

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA E  
GEOCIÊNCIAS**

**CARTOGRAFIA DE SÍNTESE PARA ANÁLISE  
INTEGRADA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE SÃO  
GABRIEL/RS: UMA PROPOSTA DE ZONEAMENTO  
AMBIENTAL**

**Dissertação de Mestrado**

**Hilda Mirian da Rocha Ferrony Arruda**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2011**

**CARTOGRAFIA DE SÍNTESE PARA ANÁLISE INTEGRADA  
DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS: UMA  
PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL**

**Hilda Mirian da Rocha Ferrony Arruda**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia e Geociências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geografia**.

**Orientador: Prof. Dr. Roberto Cassol**

Santa Maria, RS, Brasil  
2011

A779c Arruda, Hilda Mirian da Rocha Ferrony  
Cartografia de síntese para análise integrada da paisagem do município de São Gabriel/RS: uma proposta de zoneamento ambiental / por Hilda Mirian da Rocha Ferrony Arruda. – 2011.  
148 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Roberto Cassol  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2011.

1. Zoneamento ambiental 2. Cartografia 3. Paisagem 4. SIG 5. São Gabriel  
I. Cassol, Roberto II. Título.

CDU 528

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109  
Biblioteca Central UFSM

---

©2011

**Todos os direitos reservados a Hilda Mirian da Rocha Ferrony Arruda. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ocorrer com autorização da autora.**

**Contato: (55) 91234570, End. Eletr.: [hildamirian@gmail.com](mailto:hildamirian@gmail.com)**

**Mais informações no currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7898335305223264>**

**Quando da utilização deste material citar:**

**ARRUDA, Hilda Mirian da Rocha Ferrony. Cartografia de Síntese para análise integrada da paisagem do município de São Gabriel/RS: uma proposta de zoneamento ambiental. 2011. 148 f. Dissertação Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.**

---

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-graduação em Geografia e Geociências

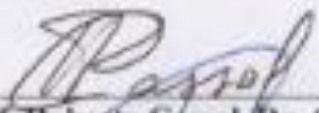
A comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

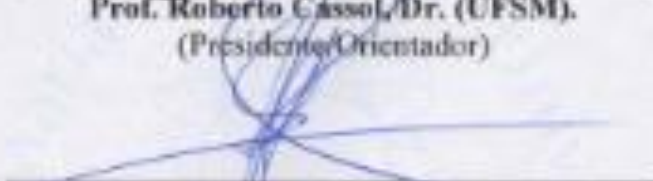
**CARTOGRAFIA DE SÍNTESE PARA ANÁLISE INTEGRADA DA  
PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS: UMA PROPOSTA  
DE ZONEAMENTO AMBIENTAL**

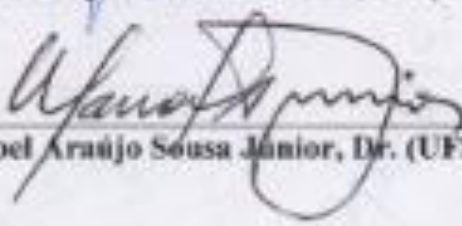
elaborada por  
**Hilda Mirian da Rocha Ferrony Arruda**

Como requisito parcial de obtenção do grau de  
**Mestre em Geografia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Roberto Cassol, Dr. (UFSM).  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Bernardo Snyão-Penna e Souza, Dr. (UFSM).

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Manoel Araújo Sousa Júnior, Dr. (UFSM).

Santa Maria, 25 de Abril de 2011.



## DEDICATÓRIA

---

*Dedico este trabalho ao meu avô,  
Pedro Holtz de Oliveira que é  
responsável pela minha entrada  
na Universidade.... Ele  
sempre me incentivou a estudar e  
nunca desistir!*

## AGRADECIMENTOS

---

Um trabalho de pesquisa, mesmo que seja individual e um caminho que devemos percorrer sozinhos, não pode existir sem colaboração, pois necessitamos de orientação, de ideias, conhecimentos prévios de outros autores e principalmente de contribuições pertinentes que geralmente vêm de pessoas próximas que nos acompanham ao longo desta jornada, agradeço a todas essas pessoas e principalmente:

- ❖ A Deus, pela vida, pela saúde, pelo conhecimento e pelas oportunidades;
- ❖ A UFSM e aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, por este período de aprendizado e constante convivência agradável.
- ❖ Ao Professor Roberto Cassol, pela orientação, paciência e confiança;
- ❖ Ao Professor José Sales Mariano da Rocha e a Cleonir Carpes Daltrozo, pelos conhecimentos transmitidos durante o período de estágio de graduação que influenciaram na escolha do tema deste trabalho e também pelo carinho e atenção que a mim dedicaram;
- ❖ Ao Professor Eduardo Cardoso;
- ❖ A CAPES, pelo auxílio financeiro;
- ❖ Aos meus pais;
- ❖ Ao meu esposo que participou de toda a minha jornada acadêmica no período de faculdade, de especialização e de mestrado, compreendendo a pouca disponibilidade de tempo;
- ❖ Aos meus colegas e amigos, que me acompanharam e dividiram comigo alegrias e dificuldades durante todo o curso, Mariele, Daniela, Ana Leticia, Flaviene, Vanessa, Carline, Aline, Andreise, Flávio, Rosana. E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização dessa etapa tão importante em minha vida.

Obrigada!

*“Se quisermos apreender a essência de um complexo de noções abstratas, devemos por um lado investigar as relações mútuas entre os conceitos e as afirmações feitas a seu respeito e, por outro, investigar como eles se relacionam com as experiências.”*

*Albert Einstein*

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Universidade Federal de Santa Maria  
Mestrado em Geografia e Geociências

# CARTOGRAFIA DE SÍNTESE PARA ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS: UMA PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL

Autor: Hilda Mirian da Rocha Arruda

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cassol

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de Abril de 2011.

As ações antrópicas, repercutem sobre o meio ambiente, criando alterações que podem refletir num quadro de deterioração ambiental. O zoneamento ambiental de áreas rurais torna-se um instrumento de gestão, que auxilia na tomada de decisões acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis, oferecendo subsídios para a correção e recuperação de áreas deterioradas, por permitir maior conhecimento do meio, possibilitando monitorar mudanças ocorridas ao longo do tempo. No intuito de contribuir com análises sobre o espaço local, este trabalho apresenta uma proposta de zoneamento ambiental a partir da análise integrada da paisagem do município de São Gabriel, com base nas potencialidades e vulnerabilidades do solo e nos conflitos de uso. A metodologia seguiu etapas conforme a proposta teórica de Libault (1971), o qual aborda os quatro níveis da pesquisa geográfica, sendo: nível compilatório, correlatório, semântico e normativo. Com o fim de analisar a inter-relação existente entre as variáveis físicas, iniciou-se o trabalho a partir da observação, registro e aquisição de informações, as quais permitiram construir um banco de dados geográficos, no aplicativo SPRING versão 4.3.3. A posterior correlação dos planos de informação pela álgebra de mapas possibilitou quantificar e monitorar os atributos da paisagem para se chegar à síntese cartográfica. Para cumprir com a abordagem holística intrínseca a este trabalho, o uso de SIG para análise da paisagem se mostrou uma ferramenta fundamental, por permitir a realização de uma análise integrada. Como resultado final obteve-se o zoneamento ambiental. As zonas delimitadas totalizam 5800 km<sup>2</sup>, que compõem a unidade territorial em estudo, nestes, 1% compõe a zona 1, urbana, 37% a zona 2, de desenvolvimento agrícola, as zonas 3 e 4, zonas de proteção ambiental, correspondem a 2 e 15% respectivamente e as zona 5 e 6, zonas de recuperação ambiental a 17 e 28% do território. Os resultados obtidos permitem concluir que pesquisas, na perspectiva das tecnologias de informação geográfica, contribuem significativamente no desenvolvimento de projetos de planejamento ambiental, ao propor o uso adequado e racional dos recursos naturais disponíveis, possibilitando preservar e melhorar a qualidade ambiental.

**Palavras-Chave:** Zoneamento Ambiental, Cartografia, Paisagem, SIG e Município de São Gabriel.

**ABSTRACT**

Masters Thesis  
Universidade Federal de Santa Maria  
Masters in Geography and Geosciences

**MAPPING ANALYSIS SUMMARY FOR INTEGRATED  
LANDSCAPE OF SÃO GABRIEL/RS CITY: A  
PROPOSED ZONING ENVIRONMENTAL**

Author: Hilda Mirian da Rocha Arruda

Advisor: Prof. Dr. Roberto Cassol

Place and Date of Defense: Santa Maria, April 25, 2011.

The anthropogenic actions impact the environment, creating changes that may reflect a framework of environmental deterioration. The environmental zoning in rural areas becomes a management tool, which helps in making decisions about the best alternatives for the use of resources, offering subsidies for the correction and recovery of deteriorated areas, by allow an increasing knowledge of the environment, enabling to monitor changes over time. In order to contribute analysis on the local space, this work presents a proposal of environmental zoning from a integrated analysis of landscape in São Gabriel city, based on soil capabilities and vulnerabilities as land use conflicts. The methodology followed the theoretical proposal of Libault (1971), which deals the four levels of geographic search: compilation, correlation, semantic and normative. In order to analyze the interrelationship existing between the physical variable, began the work from of observation, recording and acquiring information which allowed to build a geographic database in Brazilian software SPRING version 4.3.3. The subsequent correlation of information layers by map algebra, enable to quantify and monitor the attributes of the landscape reach a cartographic synthesis. To fulfill the holistic approach intrinsic in this job, the use of GIS for landscape analysis proved an essential tool, by allow an integrated analysis. As a final result was obtained the environmental zoning map, that of 5800 km<sup>2</sup>, comprising the territorial unit under study, 1% comprising urban of area zone 1, the zone 2, 37% comprising the zone agricultural development, the zone 3 and 4 are of environmental protection, comprising 2 and 15% of area respectively and the zone 5 and 6 zone of environmental restoration, comprising respectively 17 and 28% of territory. The results showed that the geographic search in view of geographic information technologies contributes significantly to the development of environmental planning projects, proposing the appropriate and rational use of available natural resources, enabling preserve and enhance environmental quality.

**Key words:** Environmental Zoning, Mapping, Landscape, GIS and São Gabriel city.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização do município de São Gabriel, RS, do global ao local.....	19
Figura 2- Mapa das unidades Homogêneas Libault (1971).....	25
Figura 3-Interações entre Planejamento, gerenciamento, gestão e zoneamentos ambientais.....	26
Figura 4 - Três fases do Zoneamento.....	28
Figura 5- Principais Procedimentos para a Construção de Cenários.....	29
Figura 6 - Principais relações topológicas entre objetos.....	38
Figura 7 - Operação de superposição - imposição.....	39
Figura 8 - Operação de superposição – colagem.....	39
Figura 9 - Operação de superposição - comparação.....	39
Figura 10 - Operação de superposição - associação.....	39
Figura 11 - Operação de superposição – sincronização.....	39
Figura 12- Mapa Político-administrativo do Município de São Gabriel/RS .....	41
Figura 13 - Fluxograma Metodológico.....	53
Figura 14 - Exemplo Gráfico do mapa numérico de vulnerabilidade natural à erosão...61	
Figura 15 – Imagem vertical da Área Urbana de São Gabriel.....	104
Figura 16 – Imagem oblíqua na ARAU.....	104
Figura 17 – Imagem vertical na Z2.....	104
Figura 18 – Imagem oblíqua na Z3.....	105
Figura 19 – Imagem oblíqua na Z4.....	105
Figura 20 – Imagem vertical na Z5.....	105
Figura 21 – Imagem vertical na Z6.....	106
Figura 22 – Imagem oblíqua da ARA 1.....	106
Figura 23 – Imagem oblíqua na ARA 2.....	106
Figura 24 – Hipsometria na ARA2.....	107
Mapa 1 – Mapa Geológico de São Gabriel.....	70
Mapa 2 - Mapa Geomorfológico de São Gabriel.....	74
Mapa 3 – Mapa Hipsométrico de São Gabriel.....	75
Mapa 4 – Mapa Clinográfico de São Gabriel.....	75

<b>Mapa 5 – Mapa Pedológico de São Gabriel.....</b>	<b>78</b>
<b>Mapa 6 – Mapa Fitogeográfico de São Gabriel.....</b>	<b>81</b>
<b>Mapa 7 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra de São Gabriel/1986.....</b>	<b>82</b>
<b>Mapa 8 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra de São Gabriel/2010.....</b>	<b>83</b>
<b>Mapa 9 – Mapa da Vulnerabilidade Natural à erosão em São Gabriel.....</b>	<b>88</b>
<b>Mapa 10 – Mapa de potencialidades de Uso da Terra e Recursos Minerais em São Gabriel.....</b>	<b>89</b>
<b>Mapa 11 – Mapa de Conflitos de Uso da Terra.....</b>	<b>90</b>
<b>Mapa 11 – Mapa do Zoneamento Ambiental de São Gabriel.....</b>	<b>93</b>
<b>Quadro 1 - Resgate histórico da busca pela cartografia de síntese.....</b>	<b>27</b>
<b>Quadro 2 - Classes de uso da terra.....</b>	<b>55</b>
<b>Quadro 3 - Classes de Relevo e Devidos Usos.....</b>	<b>58</b>
<b>Quadro 4 - Proposta de Zonas Ambientais para São Gabriel .....</b>	<b>92</b>
<b>Quadro 5 - Diretrizes de uso para Z1.....</b>	<b>97</b>
<b>Quadro 6 - Diretrizes de uso para Z2.....</b>	<b>98</b>
<b>Quadro 7 - Diretrizes de uso para Zonas de Proteção.....</b>	<b>99</b>
<b>Quadro 8 - Diretrizes de uso para Zonas de Recuperação.....</b>	<b>102</b>

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Classes de Hipsometria.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 2 - Classes de Declividade.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 3 - Atribuição de valores à Ecodinâmica.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabela 4 - Intervalos de classes para o grau de vulnerabilidade à erosão.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabela 5 - Valores de vulnerabilidade atribuídos a morfometria de São Gabriel.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabela 6 - Valores de vulnerabilidade atribuídos as Litologias de São Gabriel.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabela 7 - Valores de vulnerabilidade atribuídos aos Solos de São Gabriel.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabela 8 - Valores de vulnerabilidade atribuídos ao Relevo de São Gabriel.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabela 9 - Valores de vulnerabilidade atribuídos à Vegetação Original de São Gabriel.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabela 10 - Tabela 10 - Valores de vulnerabilidade atribuídos ao Uso e Cobertura- da Terra no Município de São Gabriel.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabela 11 - Classe de Conflitos de Uso da Terra.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabela 12 - Classificação das Zonas Ambientais.....</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 13 - Área das Formações Geológicas em São Gabriel.....</b>	<b>71</b>
<b>Tabela 14 - Área dos Domínios Geomorfológicos de São Gabriel.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabela 15 - Área das Classes de Hipsometria em São Gabriel.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 16 – Área das Classes de Declividade em São Gabriel.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabela 17 - Área das Classes de solos em São Gabriel.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabela 18 – Área de Vegetação Natural de São Gabriel.....</b>	<b>79</b>
<b>Tabela 19 - Área das Classes de Uso e Cobertura da Terra em São Gabriel.....</b>	<b>80</b>
<b>Tabela 20 - Vulnerabilidade à erosão em São Gabriel.....</b>	<b>86</b>
<b>Tabela 21 - Conflitos de Uso dos Solos em São Gabriel.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabela 22 – Área das Zonas Ambientais de São Gabriel.....</b>	<b>94</b>
<b>Tabela 23 – Classes de declividade na Z4.....</b>	<b>101</b>



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**APP – Área de Preservação Permanente**

**ACP – Área de Conservação Permanente**

**AR – Área de Restauração**

**AUO – Área de Uso e de Ocupação**

**AGEFLOR – Associação Gaúcha de Empresas Florestais**

**APA – Área de Preservação Ambiental**

**µm – micrômetro**

**SIG – Sistema de Informações Geográficas**

**GIS – Geographic Information System**

**EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**DSG - Diretoria de Serviço Geográfico**

**NASA – National Aeronautics and Space Administration**

**PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**

**FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental**

**UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

**UFSM – Universidade Federal de Santa Maria**

**Ma – Mil anos**

**ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico**

**INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária**

**IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente**

**CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente**

**CAD - Desenho Assistido por Computador**

**GNSS - Global Navigation Satellite Systems**

**FURB – Fundação Universidade Regional de Blumenau**

**NCGIA National Centre for Geographic Information and Analysis**

**UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**SRTM - Shuttle Radar Topography Mission**

**GPS – Sistema de posicionamento global**

**IMA – AL -Instituto do meio Ambiente de Alagoas**

**GTZ - Cooperação Técnica Alemã**

**GMBH – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit**

**CNPDA – EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da Embrapa**

**PCA - Plano de controle ambiental**

**RIMA – Relatório de impacto ambiental**

**RN – Ruggdeness Number- Coeficiente de Rugosidade**

**EIA – Estudo de Impacto Ambiental**

**INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

**LEGAL – Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico**

**LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES**

<b>ANEXOS.....</b>	<b>123</b>
<b>Anexo 1 – Legislação Pertinente ao Zoneamento Ambiental.....</b>	<b>124</b>
<b>1.1 Legislação pertinente ao Zoneamento Ambiental.....</b>	<b>124</b>
<b>1.2 Resolução n.º. do CONAMA, 14/02/88.....</b>	<b>124</b>
<b>1.3 Instrumentos Jurídicos para Gestão Ambiental.....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo 2 - Fotografias de Arquivo Pessoal tiradas em trabalho de Campo realizado em áreas Urbanas e Rurais no Município de São Gabriel.....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>138</b>
<b>Apêndice 1 – Exemplo de programas elaborados para Ponderação.....</b>	<b>139</b>
<b>Apêndice 2 - Exemplo de programas elaborados para Média Ponderada.....</b>	<b>143</b>
<b>Apêndice 3 - Exemplo de programas elaborados para Fatiamento.....</b>	<b>144</b>
<b>Apêndice 4 - Exemplo de programas elaborados para Cruzamento de PI's.....</b>	<b>146</b>

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES.....</b>	<b>XIV</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1 Considerações Teóricas em Geografia.....</b>	<b>22</b>
1.1.1 O projeto Ambiental Zoneamento.....	22
1.1.2 Teoria sistêmica, Cartografia de Síntese e Paisagem.....	24
<b>1.2 Considerações Teóricas em Geoprocessamento.....</b>	<b>30</b>
1.2.1 A Ciência da Geoinformação e as Geotecnologias.....	30
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1 Os Solos do Município de São Gabriel.....</b>	<b>45</b>
2.1.1 Solos Podzólicos Bruno-Acinzentado Planossólicos eutrófico e álico (PBPa e PBPe).....	45
2.1.2 Podzólico Vermelho-Escuro distrófico e álico, (PVd e PEa).....	46
2.1.3 Brunizém Avermelhado (BV).....	47

2.1.4 Brunizém Vértico (BT).....	48
2.1.5 Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico (PEd).....	49
2.1.6 Planossolo eutrófico, (PLe).....	49
2.1.7 Solos Litólicos eutrófico e distrófico, (Rd e Re).....	50
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1 Materiais.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2 Métodos.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.1 Procedimentos Metodológicos.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.2 Procedimentos Técnico-operacionais.....</b>	<b>54</b>
3.2.2.1 Elaboração dos Mapas de Uso e Cobertura da Terra.....	54
3.2.2.2 Elaboração dos Mapas de Relevo.....	56
3.2.2.3 Elaboração do mapa de Solos, Geologia e Geomorfologia e Vegetação.....	59
3.2.2.4 Elaboração do Mapa de vulnerabilidade natural à erosão.....	59
3.2.2.5 Elaboração do Mapa de Potencialidades de Uso e Recursos Minerais.....	64
3.2.2.6 Elaboração do Mapa de Conflitos de Uso da Terra.....	64
3.2.2.7 Elaboração do Zoneamento Ambiental.....	65
3.2.2.7.1 Critério para enquadramento das Zonas de Desenvolvimento.....	66
3.2.2.7.2 Critério para enquadramento das Zonas de Proteção.....	66
3.2.2.7.3 Critério para enquadramento das Zonas de Recuperação.....	66
3.2.2.7.4 Critério para enquadramento das áreas de recuperação ambiental.....	67
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>68</b>
4.1 Análise Geológica.....	68
4.2 Análise do Relevo.....	70
4.2.1 Geomorfologia.....	71
4.2.2 Hipsometria.....	72
4.2.3 Declividade.....	73
4.3 Análise Pedológica.....	77
4.4 Análise da Vegetação Natural.....	79
4.5 Análise Multitemporal do Uso e Cobertura da Terra.....	79
<b>4.6 Vulnerabilidades, Potencialidades e Conflitos de Uso.....</b>	<b>84</b>
<b>4.7 Zoneamento Ambiental.....</b>	<b>91</b>

4.7.1 Proposta de Zonas Ambientais para São Gabriel.....	94
4.7.2 Relações Existentes entre as Zonas Ambientais de São Gabriel.....	95
4.7.3 Diretrizes de uso das Zonas.....	96
4.7.4 Zonas de Conservação e Desenvolvimento.....	96
4.7.5 Zonas de Proteção Ambiental.....	99
4.7.6 Zonas de Recuperação Ambiental.....	101
4.7.6.1 Áreas de Recuperação Ambiental.....	103
<b>5 CONSIDERAÇÕES.....</b>	<b>108</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>111</b>

## INTRODUÇÃO

A observação e a representação da superfície da terra tem sido importantes para a organização da sociedade desde a antiguidade. As informações espaciais foram descritas de forma gráfica pelos antigos cartógrafos e utilizadas por guerreiros, navegadores, geógrafos, e pesquisadores em geral, Câmara e Medeiros (1998). Certamente segundo Oliveira (1993, apud, Câmara e Medeiros, 1998), o que conhecemos hoje por mapa, é uma das mais antigas formas de comunicação visual da humanidade. Com isso podemos dizer que sempre buscamos a comunicação cartográfica, pois a representação gráfica da realidade espacial é realmente um excelente modo de compreendê-la.

Além da necessidade humana de conhecimento dos recursos naturais existentes e sua distribuição espacial, surge, em função do grande crescimento demográfico, a partir da década de 70, um aumento deliberado da exploração dos recursos naturais, concomitantemente, a preocupação com a qualidade e o manejo desses recursos, pois os modelos exploratórios de uso da terra, com a acelerada expansão das fronteiras agrícolas, têm alterado significativamente os parâmetros ambientais das unidades de paisagem, trazendo por vezes situações de desequilíbrios e riscos ambientais.

As transgressões ambientais, ocorridas em “praticamente todos os lugares”, são decorrentes “dos atuais modelos de desenvolvimento”. Fato que demonstra não ser mais “sustentável para a sociedade, nem para a natureza, modelos de desenvolvimento que não respeitem seus limites, suas capacidades de absorver impactos e autorregeneração, sob pena do desaparecimento de ambas”, diz Medeiros (1999).

A recuperação das áreas deterioradas e a manutenção das que ainda restam conservadas, dependem do conhecimento desses recursos e seus usos, pelas ações planejadas, que necessitam fundamentalmente de informações atualizadas dessas áreas.

Neste sentido observa-se que, a partir do momento que a Geografia passou a inclinar-se mais para os estudos ambientais, os mesmos tornaram-se um campo amplamente utilizado. Assim aos poucos o trabalho dos profissionais Geógrafos, que havia se restringido principalmente a docência, “conquista novos espaços, sobretudo aqueles que requerem

estratégias espaciais para um eficiente Planejamento e Gerenciamento Físico-Territorial”, Zacharias (2010).

Em se tratando de projetos ambientais, consideramos que o zoneamento satisfaz as necessidades ambientais, pois para realizá-lo necessita-se de um conjunto de informações relevantes sobre a área de estudo e, ao final do projeto, têm-se novas informações de conduta para essas áreas, que, se forem seguidas, certamente, tornam sustentáveis as atividades realizadas sobre a mesma, devolvendo qualidade ambiental aos ecossistemas.

O zoneamento ambiental, bem como a representação gráfica dessas unidades de paisagem, integram a proposta deste trabalho, que surgiu da necessidade dessa informação, no município de São Gabriel, que apresenta muitas transformações em seu espaço rural em consequência da expansão agrícola.

O município de São Gabriel situa-se a 320 km de distância de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, na fronteira oeste, sendo suas coordenadas centrais, 30° 20' 09" S, 54° 19' 12" O, (ver sua localização na figura 1). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007), o município de São Gabriel, possui 5.019,65 km<sup>2</sup> e 57.978 habitantes.



Org.: Arruda (2011), adaptado do IBGE.

**Figura 1 - Localização do município de São Gabriel, RS, do global ao local.**



O uso e ocupação das terras do município de São Gabriel, feito principalmente por pecuaristas, agricultores, e desde 2005<sup>1,2</sup>, significativamente também por silvicultores e madeireiros, tem causado, no decorrer dos anos, o desmatamento e a deterioração do solo e da biodiversidade da área. O município de São Gabriel apresenta um grande potencial natural para exploração agrícola e de recursos minerais, e em consequência disto vem sendo explorado de modo inapropriado e insustentável, exaurindo seus recursos, com atividades exploratórias intensivas, sem avaliar as vulnerabilidades/ fragilidades existentes e as consequências futuras.

Por isso torna-se necessário avaliar o grau de interferência dessas atividades nos ecossistemas locais, verificar se essas áreas têm capacidade para os tipos de usos a que estão sendo expostas. Para que não se ultrapasse seus limites de resiliência<sup>3</sup> ocasionando danos irreparáveis, como por exemplo, a perda de solos e extinção de espécies de fauna e flora.

Com o intuito de amenizar o impacto dessas atividades, diversas instituições têm buscado estabelecer modelos de ocupação e desenvolvimento. Entre várias metodologias existentes para analisar e avaliar as fragilidades dos ambientes naturais, salienta-se a de Crepani et al (1996), pela sua vasta aplicabilidade, sendo adaptável a diferentes áreas, esta estabelece o grau de vulnerabilidade das paisagens à perda de solo, e originou-se com intuito de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e o Ordenamento Territorial. Essa metodologia foi desenvolvida através de um convênio entre a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR) e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para aplicação nos estados que compõem a Amazônia Legal, utilizando as imagens orbitais em Sistemas de Informações Geográficas. Com base nessa metodologia, nas técnicas de geoprocessamento e análise geográfica, surgem meios para verificar esses tipos de transformações no espaço, tornando viável a realização desta pesquisa.

O objetivo geral desta pesquisa é elaborar uma proposta de zoneamento ambiental, a partir na análise integrada da paisagem do município de São Gabriel, com base nas

---

<sup>1</sup> Resolução nº 02, de 10-08-2005: Protocolo de Quioto, aprova os procedimentos para atividades de projetos de florestamento e reflorestamento [. . .]. Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia - DOU Seção 1, de 27-09-2005, p. 07. 29/09/2005.

<sup>2</sup> Informação veiculada pela imprensa, (Zero Hora 27/09/2005), torna público que está em fase de implementação um programa de plantio extensivo de árvores exóticas em território sulriograndense, a título de "florestamento" e/ou "reflorestamento". As iniciativas seriam das empresas, sueco-finlandesa Stora Enso, da transnacional Aracruz Celulose, e dos grupos Safra e Votorantin. Sendo a meta inicial, o plantio das exóticas em 150.000 hectares durante os próximos cinco anos. O espaço geográfico reservado para plantios seria a metade sul do estado do Rio Grande do.

