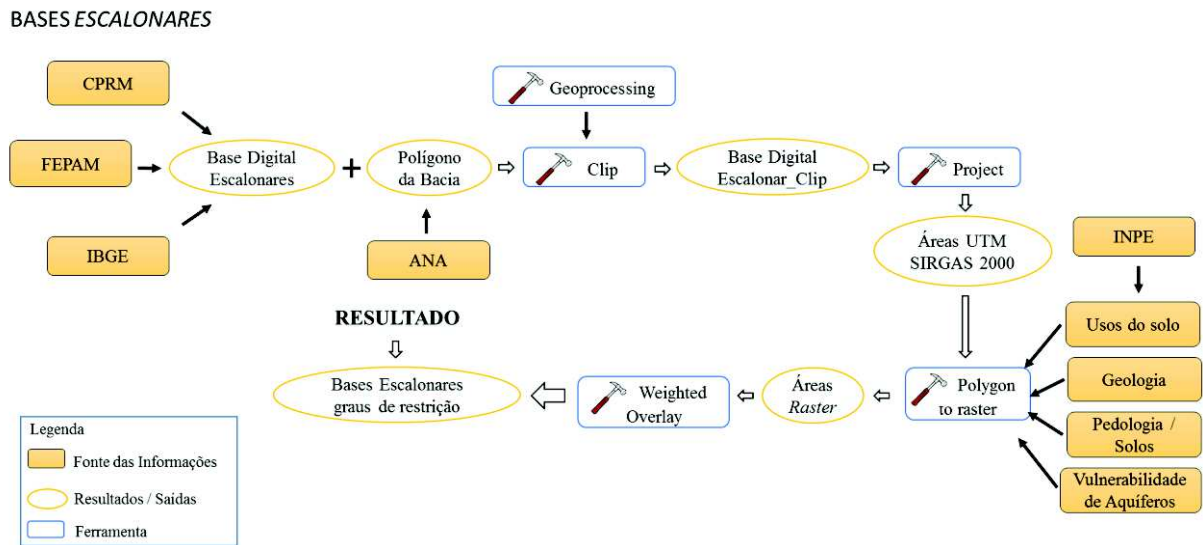


Figura 15 – Roteirização de etapas e organização das bases cartográficas escalonares.

Fonte: Do autor.

Toda a modelagem apresentada até o momento foi desenvolvida no software ArcGis, utilizando a ferramenta *Model Builder*. Esta função permite criar modelos através de uma representação simplificada e gerenciável das etapas de desenvolvimento da análise. A metodologia possibilita gerar fluxos unificados em sequência de ferramentas presentes no *ArcToolbox* e na base de dados do gerenciador. O resultado final foi construído com base na ferramenta *weighted overlay* onde as bases foram multiplicadas segundo a proporção indicada para cada variável.

Na Figura 16, a seguir, apresenta-se a etapa final da modelagem, quando do processo de união das duas bases cartográficas (escalonar e binária). Novamente destaca-se que as áreas resultantes neste estudo são fruto do resultado de máximas aptidões, ou seja, todas aquelas apresentadas até o momento obtiveram nota máxima (5) e não possuem restrições normativas.