<sup>3</sup> Capacidade de se recobrar facilmente ou se adaptar à má sorte ou às mudanças (Fonte: <http://www.dicionarioinformal.com.br/buscar.php?palavra=resili%EAncia>). Elasticidade e capacidade de autorregeneração natural. Capacidades de absorver impactos e autorregeneração.

potencialidades e vulnerabilidades do solo à erosão e nos conflitos de uso. Para tanto, torna-se necessário cumprir os objetivos específicos descritos a seguir:

- Construir um banco de dados geográficos, em ambiente de SIG<sup>4</sup>, gerando informações espaciais georreferenciadas, do município de São Gabriel, sobre diversos aspectos, como, geologia, geomorfologia, solos, vegetação, drenagem, hipsometria e declividade, uso e cobertura da terra;

- Aplicar um modelo de integração de dados em ambiente SIG, que considere as interdependências entre os elementos e fenômenos no espaço geográfico objetivando a análise integrada da paisagem;

- Confeccionar um mapa de zoneamento um Zoneamento Ambiental, a partir da análise integrada da paisagem, do território municipal de São Gabriel;

- Analisar e discutir os resultados, realizar diagnóstico, prognóstico e propor diretrizes para as zonas ambientais identificadas.

Para organização da redação desta pesquisa, optou-se por dividir a estrutura textual em 6 partes. Introdução, etapa esta, na qual foram apresentadas, a temática em estudo, o problema e os objetivos propostos. O capítulo 1 contém a fundamentação teórica, que se divide em duas partes, considerações teóricas em Geografia e considerações teóricas em Geoprocessamento, na primeira será discutido o zoneamento ambiental e suas contribuições e também serão citados os principais conceitos e autores acerca da abordagem sistêmica e da utilização da paisagem, enquanto categoria de análise geográfica, bem como as contribuições trazidas pela cartografia de síntese. Na segunda parte, abordaremos um breve histórico da passagem da cartografia analógica para digital, algumas aplicações e conceitos básicos de geotecnologias utilizados no desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo 2 apresenta a caracterização da área de estudo. No capítulo 3 encontram-se os materiais e os métodos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, eles se subdividem em procedimentos metodológicos e procedimentos técnico-operacionais. No capítulo 4 são analisados e discutidos os resultados, em um primeiro momento, serão analisadas separadamente as informações compiladas sobre o município de São Gabriel. Após serão feitas correlações entre essas informações, então finalmente serão feitas homogeneizações e diferenciações de áreas e por fim o Zoneamento Ambiental do município de São Gabriel/RS. Para concluir no capítulo 5 foram feitas algumas considerações finais quanto ao trabalho e os métodos utilizados.

---

<sup>4</sup> Sistema de Informação Geográfica.

# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 1.1 Considerações Teóricas em Geografia

### 1.1.1 O Projeto Ambiental Zoneamento

O Zoneamento Ambiental faz parte de um conjunto de projetos ambientais desenvolvidos para fornecer uma orientação para um desenvolvimento sustentável dos recursos naturais. Segundo Silva (1996), “o Zoneamento Ambiental é a divisão de áreas com diferentes níveis de usos e atividades. Uma vez definidos os limites da Unidade de Conservação, avalia-se e classificam-se as áreas”.

Para Rocha (1997) o zoneamento ambiental é uma metodologia que abrange satisfatoriamente as principais unidades ambientais: as unidades políticas (municípios e propriedades rurais), as unidades naturais (unidades de paisagens e bacias hidrográficas) e também as unidades pontuais e lineares (indústrias, campus universitários, estradas, linhas de transporte e energia, desmatamentos, entre outros).

O zoneamento, segundo Milano (1993), consiste na “divisão de uma área da unidade de conservação em porções homogêneas em termos ecológicos-fisiográficos e, principalmente, em termos de destino de uso”, o autor complementa que o zoneamento é realizado ordenando-se porções homogêneas da uma determinada unidade de conservação, sob uma mesma denominação, segundo suas características, baseando-se em interesses “culturais, recreativos e científicos”. Constituindo-se em “instrumento de manuseamento que apóia a administração” na definição das atividades que podem ser desenvolvidas em cada setor, orientando as formas de uso das diversas áreas, ou mesmo proibindo determinadas atividades por falta de zonas apropriadas.

Satisfazendo interesses econômicos, ambientais e sociais, surgiu o zoneamento ecológico-econômico, (ZEE). O Governo Brasileiro iniciou este tipo de zoneamento como resposta a preocupações internacionais sobre o desmatamento acelerado e outros problemas socioeconômicos na fronteira amazônica, Crepani et al (2001).

O zoneamento ecológico-econômico constitui um instrumento fundamental para o planejamento e desenvolvimento de ações que visam à sustentabilidade ambiental. O ZEE permite identificar as potencialidades e conflitos de uso de cada área estudada e zoneada, podendo subsidiar os investimentos do governo para que sejam feitos de acordo com a vocação natural de cada local. A regulamentação desse instrumento se deu pelo Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002<sup>5</sup>, que estabelece os critérios para o zoneamento ecológico-econômico – ZEE do Brasil. O zoneamento ambiental procura ordenar o território segundo suas características básicas, através do agrupamento de áreas cujos conjuntos formam unidades de terra relativamente homogêneas, de modo a facilitar a análise integrada da paisagem (SEMA, apud Rocha, 1995).

Para Silva (1996[104]), existem muitas classes de zoneamento, todas válidas em função do uso ao qual se destinam. As classificações em zonas topográficas, zonas de paisagens, zonas florestais e outras, são utilizadas normalmente para descrever os recursos naturais. A classificação de zonas de planejamento das unidades de conservação diferencia-se por estar designada para prescrever atividades dirigidas para zonas particulares. O objetivo do zoneamento de uma unidade de conservação é dividir uma área silvestre em parcelas, denominadas “zonas” para que possam ser alcançados os objetivos estabelecidos para uma área protegida.

Para Milano (1993) todas as informações relativas ao zoneamento das unidades de conservação deverão estar reunidas numa “Carta Geral de Zoneamento”. Para o mesmo autor o uso do zoneamento apresenta as seguintes vantagens: a) permite que se determine limite de possíveis irreversibilidades devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma poderiam causar danos irreversíveis, tendo, portanto, caráter preventivo; b) permite a identificação de atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão; c) pelo fato da metodologia do zoneamento ambiental ser flexível, permite que se adapte a definição e manejo de uma zona, conforme necessidade comprovada cientificamente.

Com o intuito de identificar áreas com diferentes compartimentações espaciais, uma ferramenta amplamente utilizada são os zoneamentos, os quais adquirem diversas designações, conforme os objetivos de cada pesquisa. Para Neves; Trostes, (1992, apud FIGUEIRÓ, 1997) “zonar um território é diferenciar áreas neste território segundo critérios e

---

<sup>5</sup>Disponível em: <[http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/politica/decreto\\_4297\\_02.pdf](http://www.mp.ba.gov.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/politica/decreto_4297_02.pdf)> faces so em 13 abr. 2011.

regras que devem ser escolhidos de acordo com os objetivos a serem alcançados pelos seus responsáveis”.

Dessa forma surge uma diversidade de tipos de zoneamentos de acordo com cada metodologia de aplicação. “Sendo a grande contribuição da Geografia bem como do geógrafo”, Zacharias (2010), em trabalhos de zoneamentos ambientais definir as atividades que podem ser desenvolvidas em cada compartimento ambiental e orientar a devida forma de uso e ocupação do solo em busca de eliminar os conflitos com atividades incompatíveis, principalmente em áreas lacustres, nas altas declividades, áreas com maior probabilidade de processos erosivos, entre outras.

O zoneamento é um trabalho interdisciplinar e predominantemente qualitativo, mas que utiliza da análise quantitativa dentro dos enfoques analítico e sistêmico, sendo o enfoque analítico referente aos critérios adotados a partir do inventário dos principais temas, enquanto o enfoque sistêmico é referente à estrutura proposta para a integração dos temas e aplicação dos critérios, que resultará na síntese do conjunto de informações, afirma Zacharias (2010).

### **1.1.2 Teoria Sistêmica, Cartografia de Síntese e Paisagem**

Para compreender a visão sistêmica e trazê-la às análises sobre a área de estudo deste trabalho, buscou-se autores como Bertrand, (1972), Sothava, (1977), Chorley, (1971), Tricart, (1977), Christofolletti, (1999), Penteadó, (1981), Bertalanffy, (1972), entre outros iniciadores das teorias geossistêmicas e de ecologia da paisagem. Autores que introduziram esse raciocínio que proporciona métodos de análise integrada da paisagem “Landscape” e dos geossistemas.

O trabalho de Tricart em 1965, com a classificação Ecodinâmica dos meios ambientes já demonstrava a entrada da teoria geral dos sistemas na geografia, a teoria geral dos sistemas de Bertalanffy, que já estava sendo utilizada por várias disciplinas e a partir da década de 70 com os seus estudos passou também a ser difundida na geografia. Em 1977, Tricart define um sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia, originando relações de dependência mútua entre os fenômenos. Através da análise de um sistema, reconhece-se conceitualmente as suas partes interativas, o que torna possível captá-lo sem ter de separá-lo. “O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente” Tricart (1977).

Com base em, Christofletti (2004), (CAPRA, 1996) e Verdum (2005), na visão sistêmica, o espaço geográfico não é um simples agregado de informações e fenômenos isolados, mas, sim, um conjunto articulado. A forma, a estrutura e a função são vistas como meio para alcançar a compreensão das leis e teorias que possam explicar o espaço. Na nova Geografia não houve interesse por fatos isolados, mas pelos padrões espaciais que os fenômenos geográficos apresentam.

Busca-se, portanto uma visão sistêmica, na qual o espaço é resultante das inter-relações da natureza e da sociedade e é visto como “paisagem” para ser analisado de forma integrada, levando em consideração seus atributos físicos e humanos.

O conceito de paisagem é tido como um dos mais importantes termos que designam o campo de estudos da Ciência Geográfica, e sua abordagem varia de acordo com o horizonte epistemológico no qual está enquadrado de acordo com Guerra; Marçal (2006).

Considerando os avanços obtidos por Sotchava (1977) e bertrand (1972,1981) na discussão geossistêmica, e de de Libault (1971) que introduziu a sistematização da representação gráfica da paisagem (cartografia das paisagens), que mesmo propondo a ideia de fragmentação para a análise da paisagem, quando ainda aplicada em estudos de planejamentos e zoneamentos ambientais, o autor destaca que essa análise não deve ser interpretada como algo estático e dissociado do todo.

Para se chegar à cartografia da paisagem, Libault (1971) propõe a elaboração do “mapa das unidades homogêneas”, figura 2, resultado-síntese de seu comportamento dinâmico, em que quatro níveis de estruturação processual são necessários: compilatório, correlativo, semântico e normativo, Zacarias (2010).

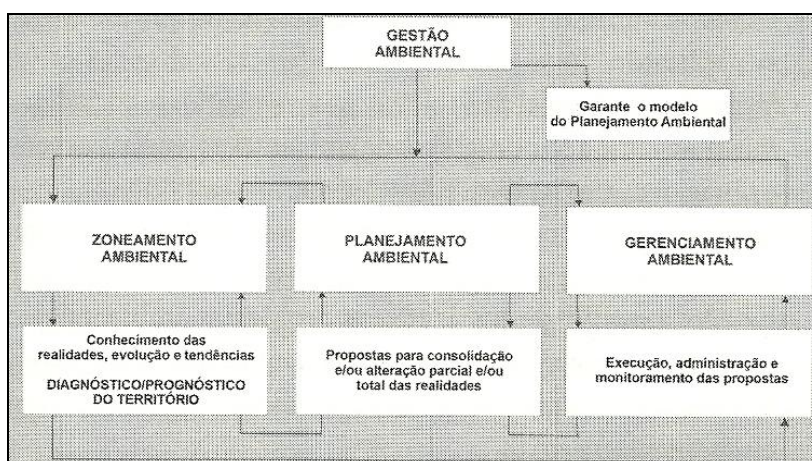


Fonte: Adaptado de Zacharias (2010).

**Figura 2: Mapa das unidades Homogêneas Libault (1971).**

A cartografia de síntese surgiu oficialmente entre o fim do século XIX e início do século XX, com Vidal de La Blache e a escola francesa, algo que certamente é interessante observar é o resgate histórico, que o professor Martinelli, faz através de exemplos no “quadro 1”, mostrando claramente a busca da cartografia de síntese por parte de alguns, dos consagrados, estudiosos da geografia física, para explicar o estudo, sobretudo, a representação da paisagem, a partir desta época o raciocínio de síntese, sempre foi muito explorado, principalmente com o uso das geotecnologias na Cartografia, mas ainda assim persiste certa confusão sobre o que realmente seja uma cartografia de síntese, Zacharias (2010). Para Martinelli (2005, apud Zacharias, 2009), muitos a concebem mediante mapas ditos “de síntese”, mas não como “sistemas lógicos” e sim como “superposições ou justaposições de análises”. Na síntese, não se vêem mais os elementos e sim a fusão deles em “tipos”. Estes devem evidenciar conjuntos espaciais que são agrupamentos de unidades de análise elementares caracterizadas por agrupamentos de atributos ou variáveis.

Concomitantemente ao surgimento dos equipamentos com alta tecnologia no setor da informática inovando os métodos de trabalho em geografia, surgiu também um descompasso entre as definições e aplicações de conceitos relacionados ao planejamento, sobretudo, do ambiente Zacharias (2006).



Fonte: Modificada de Santos (2004, pg. 27 apud Zacharias, pg. 25)

**Figura 3 - Interações entre Planejamento, gerenciamento, gestão e zoneamentos ambientais.**

Por outro lado, de acordo com Santos (2004, apud Zacharias, 2010) a própria palavra Ambiental, também é um adjetivo que vem se estabelecendo com grande velocidade, mas pouca propriedade, nos diversos trabalhos da área. O que se percebe pela grande confusão

epistemológica que, habitualmente, acontece entre os termos: Planejamento Ambiental, Gerenciamento Ambiental, Gestão Ambiental e Zoneamento Ambiental, figura 3.

### Quadro 1 - Resgate histórico da busca pela cartografia de síntese

ÉPOCA	PENSAMENTO
VI - VII a.C Pré-Socrático	O humano integrava o natural, eram também chamados naturalistas ou filósofos da <i>physis</i> . A ela pertencia o céu, a terra, a pedra, a planta, o animal, o homem com suas elaborações e os deuses.
300-400 A.C	Com Platão e Aristóteles assistiu-se a uma ruptura, com a valorização do homem e da idéia. A natureza passou a ser de uma natureza não humana.
século III	Na pintura da China o homem ocupou um nobre lugar na natureza, integrando-se às paisagens.
Início da era cristã	A afirmação da oposição homem-natureza se cristalizou por conta da influência judaico-cristã.
séc. XVII	O homem teria privilegio perante a natureza. Consolidou-se mais ainda com Descartes. Passou-se a ver a natureza como um recurso, sendo o seu conhecimento útil à vida, considerado o homem em oposição a ela.
séc. XVIII	Para o Iluminismo, a compreensão do mundo real partiria da própria natureza, deixando de lado dogmas religiosos.
séc. XIX	A civilização capitalista industrial confirmou um mundo com uma natureza objetiva exterior ao homem, separado as ciências do homem das ciências da natureza.
séc. XX	Foi a Ecologia e os movimentos ecológicos a forjar novas concepções de mundo mais integradoras.
séc. XX	Com a Teoria Geral dos Sistemas proposta por Bertalanffy sistematizou-se uma concepção unificada. Os sistemas seriam considerados como conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, para atingir um objetivo.
1935	A Ecologia foi a primeira disciplina a absorvê-la a teoria sistêmica. Tansley criou, assim, o conceito de Ecossistema.
1950	A Ecologia da Paisagem proposta por Troll na década fora uma ciência da estrutura e do funcionamento da paisagem.
1960	A Teoria de Gaia de Lovelock também foi uma proposta integradora. O planeta e a vida comporiam um processo indissociável.
1962	O primeiro a trabalhar na concepção do Ecossistema junto à geografia foi o russo Sotchava, criando um método de estudo para a geografia física – o Geossistema.
1968	Bertrand propôs o estudo da paisagem, que seria desenvolvido numa geografia física global. Aquela não seria a soma de elementos geográficos, mas uma combinação dinâmica, em perpétua evolução. Como unidade taxonômica elegeu o Geossistema.
1977	Outra A proposta holística foi a Ecodinâmica de Tricart. Seria o estudo da paisagem mediante seu comportamento dinâmico.
1979	A Ecogeografia de Tricart e Kilian, voltada ao planejamento do meio natural.
séc. XXI	Bertrand em coautoria com sua esposa, propôs um sistema de abordagem tripolar, com subconjuntos aglutinando o Geossistema, o Território e a Paisagem.

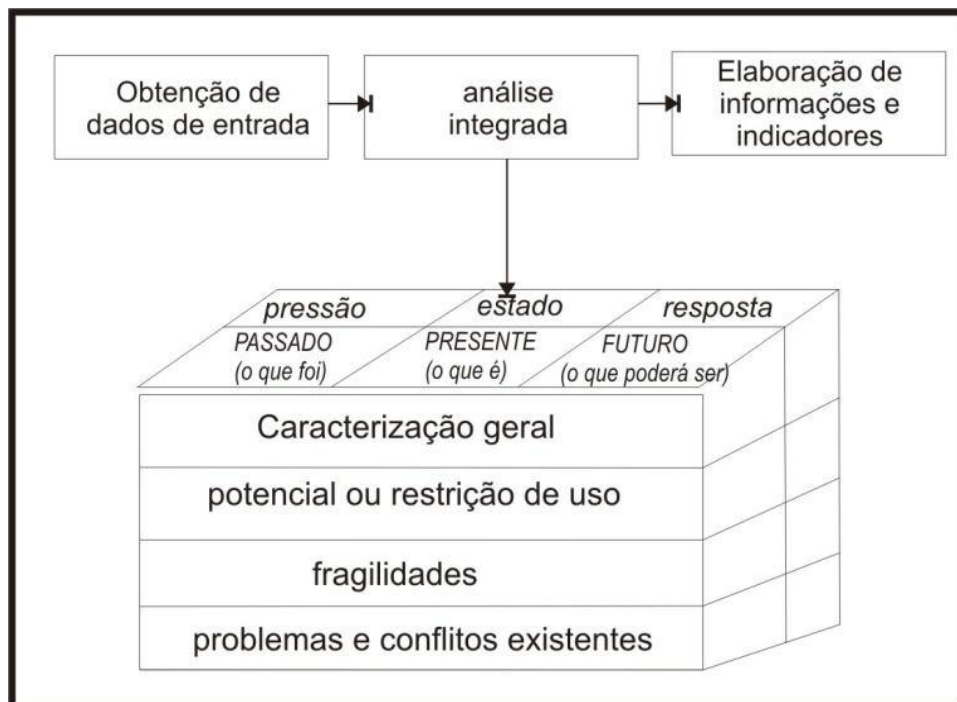
Org.: Arruda (2011), adaptado de Martinelli (2005).



Numa abordagem “etimológica a palavra Planejamento significa propor metas”. “Gerenciamento, controlar e monitorar”, “Gestão, instituir medidas, as quais podem ser administrativas, jurídicas, socioeconômicas ou ambientais”. E, o Zoneamento, ordenar “zonas”, ou seja, hierarquizar ou identificar as áreas homogêneas da paisagem para o delineamento das potencialidades e restrições de seu território Zacharias (2006).

O Planejamento e Gestão Ambiental, se associados aos Zoneamentos Ambientais constituem importantes procedimentos de “ordenação territorial”, em função da possibilidade de se conhecer, “as potencialidades e vulnerabilidades da paisagem, por meio da elaboração de cenários”, apresentados sob variadas formas de representação cartográfica: mapas, matrizes, diagramas ou índices”, Zacharias (2009).

Para tanto a representação cartográfica é de suma importância no processo de planejamento afirma Zacharias (2010), “por permitir ideias rápidas, gerais e integradoras do estado ambiental e da situação da paisagem”, para a autora há de se considerar também, que ao elaborar os cenários gráficos das propostas de Planejamento Ambiental (Zoneamentos Ambientais), o uso da cartografia de síntese (integradora) e da cartografia ambiental (características ambientais da paisagem) constitui-se em proposta indissociável.



Fonte: Modificada de Fidalgo (2003, apud Zacharias 2010)

**Figura 4 – Três fases do Zoneamento**

O mapa é um auxiliador na tomada de decisões, e principalmente na representação espacial dos problemas. Sendo na realidade os mapeamentos temáticos as ferramentas que envolvem pelo menos três fases do zoneamento conforme a figura 4, Zacharias (2010), cada qual compreendendo um processo: a seleção e obtenção dos dados de entrada, a análise integrada e a elaboração dos indicadores que servirão de base para a tomada de decisões.

Portanto, deve-se entender a importância da Cartografia Ambiental, nos trabalhos de Planejamento, pela sistematização das representações gráficas da paisagem segundo suas características e potencialidades ambientais, para o uso e ocupação do solo, Zacharias (2010).



Fonte: Zacharias (2006)

**Figura 5 - Principais Procedimentos para a Construção de Cenários**

Mas, quando se trata da Cartografia Ambiental, outros problemas surgem. Os mapeamentos ambientais realizados até o momento, mesmo proporcionando contribuições valiosas, não respondem a todas as necessidades de uma Cartografia Ambiental sistemática e eficiente, Zacharias (2010), afirma o seguinte: para que sua informação gráfica e visual seja realmente compreendida, faz-se necessário, prioritariamente, planejar a própria cartografia dos

mapeamentos, de forma que representem de modo real as características e/ou informações relevantes das paisagens inventariadas.

E, para que isto se dê da maneira correta, o autor das representações gráficas deve fazer simulações, estabelecendo a transcodificação do cenário real (áreas visíveis do/no espaço terrestre) para o cenário gráfico (mapa com a representação gráfica dos atributos da paisagem), levando a elaboração de mapas por temas (cartografia analítica) até o mapa síntese (cartografia de síntese), figura 5, sendo este último fruto da integração das informações, onde é possível ordenar as diferentes escalas taxonômicas da paisagem, Zacharias (2010).

## 1.2 Considerações Teóricas em Geoprocessamento

### 1.2.1 A Ciência da Geoinformação e as Geotecnologias

Com o desenvolvimento da tecnologia dos sistemas de informação geográfica (SIG) a partir da década de 60, inseriu-se a automação das tarefas geográficas através do computador e posteriormente dos sistemas de softwares e hardware, até chegar na década de 80, em que foi possível contar com sistemas disponíveis para os computadores pessoais, sendo essas as bases que influenciaram os avanços tecnológicos nas pesquisas geográficas nas últimas décadas. Essas tecnologias e a informática possuem uma influência crescente na sociedade atual e seus efeitos são percebidos na atividade geográfica de modo que se criou uma nova especialidade: a geoinformática. Surgem assim técnicas como (CAD'S, SIG'S, GNSS)<sup>6</sup>, entre outros.

As primeiras tentativas de automatização de parte do processamento de dados com características espaciais ocorreram na Inglaterra e nos Estados Unidos, nos anos 50, com o intuito de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. Em consequência da precariedade da informática na época, e dos tipos de aplicações desenvolvidas (pesquisa em botânica, na Inglaterra, e estudos de volume de tráfego, nos Estados Unidos), estes sistemas ainda não podem ser classificados como “sistemas de informação”, Câmara e Davis (2001).

Os primeiros Sistemas de Informação Geográfica, propriamente ditos surgiram na década de 60, no Canadá, como parte de um programa governamental para criar um

---

<sup>6</sup> CAD - Computer-aided design, ou Desenho assistido por computador; SIG – Sistema de Informação geográfica; GNSS - Global Navigation Satellite Systems ou Sistemas Globais de Navegação por Satélite.

inventário de recursos naturais. Estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar, pois não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima, Câmara e Davis (2001).

Neste contexto, “até meados dos anos 60, os documentos, cartas e mapas eram gerados apenas na forma analógica, impossibilitando análises mais precisas e detalhadas, resultantes de combinação entre diferentes mapas e dados”, Bolfe (2004).

Ao longo dos anos 70 esse perfil mudou, pois foram desenvolvidos novos recursos de hardware, tornando-os mais acessíveis. Nesse mesmo período a expressão “Geographic Information System” tornou-se um conceito através de publicações científicas. Foi também nesta época que começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais de CAD (Computer Aided Design, ou projeto assistido por computador), que serviram para a elaboração de produtos melhorados, como mapas e plantas, entre outros, Câmara e Davis (2001).

De acordo com o mesmo autor, a partir da década de 80 a tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas inicia seu período de acelerado crescimento, culminando com a criação dos centros de pesquisa que formam o NCGIA – “National Center for Geographical Information and Analysis”, marcando o estabelecimento do Geoprocessamento como disciplina científica independente, tudo isso graças a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG. “A incorporação de muitas funções de análise espacial proporcionou também um alargamento do leque de aplicações de GIS<sup>7</sup>”, Câmara e Davis (2001).

Assim, esta alternativa tem se consolidado com enorme potencial, pois apresenta “custo relativamente baixo” e os conhecimentos são gerados e adquiridos localmente, tornando-se indispensáveis para o planejamento urbano e regional, permitindo ainda o uso e monitoramento eficiente dos recursos naturais e a conservação do meio ambiente, Câmara e Davis (2001).

As geotecnologias causaram um grande impacto, tornando-se de extrema importância como ferramentas para os estudos da ciência geográfica. Buzai (2004), expõe a seguinte idéia:

La Geotecnologia presenta una nueva forma de ver el mundo. Una nueva forma de ver la realidad que la Geografía le provee al resto de las disciplinas. Bajo estas consideraciones el Paradigma Geotecnológico tiene existencia, pero no como paradigma de la Geografía, sino como paradigma Geográfico de alcance interdisciplinario y al servicio total del hombre.

---

<sup>7</sup> Sistema de Informação Geográfica ou Geographic Information System.

Neste sentido, os atores transformadores do espaço, principalmente o antropizado são claramente delineados, uma vez que a ciência e a tecnologia exercem um papel fundamental, modificando o espaço e propiciando o surgimento de “manifestaciones relacionales: hibridación cultural” assim denominadas pelo autor. A complexidade da ciência e tecnologia é enfatizada, colocando o leitor frente aos novos ditames impostos pelo mundo Geotecnológico.

Porém, afirma Ferreira (2007), as geotecnologias ainda enfrentam barreiras epistemológicas e de método, o que dificulta a inserção em algumas categorias do conhecimento geográfico. Assim sendo, as geotecnologias se tornam um instrumento importantíssimo para a decisão geográfica, independente do olhar adotado pelo geógrafo em relação ao seu objeto de estudo.

Nos dias de hoje, novas tecnologias e ferramentas vão ocupando o lugar dos mapas elaborados à mão pelos profissionais da área. Há uma modernização tecnológica vivenciada, onde percebe-se a existência de uma evolução do pensamento geográfico, a necessidade de novas técnicas e adaptação da ciência aos avanços da tecnologia. Como expõe Santos (1998), “o momento histórico no qual, a construção e reconstrução do espaço de dará com a crescente conteúdo da técnica e ciência.”

“As técnicas participam na produção da percepção do espaço, e também da percepção do tempo, tanto por sua existência física, que marca as sensações diante da velocidade, como pelo seu imaginário”, Santos (1996).

No século XX, a informatização e a automação de métodos e procedimentos científicos por a facilitarem as análises geográficas, acabam criando novos paradigmas epistemológicos. Gerando assim a ciência da geoinformação ou como foi conhecida primeiramente no Brasil Geomática.

A evolução da ciência e também da geografia levam à utilização das geotecnologias, associadas como as novas tecnologias ligadas às geociências e a outras correlatas, segundo Fitz (2002), as geotecnologias trazem no bojo, avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão e em tantos outros aspectos relacionados à questão espacial.

Buzai (1996), entende que, "la geotecnología no es un simple 'set' de técnicas de aplicación, sino que al presentar una nueva visión del mundo real se nos impone com un gran componente teórico."

E Matias (2001) reforça que:

O conhecimento das geotecnologias, contudo, não pode ser encarado exclusivamente como a busca do domínio de um software, seja qual for, ou de um determinado hardware, equipamento tal ou qual, embora isso também seja importante, mas se prende numa perspectiva histórica mais ampla que permita apreender o porquê, o como, o para quê e o para quem do advento tecnológico. Implica conhecer as condições da totalidade que permitiram o surgimento e o desenvolvimento da tecnologia como uma necessidade social de um determinado momento histórico. Com isso, perceber até que ponto as chamadas geotecnologias, o SIG em particular, contribuem para a representação do espaço, as práticas espaciais e os espaços de representação sob a ótica do processo de valorização e acumulação capitalista do espaço geográfico. (MATIAS, 2001).

O uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) cresce em todas as áreas, se tornando um importante instrumento para adquirir, tratar e representar as informações espaciais. O uso de SIG's envolve inovações tecnológicas e permite trabalhar com dados originários de diversas fontes, como exemplo, redes de monitoramento por satélites (imagens, sinais GPS, etc.), levantamentos de campo (topográficos, censitários, etc.), mapeamentos sistemáticos, mapeamentos temáticos, em varias escalas de abrangência. As informações e produtos obtidos apresentam diferentes formatos, podendo resultar em mapas, relatórios, gráficos, vídeos, entre outros diz Matias (2001).

O mesmo autor ainda complementa que as geotecnologias se inserem progressivamente no cotidiano das pessoas em geral e dos profissionais da área, podendo ser adotadas tanto por usuários individuais como pelas grandes corporações. Subsidiem estudos localizados em pequenas áreas ou espaços abrangentes como em escala mundial.

Segundo Silva e Sales (2007): “Existe um paradigma que defende a cartografia como ferramenta de comunicação, onde o cartógrafo extrai informação espacial do mundo real e constrói uma mensagem que envia por meio de desenho gráfico, o mapa”.

Fitz (2002) comenta que a geografia automatizada está vinculada ao paradigma quantitativo geotecnológico, visão digital do mundo a partir das revoluções tecnológicas.

As geotecnologias apresentam um novo paradigma da ciência geográfica após o desenvolvimento da técnica e das transformações econômicas, sociais, científicas e tecnológicas após a Segunda Guerra Mundial, resultando numa revolução quantitativa e teórica da geografia nos anos 50, posteriormente nos anos 70 com os primeiros SIG's, que somente ganham ênfase nos estudos e maior aplicabilidade nos anos 90, sendo capaz de contemplar inúmeras inovações, como monitoramento em tempo real, Costa e Rocha (2010), Matias (2001).

Conforme Vitte (2007) as geotecnologias são consideradas um novo paradigma:

O atual uso das geotecnologias é um indicador que avançamos progressivamente em direção de uma sociedade informacional, e um dos paradigmas é a gestão de domínio da informação territorial. Nesse novo contexto paradigmático tem surgido

sistemas compostos de softwares voltados para a análise de informações geográficas. (VITTE, 2007).

Os estudos referentes ao espaço geográfico necessitam uma vasta gama de conhecimentos e informações que podem ser trabalhadas a partir do uso dos SIG's de uma maneira mais rápida fácil e ágil, sendo, os SIG's, um conjunto de tecnologias implementadas em ambiente computacional, responsável pelo armazenamento, coleta, recuperação e manipulação de dados, (ASSAD e SANO 1998).

Os SIG's constituem uma revolução para os diversos ramos das ciências voltadas ao conhecimento e as pesquisas espaciais. Tendo como áreas do conhecimento a geografia, a cartografia e a informática. Os Sistemas de Informação Geográfica são tecnologias associadas à geoinformação, assim como os CAD's (desenho assistido por computador) entre outras.

Nesse sentido, muito se fala em geoprocessamento, SIG's e geotecnologias, conforme o autor citado anteriormente pode-se dizer que o geoprocessamento é uma ferramenta vinculada ao SIG. Complementando, Rocha (1991), define o geoprocessamento como: uma tecnologia transdisciplinar, que através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra varias disciplinas, equipamento, programas, processos entidades dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

Os estudos do espaço geográfico necessitam de amplo conhecimento e informações que podem ser trabalhadas a partir do uso dos SIG's de uma maneira mais rápida fácil e ágil através das geotecnologias, como o processamento digital de imagens orbitais (PDI).

O sensoriamento remoto compreende as técnicas utilizadas para, a obtenção e registro de informações, que identificam as características de um objeto, sem que haja contato direto com ele. Essas características são registradas por um sensor que capta a radiação eletromagnética emitida ou transmitida pelos objetos. Uma vez registrados estes dados são processados e transformados em informações, como fotos e imagens. Desta forma, fotos aéreas e de satélite são interpretadas e seus componentes identificados através de características de cor, textura fotográfica, forma, tamanho, padrões de sombreamento e seus aspectos ambientais, Carneiro (1980).

Para Novo (1998), sensoriamento remoto em sua definição mais ampla é “a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles”. A autora coloca que sob este ponto de vista um telescópio seria um sensor remoto, o que levaria a origem do sensoriamento remoto aos tempos de Galileu, porém, mesmo que o avanço do sensoriamento remoto esteja vinculado ao desenvolvimento da astronomia, o termo somente

foi utilizado ao associar a aquisição de medidas nas quais o ser humano não é parte essencial no processo de detecção e registro das informações, pois o telescópio só ampliava a acuidade do observador através do sistema de lentes e espelhos e os considerados sistemas sensores remotos mais em sua definição mais restrita seriam os sensores que adquirem os dados sobre os objetos sem o contato direto com eles, “esses sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, converte-la em forma adequada à extração de informações.

Desta forma (NOVO,1998), conceitua:

Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Além das imagens convencionais de sensoriamento Remoto temos também disponíveis, gratuitamente, às imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que possuem detalhes de relevo e topografia, compatíveis com o SPRING, software brasileiro utilizado na metodologia deste trabalho. Essas imagens vêm em formato Geotiff\*, georreferenciadas, ajustadas e com dados altimétricos, Arruda (2010).

As imagens SRTM, estão há disposição no site da Embrapa Monitoramento por Satélite, com isso, o Brasil passa a ter informações de altimetria precisos de todo seu território. Segundo, a especificação dos produtos SRTM pela MIRANDA (2010, apud Arruda 2010).

Estes produtos foram gerados a partir de dados de radar, obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto SRTM (em inglês, Shuttle Radar Topography Mission), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI). Os dados espaciais são compatíveis com a primeira série Brasil visto do espaço, feita com imagens do satélite Landsat 7 de 2000/2001, disponível desde 2001 para consultas gratuitas via Internet, MIRANDA (2010).

Arruda (2010) observa que os produtos SRTM são relativamente novos, mas de grande utilidade para processamento de informações geográficas, pois este produto pode ser inserido e manipulado nos SIG's e associados a outros dados e atributos podem gerar novas informações espaciais.



Com a evolução da tecnologia de geoprocessamento e de softwares gráficos vários termos surgiram para as várias especialidades. O nome Sistemas de Informação Geográfica (ou Geographic Information System - GIS) é muito utilizado e em muitos casos é confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies, ou seja as atividades desenvolvidas em Geoprocessamento são executadas nos SIG's, Assad e Sano (1998)

Um sistema de informações geográficas pode ser tratado como tal, se destinado ao processamento de dados referenciados geograficamente (ou georreferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc, devendo prever recursos para sua estocagem, gerenciamento, manipulação e análise, Assad e Sano (1998).

O termo geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Assim as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistemas de Informação Geográfica, (SIG), Assad e Sano (1998).

O SPRING é um SIG, capaz de gerar e armazenar um Banco de Dados Geográfico possui todas as ferramentas de um sistema de informação dentro de estrutura de banco de dados relacionais. Como um sistema de geoprocessamento o SPRING não é simplesmente um sistema computacional projetado para fazer mapas, embora ele possa criar mapas em diferentes escalas, em diferentes projeções e com diferentes cores, ele é, principalmente, uma ferramenta de análise que auxilia na tomada de decisões, Tutorial SPRING (2010).

O produto Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) apresentando as seguintes características:

- Opera como um banco de dados geográfico e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos;
- Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto em um SIG, Tutorial SPRING (2010).

O SPRING é baseado num modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL, por meio da qual é possível de criar novos planos de informação e desenvolver informações através da combinação de operações espaciais, que podem ser aplicadas a um ou mais planos de informação, Tutorial SPRING (2010).

Segundo Meirelles et al (2007), pode-se distinguir três grupos de análises em um Sistema de Informações Geográficas:

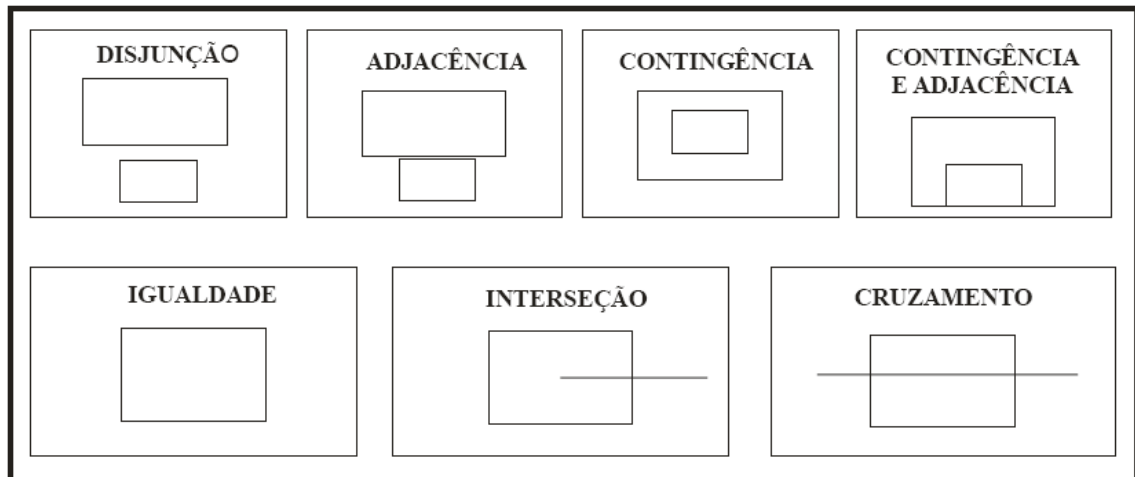
- Análise sobre um único mapa;
- Análise sobre dois mapas;
- Análise sobre vários mapas.

Para os mesmos autores a modelagem seria o “ingrediente-chave”, da análise espacial de dados, que envolve inúmeras atividades, sendo ela a parte do processo analítico que propicia a descrição, compreensão e predição de padrões e associações nos mapas. As operações de modelagem podem ser realizadas diretamente, sobre os planos de informação (PI's), ou utilizando-se os valores das classes, ou indiretamente, através das tabelas de atributos ou informações existentes em banco de dados espaciais, ou ainda através da combinação de todas as informações. A modelagem é um sequencia de afirmações algébricas que resultam na geração de uma nova informação através de operações em um ou mais mapas e/ou informações fornecidas como entrada, Meirelles et al (2007).

Para a realização destas combinações entre as informações espaciais, é utilizada a álgebra de mapas, que consiste em um conjunto de processos de análise espacial, utilizando do Geoprocessamento para a produção de novos dados e planos de informação, a partir de funções de manipulação aplicadas a um ou a vários mapas, Tutorial SPRING (2010).

Conforme Silva (1999), dados de uma determinada área em formato digital, como imagens de satélite, mapas geológicos, imagens geofísicas, mapas geoquímicos, pedológicos, geomorfológicos, fotografias e todo material que descreve o “mundo real” com um mínimo de interpretação, são considerados, individualmente, como “mapas observacionais”. Para o mesmo autor o conjunto de “mapas observacionais” quando manipulado na sua forma digital resulta em produtos como: imagens de falsa cor, modelos de elevação digital, mapas de declividade e aspecto, ou seja, modelamentos numéricos através de processamento digital de imagens geram os chamados “mapas analíticos”. Posteriormente pode-se realizar o cruzamento e integração, por meio de modelos lógicos como simultaneidade booleana, possibilidade fuzzy e probabilidade baysiana, derivando nos denominados “mapas integrados”.

Para a análise e manipulação dos dados espaciais, as principais relações topológicas utilizadas são: disjunção, adjacência, adjacência e contingência, igualdade, interseção e cruzamento (figura 6).



**Figura 6 - Principais relações topológicas entre objetos**

Fonte: Adaptado de SILVA (1999).

Para Barbosa et al (1998) a álgebra de mapas é uma linguagem especializada para realizar operações tanto no sentido matemático quanto cartográfico e espacial. Classificando essas operações em três classes, conhecidas como: pontuais, de vizinhança e zonais.

Além das operações descritas, Silva (1999) acrescenta e descreve que as funções em SIG's podem ser divididas em: consulta, reclassificação, análise de proximidade, análise de contigüidade, modelos digitais de elevação, operações algébricas não cumulativas, operações algébricas cumulativas e operações de superposição.

Destaca-se o uso de operações de superposição, uma vez que, estas são extensivamente utilizadas em SIG, pois, os planos de informação (PI's), georreferenciados permitem que superposições sejam implementadas eficazmente, sem um número limitado. As principais operações de superposição são: imposição ou máscara, colagem, comparação, associação e sincrozinação (SILVA, 1999).

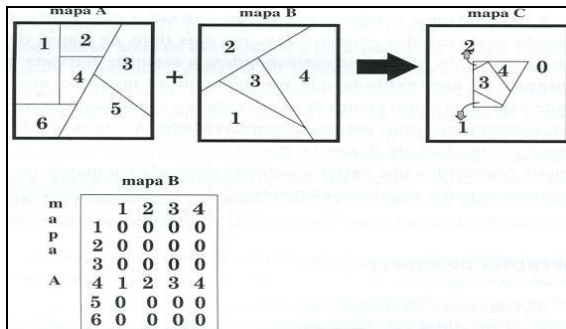


Figura 7 - Operação de superposição - imposição.  
Fonte: adaptado de SILVA (1999)

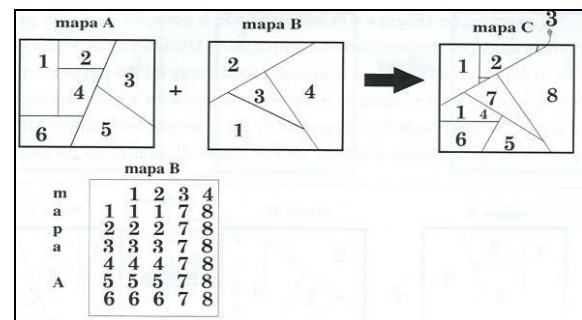


Figura 8 - Operação de superposição - colagem  
Fonte: adaptado de SILVA (1999)

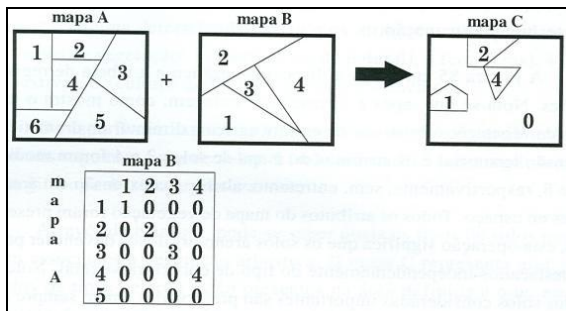


Figura 9 - Operação de superposição - comparação  
Fonte: adaptado de SILVA (1999)

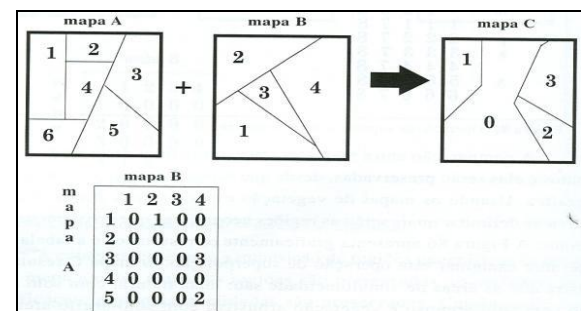


Figura 10 - Operação de superposição - associação  
Fonte: adaptado de SILVA (1999)

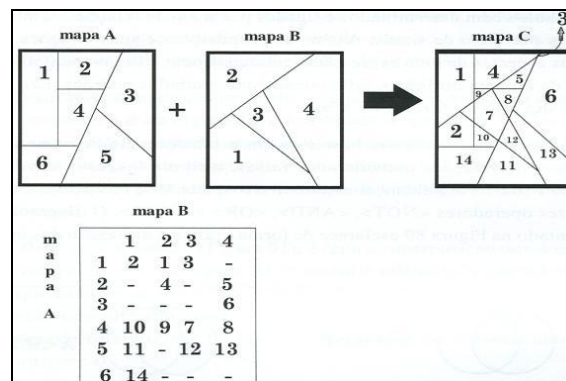


Figura 11 - Operação de superposição – sincronização  
Fonte: adaptado de SILVA (1999)

A imposição (figura 7) é definida como a seleção de uma determinada área para ser observada e analisada em todos os (PI's), de um projeto definido. A colagem (figura 8) representa a imposição de regiões geográficas de um determinado mapa a outro, ou seja, as regiões são preservadas, os atributos mudam de codificação, porém as qualidades permanecem. A comparação (figura 9) permite identificar áreas com atributos análogos, sendo preservadas, desde que ocupem a mesma região geográfica. A associação (figura 10) corresponde à geração de áreas georreferenciadas controladas por determinados argumentos. E, a sincronização (figura 11) refere-se à superposição de mapas, na qual cada interseção representa uma nova categoria.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Gabriel está localizado nas regiões geomorfológicas, Depressão Central e Escudo Sul-rio-grandense, inserido à Microrregião Campanha Central. Suas coordenadas centrais correspondem a, 30° 20' 09" Sul e 54° 19' 12" Oeste, IBGE (2007), espacialização na figura 12.

O município fica em uma rota para quem vai até as cidades de Rivera, no Uruguai e Uruguaiana, próximo a fronteira com a Argentina, é cortado pela BR 290, se distância 320 km de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007), o município, possui 5.019,65 km<sup>2</sup> e 57.978 habitantes.

O município São Gabriel limita-se com o município de Rosário do Sul a oeste, Cacequi, Dilermando de Aguiar, Santa Maria, ao norte, São Sepé, Vila Nova do Sul e Santa Margarida do Sul a leste e Lavras do Sul e Dom Pedrito ao sul, figura 12.

O município divide-se em seis distritos: Caçatuba, Tiaraju, Azevedo Sodré, Cerro do Batoví, Vacacaí e Suspiro e o Quilombo Cerro do Ouro. A Sede Municipal se localiza no distrito do Vacacaí, figura 12.

A primeira povoação do município de São Gabriel foi estabelecida por Dom Félix de Azara no dia 2 de novembro de 1800, como colonização espanhola, respaldada pelo Tratado de Madri. Seu nome original era Vila do Batovi, tendo como patrono o Arcanjo São Gabriel. Em 29 de junho de 1801 a Vila do Batovi foi destruída pelas tropas portuguesas sob o comando do coronel Patrício Corrêa da Câmara, (Prefeitura Municipal, 2009).

A população remanescente na região agrupou-se, sob domínio português, a 6 quilômetros da vila original. Em 4 de abril de 1846 a freguesia de São Gabriel foi elevada a categoria de vila, equivalente a município nos dias de hoje. O município de São Gabriel historicamente é ligada às armas, Terra dos Marechais, como é chamada, já que lá nasceram os Marechais João Propício Menna Barreto, Fábio Patrício de Azambuja, o Presidente da República Hermes da Fonseca e Mascarenhas de Moraes, o comandante da Força Expedicionária Brasileira na Segunda Guerra Mundial, durante as batalhas na Itália. Outros militares gabrielenses fizeram parte da história nacional, como o Coronel José Plácido de Castro, o desbravador que conquistou o Acre, (Prefeitura Municipal, 2009).

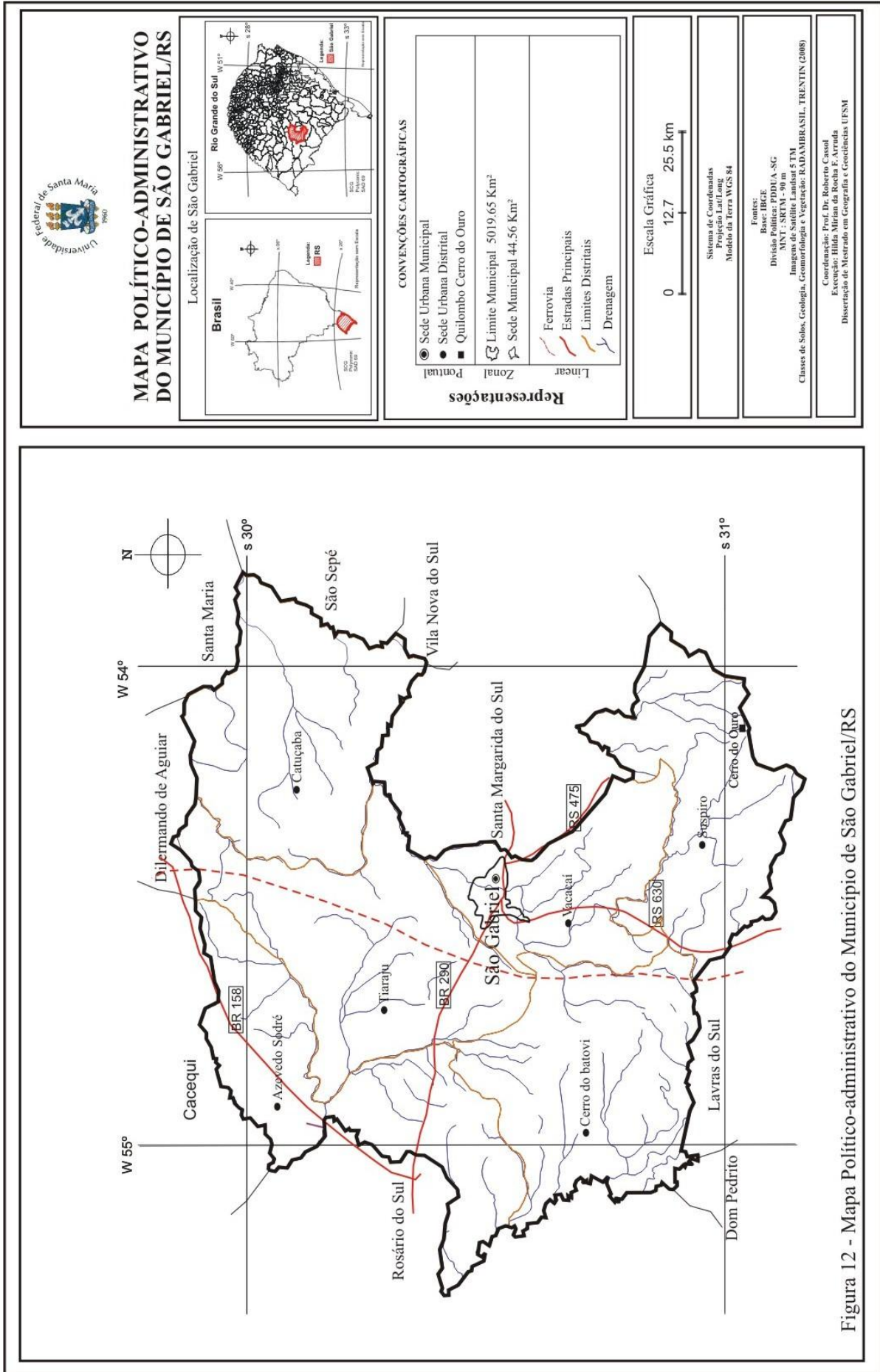


Figura 12 - Mapa Político-administrativo do Município de São Gabriel/RS

Em 4 de abril de 1859, São Gabriel é elevada à categoria de cidade, emancipando-se de Rio Pardo. Em 1900, uma parte do município passa a pertencer ao município de Rosário do Sul. Em 1959, perde território para Rosário do Sul e para Cacequi. A última desagregação ocorre em 1996, com a emancipação do distrito Santa Margarida, Prefeitura Municipal (2009). No ano de 2010 o município de São Gabriel completou 151 anos de emancipação.

Os municípios da Região possuem fortes interações e características semelhantes quanto aos perfis produtivos, indicadores sociais e infra-estrutura.

Nas análises do estudo Rumos 2015 (2005)<sup>8</sup>, a Região 6 onde se insere o município de São Gabriel, foi identificada como área “Em Dificuldades”, por apresentar indicadores de desenvolvimento, potencialidades socioeconômicas e ambientais e condições sociais abaixo da média do Estado.

As características gerais da região funcional 6 (RUMOS 2015, 2005):

- 2º PIB Estadual mais baixo: 5,7% do RS com taxas menores que média estadual (1,9% a.a. x 2,4% a.a.);
- 2ª menor renda per capita no RS: R\$ 267,00 (75% da média estadual)
- Rede urbana esparsa e pouco hierarquizada;
- Grande distância dos principais centros consumidores;
- Em dificuldades: baixo dinamismo econômico, potencialidades e condições sociais;
- Pontos de acesso – fronteiras com Mercosul (Argentina, Uruguai);
- Estrutura viária esparsa, com grandes vazios de acessibilidade limitada;
- Produção agropecuária dominante: arroz e bovinos;
- Predominância de grandes propriedades rurais, a maior concentração fundiária do Estado.

O município de São Gabriel, de acordo com Relatório/PDDUA (2007), a exemplo dos municípios caracterizados pelos COREDES e classificados como Região Funcional 6, caracteriza-se por “base econômica ligada ao setor primário vinculado à agropecuária, onde predomina a produção de arroz, soja e gado de corte (quarto maior rebanho do estado)”. Há também no município uma expansão da bacia leiteira e um significativo cultivo do milho e sorgo. A ovinocultura da região é das mais representativas do estado, com produção de carnes de cordeiro e lã. As recentes iniciativas voltadas para a diversificação de culturas agrícolas estão sendo feitas com a piscicultura, apicultura e criação de javalis. A apicultura se destaca com uma produção representativa e inserida no mercado de exportação.

---

<sup>8</sup> Desenvolvido por iniciativa e sob a supervisão da Secretaria do Planejamento e Gestão, o Rumos 2015 apresenta um plano de desenvolvimento que aponta estratégias, programas e ações que o Estado, através tanto do poder público quanto da iniciativa privada, deve buscar implementar nos próximos dez anos. As conclusões e propostas do Rumos 2015 estão sintetizadas em cinco volumes.

O setor industrial, estreitamente vinculado ao setor primário, caracteriza-se pelo beneficiamento de grãos e a industrialização de carnes, é responsável por mais de 50% do PIB municipal. No município de São Gabriel são exploradas jazidas de calcário, e o xisto pirobetuminoso é abundante, Relatório/PDDUA (2007).

De acordo com o mesmo “Relatório”, “a pouca industrialização está relacionada à baixa agregação de valor, como o caso da soja que não é beneficiada no município por falta de instalações, e a pouca diversificação da economia do município”. Assim a baixa exportação foi associada à falta de industrialização ou da ausência de elos à jusante das cadeias produtivas de bovino de corte, arroz e soja.

Segundo o Relatório/PDDUA (2007), “aponta-se baixa taxa de investimento dos proprietários de terra (inovação e tecnologia) na produção agrícola”, pois muitos acabam deixando de morar no município, arrendando suas terras, e os ganhos obtidos com a atividade de arrendamento são investidos em imóveis e operações financeiras fora do município. Como resultado disto uma grande parte do capital humano acaba deixando o município.

Durante a maior parte do ano o tempo sofre a influência predominante da Massa Tropical Atlântica. Em alguns anos, durante o inverno, a Massa Polar Atlântica tem influência constante, provocando temperaturas frias durante todo o período, em outros anos, esta influência é alternada com a Massa Tropical ocorrendo grandes contrastes térmicos, Relatório/PDDUA (2007).

A área que compreende o município de São Gabriel, latitude - 30,36 e longitude - 54,32 é dominada pelo clima subtropical, que de acordo com a classificação de Köppen é um clima temperado chuvoso, com precipitações distribuídas regularmente ao longo do ano e precipitações torrenciais nos meses de verão. A precipitação média anual é relativamente alta com valores de 1300 mm. A temperatura média do mês mais quente é superior a 24° e a do mês mais frio oscila entre - 3° e 14°. Os ventos dominantes sopram no sentido SE – NO, Relatório/PDDUA (2007).