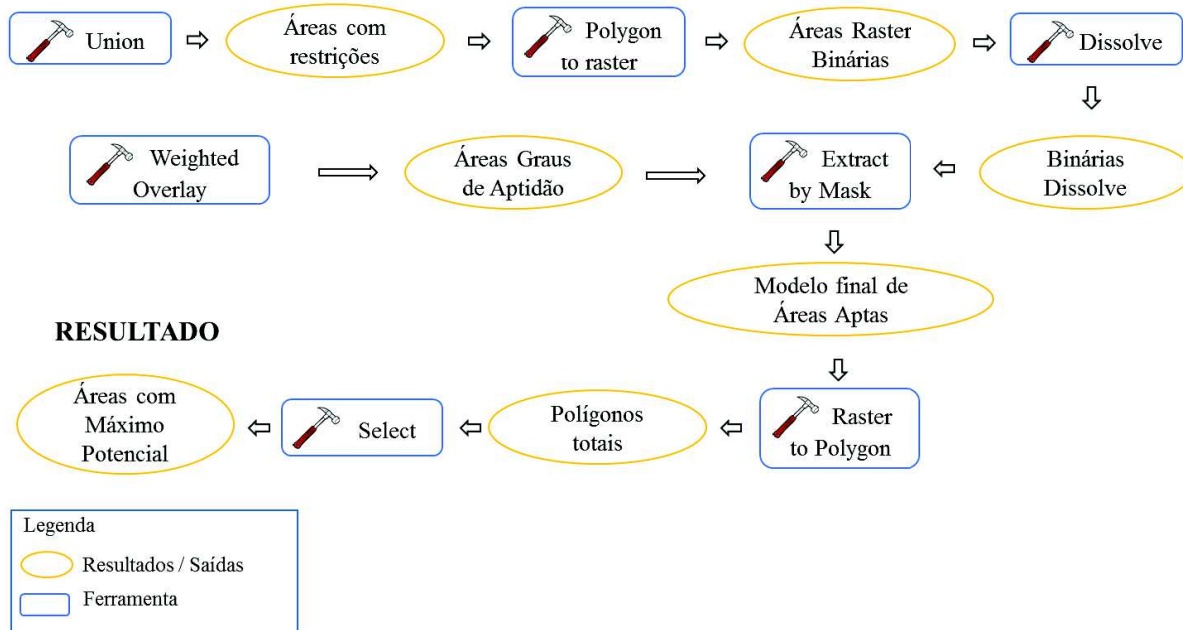
BASES *BOOLENAS* OU BINÁRIAS E ESCALONARES – ETAPA FINAL

Figura 16 – Roteirização da etapa final de desenvolvimento

Fonte: Do autor.

Como apresentado, este objetivo procurou apresentar um roteiro de sequencias e ferramentas do software, diante dos critérios utilizados para Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Este modelo objetivou ainda, além da discussão referente a relevância das bases digitais disponíveis, informar a roteirização desenvolvida, para que possa ser replicado a outros estudos para seleção de áreas aptas, que abordem multicritérios em outras regiões.

6 CONCLUSÃO

A partir da apresentação dos resultados, assim como o conhecimento adquirido no desenvolvimento das demais etapas desta pesquisa, percebe-se o grande desenvolvimento urbano na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, evidenciado através das vastas áreas urbanizadas, demonstradas no mapeamento cartográfico.

Outra dinâmica e a variabilidade das feições da paisagem, estendendo-se de áreas planas ao sul a região montanhosa da Serra Gaúcha. A cobertura vegetal é outro parâmetro notadamente reduzido na metade sul da Bacia Hidrográfica, adensando na direção norte da região de estudo.

As ferramentas geotecnológicas se mostraram dinâmicas para esta proposta, sendo capazes de unificar uma série de fatores ou critérios, ordenados de forma a atender parâmetros restritivos impostos pela legislação em vigor ou mesmo por normativas técnicas e/ou recomendações sugeridas por órgãos governamentais.

A gestão e o gerenciamento de RSU apresenta-se como um constante desafio frente as demandas do setor. As geotecnologias se mostraram eficientes na organização dos espaços territoriais e na visualização da demanda por áreas aptas, podendo ainda, averiguar as possibilidades de gerenciamento conjunto entre mais de um município.

Essas visões pretéritas as fases de projeto e, fazendo uso das geotecnologias, podem resultar na redução de custos em várias esferas do gerenciamento, como transporte, licenciamento ambiental, disponibilidade e acesso a recursos federais, redução dos custos de implantação e de operação de aterros sanitários.

Concluiu-se a que as ferramentas propostas nesta pesquisa possibilitaram alcançar os objetivos almejados, onde foram possíveis a identificação através da base cartográfica, áreas onde não ocorram restrições a implantação de aterros sanitários, segundo esta escala de mapeamento e conforme os critérios propostos.

A gestão consorciada, apresentada neste estudo, evidencia possibilidade de otimização do processo de destinação final de resíduos sólidos urbanos na Bacia Hidrográfica do Rio Sinos. Grande parte dos municípios poderiam conduzir a etapa final do gerenciamento, em aterros sanitários localizados na unidade de gestão, exceto para os municípios de Canoas, Esteio e Nova Santa Rita, os quais não obtiveram, segundo os critérios propostos, condições de sediar tal empreendimento.

Apesar das escalas da base cartográfica (1:250.000 em sua maioria), a verificação a partir de imagens de alta resolução, mostrou-se aplicável a proposta, pois nem todos os elementos da paisagem estão representados na atual base cartográfica disponível. Desta forma a modelagem surge como avaliação preliminar as fases de projeto sendo necessário estudo técnicos para implantação de aterros sanitários.