Quanto à vegetação, pode-se inferir que predominam os campos, típicos do sul do Brasil, pela classificação do IBGE (2004), estão incluídos no bioma Pampa, metade sul e oeste do Rio Grande do Sul.

O Bioma Pampa Gaúcho possui 176.496 km<sup>2</sup> ou 17,6 milhões de hectares e representa 73% do território gaúcho, IBGE (2004).

Dependendo da região, os campos apresentam fisionomias que variam desde o predomínio de gramíneas de porte baixo até o predomínio de gramíneas altas e arbustos. Na Serra do Sudeste os campos constituem fisionomias de pequenos núcleos de arvoretas.



Cabrera e Willink (1973) citam algumas características do Pampa:

La vegetación dominante es la estepa o seudoestepa de gramíneas que forman matas de 60cm a un metro de altura, entre las cuales crecen numerosas especies herbáceas y algunos sufrutices y arbustos. Los pastizales tienen un período de reposo durante el invierno y, generalmente otro durante el verano. A comienzos de primavera la pampa se muestra en todo su esplendor cuando florecen centenares de especies de gramíneas, semejando la estepa un mar de pasto policromo que se agita a impulsos de viento. Hay también numerosas comunidades edáficas, estepas halófilas, bosques marginales en las orillas de los ríos, formados por especies procedentes de la Provincia Paranaense, y bosques xerófilos sobre las barrancas y bancos de conchilla. También hay numerosas comunidades hidrófilas y asociaciones saxícolas en las serranías.

De acordo com Cabrera & Willink (1973), os campos pampeanos apresentam alta biodiversidade, ou seja, flora e fauna peculiares e ricas em espécies.

Os campos têm sido usados para criação de gado desde a sua introdução nas Missões dos Guaranis cristianizados pelos jesuítas no século XVII. As atividades pecuárias têm em geral, mantido a paisagem campestre característica da região. O município de São Gabriel apresenta a paisagem típica da fronteira gaúcha, onde uso pecuário se mescla com orizicultura, Relatório/PDDUA (2007). Verifica-se que no município predominam terrenos de baixa declividade, principalmente nas regiões de várzea.

A rede hidrográfica regional está inserida nas bacias dos Rios Santa Maria e Vacacaí. O rio Vacacaí, principal afluente do baixo rio Jacuí, nasce no município de São Gabriel, na Serra granítica do Babaraquá, quase na divisa com Lavras do Sul, em um lugar denominado Pedra do Bixo, que em função da grande quantidade de pedras graníticas empilhadas, forma a aparência de um enorme lagarto, daí surge o nome Pedra do Bicho, neste local estão as vertentes que originam o rio. O Rio Vacacaí é o mais importante do município, pois além de abastecer a zona urbana ele alimenta extensas áreas de culturas de arroz que constituem a principal base econômica do município.

Em Fisionomia da Paisagem do Rio Grande do Sul, de Rambo (2005), há uma breve descrição empírica da paisagem de do município de São Gabriel, que explica o que somente um observador pode ver da área de estudo, esta descrição associada às demais informações técnicas da área são complementares, para que os leitores que não conhecem a área de estudo deste trabalho, possam ter uma melhor compreensão do conjunto. De acordo com o Rambo (2005), são quatro os principais elementos da paisagem da campanha do sudoeste, as elevações, à planície, a água corrente e a vegetação.

As elevações da campanha ele considera quase uma palavra inapropriada, assim como também “serra” para essa área, pois observa-se, grupos mais ou menos unidos de “chapadas e tabuleiros” e “restos tabulares ou cônicos esparsos e coxilhas baixas do campo”. Aquilo que

em mapas aparecem como denominados de serras para esta área, em sua maior parte significa apenas “divisor de água”, de altura tão reduzida “que muitas vezes escapa ao observador”.

Rambo (2005) descreve a vegetação da campanha do sudoeste configurada da seguinte forma: mata virgem, capões, mata arbustiva, cordões de galeria, mata palustre, vegetação dos tabuleiros, vassourais, campo, parque espinilho, sendo peculiar a predominância absoluta do campo gramináceo que fazem com que as outras formações quase desapareçam na fisionomia da paisagem.

Na bacia do Vacacaí, já na Depressão central o talude íngreme do algonquiano da serra do sudeste absorve a maior parte da atenção. O traçado conduz sobre uma longa e estreita lombada do permiano, que na estação Ibaré alcança a maior altura sobre o nível do mar registrada para esta formação do Rio Grande, Rambo (2005).

Ao leste “ergue-se a escarpa do algonquiano, abrupta, queimada do sol, pobre em vegetação do tipo dos cerrados, a pé em espaço estreito e baixo, tocam-se as nascentes de grandes bacias hidrográficas do estado, como”: “a do Jacuí, pelo Rio Vacacaí, a do Ibicuí, pelo Rio Santa Maria. As encostas do permiano sobem “rasgadas” pela água e revestidas pelo campo”, Rambo (2005).

Ao norte do município de São Gabriel, especialmente perto da estação Tiarajú, Rambo (2005) finaliza dizendo que o “permiano pela ultima vez se manifesta na fisionomia da paisagem”, os cursos d’água pertencentes ao “alto Cacequi cortam os flancos das coxilhas em profundas sangas, deslizando em leitos pretos de folhelho bituminoso ou arenito intensamente vermelho ocre”.

## 2.1 Os Solos do município de São Gabriel

### 2.1. 1 Solos Podzólicos Bruno-Acinzentado Planossólicos eutrófico e álico (PBPa e PBPe)

A seqüência de horizontes é do tipo, A, B (argiloso) e C. A profundidade dos solos é em torno de 1 m, com horizonte A de textura média (composições granulométricas com menos de 35% de argila e mais de 15% de areia) ou arenosa. As cores do horizonte A são muito claras quando seco, apresentando-se com aspecto maciço e duro. O horizonte B possui textura argilosa ou média, sendo os teores de silte geralmente elevados. Os solos apresentam drenagem moderada ou imperfeita (lenta remoção da água do solo após as chuvas), ocorrendo normalmente em relevo suave ondulado e plano, ocasionalmente ondulado, em uma posição intermediária entre os Planossolos e os Podzólicos Vermelho-Escuros. As principais

limitações para o uso agrícola destes solos referem-se a sua drenagem, suas características físicas, bem como pela baixa fertilidade natural (solos distróficos) em algumas áreas. Apresentam suscetibilidade moderada a forte a erosão, necessitando práticas de conservação adequadas quando utilizados com culturas anuais. Sobre estes solos predominam campos da depressão e áreas de agricultura irrigada e pecuária, Relatório/PDDUA (2007).

### 2.1.2 Podzólico Vermelho-Escuro distrófico e álico, (PVd e PEa)

Esta classe ocorre no norte do município e também ocupa parte do perímetro urbano. É constituída por solos minerais, não hidromórficos, caracterizados pela presença de horizonte B argiloso. Apresentam seqüência de horizontes A, B e C. Os solos são profundos, bem drenados e com cores avermelhadas na maioria dos casos.

De maneira geral os solos desta classe apresentam boas características físicas, porém com baixa fertilidade natural (solos distróficos) a principal limitação ao uso agrícola. O uso de adubação e calagem, junto com técnicas culturais adequadas podem melhorar a produção agrícola nestes solos. São solos mecanizáveis e com moderada suscetibilidade a erosão, exigindo práticas simples a moderadas de conservação. No município de São Gabriel sobre estes solos ocorrem áreas de campo da depressão, agricultura e pecuária, Relatório/PDDUA (2007).

Os argisolos são constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos, SIBCS (1999).

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este, SIBCS (1999).

Os argisolos também classificados como podzólicos pela Embrapa, em função da subclasse, possuem grande diversidade nas propriedades de interesse para a fertilidade e uso agrícola (teor variável de nutrientes, textura, profundidade, presença ou ausência de cascalhos, pedras

o concreções, ocorrência em diferentes posições na paisagem, entre outras). Dessa forma, torna-se difícil generalizar suas qualidades, SIBCS (1999).

Problemas sérios de erosão são verificados naqueles solos em que há grande diferença de textura entre os horizontes A e B, sendo tanto maior o problema quanto maior for a declividade do terreno, SIBCS (1999).

Os solos distróficos e álicos, além da limitação da fertilidade, podem ainda apresentar problemas com a eficiência da adubação e da calagem se estiverem localizados em relevos de ondulados a forte-ondulados. Nessas situações, é imprescindível a utilização intensiva de práticas de conservação do solo para evitar perdas de fertilizantes e de corretivos por erosão. Os problemas podem ser mais graves ainda se o solo for cascalhento. Nos solos eutróficos, não existe limitação quanto à fertilidade. Entretanto, a retirada constante de nutrientes pelos cultivos, e a erosão nas áreas mais declivosas podem reduzir a disponibilidade de nutrientes, Embrapa (2010).

A Embrapa também observa alguns cuidados quanto ao manejo dos podzólicos, para uso agrícola:

- ✓ Observar a presença de cascalhos e pedras;
- ✓ Declividade do terreno: acima de 8% é difícil controlar a erosão;
- ✓ Diferença de textura entre os horizontes A e B, quando o A for arenoso e o B argiloso, esses solos são bastante suscetíveis à erosão.

### 2.1. 3 Brunizém Avermelhado (BV)

Esta classe é constituída por solos minerais, não hidromórficos, como horizonte B argiloso. A seqüência de horizonte é do tipo A, B e C, sendo o horizonte A de coloração escura, contrastando com o horizonte B de cor bruno-avermelhada. Normalmente são solos pouco profundos (0,5 a 1,0 m), ocorrendo como solo dominante ou subdominante em associações com solos litólicos e cambissolos eutróficos, SIBCS (1999).

De um modo geral são solos mecanizáveis e com moderada suscetibilidade a erosão, exigindo a aplicação de práticas moderadas a intensas de conservação. Nesta classe de solos pode ser aplicada a maioria das culturas, desde que seja feito o controle efetivo da erosão, principalmente nas áreas mais dissecadas. Campos do escudo e áreas de agricultura são as principais coberturas nesta classe de solos, Relatório/PDDUA (2007).

#### 2.1. 4 Brunizém Vértico (BT)

Esta classe está constituída por solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B argiloso ou incipiente (solo residual pouco evoluído). São solos eutróficos e apresentam seqüência de horizontes do tipo A, B e C, SIBCS (1999).

Esta classe está distribuída nas regiões centro e norte do município, onde o relevo é suave ondulado ou ondulado. Os solos são moderadamente drenados, de coloração bruno-escura ou bruno-acinzentada muito escura, Relatório/PDDUA (2007).

De um modo geral a suscetibilidade a erosão desta classe de solos é nula a ligeira. Na sua grande maioria são utilizados com pastagens naturais e cultivadas (áreas de campos da depressão), e arroz irrigado nas áreas de relevo plano. Geralmente os solos desta classe são férteis, no entanto apresentam propriedades físicas adversas ao uso, principalmente com cultivos anuais. Sua alta densidade aparente, baixa porosidade e alto grau de expansão volumétrica, notadamente no horizonte subsuperficial, torna-os pouco permeáveis, muito plásticos e pegajosos quando molhados e muito duros quando secos dificultando, sobretudo o manejo. Exigem um ponto específico de umidade para serem trabalhados, devendo-se evitar o uso de maquinário pesado. A utilização de práticas de conservação adequadas e a manutenção ou incremento do teor de matéria orgânica são igualmente práticas recomendáveis nestes solos, Relatório/PDDUA (2007).

Os Brunizém são solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textura, ou B incipiente com argila de atividade alta, ou sobre horizonte C carbonático ou horizonte cálcico, ou ainda sobre a rocha, quando o horizonte A apresentar concentração de carbonato de cálcio. O horizonte A chernozêmico pode ser menos espesso (com 10cm ou mais) de espessura quando seguido de horizonte B com caráter ebânico, SIBCS (1999).

Embora sejam formados sob condições climáticas bastante variáveis e a partir de diferentes materiais de origem, o desenvolvimento destes solos depende da conjunção de condições que favoreçam a formação e persistência de um horizonte superficial rico em matéria orgânica e com alto conteúdo de cálcio e magnésio, e de argilominerais 2:1, especialmente do grupo das esmectitas, SIBCS (1999).

### 2.1.5 Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico (PEd)

Esta classe é formada por solos minerais, não hidromórficos, horizonte B argiloso. Apresentam seqüência de horizontes A, B e C. São solos medianamente profundos e profundos (raramente rasos) e bem drenados, Relatório/PDDUA (2007).

Nestas áreas os solos são pouco profundos, em geral cascalhentos, e estão normalmente associados a Cambissolos. São solos com moderada suscetibilidade a erosão e exigem práticas moderadas de conservação, podendo não ser mecanizáveis. A “calagem e adubações químicas e orgânicas constituem práticas geralmente usadas para o bom aproveitamento agrícola destes solos”, Relatório/PDDUA (2007).

### 2.1.6 Planossolo eutrófico, (PLe)

Os solos desta classe são típicos de áreas baixas, onde o relevo permite excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução que resultam no desenvolvimento de perfis com cores cinzentas, indicativas da gleização. São solos horizonte superficial eluvial de textura arenosa ou média, que contrasta com o horizonte subjacente B de elevada concentração de argila. Em geral são solos mal ou imperfeitamente drenados, com seqüência de horizontes A, B (argiloso) e C. O horizonte A é do tipo moderado e o horizonte B geralmente com argila de atividade alta, SIBCS (1999).

Os solos desta classe são mecanizáveis, exigindo práticas simples a moderadas de conservação (baixa suscetibilidade a erosão). A principal limitação ao uso agrícola destes solos está relacionada a sua má drenagem, dificultando o manejo pelo excesso de umidade. Nas áreas de ocorrência desta classe de solos geralmente é aplicado arroz irrigado em rotação com pastagens, observando-se igualmente cultivos de soja em áreas de melhor drenagem, SIBCS (2009).

Compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano, SIBCS (1999).

Os solos desta classe ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual

de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada, e até mesmo sob condições de clima semi-árido, SIBCS (1999).

Nas baixadas, várzeas e depressões, sob condições de clima úmido, estes solos são verdadeiramente solos “hidromórficos”, com horizonte “plânico” que apresenta coincidentemente características de horizonte “glei”. Embora, em zonas semi-áridas e, mesmo em áreas onde o solo está sujeito apenas a um excesso d’água por curto período, principalmente sob condições de relevo suave ondulado, não chegam a ser propriamente solos hidromórficos. Entretanto, é difícil distinguir, sem observações continuadas e em períodos de seca e chuvosos, se as cores pálidas do solo resultam ou não da expressão de processos atuais de redução, SIBCS (1999).

#### 2.1.7 Solos Litólicos eutrófico e distrófico, (Rd e Re)

Compreende solos pouco desenvolvidos, rasos, que possuem o horizonte A diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte “C” raso, geralmente com muito material de rocha em decomposição. São solos bem drenados e com características morfológicas, físicas e químicas muito variáveis em função do material de origem (rocha matriz). Sua utilização, mesmo nos solos eutróficos, é restringida pela pequena espessura da camada superficial, pela pedregosidade e presença de afloramentos rochosos nas regiões dissecadas, SIBCS (1999).

Compreende solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição química, ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos, SIBCS (1999).

São utilizados principalmente com pastagens naturais, sendo também usados para a produção de culturas anuais como milho, feijão e outras. São solos com forte suscetibilidade a erosão, não mecanizáveis, e exigem a aplicação de práticas intensas de conservação, SIBCS (1999).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Materiais

Os documentos cartográficos e materiais de apoio utilizados na pesquisa compreendem:

- ✓ Material Cartográfico: as quatro cartas topográficas da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), do exército Brasileiro, que cobrem o município na escala 1:250.000, (SH-21-x-d, SH-22-v-c, SH-21-z-b, SH-22-y-a);
- ✓ Produtos Orbitais: Imagem TM do satélite LandSat 5 , bandas (2, 3, 4, 5), com resolução espacial de 30 metros; imagens SRTM, com resolução espacial de 90 metros.
- ✓ Softwares: SPRING, nas versões 4.3.3, e 5.1.5 (somente para geração da grade de declividade), Surfer 8, (programas para geração das informações espaciais), LEGAL<sup>9</sup> SPRING, versão 4.3.3, GeoExpressView by ILS (programa para descompressão de arquivos de alta resolução), Corel Draw 11 (programa de desenho vetorial para finalização dos mapas), Excel, Word, Um computador Intel Core 2 Duo, 4 Gb Ram, HD 360 Gb.
- ✓ Outros produtos cartográficos utilizados: limite municipal e estradas, em vetor fornecido em formato “shapefile”, pelas bases cartográficas do IBGE (2001), limites distritais encontrados no Relatório/PDDUA<sup>10</sup> (2007). Mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos e vegetação do IBGE, (Radam-Brasil), vetorizados por Trentin (2008).

### 3.2 Métodos

#### 3.2.1 Procedimentos Metodológicos

O método da pesquisa segue a abordagem sistêmica, utilizando-se da paisagem e suas interrelações como categoria de análise do espaço. Christofolletti (1999), destaca que, as

---

<sup>9</sup> Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico.

<sup>10</sup> Relatório para Elaboração do Plano Diretor de desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA), de São Gabriel/RS, 2007.



propostas de abordagens holísticas, não se restringem somente ao estudo dos componentes dos sistemas ambientais, mas procuram inter-relacionar os sistemas ambientais e os sociais, buscando a compreensão do sistema de organização espacial e as bases para as propostas de planejamento e desenvolvimento sustentável, possibilitando assim a interação sociedade x natureza. O desenvolvimento da pesquisa se deu conforme a proposta de Libault (1971), publicada sob o título: “Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica”, tal metodologia prevê quatro níveis de investigação:

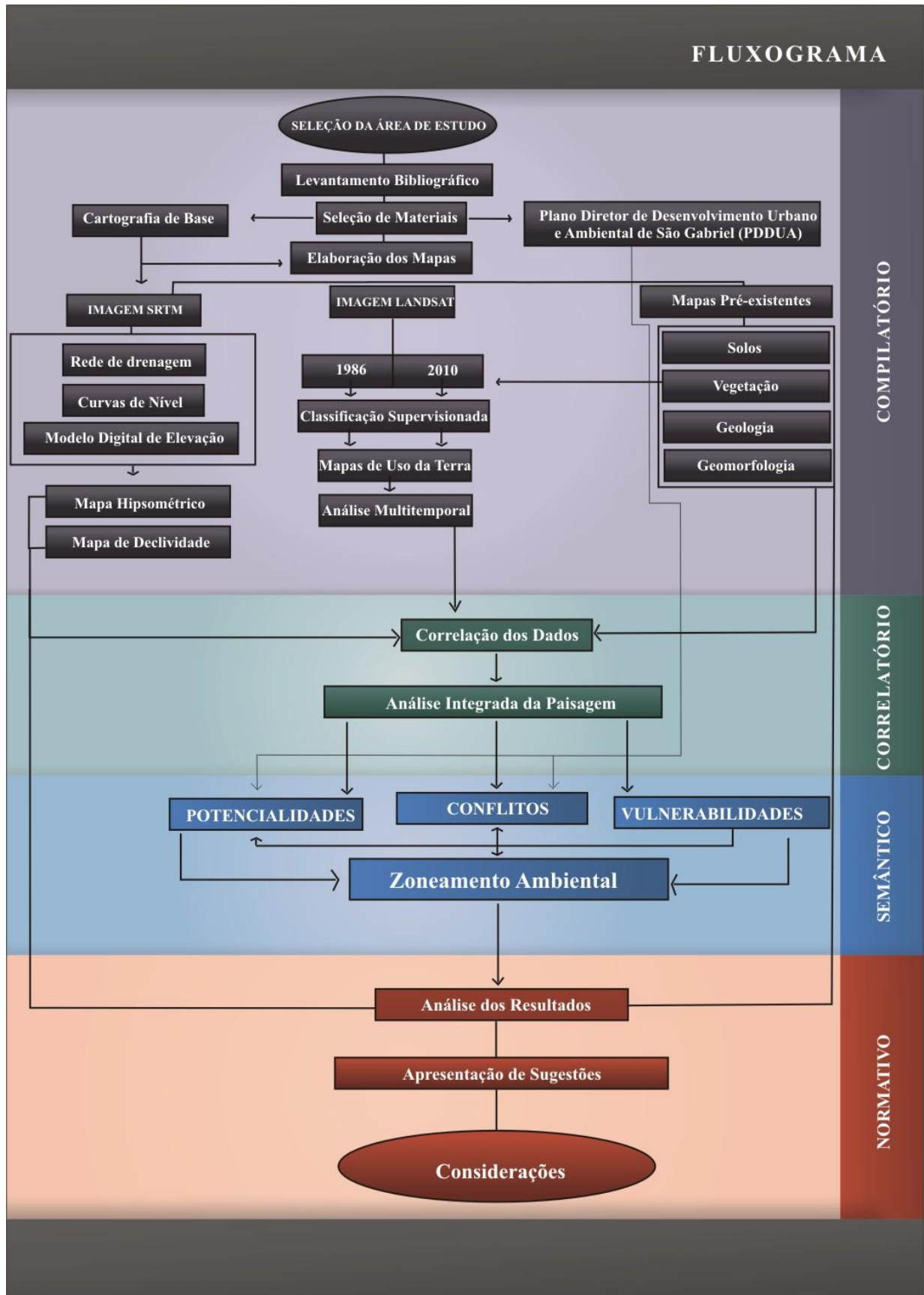
O nível compilatório corresponde à primeira fase da pesquisa, refere-se à constatação de fatos e fenômenos a serem pesquisados, onde realizou-se o levantamento e seleção das informações temáticas, de diversos formatos, bem como, a solução dos problemas de armazenamento e recuperação dos dados. Pode-se dizer que este nível compreende a tradução dos dados obtidos no mundo real para o universo conceitual e posteriormente para os universos de representação e de implementação. Esta transposição de informações reais para o banco de dados geográficos permite solucionar os problemas de armazenamento, recuperação, combinação e integração de dados de diferentes formatos, (MEDEIROS, 1999). Nesta etapa ocorreu um aprofundamento dos níveis de informações, com a ordenação dos elementos em tabelas, quadros, mapas e gráficos. Tais elementos foram originados tanto de fonte primária (levantamentos de campo, cartas topográficas, imagens de satélite) como de fonte secundária (material já produzido por outros autores). Deste modo, é nesta etapa que foram gerados os conhecimentos básicos a serem integrados e interpretados nas fases subsequentes.

No nível correlativo, os diversos temas foram correlacionados entre si, assim como as diversas informações analisadas dentro de cada tema, para posterior interpretação. Nesta etapa, os produtos cartográficos gerados representam uma síntese parcial da pesquisa, através da caracterização espacial da área.

O terceiro nível, ou nível semântico, é interpretativo e se chega a resultados conclusivos a partir das informações selecionadas e correlacionadas nas etapas anteriores. Consiste na síntese da paisagem, onde as características antrópicas, são integradas ao quadro natural, definindo o zoneamento ambiental da área de estudo.

Por fim, no nível normativo, realizou-se a análise final dos resultados com a apresentação de algumas sugestões, tendo em vista as vulnerabilidades e as potencialidades ambientais identificadas na área.

As atividades desenvolvidas, bem como os elementos analisados em cada etapa da pesquisa, com base em Libault (1971) são ilustradas no fluxograma metodológico, apresentado na figura 13.



Design: Ferrony, PM (2011).

Org.: Arruda (2011).

**Figura 13 - Fluxograma Metodológico**

### 3.2.2 Procedimentos Técnico – operacionais

Em relação ao referencial técnico operacional, a pesquisa apoiou-se na utilização de geotecnologias para os mapeamentos, a utilização destas, auxiliou na análise e interpretação da paisagem, possibilitando a tomada de decisões e a definição de estratégias para estabelecer a sustentabilidade de áreas naturais ou alteradas.

No nível compilatório da pesquisa foram realizados levantamentos e seleção das informações temáticas vetoriais e matriciais que foram integradas para elaboração do zoneamento, e posteriormente foram realizados procedimentos e técnicas de mapeamentos temáticos e de integração destas informações em ambientes de sistemas de informações geográficas.

As bases cartográficas compiladas compreendem o Mapa Político Administrativo extraído do Plano Diretor municipal de São Gabriel, o Mapa Pedológico, Geomorfológico, Geológico e Fitogeográfico do projeto Radam Brasil vetorizados por Trentin (2008), o limite municipal extraído da malha digital disponibilizada pelo IBGE (2001), na escala 1: 250.000.

A drenagem utilizada foi extraída do mapeamento contínuo do Rio Grande do Sul, realizado pela UFRGS.

As bases cartográficas produzidas correspondem ao Mapa Base, contendo as principais convenções cartográficas, que foram comuns para todos os mapas elaborados e adaptados para este trabalho, a rede de drenagem, o Mapa Hipsométrico, o Modelo Digital de Elevação, o Mapa de Declividade, o Mapa de Orientação de vertentes, o Mapa de uso da terra para os anos de 19886 e 2010, e o Mapa de Zoneamento Ambiental.

Os dados disponibilizados em arquivo no formato shapefile\*, foram importados para o Programa Computacional SPRING, versão 4.3.3, no qual se construiu o banco de dados, o projeto e um modelo de dados que permitiu compilar as informações, realizando ajustes em relação à projeção, datum e escala. Assim, todos os temas acima descritos, foram adicionados ao banco de dados geográficos, onde estão sobrepostos os vários planos de informação.

#### 3.2.2.1 Elaboração dos Mapas de Uso e Cobertura da Terra

Os Mapas de uso da terra foram elaborados com base nas imagens de satélite Landsat 5 TM, correspondentes as datas de 07 de julho de 1986 e 30 de abril de 2010, as bandas utilizadas, foram 2, 3, 4 e 5. As imagens foram adquiridas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - (INPE), entre as imagens mais recentes optou-se

pela que houvesse menor presença de nuvens. Na composição, (R4G3B2), as imagens apresentam melhor visualização da composição falsa cor, mais próxima da cor natural e nas bandas, (R5G4B3), a vegetação fica realçada em vermelho viabilizando uma melhor tomada de amostras para a classificação supervisionada.

Primeiramente pelo módulo IMPIMA, do programa SPRING, deu-se a transformação cada uma das bandas das imagens escolhidas, do formato tiff\* para grib\*.

Para obter a classificação digital da imagem, inicialmente realizou-se a correção geométrica da imagem, utilizando como referência as imagens GeoCover do mosaico georreferenciado da NASA cuja resolução é de 14,25 m e no aplicativo GeoExpress foi exportado uma área correspondente ao Município, em formato geotiff. Para o georreferenciamento definiu-se como pontos de referência as confluências da rede de drenagem e de estradas. Em seguida, realizou-se a classificação digital supervisionada, seguindo parâmetros estatísticos do classificador Bhattacharya, pelo método de “crescimento de regiões”. Assim, partiu-se para a coleta de amostras sobre a área a ser classificada sendo que as mesmas serviram de base para que o aplicativo realizasse a classificação.

Para a classificação do Uso da terra foram definidas cinco classes de usos, sendo: floresta nativa, floresta exótica, campo, cultura, água, os critérios para enquadramento destas classes estão representados no quadro 2.

**Quadro 2 - Classes de uso da terra**

CLASSE DE USO	CARACTERÍSTICAS	VARIÁVEL VISUAL COR
Floresta Nativa	Compreende um conjunto de floresta e campos, abrangendo florestas, formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, além da cobertura vegetal arbórea com características naturais, associadas especialmente a rede de drenagem e as áreas de maior declividade.	Verde 120 R: 0, G: 64, B: 0
Floresta Exótica	Compreende as áreas de florestamento de exóticas e silvicultura.	Lima 120 R: 0, G: 255, B: 0
Campo	Formações não-arbóreas, áreas cobertas por vegetação herbácea e subarbustiva, naturais ou implantadas. Caracteriza-se por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso.	Cáqui 51 R: 255, G: 236, B: 135
Cultura	Terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso. Agricultura tradicional e de transição com culturas anuais, cíclicas e cultivos mistos.	Laranja 27 R: 255, G: 136, B: 40
Água	Rios, açudes, lagos, e represas.	Azul 240 R: 0, G: 0, B: 90

Fonte: Adaptado do Manual Técnico de Uso da Terra IBGE (2006).  
Org.: Arruda (2011).

### 3.2.2.2 Elaboração dos Mapas de Relevo

Os Mapas Hipsométrico e Clinográfico, foram desenvolvidos com base no modelo numérico do terreno, MNT, contido nas imagens da missão SRTM. Pelo processamento dessas imagens nos softwares SPRING, nas versões 5.1.5 e 4.3.3<sup>11</sup>. Dessa maneira, para o Mapa Hipsométrico, obedeceu-se aos parâmetros que melhor representam a variação do relevo no Município, dado através das classes altimétricas, representadas por um sistema de graduação de cores.

Segundo Libault (1975), Martinelli (2003) e Loch (2006) não há uma convenção estabelecida para a definição do número de classes a representar o terreno. Orienta-se localizar e identificar pontos conhecidos, ou seja, dados georreferenciados e a partir destes valores considerar quais e quantas devem ser as classes que apresentem melhor visualização da unidade territorial em estudo. Indica-se que as classes hipsométricas utilizadas devem totalizar um número mínimo de cinco e máximo de sete.

Para o desenvolvimento da hipsometria do município de São Gabriel, as classes altimétricas foram adaptadas com base nas linhas de ruptura de relevo, sendo individualizadas cinco classes: 50 - 100 m, 100 – 150 m: áreas planas junto aos principais cursos d'água; 150 – 200 m, 200 - 250m: início do escudo, onde o relevo apresenta um pouco mais de energia; 250 - 450: o escudo.

Para a geração do Mapa Hipsométrico, definiu-se no software SPRING a categoria correspondente a hipsometria e o plano de informação que contém a grade retangular, a qual consiste em um modelo digital de representação matricial onde cada elemento da matriz se encontra associado a um valor numérico.

Em seguida, acrescentou-se às classes temáticas os valores previamente definidos para a hipsometria, partindo para o processo de fatiamento e associação de fatias, que consiste em definir intervalos, com a finalidade de gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. Cada classe temática foi associada a um intervalo, que varia de acordo com o valor do ponto altimétrico, sendo o valor altimétrico mais baixo (50m) e o mais elevado no terreno (450m). Para sua representação utilizou-se a variável visual cor, dada por meio de um dégradé de cores, com modo de implantação zonal, ver na tabela 1.

---

<sup>11</sup> Foram utilizadas duas versões do software SPRING, sendo 4.3.3 e 5.1.5, pois ainda existem problemas em suas programações que limitam algumas operações necessárias para o desenvolvimento da metodologia deste trabalho.

**Tabela 1 - Classes de Hipsometria**

CLASSE	METROS	VARIÁVEL VISUAL COR
1	50-100	Cáqui 51 R: 255, G: 236, B: 135
2	100-150	Amarelo 50 R: 255, G: 226, B: 75
3	150-200	Laranja 27 R: 255, G: 136, B: 40
4	200-250	Dourado Escuro 27 R: 134, G: 60, B: 0
5	250-450	Marrom 9 R: 103, G: 16, B: 0

Org.: Arruda (2011).

Para a elaboração do mapa clinográfico gerou-se uma grade de declividades em porcentagens, a partir das informações altimétricas contidas na grade de valores da área, no SPRING versão 5.1.5. Para o fatiamento da grade, no SPRING versão 4.3.3, utilizaram-se os limites estabelecidos por De Biasi (1992), ver tabela 2, e também acrescentou- a classe 0-2% de declividade, para contemplar as áreas com riscos de inundações e as APP's de banhados, e mata galeria de formações pioneiras existentes no município de São Gabriel.

Assim foram determinadas que as classes de declividade correspondente até 5%, que compreende as áreas mais favoráveis ao uso e ocupação, podem apresentar risco de inundação, principalmente de 0-2%. A classe de declividade entre 5 e 12%, compreende as áreas sem restrição de uso e ocupação e delimitam o emprego da agricultura mecanizada.

A classe correspondente entre 12 e 30% engloba as áreas que devem ser evitadas para ocupação, sendo passíveis de ocorrência de riscos ambientais. A classe compreendida entre 30 e 47% representa as áreas inadequadas à construção civil, utilização agrícola e limite para corte florestal, apresentando riscos de escorregamentos por interferência antrópica. A classe entre > 47% abrange as áreas inadequadas a utilização, definidas como áreas de preservação florestal, apresentando riscos de escorregamentos.

Assim ficam definidas para este trabalho as seguintes classes de declividade apresentadas na tabela 2:

**Tabela 2 - Classes de Declividade**

CLASSES	DECLIVIDADES EM %	VARIÁVEL VISUAL COR
1	0-2%	Cáqui 51 R: 255, G: 236, B: 135
2	2-5%	Peru 40 R: 147, G: 122, B: 73
3	5-12%	Marrom Sela 45 R: 80, G: 60, B: 0
4	12-30%	Marrom 9 R: 103, G: 16, B: 0
5	30-47%	Vermelho 0 R: 255, G: 0, B: 0
6	>47%	Vermelho 0 R: 153, G: 14, B: 14

Fonte: Adaptado de De Biasi (1992). Org.: Arruda (2011).

Para representar este mapa temático, utilizou-se da variável visual cor, com um sistema de graduação de cores e modo de implantação zonal. A definição do cálculo da porcentagem, Moreira (2009) para as classes de declividade está associada às curvas de nível, equidistantes, que na escala de estudo, dividiu-se em vinte metros. A declividade entre as curvas de nível foi calculada com uso da equação matemática:

$$D (\%) = 100 (dV / (dH \cdot E))$$

Onde: D = declividade de uma célula, calculada em porcentagem<sup>12</sup>;

dV = distância vertical, em metros, igual à equidistância vertical para todas as medidas entre curvas de nível (que não envolvam pontos cotados);

dH = distância horizontal entre isolinhas medida em milímetros;

E = denominador da escala do mapa e;

100 = fator que converte o resultado de proporção direta para porcentagem.

Para melhor entendimento dos valores atribuídos a cada classe temática, elaborou-se o Quadro 3, apresentado acima, onde, observa-se que para cada classe, tem-se definida as características do relevo e as características de uso indicadas de acordo com o ambiente e a metodologia apresentada por De Biasi (1992).

**Quadro 3 - Classes de Relevo e Devidos Usos**

CLASSE	DECLIVE	DENOMINAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DE USO
A	0-2%	Planos	Planícies de inundação
B	2-5%	Praticamente plano	Limite urbano industrial.
C	5-12%	Planos com suaves ondulações	Limite máximo para o emprego de mecanização na agricultura.
D	12-30%	Superfícies inclinadas	Limite máximo para a urbanização sem restrições, a partir do qual toda e qualquer forma de parcelamento far-se-á através de exigências específicas
E	30-47%	Declives acentuados	Limite máximo para o corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura florestal.

<sup>12</sup> Cálculo realizado automaticamente no programa SPRING versão 5.1.5.

F	>47%	Declives fortemente acentuados	Não se permite a derrubada de florestas, somente é tolerada a extração de toros, quando em regime de utilização racional que vise rendimentos permanentes.
---	------	--------------------------------	--

Fonte: De Biasi (1992), adaptação Arruda (2010).

### 3.2.2.3 Elaboração do mapa de Solos, Geologia e Geomorfologia e Vegetação

A fonte dos mapas de solo, geologia e geomorfologia e vegetação, utilizados neste trabalho, é o mapeamento IBGE/RADAMBRASIL, vetorizado por Trentin (2008), que constitui um banco de dados digital georreferenciado, no software SPRING 4.3.3, com base nas cartas de solos, geologia e geomorfologia do projeto Radam Brasil, que estão disponíveis em formato pdf\* no site do IBGE. Esses mapas são contínuos para todo o estado do Rio Grande do Sul. Para elaborar os mapas do município de São Gabriel realizou-se um recorte espacial nestes mapas, com o limite do município de São Gabriel. As cores originais das classes de cada tema não foram alteradas.

#### Nível Correlatório

No nível anterior da pesquisa foram elaborados os mapas de cada tema individualmente, para que se pudesse analisá-los, parte importante para a segunda etapa do processo. Pois nesse nível, onde são realizadas as correlações, é necessário um conhecimento analítico e aprofundado dos diversos temas propostos, para que se possa avaliar e atribuir valores e pesos para cada informação concernentes a área de estudo.

Como parte do processo de análise integrada da paisagem, nesse nível da pesquisa iniciaram-se as correlações, a primeira se deu pela verificação da vulnerabilidade/fragilidade, que fique claro que as duas palavras serão usadas com o mesmo sentido, das unidades de paisagem, parte da metodologia de análise proposta por Crepani et al. (1996).

### 3.2.2.4 Elaboração do Mapa de vulnerabilidade natural à erosão

O modelo de vulnerabilidade potencial natural utilizado na metodologia deste trabalho foi desenvolvido pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. O INPE desenvolveu esta metodologia para avaliar a Vulnerabilidade Natural à Erosão, objetivando subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia. A metodologia proposta consiste primeiramente na elaboração de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou



Unidades Territoriais Básicas (UTB's), obtidos através da análise e interpretação de imagens TM LANDSAT.

A metodologia para vulnerabilidade a partir das UTB's desenvolvida por Crepani et. al (2001), é baseada no conceito da Ecodinâmica de TRICART (1977), considerando a relação Morfogênese/Pedogênese, ver tabela 3.

**Tabela 3 - Atribuição de valores à Ecodinâmica**

UNIDADES	RELAÇÃO PEDOGÊNESE/MORFOGÊNESE	VALOR
Estáveis	Prevalece a Pedogênese	1.0
Intergrades	Equilíbrio entre Pedogênese/Morfogênese	2.0
Instáveis	Prevalece a Morfogênese	3.0

Fonte: Crepani et al. (1996, 2001) modificada de Tricart (1977).

Org.: Arruda (2011).

A estabilidade ou vulnerabilidade, a resistência ao processo natural de erosão das unidades de paisagem natural é definida pela análise integrada do conjunto rocha, solo, relevo, vegetação e clima. Seguindo esta proposta metodológica cada um destes temas recebe uma pontuação de vulnerabilidade variando entre 1 e 3. Para este trabalho não foram considerados valores para o clima, sendo que não há uma significativa variação climática e nem pluviométrica na área, a não ser na escala temporal.

Para geração do mapa de vulnerabilidade, primeiramente foram determinados e atribuídos os valores de vulnerabilidade aos temas usando como base os critérios adotados por Crepani et al. (2001) e avaliação empírica, quais sejam:

I - Para geologia: a história da evolução geológica da região e as informações relativas ao grau de coesão das rochas;

II - Para geomorfologia, a análise dos índices morfométricos (valores pré-definidos por Crepani) e classes as de declividade definidas nesse trabalho;

III - Para solos, as características naturais, a maturidade do solo, (valores pré-definidos por Crepani)

IV - Para o uso e cobertura vegetal, a densidade de cobertura vegetal.

A etapa seguinte à classificação do grau de instabilidade, foi à geração da vulnerabilidade natural à erosão através de operações de álgebra de mapas utilizando a linguagem de programação, implementada no software SPRING, denominada de LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico).

A partir de planos de informação de entrada (solos, geomorfologia/declividade, geologia e uso e cobertura vegetal), gerou-se um mapa temático de classes de vulnerabilidade

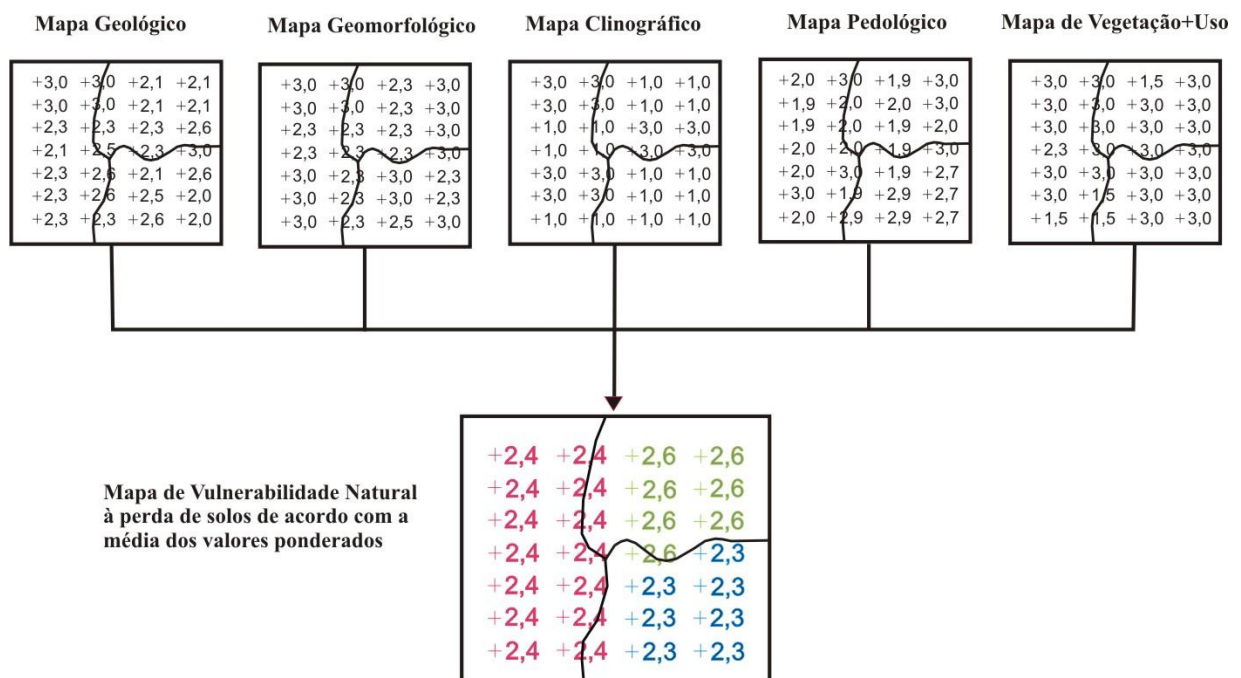
natural à erosão, para isso inicialmente, gerou-se um conjunto de regras de ponderação, atribuindo-se um conjunto de pesos a cada classe temática dos mapas de entrada, de acordo com Crepani et. al. (1996). O resultado desta operação se deu pela geração de um mapa numérico em formato grade, que representa os valores de vulnerabilidade e estabilidade para cada tema analisado.

**Tabela 4 - Intervalos de classes para o grau de vulnerabilidade à erosão**

GRAU DE VULNERABILIDADE	INTERVALODE CLASSE
Estável	1,0 – 1,4
Moderadamente estável	1,4 – 1,8
Intermediária	1,8 – 2,2
Moderadamente Vulnerável	2,2 – 2,6
Vulnerável	2,6 – 3,0

Fonte: Adaptado de Crepani et al (1996).

Na Figura 14, pode-se visualizar um exemplo dos resultados obtidos sob a forma de mapas numéricos. O mapa numérico gerado e posteriormente fatiado, (valores na tabela 4), da mesma forma que os mapas de hipsometria e declividade, porém utilizando-se o programa LEGAL. Após o fatiamento,obteve-se um mapa representado graficamente por meio da variável visual cor e pelo modo de implantação zonal.



Org.: Arruda (2011).

**Figura 14 – Exemplo Gráfico do mapa numérico de vulnerabilidade natural à erosão**

A análise consecutiva e a interpretação dos planos de informação permitiram gerar o mapa de vulnerabilidade natural à erosão. De acordo com a metodologia desenvolvida por Crepani et al (1996), foram determinadas 21 classes de vulnerabilidade/ estabilidade, onde valores mais próximos de 1,0 representam maior estabilidade e próximos a 3,0 maior vulnerabilidade aos processos erosivos.

Desta forma, as unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 2,0 e as unidades de paisagem mais vulneráveis estarão próximas de 3,0. Dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades territoriais ou zonas, foram classificadas conforme as tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10, que apresentam os valores atribuídos a cada classe temática:

**Tabela 5 - Valores de vulnerabilidade atribuídos a morfometria de São Gabriel**

CLASSES	AMPLITUDES ALTIMÉTRICAS (M)	VALOR PONDERADO	DECLIVIDADE (%)	VALOR PONDERADO
Muito baixa	50-100	1	0-2%	3
Baixa	100-150	1	0-5%	1
Baixa - Média	150-200	1.5	5-12%	1
Média	200-250	2	12-30%	2
Média - Alta	250-450	3	>30%	3

Fonte e Org.: Arruda (2011).

**Tabela 6 - Valores de vulnerabilidade atribuídos as Litologias de São Gabriel**

FORMAÇÕES	GRAU DE VULNERABILIDADE
Depósitos Aluvionares	2,3
Formação Santa Tecla	2,4
Formação Rosário do Sul	2,1
Formação Rio do rasto	2,6
Subgrupo Estrada nova	2,6
Formação Irati	1,9
Formação Rio do sul	2
Complexo Arroio das ilhas	2
Complexo vacacaí	2,8
Complexo cambaí	2,3
Suíti Intrusiva Ramada	2
Grupo Guatá	2,1

Fonte: Crepani et al (1996), Org.: Arruda (2011).

**Tabela 7 - Valores de vulnerabilidade atribuídos aos Solos de São Gabriel**

SOLOS	GRAU DE VULNERABILIDADE
PLe -Planossolo eutrófico	2
BT - Brunizém Vértico	2
BV - Brunizém Avermelhado	2,7
PEa - Podzól. Vermelho Escuro álico	1,9
PVd - Podzól. Vermelho Escuro distrófico	3
PEd - Podzól. vermelho-amarelo distrófico	1,9
PBPa - Podzól. Brumo Acinzentado plano álico	3
PBPe - Podzól. Brumo Acinzentado plano eutrófico	3
Rd - Solo litólico distrófico	2,9
Re - Solo Litólicoseutróico	2,9

Fonte: Crepani et al (1996), Org.: Arruda (2011).

**Tabela 8 - Valores de vulnerabilidade atribuídos ao Relevo de São Gabriel**

DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS	GRAU DE VULNERABILIDADE
Planície Aluvio Coluvionar	3
Planaltos Residuais	2,5
Planaltos Rebaixado Marginal	2,3
Depressão Rio Jacui	2,3
Depressão Rio Ibicui	2,3

Fonte: Crepani et al (1996), Org.: Arruda (2011).

**Tabela 9 - Valores de vulnerabilidade atribuídos à Vegetação Original de São Gabriel**

VEGETAÇÃO NATURAL	GRAU DE VULNERABILIDADE
Estepe	3
Vegetação Pioneira	1,5
Áreas de Tensão	2
Floresta Estacional Decidual	1

Fonte: Crepani et al (1996), Org.: Arruda (2011).

**Tabela 10 - Valores de vulnerabilidade atribuídos ao Uso e Cobertura da Terra no Município de São Gabriel**

CLASSES DE USO	GRAU DE VULNERABILIDADE
Floresta Nativa	1
Floresta Exótica	2
Campo	2,5
Cultura	2,7
Água	0

Fonte e Org.: Arruda (2011).

### 3.2.2.5 Elaboração do Mapa de Potencialidades de Uso e Recursos Minerais

Para identificação das potencialidades de uso da terra existentes no município de São Gabriel, considerou-se a vulnerabilidade à erosão já verificada neste trabalho e as declividades de acordo com a legislação, protegendo as áreas mais vulneráveis, as altas declividades, as planícies de inundação e os banhados, ao atribuir potencialidade somente para as mais estáveis.

Para localizar os recursos minerais, utilizou como base os mapas contidos no plano diretor municipal, Relatório/PDDUA (2007), essas áreas foram somente identificadas como pontos no mapa, juntamente com as áreas próprias para agricultura.

Para a representação do mapa das potencialidades de uso da terra foi utilizada a variável visual cor, cor ocre 27 R: 184, G: 82, B:0, e gerada apenas uma classe, com modo de implantação zonal. Após definida a classe e a cor foram elaboradas no programa LEGAL, no qual utilizou-se três planos de informação temáticos, usos da terra, declividades e vulnerabilidade.

### 3.2.2.6 Elaboração do Mapa de Conflitos de Uso da Terra

Para identificação dos conflitos de uso da terra existentes no município de São Gabriel, também considerou-se, a vulnerabilidade à erosão já verificada neste trabalho e as declividades de acordo com a legislação, objetivando classificar como conflitantes as atividades agrícolas que se encontrarem alocadas sobre áreas moderadamente instáveis e instáveis e sobre declividades entre 0-2% e acima de 12%. Na tabela 11 estão as classes e as cores definidas para a elaboração do mapa de conflitos de uso da terra.

**Tabela 11- Classe de Conflitos de Uso da Terra**

CONFLITOS DE USO DA TERRA	VARIAVEL VISUAL COR
Em áreas vulneráveis à erosão	Vermelho 0 R: 255, G: 0, B: 0
Em áreas moderadamente vulneráveis	Laranja 27 R: 255, G: 136, B: 40
Em áreas acima de 12% de declividade	Preto 0 R: 17, G: 2, B: 2
Em áreas entre de 0-2% de declividade	Areia 40 R: 216, G: 183, B: 119

Org.: Arruda (2011).

Para a representação do mapa de conflitos de uso da terra foi utilizada a variável visual cor, tabela 11, com modo de implantação zonal. Após definidas as classes e as cores foi elaborada a programação na linguagem LEGAL, para a programação de combinação de mapas utilizou-se três planos de informação temáticos, usos da terra, declividades e vulnerabilidade.

### 3.2.2.7 Elaboração do Zoneamento Ambiental

O mapa de zoneamento ambiental representa a síntese das informações do quadro natural e antropizado, identificando as relações entre ambos. Assim, a integração dos diferentes elementos que compõem a paisagem do município de São Gabriel, resultou na definição de unidades constituídas por atributos naturais e antrópicos.

Sendo assim, as características físicas individualizaram áreas homogêneas que, associadas às informações de uso e ocupação definiram o zoneamento ambiental, através da identificação de zonas ambientais sustentáveis. Deste modo, as zonas representam áreas com características homogêneas, as quais definem comportamentos e respostas semelhantes frente aos processos de dinâmica superficial e possibilitam a identificação de potencialidades, vulnerabilidades e problemas ambientais. A denominação das unidades levou em consideração algum elemento representativo do uso.

Para a confecção do mapa no SPRING versão 4.3.3, foi utilizado como base os mapas de vulnerabilidade, conflitos e potencialidades. As linhas de delimitação das zonas vetorizadas manualmente seguiram quando possível, as rupturas do relevo, os pontos cotados e os divisores d'água.

Para sua representação gráfica foi utilizada a variável visual cor, dada por meio de uma associação de cores, com modo de implantação zonal, tabela 12, segundo Martinelli (1991), “a cor é uma realidade sensorial sempre presente”. Sem dúvida alguma, tem grande “poder na comunicação visual, além de atuar sobre a emotividade humana”. Partindo deste princípio, foram escolhidas cores de acordo com cada uso das zonas, sendo amarelo para agricultura, pois remete a alimentação e também não apresenta barreiras visuais. Magenta para área urbana, pois é a cor destinada para áreas de solos exposto e urbanização, o cinza para as áreas de proteção, pois lembra a seriedade e neutralidade que se deve ter com estas zonas, em que o uso deve ser autorizado por órgãos ambientais responsáveis. Verde é uma cor associada à natureza, é a cor da vegetação, e também a cor utilizadas pelos profissionais da saúde, o que justifica que seja associada às zonas de recuperação. O ciano é uma cor forte e

“sinaliza”, chama atenção, o que é necessário para as áreas de recuperação. O vermelho é uma cor forte e também sinaliza, essa cor nas convenções cartográficas sempre está associado a urbanização.

**Tabela 12 - Classificação das Zonas Ambientais**

SIGLA	ZONAS	VARIÁVEL VISUAL COR
ZCDUS	Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano Sustentável	Magenta 0 R: 255, G: 135, B: 135
ZCDAS	Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola Sustentável	Amarelo 51 R: 255, G: 236, B: 135
ZPNV	Zona de Proteção Nascentes do Vacacaí	Cinza escuro -1 R:97, G: 97, B: 97
ZPEF	Zona de Proteção do Ecossistema Florestal	Cinza claro -1 R:181, G: 181, B: 181
ZRUC	Zona de Recuperação e Uso Controlado	Verde 82 0 R: 172, G: 186, B: 148
ZRMC	Zona de Recuperação de Micro-Corredores	Verde Escuro 0 R:153, G: 14, B: 14
ARAR	Áreas de Recuperação Ambiental Rural	Ciano 180 R:0, G: 255, B: 255
ARAU	Áreas de Recuperação Ambiental Urbana	Vermelho 0 R:153, G: 14, B: 14

Org.: Arruda (2011).

#### 3.2.2.7.1 Critério para enquadramento das Zonas de Desenvolvimento

- Prevalece a pedogênese ou o equilíbrio entre pedogênese e morfogênese;
- Maior área com potencial agrícola;
- Potencial para exploração mineral.

#### 3.2.2.7.2 Critério para enquadramento das Zonas de Proteção

- Prevalece a morfogênese;
- Maior nível de complexidade/vulnerabilidade do ecossistema;
- Maior número de nascentes;
- Ameaça ao equilíbrio ecológico;
- Riquezas minerais.

#### 3.2.2.7.3 Critério para enquadramento das Zonas de Recuperação

- Prevalece a morfogênese;
- Descaracterização da paisagem, comparada a 1986;
- Falta de vegetação para conter a erosão;
- Maior deterioração ambiental;
- Muitos conflitos de usos da terra.

#### 3.2.2.7.4 Critério para enquadramento das áreas de recuperação ambiental

- Riscos potenciais a desastres ambientais, como inundações e contaminação da água e do solo;
- Perigo de liberação de poluentes tóxicos nas drenagens;
- Possibilidade da lavra de calcário ser abandonada a céu aberto sem recuperação e pagamento de passivo;
- Risco de rompimento da barragem e inundação na área urbana;
- Risco para população residir na planície aluvial;
- Deterioração ambiental pela retirada da vegetação natural das margens do rio e aceleração dos processos erosivos e de assoreamento.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise Geológica

As informações geológicas subsidiam as interpretações sobre o relevo, solo e processos erosivos e, “acima de tudo, demonstram a capacidade de suporte das ocupações e ações humanas sobre o meio físico” (SANTOS 2004). Nesse sentido, a estrutura geológica do município de São Gabriel individualiza dois compartimentos bastante distintos, em termos de morfologia e de respostas frente aos processos de dinâmica superficial. As litologias mais antigas na Depressão Periférica com terrenos sedimentares da Bacia do Paraná, cujos registros estratigráficos estendem-se do Permiano Neo ao Juro-Cretáceo, e que são recobertos por rochas vulcânicas do magmatismo Serra Geral, de idade cretácea. E o Escudo Sul-riograndense, apresentando as litologias mais recentes com terrenos cristalinos, formado por rochas metamórficas e ígneas pré-cambrianas, além de rochas sedimentares, vulcânicas e graníticas do Neoproteozóico ao Eopaleozóico Relatório/PDDUA (2007).

As formações geológicas identificadas no município de São Gabriel, a partir do mapeamento geológico do Radam Brasil-IBGE, ver (mapa 1 e tabela 13), foram as formações: Arroio das ilhas, Complexos do Vacacaí e do Cambaí sendo estas as mais antigas datando do pré cabriano médio 2500 Ma, na sequência vem formação Rio do Sul, Formação Iratí, Subgrupo estrada Nova e formação Rio do Rasto que datam do período permiano, após vem às formações da era mesozóica, sendo a Formação Rosário do Sul do período triássico e os depósitos aluvionares do período juro-cretássio em torno de 250 a 65 Ma, e por último a formação Santa Tecla, a mais recente que corresponde ao início do período terciário em torno de 65 Ma (DGC-IBGE).