Além disso a avaliação da paisagem em maiores escalas proporcionou verificar elementos destoantes que, em alguns casos não condizem com a base cartográfica. Percebe-se desta maneira que existe ainda carências de mapeamento em maiores escalas, identificando elementos que ocorram em menores extensões de áreas, ou ainda, características pontuais o que reforça a necessidade de avaliações *in loco* para tomada de decisão definitiva.

Acredita-se ainda, que o estudo tenha contribuído para futuras análises multicritério em outras unidades de gestão. A roteirização proposta mostrou-se dinâmica e dependente unicamente da busca ou do desenvolvimento de bases digitais, para poder extrapolar a metodologia para outras regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419/92: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Procedimento. Versão corrigida da ABNT NBR 8419:1992 incorpora Errata 1 de 30.04.1996. Confirmada em 30/06/2014.

_____. NBR 13.896/97: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Confirmada em 29/07/2013.

_____. NBR 15.849/10: Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Confirmada em 15.12.2014.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009. São Paulo, ABRELPE, 2010.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010. São Paulo, ABRELPE, 2011.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011. São Paulo, ABRELPE, 2012.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012. São Paulo: ABRELPE, 2013.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013. São Paulo, ABRELPE, 2014.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014. São Paulo: ABRELPE, 2015.

_____. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014. São Paulo: ABRELPE, 2016.

ALBUQUERQUE, J. B. Torres de. **Resíduos sólidos**. Leme: Independente, 2011.

ANAC, RBAC nº 154 – **Projeto de Aeroportos**. Agência Nacional de Aviação Civil, Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, 2012.

ANDRADE FILHO, C. O. A.; RIBEIRO, B. M. G.: **Jogo do Trunfo - Satélites & Sensores: Uma nova cartada no Ensino de Sensoriamento Remoto**. Revista Brasileira de Cartografia (2014) N0 66/4: 717-727.

BASTOS, **Índices de Vegetação para Mapeamento de Lavouras de Arroz Irrigado na Bacia do Rio Gravataí no Estado do Rio Grande do Sul**. 86 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFGRS. Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto. 2014.

BORTOLATTO, G. R.; AHLERT, S.: Geotecnologias para a escolha de um local para possível construção de um aterro sanitário em Bento Gonçalves, RS. **Anais**. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente Bento Gonçalves – RS, de 25 a 27 de Abril de 2012.

BRAGA, F. L.; PEREIRA, S. C. M.: **Escolha de Áreas Potenciais para Implantação de Aterro Sanitário Utilizando SIG: Estudo de caso**. Anais XI Seminário nacional de

Resíduos Sólidos. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Brasília – DF 2014.

Brasil. **Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.** Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm. Acesso em: 08.Out.2015.

_____. **Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007.** Regulamenta a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6017.htm Acesso em: 12.out.2015

_____. **Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008.** Institui no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra- Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm. Acesso em: 08. Out. 2015.

Brasil. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em 15.Out.2015.

_____. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm, Acesso em 15.Out.2015.

_____. **Lei no 11.079, de 30 de dezembro de 2004.** Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm. Acesso em 10. Out. 2015

_____. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm. Acesso em 11.0u.2015.

_____. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm Acesso em 11.out.2015.

_____. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em 14.out.2015.

_____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 09.out.2015.

_____. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 13.out.2015

_____. Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA: **Diretrizes para Elaboração de Projetos de Engenharia.** Fonte de Recursos: Financiamento. 2010.

_____. Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA: **Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas Públicos de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Programa – 2068 Saneamento Básico. 2012

_____. **Resolução nº - 1, de 30 de novembro de 2009.** Homologa Norma da Cartografia Nacional, que define o Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Nº 229, 1 de dez. 2009. Disponível em: http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/Resolucao_1_2009_CONCAR_Metadados.pdf
Acesso em: 08. Out. 2015.

BROLLO, M.J.; SILVA, M.M. **Política e gestão ambiental em resíduos sólidos. Revisão e análise sobre a atual situação no Brasil.** In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa: ABES, 2001.

BUENO, D. C. F. **Contribuição aos Estudos Para Seleção de Áreas para Construção de Aterros Sanitários.** IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, 2013, pp. 431-451.

CALDERAN, T. B. **Consórcio público Intermunicipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Domésticos: um estudo de caso.** 223 f.: Dissertação (Mestrado). Centro Universitário UNIVATES - Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento. Lajeado (RS), 2013.

CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO. **Geoinformática: Teoria e Aplicações.** “Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação São José dos Campos”: INPE, 2007.

CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>. Acesso: 14/10/2015.

COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV).** Edição 2.1.3. Rio de Janeiro. 2010.

CONAMA, **Resolução nº 04/95** - Áreas de Segurança Portuária (ASA). Publicada no D.O.U no 236, de 11 de dezembro de 1995, Seção 1, página 20388.

_____. **Resolução 01/86** - Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental - Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação D.O.U, de 17/02/1986, págs. 2548-2549. Alterada pelas Resoluções nº 11, de 1986, nº 05, de 1987, e nº 237, de 1997.

_____. **Resolução 237/97** - Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente - Data da legislação: 22/12/1997 - Publicação DOU nº 247, de 22/12/1997, págs. 30.841-30.843

COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

DOMINGO, L. G.; BRITO, L. P.: **Utilização de SIG e AHP na Seleção de Área para Aterro Sanitário em Alguns Municípios do Oeste do Estado do Rio Grande do Norte**. Anais VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre, RS, 17 a 19 de maio de 2010, PUC/RS.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 9.921, de 27 de julho de 1993**. Dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos, nos termos do artigo 247, parágrafo 3º da Constituição do Estado e dá outras providências. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/leg0000000028.pdf> Acesso em: 16.out.2015.

_____. **Lei n.º 13.914, de 12 de janeiro de 2012**, atualiza a lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000. Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legiscomp/arquivo.asp?idNorma=11&tipo=pdf> Acesso em: 14.out.2015.

_____. **Lei nº 14528 DE 16 de abril de 2014**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/> Acesso em: 11.out.2015.

ESTEVES, R.V.R **Análise do Sistema de Gerenciamento de Serviços de Saúde Pêrfuro-Cortantes nos Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 122f. Dissertação (mestrado) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. São Leopoldo RS. 2010.

FLORENZANO, T. G.: **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Oficina de Textos. 3ª ed. São Paulo, 2011.

FONSECA, M. F. **Geotecnologias aplicadas ao diagnóstico do uso da terra no entorno do Reservatório de Salto Grande, município de Americana (SP), com subsídio ao planejamento territorial**. 82 p. Dissertação (mestrado) – Pós-Graduação em Geografia na Área de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2008.

FOROUGHIAN, A.; ESLAMI, H.: **Application of AHP and GIS for landfill site selection (A case study: city of Susa)**. Journal of Scientific Research and Development 2 (5): 129-134, ISSN 1115-7569 - 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER (FEPAM). Biblioteca digital. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp. Acesso em 12 de novembro de 2015.

GBANIE, S. P.; TENGBE, P. B.; MOMOH, J. S.; MEDO, J.; KABBA, V. T. S.: **Modelling landfill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone**. Applied Geography, Volume 36, January 2013, Pages 3-12, ISSN 0143-6228.

GHILIANI, C. D.; WOLF, P.R.: **Geomática**. Tradução, Daniel Vieira; revisão técnica Alessandro Salles Carvalho. São Paulo. Pearson Education do Brasil. 698 p. Título Original: Elementary Surveying: an introduction to geomatics. 13 ed. 2013.

GOETZE, C.: **Análise de cenários para o gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis no horizonte do plano de gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Dissertação (mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. São Leopoldo RS. 2009

GOMES, L. P.; COELHO, O. W.; ERBA, D. A.; VERONEZ, M. **Crítérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos**. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. São Carlos: RiMa Editora, ABES, 2001. p. 145-163.

GORSEVSKI, P. V.; DONEVSKA, K. R.; MITROVSKI, C. D.; FRIZADO J.P.: **Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average**. Waste Manag. 2012 Feb; 32(2):287-96. doi: 10.1016/j.wasman.2011.09.023.

GREGÓRIO, B. S.; AZEVEDO, G. M.; SOUZA, J. L.; SANTOS, P. S.: **Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

GUIZARD, J. B.; RAFALDINI, M.G; PONTES, F. F. F.; BRONZEL, D.; PERES, C. R.; FERREIRA, E. R.; REIS, F. A. G. V. **Aterro sanitário de Limeira: diagnóstico ambiental. Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**. Espírito Santo do Pinhal, v. 3, p. 72-81, 2006.

HASENACK, H.; WEBER, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE - **Censo demográfico**. População Residente em Cada Unidade da Federação. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000.