Os depósitos aluvionares são compostos por areias cascalheiras e sedimentos sílticos argilosos de planícies de inundação terraços e depósitos de calha da rede fluvial atual e subatual (DGC-IBGE).

A formação Rosário do Sul se caracteriza por apresentar arenitos médios a finos, siltitos argilosos e lamitos friáveis, cores vermelhas, castanho avermelhada, cinza-amarelo e

branca. Os arenitos são mal selecionados, grãos subangulosos e subarredondados, mostrando extratos descontínuos, lenticulares, com estratificação cruzada acanalada e tangencial. A sequência em seu conjunto apresenta características de depósito em ambiente fluvial com depósitos lacustres intercalados (DGC-IBGE).

A formação Rio do Rasto apresenta uma alternância de siltitos, siltitos arenosos e arenitos de coloração vermelha a roxa, lamitos e siltitos vermelhos com intercalações de arenitos finos, micaceos, calcíferos de cor vermelha e a amarela clara. As litologias da base da sequência apresenta estratificação plana paralela (DGC-IBGE).

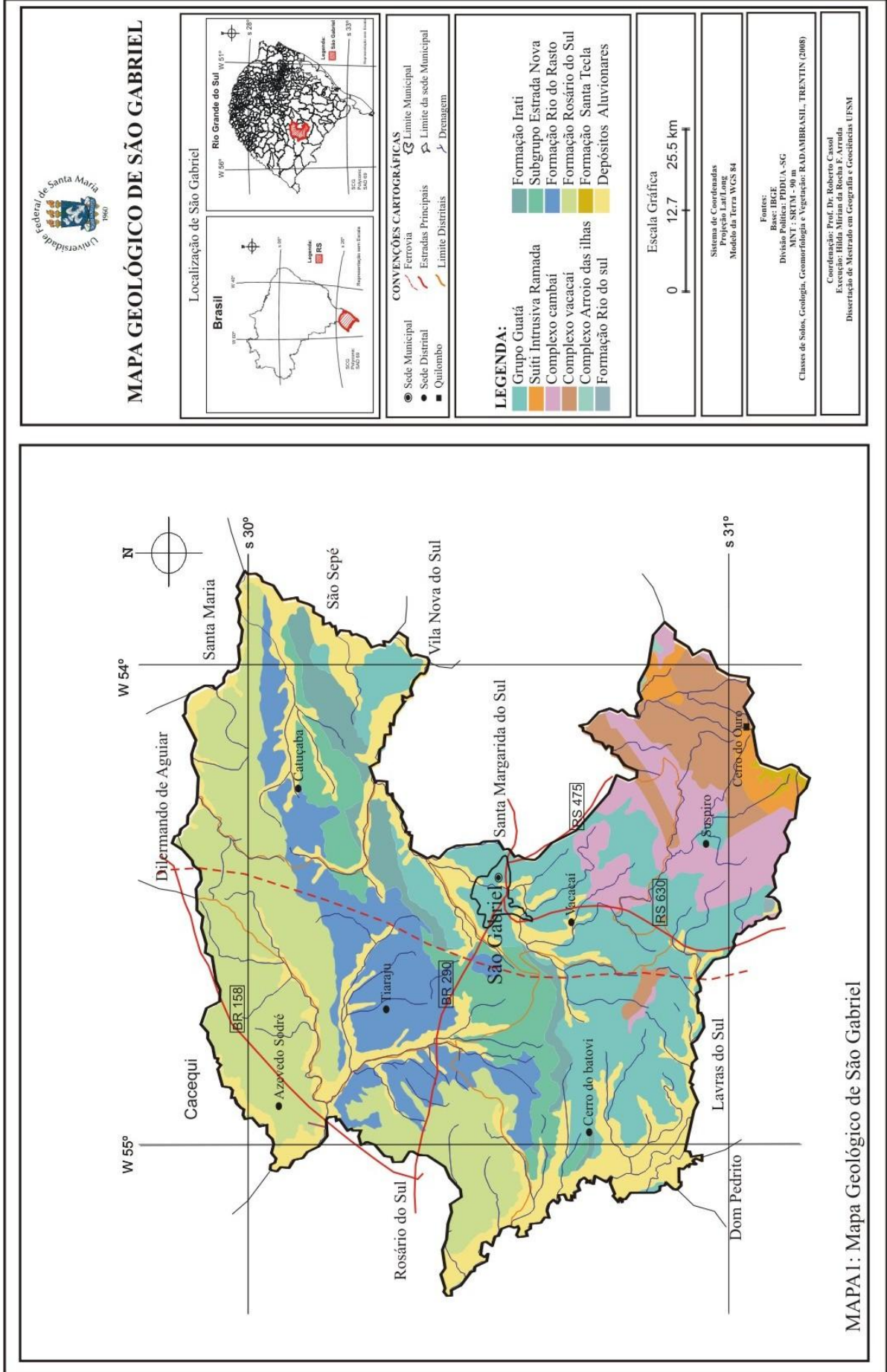
A Formação Irati, no Rio Grande do Sul, é caracterizada pela ocorrência de camadas centimétricas a métricas de folhelhos pretos pirobetuminosos, associados com lentes calcárias fossilíferas. As camadas de folhelhos pretos contêm, entre elas, um pacote de folhelhos cinza, com concreções calcárias de coloração amarelo-palha. Estas três camadas estão sobrepostas a um folhelho semelhante ao que está intercalado aos folhelhos pretos e contêm as mesmas lentes calcárias. Fósseis de répteis (*Mesossaurus*), crustáceos (*Paulocaris*, *Pygaspis* e *Locaris*), insetos (*Prosbolidae*), dentes e escamas de peixes já foram encontrados ao longo da Bacia do Paraná e auxiliam no estabelecimento cronoestratigráfico e paleoambiental para o Permiano desta bacia (Ramgrab, 2000).

O Subgrupo Estrada Nova é caracterizado, no Rio Grande do Sul, por folhelhos, argilitos e siltitos não betuminosos, lentes e concreções de calcários em ambiente marinho com influencia de tempestades (CPRM, 2006).

O Grupo Guatá é composto por arenitos finos a grosseiros, ortoquartzilitos a subarcoseanos, cor branca e amarelo clara, acamamento plano paralelo, associados a siltitos arenosos e carbonosos e níveis de carvão, com extratos cruzados ou acanalados de porte médio (DGC-IBGE).

Sobre as litologias do Grupo Guatá e da Formação Rio Bonito se encontram uma das mais importantes jazidas de carvão mineral do País, a Jazida de Candiota. A maioria do carvão Rio-grandense é do tipo betuminoso alto volátil C, de idade permiana CPRM (2006).

Segundo KAUL (1990), o Rio Grande do Sul é constituído por terrenos rochosos cuja origem ou transformação remontam aos mais diferentes períodos da história da crosta terrestre, trazendo o registro de distintos eventos geodinâmicos. Do Arqueano Precoce aos tempos cenozóicos, os processos magmáticos, metamórficos e sedimentares, aliados aos movimentos tectônicos, foram engendrando uma crosta cada vez mais diferenciada e mais estável, com predomínio, de modo geral crescente, da atividade sedimentogênica sobre as atividades ígneo-metamórficas.



**Tabela 13 - Área das Formações Geológicas em São Gabriel**

FORMAÇÕES	ÁREA EM KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
Depósitos Aluvionares	1068	18
Formação Santa Tecla	17	0
Formação Rosário do Sul	1339	23
Formação Rio do Rasto	721	12
Subgrupo Estrada Nova	438	8
Formação Iratí	243	4
Formação Rio do Sul	3	0
Complexo Arroio das Ilhas	4	0
Complexo Vacacaí	342	6
Complexo Cambaí	427	7
Suíte Intrusiva Ramada	90	2
Grupo Guatá	1144	20

Org.: Arruda (2011).

Para Christofolletti (1999), a estrutura geológica surge como condicionante na organização do geossistema, em virtude de potencializar as características topográficas e dos solos. Sendo assim, conforme a proposta apresentada por Trentin; Robaina (2005), o clima e o substrato geológico são informações básicas, pois, numa perspectiva temporal, definem o modelado do relevo e as características da rede de drenagem, assim como do alterito gerado no processo de desagregação e decomposição das rochas.

## 4.2 Análise do Relevo

### 4.2.1 Geomorfologia

Para a descrição do relevo do município de São Gabriel, considerou-se o Mapa do IBGE, elaborado com base nos Mapas Geomorfológicos da Série Levantamento de Recursos Naturais do Projeto RADAMBRASIL. A metodologia adotada ordena os fatos geomorfológicos em três táxons. O primeiro constitui o domínio morfoestrutural, que é definido pelo agrupamento de fatos geomorfológicos provenientes de amplos aspectos geológicos. O segundo representa o subdomínio morfoestrutural, que se caracteriza por uma compartimentação reconhecida regionalmente. O terceiro é representado pelas unidades de relevo e refere-se aos compartimentos bastante individualizados, apresentando formas de relevo fisionomicamente semelhantes em seus tipos de modelados.

Com base na geomorfologia de São Gabriel, representada no mapa 2, pode-se observar dois domínios geomorfológicos predominantes, o domínio de planaltos com 20% do

território na parte ao sul e o domínio de planície e depressões totalizando 80% do município, tabela 14.

**Tabela 14 - Área dos Domínios Geomorfológicos de São Gabriel**

DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS	ÁREA EM KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
Planície Alúvio Coluvionar	1592	23
Planaltos Residuais	69	1
Planalto Rebaixado Marginal	1430	20
Depressão Rio Jacuí	1364	19
Depressão Rio Ibicuí	2616	37

Org.: Arruda (2011).

#### 4.2.2 Hipsometria

A amplitude altimétrica do município de São Gabriel é de 400 m, seu ponto mais elevado situa-se próximo de 450 m na área ao sul, no escudo, quase na divisa com o município de Lavras do Sul, onde se encontram as nascentes do rio Vacacaí, o ponto mais baixo em torno de 50 m na várzea do rio Vacacaí, sobre a depressão central, ao norte do município, (tabela 15).

As altitudes escolhidas para representar a hipsometria do município formam cinco intervalos altimétricos, onde se observa rupturas no relevo ou que eram áreas mais extensas. A área mais baixa do município fica ao norte e chega a apresentar altitude mínima de 50m, este compartimento de terreno de 50 a 100 m totaliza 18% da área total do município. A altitude predominante observada no município é de 100 a 150 m acima do nível do mar, representando 51% do território do Município de São Gabriel. Ainda representativo consta a altitude entre 150 a 200 m, com também 18 % da área. Ao sul do município se encontram as cotas mais altas, de 200 ao máximo de 450 m, que perfazem uma área em torno de 13% do total.

Pela análise do mapa hipsométrico, (mapa3), que contém as classes de altitudes, ver tabela 15, observa-se que a maior parte da área de estudo, 51%, encontra-se em altitudes entre 100 a 150 m, onde o relevo, característico da Depressão, apresenta-se suavemente ondulado, marcado pela presença de colinas, denominadas regionalmente por coxilhas, e planícies aluviais. Já, na porção norte, as áreas que apresentam altitudes inferiores a 100 metros, cerca de 1.066 km, correspondem as áreas com topografia suave, geralmente, associadas a rede de drenagem, quando representam a planície aluvial.

**Tabela 15 - Área das Classes de Hipsometria em São Gabriel**

ALTITUDES EM M	ÁREA EM KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
50-100 m	1065	18%
100-150 m	2978	51%
150-200 m	1.066	18%
200-250 m	403	7%
250-450 m	334	6%

Org.: Arruda (2011).

#### 4.2.3 Declividade

As declividades mais representativas na área de estudo são as inclinações inferiores a 2% e entre 2% e 5%, correspondendo, respectivamente, a 32% e 43% da área, conforme a (tabela 16, mapa 3).

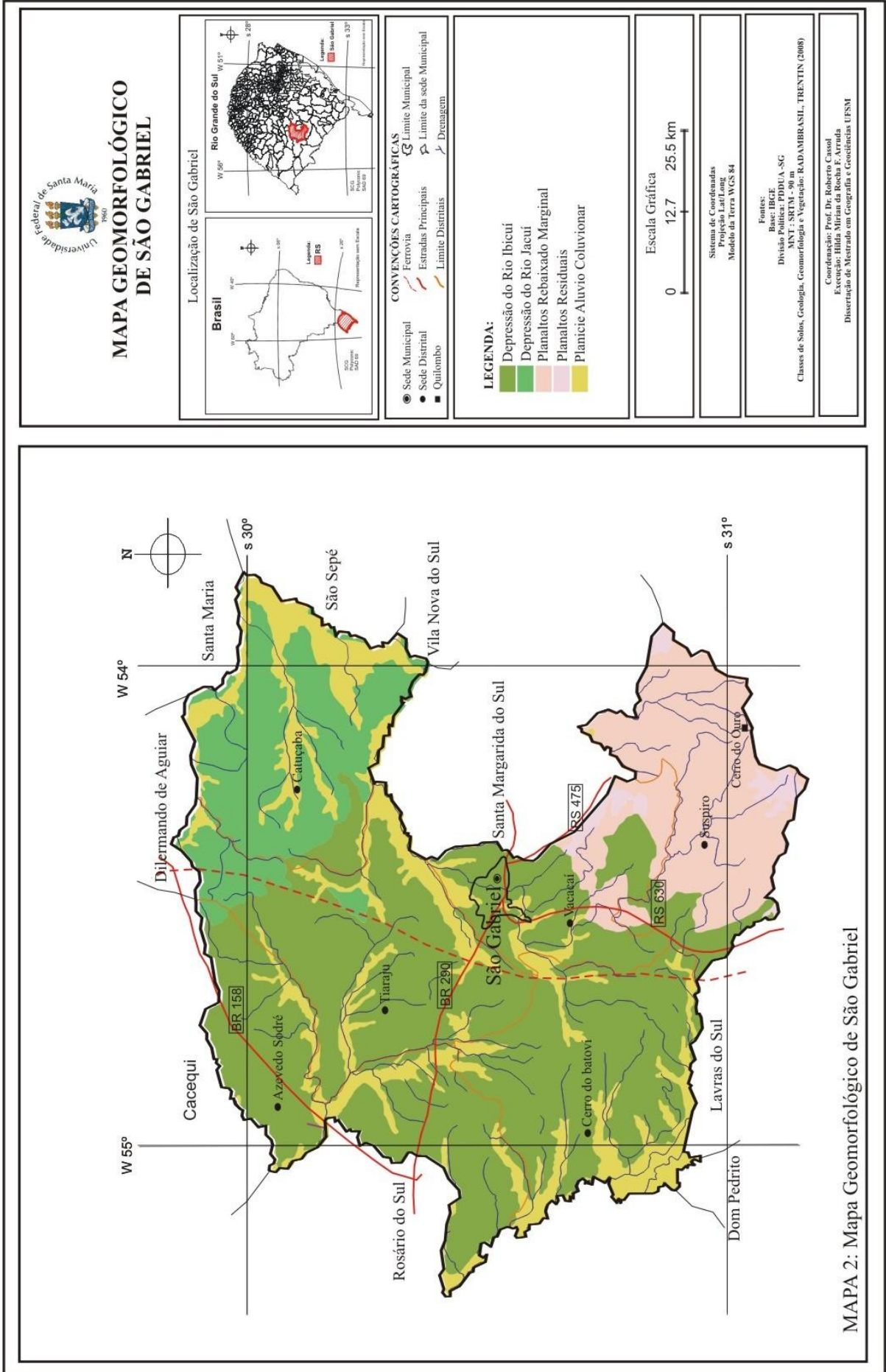
A classe até 5% é a que tem a maior representatividade com 73% do total da área do município, destacando principalmente as porções central e norte do município. Nesta zona de declive entre 0-5% se encontram os cursos d'água perenes e grande parte da área urbana, pois são as áreas mais escolhidas para ocupação, porém com riscos de inundações principalmente entre 0-2% de inclinação.

**Tabela 16 - Área das Classes de Declividade em São Gabriel**

CLASSE %	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA ( %)
0-2%	1859	32
2-5%	2522	43
5-12%	1423	24
12-30%	42	1
30-47%	0,2	0
>47%	0	0

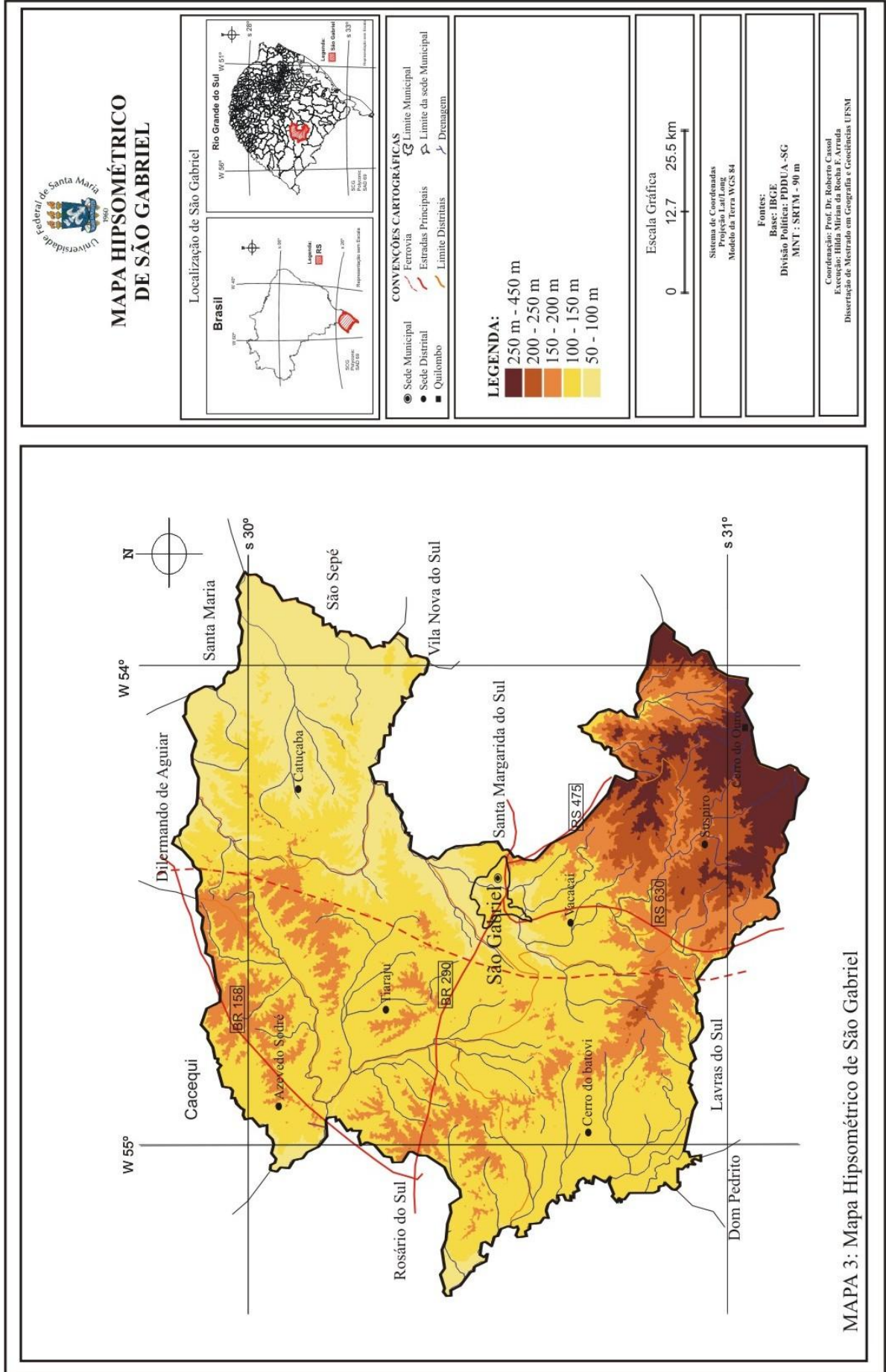
Org.: Arruda (2011).

Apesar de as inclinações menores que 2% representarem áreas muito planas, e aparentemente favoráveis para a ocupação urbana e para agricultura, quando associadas aos cursos fluviais, são comuns os problemas de riscos associados à drenagem. Estes problemas são facilmente observados especialmente junto às margens do Vacacaí. O mapa de declividade do terreno, constitui-se em um importante instrumento de apoio a estudos de potencialidade de uso, quando correlacionado a outros fenômenos geográficos.




MAPA 2: Mapa Geomorfológico de São Gabriel









### 4.3 Análise Pedológica


As classes de solos identificadas na área de estudo, município de São Gabriel, foram obtidas do mapeamento das cartas de solos do IBGE. As características desses tipos de solo encontrados foram descritas na metodologia deste trabalho, de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos e com o plano diretor municipal de São Gabriel. Onde ocorre cada tipo de solo no município de São Gabriel e que área cada classe de solo ocupa estão descritas a seguir na tabela 17 e no mapa 5.

A partir da espacialização dos solos no município pode-se observar quais as classes de solos mais ocorrem em São Gabriel. Os argissolos ocupam em torno de 60 % do território do município, os Brunizém com 21% e os planossolos com 17% ocupam o terceiro lugar em área no município, o quarto tipo de solo é o neossolo, ver tabela 17, porém é pouco representativo com apenas 1% da área total. A partir destas informações quanto aos tipos de solos presente no município e sua distribuição buscou inventariar quanto as suas principais características.

**Tabela 17 - Área das Classes de solos em São Gabriel**

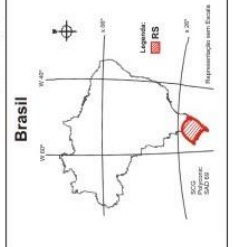
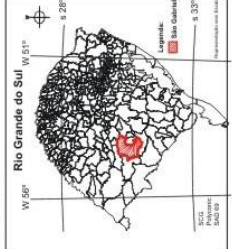
CLASSES DE SOLOS	SUBCLASSE	ÁREA EM KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
Argissolo,	PEa - Podzól. Vermelho Escuro álico	2236	28
Podzólico ou	PVd - Podzól. Vermelho Escuro distrófico	514	6
Cambissolo	PEd - Podzól. vermelho-amarelo distrófico	57	1
	PBPa - Podzól. Brumo Acinzentado plano álico	117	2
	PBPe - Podzól. Brumo Acinzentado plano eutrófico	1918	24
Planossolo	PLe -Planossolo eutrófico	1358	17
Chernossolo	BV - Brunizém Avermelhado	889	11
ou Brunizém	BT - Brunizém Vértico	791	10
Neossolo	Rd - Solo litólico distrófico	103	1
	Re - Solo Litólicoseutróco	3	0

Org.: Arruda (2011).



**MAPA PEDOLÓGICO DE SÃO GABRIEL**

Localização de São Gabriel

**CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**

- Sede Municipal
- Sede Distrital
- Quilombo
- Ferrovias
- Estradas Principais
- Limite Distritais
- Limite Municipal
- Limite da sede Municipal
- Drenagem

**LEGENDA:**

	PE.a		PEd
	BT		PBPc
	PLc		PBPa
	Rd		BV
	Pvd		Re

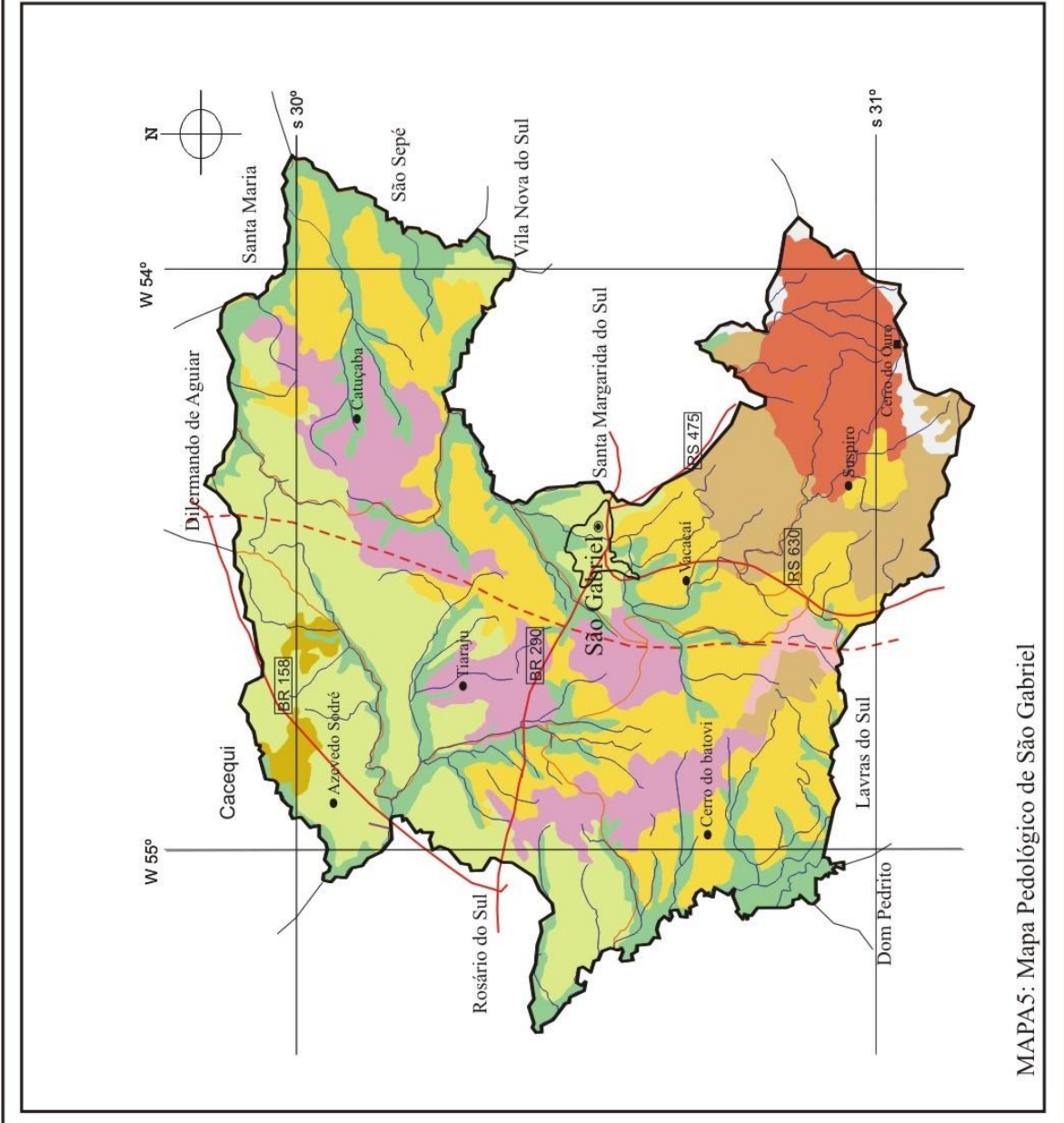
Escala Gráfica

0 12.7 25.5 km

Sistema de Coordenadas  
Projeção Lat/Long  
Modelo da Terra WGS 84

Fontes:  
Base: IBGE  
Divisão Política: PDDUA-SG  
MNT: SRTM - 90 m  
Classes de Solos, Geologia, Geomorfologia e Vegetação: RADAMBRASIL-TRENTIN (2008)

Coordenação: Prof. Dr. Roberto Cassol  
Execução: Hilda Mirian da Rocha F. Arruda  
Disseminação de: Alexsandro em Geografia e Geociências UFESM



MAPA5: Mapa Pedológico de São Gabriel

Para que se possa atribuir valores aos tipos de solo presentes no ambiente que será associado a outros fatores condicionantes.

#### 4.4 Análise da Vegetação Natural de São Gabriel

Pela análise da vegetação natural do município de São Gabriel pode-se observar que a maior parte do território é dominado pelos campos, denominado pelas convenções de classificação fitogeográfica por estepe ou savana estépica, esta classe representa 81% da área total do município, ver (tabela 18, mapa 6). A Segunda classe de vegetação mais significativa no município de São Gabriel é a vegetação pioneira, essa vegetação é de influência lacustre, comum nas várzeas dos rios.

A classe florestal é menos significativa, totalizando 5% e 2%, com as áreas de Floresta Estacional Decidual e Áreas de Tensão Ecológica respectivamente. As áreas de tensão, são áreas e transição entre floresta e campo, onde há pressão de ambas as espécies de vegetação tentando tomar espaço.

**Tabela 18 – Área de Vegetação Natural de São Gabriel**

VEGETAÇÃO NATURAL	ÁREA (KM)	ÁREA EM %
Estepe ou campos do sul do Brasil	4755	81%
Vegetação Pioneira	705	12%
Floresta Estacional Decidual	274	5%
Áreas de Tensão	98	2%

Org.: Arruda (2011).

#### 4.5 Análise Multitemporal do Uso e Cobertura da Terra

Para analisar o uso e cobertura da terra optou-se por verificar a configuração recente e também a passada, para que se possa avaliar qual à evolução, considerando o preceito geográfico que para entender o presente e prever o futuro é necessário conhecer o passado. Pois analisar somente o recorte presente seria de grande valia, porém não seria o suficiente para entender as transformações e os possíveis caminhos.

Pela representação gráfica dos usos da terra em 2010, (mapa 8), obteve-se, após as medidas de classes, o percentual de cada uma das classes de uso, o que permite identificar as características de uso e ocupação da terra no município de São Gabriel. Analisando a distribuição espacial das classes foi possível quantificar a área e a porcentagem que ocupa

cada classe (tabela 19). No mapa resultante pode-se observar que há um predomínio da classe temática campo, que totaliza 65% da área, e se distribui em praticamente todo o município. Esta classe compreende as áreas de vegetação rasteira, típica para a criação de gado, pastagem e campo sujo.

**Tabela 19 - Área das Classes de Uso e Cobertura da Terra em São Gabriel**

	ÁREA (km <sup>2</sup> )	Área (%)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	Área (%)
CLASSES DE USO	ANO 1986	ANO 1986	ANO 2010	ANO 2010
Campo	3687	63	3774	65
Cultura	802	14	1108	19
Floresta Nativa	967	17	624	11
Floresta Exótica	21	0	250	4
Água	369	6	82	1

Org.: Arruda (2011).

Para a classe floresta, foram consideradas todas as áreas com mata nativas, contato com floresta decidual e mata galeria de vegetação pioneira, esta área está presente em 11% do município. A classe floresta exótica, corresponde as áreas de silvicultura. A área total desta classe é de 4%.

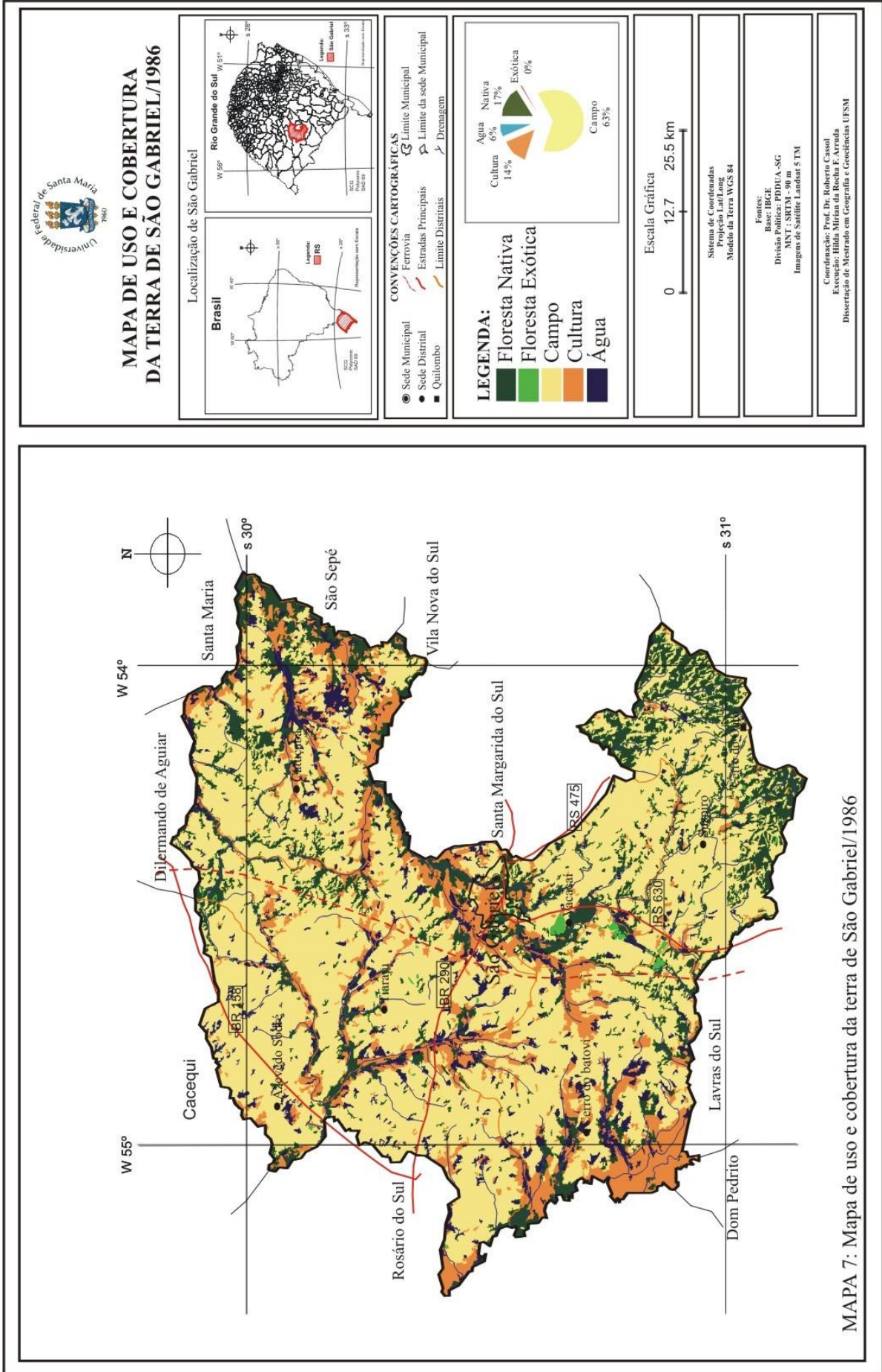
A classe culturas corresponde a 19% da área. Nesta classe estão incluídas todas as áreas destinadas ao plantio, solos expostos e rochas, além das áreas onde a resposta espectral da vegetação é baixa, indicando um baixo valor do índice de vegetação. Esta classe aparece com predominância na porção centro-oeste e nordeste, isso ocorre devido à data da imagem, que corresponde ao mês de abril, onde o solo está arado para o plantio, principalmente arroz, como também, por esta área ser destinada para pecuária apresentando vegetação rasteira, com resposta espectral baixa.

O mapeamento do uso da terra de 1986 (mapa 7), foi realizado como parâmetro de análise da evolução do uso da terra. Ao comparar a área das classes obtidas no mapeamento de usos da terra do ano de 2010 com o mapeamento do ano de 1986, observam-se alguns pontos importantes, como:

- ✓ Diminuição significativa de lâminas d'água e banhados;
- ✓ Diminuição da vegetação de galeria;
- ✓ Diminuição da vegetação arbórea que cobria mais uniformemente as nascentes do Vacacaí, no distrito do Suspiro;
- ✓ Diminuição leve da classe campo;
- ✓ Aumento da classe cultura;
- ✓ Aumento da classe floresta exótica (principalmente eucalipto).

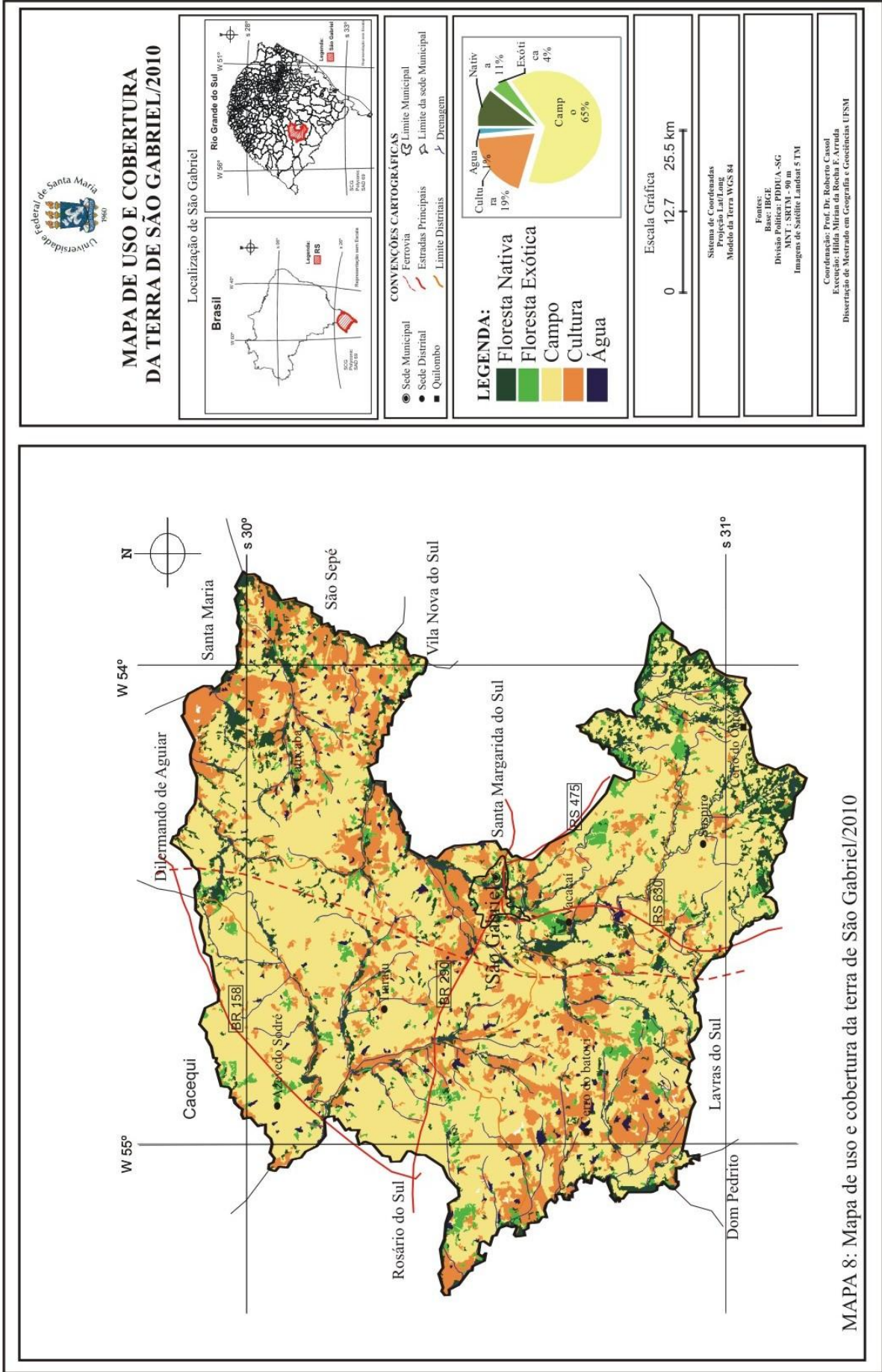






MAPA 7: Mapa de uso e cobertura da terra de São Gabriel/1986







#### 4.6 Vulnerabilidades, Potencialidades e Conflitos de Uso

Nessa etapa do trabalho foram analisados, sintetizados e representados graficamente os resultados obtidos pela combinação das classes geradas para cada tema proposto. Essas combinações de fatores naturais e antrópicos agindo sobre a paisagem irão diferenciar compartimentos e homogeneizar áreas da paisagem do Município de São Gabriel.

A influência do relevo no processo de erosão é consequência da sua morfologia, que se subdivide em, morfografia, que seriam os aspectos descritivos do terreno, como por exemplo, a sua aparência, e em morfometria, aspectos quantitativos do relevo como altitude, amplitude altimétrica, declividade e intensidade de dissecação pela drenagem Crepani et al (1996, apud Medeiros, 1999).

O grau de vulnerabilidade de um ambiente, ou de estabilidade natural das unidades morfológicas, depende de parâmetros como, tipos de solos, geomorfologia, declividade, vegetação e geologia, porém o desenvolvimento do solo é um fator condicionante para determinar a vulnerabilidade de um ambiente natural. Quando o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo (prevalece a pedogênese), também denominado de unidade de paisagem estável, ou seja, são ambientes com solos bem desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos o caracteriza também o grau de fertilidade do solo.

Quando prevalece o processo de morfogênese, com formação de relevo e predomínio dos processos de erosão em razão dos processos de formação e desenvolvimento do solo, predomina a instabilidade natural das unidades de paisagem.

Alguns geógrafos não se preocupam em considerar o solo como um fenômeno biológico, porém ele depende dos fatores bióticos para se formar e continuar fértil. Os solos possuem uma grande variação de um lugar para outro, dificilmente se encontram dois solos perfeitamente iguais apesar de por vezes serem classificados da mesma forma.

Sobre o relevo do Município de São Gabriel, se desenvolveram os seguintes solos:

A classe (PBPa e PBPe) tem grande expressão no território do Município de São Gabriel, ocorrendo principalmente sobre as rochas sedimentares (siltitos, arenitos, argilitos e folhelhos) das unidades geológicas Estrada Nova, Rio do Sul.

O embasamento rochoso da classe (PVd e PEa) é formado principalmente por arenitos, siltitos e folhelhos das Formações Rosário do Sul e Grupo Guatá e rocha metamórficas do Complexo Cambaí.

Na parte sul do território do Município de São Gabriel a classe (BV) tem grande expressão. Os solos desenvolveram-se principalmente sobre rochas metamórficas do Complexo Cambaí, Complexo Vacacaí, e Suíte Intrusiva Ramada. A classe (BT), é derivada principalmente de litologias sedimentares (folhelho, arenito, siltito e argilito) das Formações Estrada Nova, Rio do Rasto e Irati.

No Município de São Gabriel os solos da classe (PEd), ocupam áreas de relevo suave ondulado a ondulado, e derivam principalmente de gnaisses do Complexo Cambai. Os solos da classe (PLe), são típicos de áreas baixas, onde o relevo permite excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução, em áreas de planície aluvial, ou de inundação, esses solos se formaram sobre os depósitos aluvionares.

A classe, (Rd e Re) tem pouca expressão no município, ocorrendo em pequenas regiões ao longo da fronteira sul. Os solos da classe são provenientes principalmente de rochas metamórficas do Complexo Cambaí e rochas graníticas do Corpo Granítico da Suíte Intrusiva Ramada e parte do Complexo Arroio das Ilhas.

As formas de relevo na parte do escudo, apresentam áreas condizentes com os processos geológicos, formadas a partir de rochas mais resistentes, sob a forma de morros e elevações. Na depressão diferentemente predominam terrenos planos e menos resistentes. Porém em diferentes amplitudes altimétricas e índices morfométricos do relevo, o solo vem sendo perdido, devido aos processos naturais, principalmente em razão da falta de cobertura vegetal, pois predominam os campos gramíneos, o que se intensifica a partir da intervenção humana, com as atividades como agropecuárias, que necessitam da retirada desta pouca vegetação para agricultura e com o pisoteio do gado causam compactação do solo.

Levando em consideração essa dinâmica de esculturação do relevo do município de São Gabriel, viu-se necessário avaliar o grau de vulnerabilidade à erosão, para isso buscou-se uma metodologia apropriada, que fosse compatível com a abordagem deste trabalho, no qual a análise morfodinâmica, pelos quatro parâmetros propostos por Crepani et al (2001), se mostrou bastante eficaz revelando as vulnerabilidades naturais do Município de São Gabriel, à erosão.

Após aplicação da metodologia proposta por Crepani et al (2001)), executada pelas técnicas de expressão numérica em álgebra de mapas, obteve-se o mapa 9, o mapa de vulnerabilidade à erosão no município de São Gabriel, a partir do qual obtiveram-se as classes de vulnerabilidades apresentadas na tabela 20.

**Tabela 20 - Vulnerabilidade à erosão em São Gabriel**

CLASSE	ÁREA EM KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
Estável	0,8	0
Moderadamente Estável	80	1
Intermediaria	1706	29
Moderadamente Vulnerável	3478	60
Vulnerável	567	10

Org.: Arruda (2011).

Partindo-se da análise do mapa de vulnerabilidade, mapa 9, pode-se observar que a porção noroeste do município compreende a área de “intergrades”, segundo Tricart (1977), onde ocorre um equilíbrio entre os processos de morfogênese e pedogênese. Essa classe ocorre em vários locais no município, porém não de forma contínua com nesta porção do território, onde pode-se observar um compartimento individualizado. Outros locais onde esta classe ocorre são áreas de vegetação adensada e exuberante, como ao sul na parte do escudo, onde se encontram as nascentes do vacacaí, em uma área que apesar de apresentar um relevo com maior energia de desgaste possui em algumas partes essa vegetação de galeria em finos corredores que protegem contra erosão diminuem os índices de vulnerabilidade.

As classes “moderadamente estável” e “estável” ocorre em alguns locais isolados, sendo mais significativa no remanescente de floresta estacional, que ocorre bem ao norte do município em dois pontos. Esta área só apresenta-se estável em consequência dessa vegetação, em função disto recomendá-se que seja protegida evitando-se outros usos para a área e a retirada desta vegetação.

A classe “moderadamente vulnerável” e “vulnerável”, apresenta-se na maior parte do município, predominando na parte sul e central, fotografias 13 e 14 do anexo2, que correspondem a decida do escudo para a depressão, onde a drenagem ganha força. No vetor sudeste noroeste o relevo perde energia e ganha estabilidade, porém no meio desse trajeto entre o planalto e a planície são as áreas mais vulneráveis á erosão. No município de São Gabriel essas áreas possuem um facilitador dos processos erosivos, o que eleva as classes de vulnerabilidade apesar de o município ser muito pouco dissecado, que é a falta de vegetação, pois predominam os campos gramináceos.

Os campos por si só não possuem grande potencial de proteção contra a erosão, porém de acordo com o relevo eles até seriam suficientes para conter a erosão, mas os campos presentes no município nesta área de média a alta vulnerabilidade estão comprometidos com

agricultura e pecuária se apresentando ralos e entrecortados pelos cultivos, sendo necessário para essas áreas um reestabelecimento da vegetação natural.

Contudo o município não deixa de apresentar um alto potencial de uso agrícola, pois possui solos férteis e relevo plano e muitos recursos minerais, como verifica-se no mapa 10, mapa de potencialidades.

O mapa de potencialidades foi gerado a partir da síntese dos mapas de declividade hipsometria e vulnerabilidade, e da localização no mapa das áreas e ocorrências e depósitos de recursos minerais, nesse mapa salienta-se uma grande área com alto potencial para usos agrícolas. Essa área representada na cor ocre no mapa corresponde a 1440 km<sup>2</sup>, ou 25 % do município com alto potencial para uso agrícola, existem outras áreas favoráveis a agricultura no município, porém está se apresenta de forma mais sustentável.

Quanto aos recursos minerais observa-se que o município apresenta um grande potencial. No mapa 10 estão pontuados de acordo com o plano diretor municipal, os locais onde se encontram os depósitos minerais e também as várias ocorrências de alguns minerais.

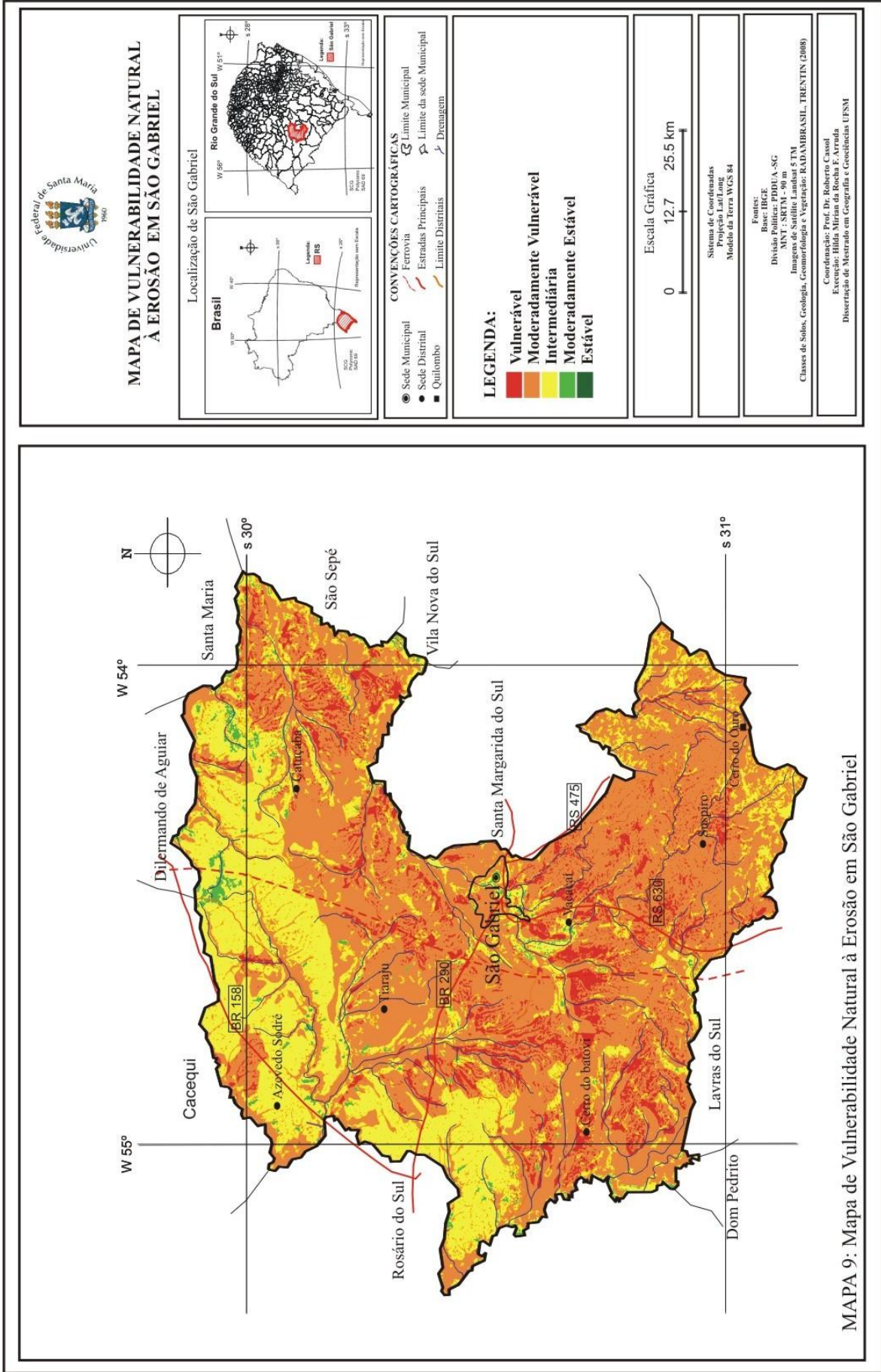
Nos locais de depósitos há concessão de lavra para empresas privadas, em locais de ocorrência existem concessão para pesquisa.

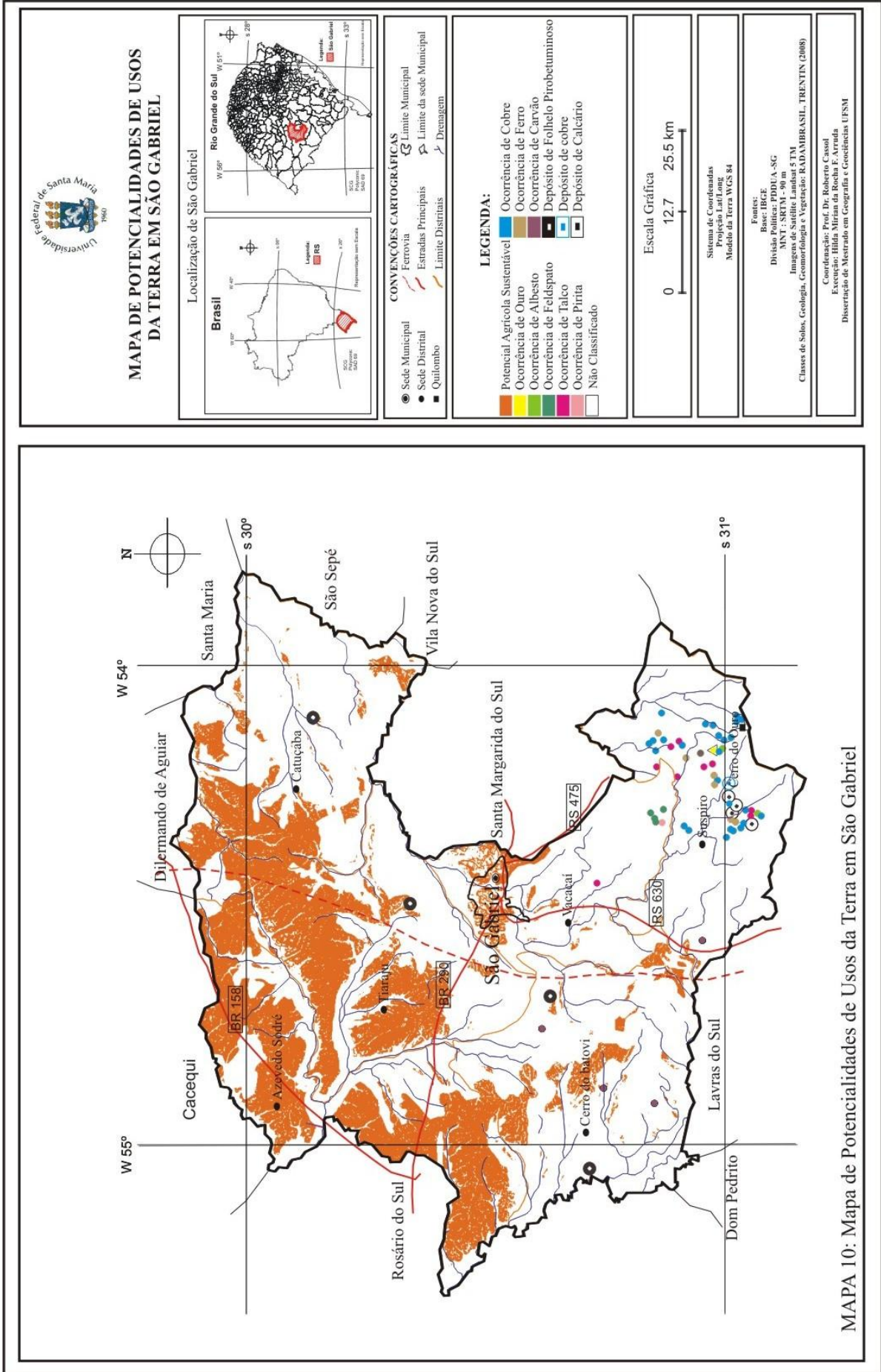
Em contraponto as áreas potenciais à exploração da terra, existem no município as áreas impróprias, onde as atividades presentes constituem conflitos de uso, ver mapa 11, seja por ir de encontro com a legislação vigente que regulamento os usos da terra, ou por promover desequilíbrios por conta da aceleração dos processos erosivos. Essas áreas representam em torno de 10 a 15% do território municipal de São Gabriel, pois grande parte dos conflitos com a vulnerabilidade se sobrepõe aos conflitos com as declividades, ver tabela 21.