_____. – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro. 2008.

_____. - **Diretoria de Pesquisas - DPE** - Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php> Acesso em 28.set.2015.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos – Relatório de Pesquisa**. Coordenação Técnica da Pesquisa: Bruno Milanez, Luciana Miyoko Massukado. Brasília, 2012.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução de J. C. N. Epiphanyo. 598 p.: São José dos Campos (SP), 2009.

JOSIMOVIĆ, B.; MARIĆ, I.: **Methodology for the Regional Landfill Site Selection. Sustainable Development** – Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management, 2012.

JUCÁ, J. F. T.: **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboaão dos Guararapes PE. Grupo de Resíduos Sólidos. UFPE, 2014.

KHAN, D.; SAMADDER, S. R.: **Municipal solid waste management using Geographical Information System aided methods: A mini review**. Waste Management & Research 2014, Vol. 32(11) 1049– 1062 DOI: 10.1177/0734242X14554644.

LIMA, J. D., JUCÁ, J. F. T., REICHERT. G. A. E FIRMO, A. L. B. **Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.19, n.1, p. 33-42. Brasil, 2014.

LIU, W. T. H.: **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Ed. UNIDERP, 908 p: il. color. Campo Grande, 2006.

LOCH, R. E. N. – **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Ed. da UFSC, série didática. Florianópolis. 2006.

LOURENÇO, R. W.: CUNHA E SILVA, D. C.: SALES, J. C. A.: MEDEIROS, G. A.: PROLOTERO, R. A.: **Metodologia para Seleção de Áreas Aptas À Instalação de Aterros Sanitários Consorciados Utilizando Sig**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez. 2015.

MARÍN, L. E.; TORRES, V.; BOLONGARO, A.; REYNA, J. A.; POHLE, O.; CHAVARRÍA, A. H. J.; GARCÍA-BARRIOS, R.; TABLA, H. F. P.: **Identifying suitable sanitary landfill locations in the state of Morelos, México, using a Geographic Information System, Physics and Chemistry of the Earth**. Parts A/B/C, Volumes 37–39, 2012, Pages 2-9, ISSN 1474-7065.

MEDEIROS, C. A.; **Inserção Externa, Crescimento e Padrões de Consumo na Economia Brasileira** / Carlos Aguiar de Medeiros. – Brasília: IPEA, 2015. 174 p.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T.: **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. (organizadores), 266 p. Brasília (DF), 2012.

MIZIARA, R.; **Por uma História do Lixo** – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.3, n.1, Artigo 6, jan./abril. 2008.

MONTAÑO, M.; RANIERI, V. E. L.; SCHALCH, V.; FONTES, A. T.; CASTRO, M. C. A. A.; SOUZA, M. P.: **Integrating technical, environmental and social criteria in landfill sitting studies**. Engenharia Sanitária e Ambiental , 2012, vol.17, n. 1, ISSN 1413-4152.

Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido. Monteiro ...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOREIRA, M. C.; **Dados e Informações sobre resíduos sólidos urbanos no Brasil** / Marcelo Chaves Moreira. -- 2013. xix, 152 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro (RJ), 2013.

MUNIZ, C. A. L.; **Análise Comparativa dos Métodos de Fatores Ponderados na Seleção de áreas para Aterros sanitários. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio do Norte**. Catia Arraujo Lopes Muniz. 118 fl. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Natal (RN), 2013.

NASCIMENTO, V. F.: **Proposta para Indicação de Áreas para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Bauru-SP, Utilizando Análise Multi-Critério de Decisão e Técnicas de Geoprocessamento** / Victor Fernandez Nascimento. 228 f.: il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. São Paulo (SP), 2012.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **Landsat 8**. Disponível em: [http:// landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=4071](http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=4071). Acesso em 08/11/2015.

NETO, J. C. da S.; DUARTE, P. A.; PFEIFFER, S. C.; COTRIN, S. L. da S.: Estimativa dos Custos de Implantação de Aterros Sanitários nas Bacias Dos Rios São Francisco e Parnaíba. Anais. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 25 a 29 de setembro – Porto Alegre. 2011.

ORNELAS, A.R.; **Aplicação de Métodos de Análise Espacial na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Adílio Rodrigues Ornelas. 101f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociencias Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. Belo Horizonte, (MG), 2011.

PAULINO, L. A., CARNEIRO, A. F. T. **Base de dados gráficos para Sistemas de Informações Geográficas (SIG's)**. Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – COBRAC 98, UFSC, Florianópolis, 1998.

PIROLI, E.L. **Introdução ao Geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. p. 46.

PHILIPPI, A. Jr.; AGUIAR, A. O.: **Resíduos sólidos: características e gerenciamento**. In: PHILIPPI, Arlindo Jr. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. p. 267-321.

PROJETO RADAM BRASIL. **Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra**. Instituto Brasileiro de Geologia e Estatística, Rio de Janeiro: IBGE. 796 p; 1986.

PROSINOS – Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. **Plano Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos municípios Integrantes do Consórcio Público de saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos Pró-Sinos (PRGIRS)**. São Leopoldo, 2012.

RIBEIRO, B.M.G; HERMANN, J. H. K.: **Classificação Orientada a Objeto para Mapeamento do Uso do Solo – Métodos de Análise de Expansão Urbana**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 7893-7900.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento aplicado à seleção de locais para a implantação de aterros sanitários: o caso de Mangaratiba-RJ**. In: Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

SANTOS, I. N.; HORBE, A. M. C., SILVA, S. A. F. **Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes – AM**. Acta Amazonica, v.36, p. 229 - 236, 2006

SANTOS, S. D. R.; HUINCA. S. C. M.; MELO. L. F. de S.; SILVA. M. T. Q.; DELAZARI. L. S.: **Considerações sobre a Utilização do PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) nos Dias Atuais**. Anais. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife/PE, 27 a 30 de julho de 2010.

SEMA: **Secretaria Estadual de Meio Ambiente**. Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/>. Acessado em: 10 de novembro de 2015.

SILVA, C. A.; ANDREOLI, C. V. **Compostagem como Alternativa à Disposição Final dos Resíduos Sólidos Gerados na Ceasa Curitiba/PR**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2, p. 027-040, abr. /jun. 2010.

SILVA, C. R. da.: **Escolha de Áreas Potenciais para Aterro de Resíduos Sólidos Industriais: O Caso do Município de Osório/RS**. Anais. XVI Encontro Nacional de Geógrafos. 25 a 31 de julho de 2010. Porto Alegre - RS, 2010. ISBN 978-85-99907-02-3.

SILVA, G. B. S.; BETIOL G. M., SANO, E. E. **Análise comparativa de quatro métodos de classificação supervisionada para a discriminação de fitofisionomias de cerrado**. Geografia Ensino & Pesquisa 12 nº 1: p. 3935-3947. 2008.

SILVA, L, F; TEIXEIRA, M. E. S.; DE PAULA, L. M.; NETO, F. A. A.; CASTANHO, R. B.; Revisitando as origens da Cartografia. Anais. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia. Gramado/RS. 03 a 08 de agosto de 2013.

SILVEIRA, T. A.; CARNEIRO, A. F. T.; PORTUGAL, J. L.: **Estruturação de Bases Cartográficas para Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**. II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 8-11 de setembro de 2008.

SMITH, M.; GOODCHILD, M; LONGLEY, P.: **Geospatial Analysis**. A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools. (5th edition). Published by The Winchelsea Press, Winchelsea, UK, 2015.

SOUZA L. F. de.: **Parecer Técnico**. Documento DAT-MA nº 0616/2008. Unidade de Assessoramento Ambiental Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas. Ministério Público do Rio Grande do Sul, 2008.

SUZUKI, J.A.N.; GOMES, J. **Consórcios intermunicipais para a destinação de RSU em aterros regionais: estudo prospectivo para os municípios no Estado do Paraná**. Engenharia Sanitária Ambiental, v.14, n.2, p. 155-15, abr./jun. 2009.

TEIXEIRA, M.B. & NETO, A.B.C. 1986. **Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos**. Estudo fitogeográfico In: Projeto RADAM Brasil. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH.24 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro. P. 541-632.

VAN ELK, A. G. H. P.: **Redução de emissões na disposição final** / Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk. Coordenação de Karin Segala – Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

VIEGAS, D.; TODT, V.; THUM, A. B.; COELHO, O. G. W.: **Caracterização das Áreas de Preservação Permanente no Município de Picada Café - RS de acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro**. Revista Brasileira de Cartografia (2014) Nº 66/5: 1007-1028.

WEBER, E.; HASENACK, H. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário através de análises em SIG com classificação contínua dos dados. In: VI Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento da América Latina, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: 2000. p. 3175-3182.