**Tabela 21 - Conflitos de Uso dos Solos em São Gabriel**

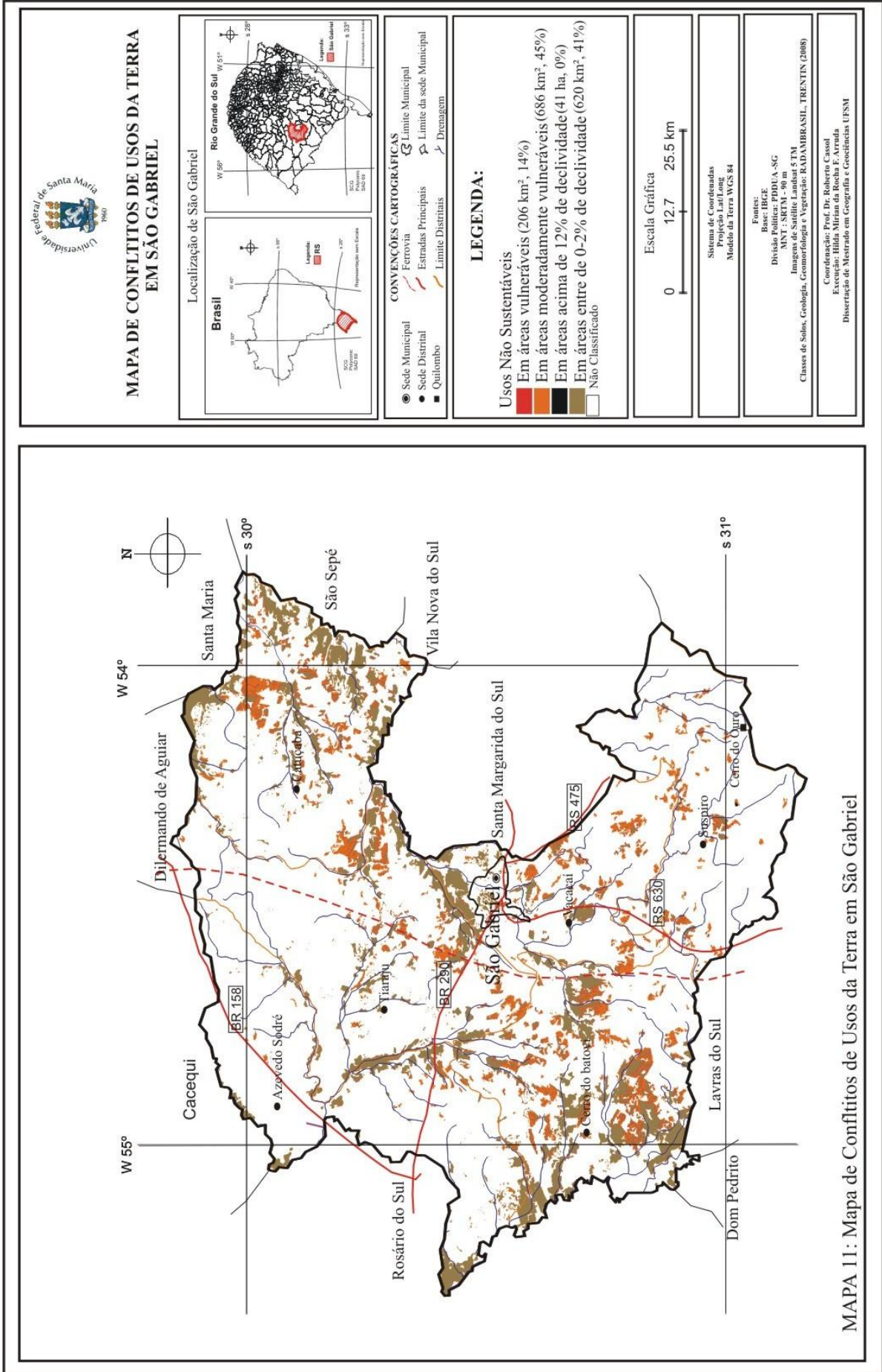
CONFLITOS DE USO DA TERRA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA ( %)
Em áreas vulneráveis	206	3
Em áreas moderadamente vulneráveis	686	12
Em áreas acima de 12% de declividade	0,41	0
Em áreas entre de 0-2% de declividade	620	11

Org.: Arruda (2011).









## 4.7 ZONEAMENTO AMBIENTAL

Para o zoneamento do município de São Gabriel, foram consideradas as análises dos principais elementos constituintes da paisagem, abordados e analisados nos itens anteriores anterior, que permitiram a compartimentação da área de estudo em zonas ambientais, que apresentam características semelhantes e alto grau de associação em seu interior.

Primeiramente ao observar a generalização das altitudes, o relevo se individualiza em dois grandes compartimentos, havendo a possibilidades de criar duas grandes zonas ou unidades ambientais com seus respectivos usos. Sendo elas a unidade geomorfológica do escudo, que se apresenta com relevo mais dissecado, e a unidade planície, com relevo plano e suave ondulado. Duas unidades ambientais distintas com diferentes respostas aos usos.

Porém ao associar os parâmetros geomorfologia, geologia, vegetação/usos, solos e declividade, pode-se identificar a vulnerabilidade à erosão que esses dois compartimentos apresentavam, e neste aspecto, mesmo áreas aparentemente estáveis se diferenciaram, pois o grau de vulnerabilidade apresentado foi muito alto, dominando as classes moderadamente vulnerável e vulnerável. Esse resultado foi de grande valia para a delimitação das zonas. Outro fator determinante para a delimitação das zonas foi à combinação dos conflitos de uso do solo e as potencialidades, momento que foi possível delimitar a primeira zona, a zona que seria para de desenvolvimento agrícola, de modo mais sustentável no município.

Assim como também ao verificar áreas com grande vulnerabilidade à erosão tendo como principais usos atividades agrícolas intensivas, delimitou-se a zonas de recuperação.

As zonas de proteção foram criadas para evitar a deterioração e extinção das mesmas e também por serem elas as responsáveis por ter diminuído os índices de vulnerabilidade daquelas áreas, são áreas que se encontram com as características originais mais preservadas, essas zonas estão em constante pressão, em função de agricultura, pecuária, silvicultura de outros tipos de vegetação. Para protegê-las são necessárias ações de manutenção de vegetação típica, evitar usos intensivos, entre outras ações que possam interferir no equilíbrio natural de seus sistemas, mas a principal ação nesse sentido seria identificá-las como tais e delimitá-las, para que se torne conhecida sua importância, assim, forma criadas 2 zonas de proteção.



As zonas de recuperação foram delimitadas com base em seu alto grau de modificação dos sistemas naturais, sendo sua utilização intensiva desde 1986, nessas zonas estão as áreas mais vulneráveis à erosão, em função do tipo de solo, geologia e pela falta de vegetação. Para que estas zonas voltem a ser zonas de uso sustentável primeiramente elas tem que ser recuperadas, motivo pelo qual elas foram delimitadas com zonas de recuperação e uso controlado.

As áreas de recuperação ambiental compreendem pontos isolados presentes dentro das zonas, que necessitam de atenção, pois são potenciais causadores de riscos ambientais, inclusive a área de recuperação que atravessa a cidade se não recuperada oferece riscos de inundações, contaminação entre outros, a população.

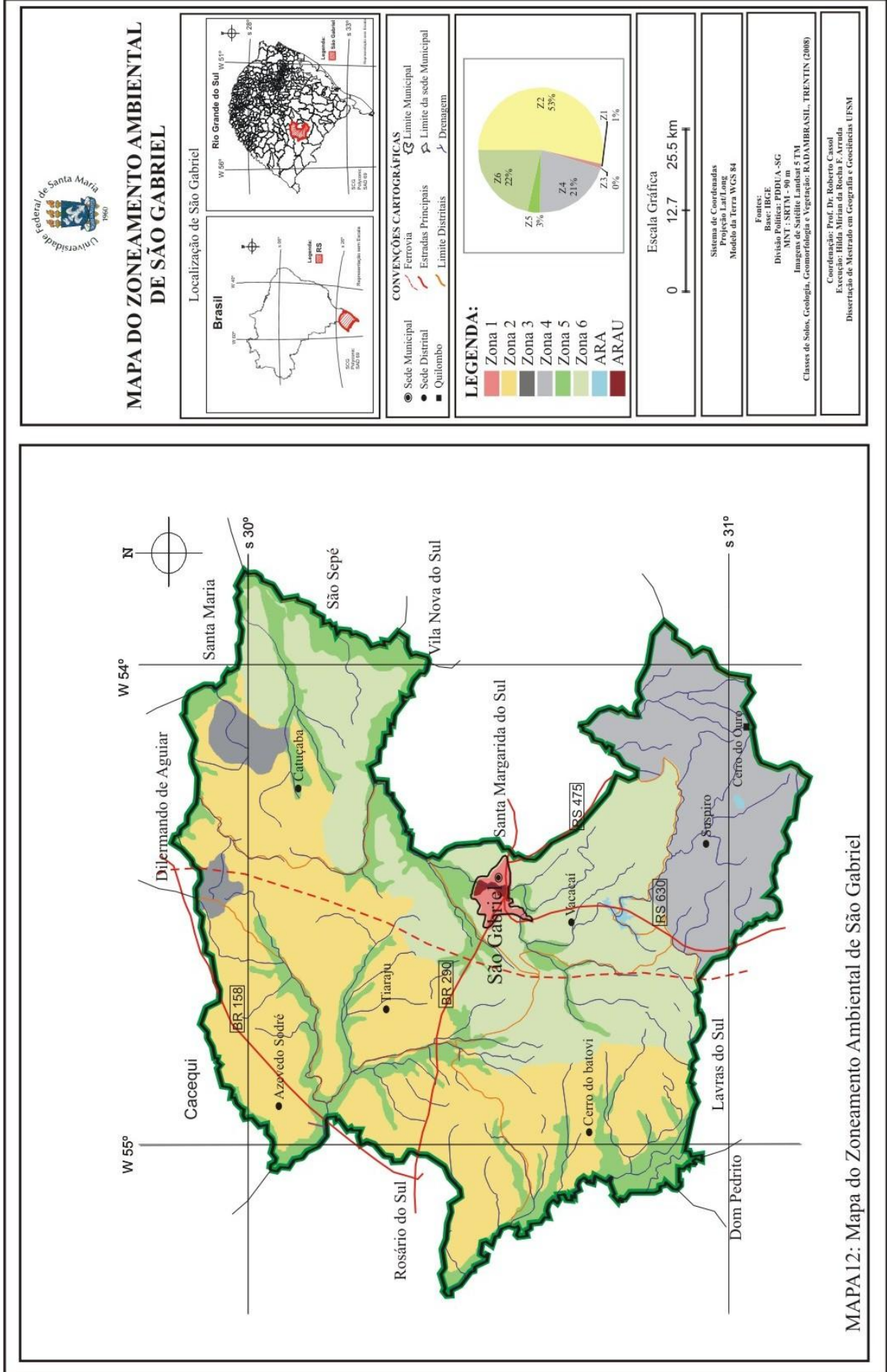
As áreas de preservação permanente são delimitadas pela legislação e estão presentes em todas as zonas, elas devem ser preservadas, independente do uso apropriado para a zona.

#### **Quadro 4 - Proposta de Unidades Ambientais para São Gabriel**

Nº	OBJETIVO	SIGLA	ZONAS
Z1	Desenvolvimento e Conservação	ZCDUS	Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano Sustentável
Z2		ZCDAS	Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola Sustentável
Z3	Proteção	ZPEF	Zona de Proteção do Ecossistema Florestal
Z4		ZPNV	Zona de Proteção das Nascentes do Vacacaí
Z5	Recuperação	ZRMC	Zona de Recuperação de Micro-Corredores
Z6		ZRUC	Zona de Recuperação e Uso Controlado
AR1	Áreas de Recuperação	ARAR	Áreas de Recuperação Ambiental Rural
AR2		ARAU	Áreas de Recuperação Ambiental Urbana

Org.: Arruda (2011).

No quadro 4, estão apresentados as zonas previstas para esta proposta de zoneamento ambiental do Município de São Gabriel, com suas respectivas nomenclaturas e o objetivo de cada uma das zonas ou áreas. No mapa 12 estão representadas as zonas em sua distribuição espacial.



#### 4.7.1 Proposta de Zonas Ambientais para o Município de São Gabriel

O zoneamento do Município de São Gabriel aqui proposto, mapa 12, delimita zonas de acordo com as características da paisagem, e das funções sustentáveis para aquele ambiente. O limite estabelecido para as zonas não deve ser visto como rigoroso em seu traçado, visto que sua escala de detalhamento trabalhada é muito pequena para isso. O zoneamento ficou constituído das seguintes zonas ambientais:

##### Zonas de Desenvolvimento Econômico e Conservação Ambiental

- ✓ Z1 - Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano (ZCDU)
- ✓ Z2 - Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola Sustentável (ZCDAS)

##### Zonas de Proteção Ambiental

- ✓ Z3 - Zona de Proteção do Ecossistema Florestal (ZPEF)
- ✓ Z4 - Zona de Proteção das Nascentes do Vacacaí (ZPNV)

##### Zonas de Recuperação ou Reestruturação Ambiental

- ✓ Z5 - Zona de Recuperação de Micro-Corredores (ZRMC)
- ✓ Z6 - Zona de Recuperação e Uso Controlado (ZRUC)

**Tabela 22 – Área das Zonas Ambientais de São Gabriel**

ZONAS	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA ( %)
Z1	35	1%
Z2	2173	37%
Z3	129	2%
Z4	853	15%
Z5	989	17%
Z6	1632	28%

Org.: Arruda (2011).

#### 4.7.2 Relações Existentes entre as Zonas Ambientais de São Gabriel

A zona de desenvolvimento urbano sustentável, ou Z1, se encontra no centro de todas as zonas e assim como todo sistema ela está integrada a todas as outras, a Z1 é a única que não teve seus limites criados neste trabalho, pois ela é a delimitação de área urbana, do plano diretor municipal de São Gabriel. Contudo ela não deixa de fazer parte deste zoneamento ambiental, que se propôs analisar de forma integrada a paisagem do município, visando à preservação, recuperação, proteção e conservação dos seus recursos naturais. A integração desta zona as outras, ocorre em diversos níveis, haja vista que a proteção das nascentes prevista para a zona de proteção no Suspiro, melhora a qualidade da água do rio vacacaí que atravessa a cidade.

A criação das áreas de recuperação 1 e 2, está muito atrelada a zona urbana, pois apesar de elas causarem danos ao ecossistema local, por serem pontuais, elas se encontram a montante da cidade oferecendo cada uma um tipo de risco ambiental.

A primeira, a ARA 1, compreende uma área de mineração de calcário a céu aberto totalizando 2 km<sup>2</sup>, e se encontra alocada a montante da cidade, próximos dos canais de drenagem das nascentes dos Vacacaí, os mesmos que mais a jusante integram o rio pedroso, muito, utilizado com balneário no município e o rio vacacaí, que atravessa a área urbana.

A segunda, a ARA 2, compreende a área de uma barragem construída para fins de irrigação de arroz no distrito do Vacacaí, também a montante da cidade, alguns quilômetros a jusante da ARA 1. Esta área possui em torno de 11 km<sup>2</sup>, e após sua construção, e reforma para aumento de área, houve uma diminuição significativa das enchentes do rio vacacaí na área urbana, ou seja, diminui a vazão do rio. Porém há que se preocupar se em casos de grandes eventos de precipitação não seria arriscado o rompimento das comportas da barragem causando danos ambientais incalculáveis, como ocorreram em outras cidades no Brasil, sendo este o argumento maior da criação desta área de recuperação.

A zona de desenvolvimento agrícola sustentável (Z2) e a zona agrícola de recuperação (Z6), refletem na economia de São Gabriel, pois a economia do município é baseada principalmente na agricultura, e se não houver o devido cuidado com a conservação ambiental, poderá haver prejuízos futuros pela exaustão dos recursos que não são ilimitados.

A zona de recuperação dos microcorredores (Z5), ocupa grande parte do município, que entre outros benefícios ambientais, traz a integridade dos rios ao evitar o assoreamento por erosão, é responsável pela preservação da biodiversidade da fauna e da flora local, que inclusive apresenta espécies endêmicas. Esta zona além de contribuir para o equilíbrio do

ecossistema pampeano do município de São Gabriel como um todo, estando ligada indiretamente com a zona urbana, parte dela atravessa a área urbana ganhando a denominação de ARAU, área de recuperação ambiental urbana. A recuperação ambiental desta área assim como também seu restante é de fundamental importância para o conjunto.

#### 4.7.3 Diretrizes de Uso das Zonas Ambientais

O quadro de diretrizes de uso relativo a cada zona ambiental fornece sugestões para as principais categorias de uso aqui definidas. Os usos mais específicos, não elencados devem ser objeto de análise de licenciamento ambiental.

Para efeito do estabelecimento de normas de uso e ocupação do solo, aplicáveis às zonas ambientais, foram definidas as seguintes categorias de controle, os usos permitidos, que constituem categorias de uso e ocupação do solo, compatíveis com as funções e vulnerabilidades da zona ambiental considerada; os usos tolerados, que são categorias de uso e ocupação do solo, já existentes no município, porém são insustentáveis, incompatíveis com as funções e vulnerabilidades da zona ambiental considerada e devem reduzir suas desconformidade gerando passivos ambientais e os usos proibidos, que são as categorias de uso e ocupação do solo incompatíveis com as funções e vulnerabilidades da zona ambiental considerada, cuja instalação ou viabilização não deveria ser aprovada em hipótese alguma.

#### 4.7.4 Zonas de Conservação e Desenvolvimento

##### Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (Z1)

A área urbana do município de São Gabriel Z1, figura 15, possui 44 km<sup>2</sup>, e se estabeleceu sobre altitudes entre 50 150m, onde as declividades variam de 0-2% ou 2-5%, apresentando poucas áreas com declividades entre 5-12%. Seus limites foram definidos pelo plano diretor, municipal.

A zona 1, apresenta uma tendência de expansão no sentido norte-sul, sempre acompanhando o entorno do rio vacacaí. Esse comportamento de expansão urbana é previsível, porém envolve desequilíbrios ambientais e riscos para os habitantes. Para que esse prognóstico não se realize, são necessárias intervenções por parte dos gestores municipais, como a realocação da população residente na orla do rio.

Na figura 15, pode-se observar um vetor que aponta no sentido sudoeste, este local seria o mais apropriado para expansão urbana do Município de São Gabriel. Outro vetor de expansão urbana possível seria em direção a Santa margarida do Sul, antigo distrito do Município de São Gabriel, porém o que ocorreria se essa expansão que já se anuncia de certa forma, pois já ocorre ocupações esparsas a direita do rio a leste do núcleo urbano, é o rio ficar totalmente dentro da área urbana, até que os níveis de deterioração sejam tão significativos que se tenha que construir contenções, obras de impermeabilização dos taludes, entre, outras medidas para evitar infiltração e contaminação.

Contudo ainda há maneiras de se reverter essa situação hipotética, pois apesar de existirem desconformidades ao longo do trajeto do rio pela área urbana do Município de São Gabriel, além de reversíveis, ainda não são tão críticas.

#### **Quadro 5 – Diretrizes de uso para Z1**

Z1 - Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano (ZCDU)		
Usos Permitidos	Usos Tolerados	Usos Proibidos
Assentamentos, loteamentos e conjuntos habitacionais urbanos previstos para área pelo plano diretor PDDUA-SG, bem como expansão no sentido sudoeste.	Loteamentos urbanos já instalados em áreas inadequadas, desde que passem a ser dotados de sistemas de coleta, disposição e tratamento de efluentes sanitários, adequados às exigências do ambiente, além de obras necessárias de drenagem e contenção.	Expansão do perímetro urbano sobre áreas de alta vulnerabilidade e de risco de inundação.

Org.: Arruda (2011).

Para isso essa proposta de zoneamento sugere algumas diretrizes (quadro 5) para a sustentabilidade da zona de desenvolvimento urbano. Logicamente há que ser feito um planejamento detalhado nesse sentido, mais para que o rumo do desenvolvimento dessa zona seja mais adequado a sua capacidade criou-se além da zona Z1, uma área de recuperação associada a ela, a ARAU, figura 16.

#### **Áreas de Recuperação Ambiental Urbana (ARAU)**

Áreas de Recuperação Ambiental Urbana compreende os núcleos urbanos regulares e irregulares, que ocupam a várzea do rio Vacacaí, em áreas de risco de inundações, provocando deterioração da vegetação protetora do rio. A figura 16, (anexo 2 - fotografias de 1 a 8), corresponde a uma pequena parte desta área que possui 5 km de comprimento no sentido norte-sul, e 8 km<sup>2</sup> de área total, dentro da zona urbana do Município de São Gabriel.

### Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola Sustentável (Z2)

A área delimitada para a zona de conservação e desenvolvimento agrícola sustentável possui 2218 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 53% do da área total do município, tabela 22,

Na figura 17, pode-se observar uma imagem vertical, onde se observa a estrutura de um dos vários tipos de cultivo encontrados nesta zona. Observa-se sempre o mesmo padrão, com os barramentos d'água presentes e estradas cortando as lavouras, dentro da área são respeitados os limites das app's e também parte da vegetação original dentro das porcentagens obrigatórias são mantidos. Contudo o que favorece a produção agrícola nesta zona não é somente o menor número de conflitos de uso existentes, mas a maior continuidade de terras com média vulnerabilidade a erosão o que propicia maior sustentabilidade para o solo e menor gasto com manejo, contenções de erosão e passivos ambientais.

#### Quadro 6 – Diretrizes de uso para Z2

Z2 - Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola Sustentável (ZCDAS)		
Usos Permitidos	Usos Tolerados	Usos Proibidos
Todos os usos rurais previstos;	Utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, de acordo com a capacidade de renovação e com o equilíbrio ambiental, assegurado que não ocasione riscos ambientais a montante dos barramentos;	Agricultura, silvicultura e pecuária nas app's;
Agricultura, silvicultura e pecuária intensiva existentes, e novas áreas;	Atividades de extração mineral condicionadas a recuperação ambiental das áreas deterioradas e a implantação de sistemas de tratamento e disposição adequada de efluentes, e assegurado que não causem interferências sobre as app's e zonas de corredores presentes nesta zona;	Agricultura, em áreas com declividades superiores a 12%;
		Agricultura, silvicultura e pecuária em declividades inferiores a 2% em áreas de altitude de até 150 m;

Org.: Arruda (2011).

Para que esta zona se torne de expansão das fronteiras agrícolas, porém de modo a assegurar a integridade do ecossistema local, criou-se algumas diretrizes, que estão apresentadas no quadro 6.

#### 4.7.5 Zonas de Proteção Ambiental

As zonas de proteção são áreas que devem ser destinadas a manutenção dos ecossistemas florestais restantes no município e das nascentes do rio Vacacaí que estão em área vulneráveis a erosão, principalmente em consequência da falta de vegetação complexa. Os usos sugeridos para estas zonas de proteção são os mesmos e estão representados nas diretrizes do quadro 7.

**Quadro 7 – Diretrizes de uso para Zonas de Proteção**

Zonas de Proteção (Z3 e Z4)		
Usos Permitidos	Usos Tolerados	Usos Proibidos
Reflorestamento com espécies nativas, visando ao adensamento da vegetação e à recomposição flora local no entorno das áreas de vegetação natural	Atividades agro-silvo-pastoris existentes, assegurado que haja redução de desconformidades como, utilização de áreas com declividade superior a 12 % para agricultura e 30% para outras atividades, com práticas de manejo que causem deterioração e poluição do solo e das águas	Agricultura, silvicultura e pecuária intensiva, com alto impacto ambiental por pisoteio e lavra do solo com maquinário de grande porte e uso de defensivos, fertilizantes tóxicos e pesticidas
Pesquisa científica		
Pecuária extensiva, pesca artesanal e agricultura de subsistência		

Org.: Arruda (2011).

No Município de São Gabriel foram delimitadas duas zonas de proteção ambiental, a zona 3, zona de proteção florestal e a zona 4, zona de proteção das nascentes do vacacaí. Essas áreas apesar de serem classificadas na mesma categoria, a de zona de proteção, elas são muito diferentes, mas cada uma delas tem motivos muito peculiares para serem protegidas.



### Zona de Proteção Florestal (Z3)

A Z3, zona de proteção florestal, se divide em duas áreas, figura 18. A distância em linha reta entre as zonas de proteção florestal é de aproximadamente 14 km, porém se a vegetação de galeria das drenagens estiver conservada existem, corredores de integração entre esses ecossistemas, auxiliando na manutenção das espécies de fauna e flora.

A área total das duas zonas Z3 é de 129 km<sup>2</sup>, e corresponde a um remanescente de floresta estacional em área de tensão ecológica, que ocorre nos contatos entre dois domínios de vegetação diferentes, como é o caso entre a floresta e o campo. Para se verificar a tendência dessa vegetação se sobrepor ou ao menos resistir à pressão analisou-se a evolução dessa área pela correlação entre o mapa de vegetação natural do município feito pelo levantamento RADAMBRASIL, e os mapas de uso e cobertura da terra, elaborados neste trabalho, dos anos de 1986 e 2010.

Com base nesta análise multitemporal, pode-se dizer que a tendência dessa área florestal é desaparecer, pois nos últimos 20 anos ela apresentou somente redução. No seu entorno não há somente a pressão do campo, mas também de culturas, pecuária, floresta exótica e desmatamento.

Dessa forma considerou-se necessário propor uma zona de proteção para essa área, com intuito de manter e preservar esse ecossistema que se encontra ameaçado, e juntamente com ele o equilíbrio local, pois na visão que se tem sobre a paisagem neste trabalho os sistemas se integram e dependem uns dos outros para manter-se em equilíbrio.

### Zona de Proteção das Nascentes do Vacacaí (Z4)

A Z4 se localiza ao sul do município de São Gabriel, sobre o escudo sul-rio-grandense, no distrito Suspiro, figura 19. Essa área do município apresenta alta vulnerabilidade aos processos erosivos, em função de sua estrutura geológica, seu relevo, solos e vegetação. Nessa área as altitudes atingem 450 m e o relevo é mais dissecado, a declividade média da área é mais elevada se considerada a do restante do município, ver tabela 23.

Na Z4 apesar de haver culturas, pecuária, exploração de minérios e silvicultura, a área ainda mantém suas características originais mais conservadas, se comparado ao restante do município onde se observa grandes áreas de agricultura que dominam a paisagem, diferentemente, na zona 4, observa-se uma paisagem mais semelhante a original. Além disso,

nesta área existem várias nascentes, inclusive as nascentes do rio vacacaí. O limite natural desta área é também a fronteira entre os Municípios de São Gabriel e Lavras do Sul.

**Tabela 23 – Classes de declividade na Z4**

DECLIVIDADES	ÁREA EM KM <sup>2</sup>	ÁREA EM %
0-2%	105	12
2-5%	342	38
5-12%	409	46
12-30%	33	4
30-47%	0,2	0

Org.: Arruda (2011).

O outro lado desta vertente apresenta uma configuração espacial semelhante e as nascentes de outros rios importantes. Com base nestas observações e na vulnerabilidade natural à erosão que esta área apresenta, nota-se que existe uma grande necessidade em preservar essa área, pois quaisquer alterações em sua estrutura e/ou poluição por resíduos tóxicos, terá reflexo em toda a bacia hidrográfica do vacacaí e conseqüentemente do Jacuí.

Ao observar a tendência de evolução dessa área e sua importância, sugere-se que esta área deveria se tornar uma APA.

#### 4.7.6 Zonas de Recuperação Ambiental

##### A Zona de Recuperação de Micro Corredores (Z5)

A zona de recuperação dos micro-corredores ambientais, é uma zona de corredores naturais, que em sua maioria existiam em 1986, porém em 2010 estavam recortados pela exploração do solo, com agricultura, pecuária e silvicultura. Os corredores naturais são delimitados pelo sistema ambiental. Esses corredores tomam espaço nas planícies de inundações naturais dos rios, e servem para proteção dos cursos d'água, manutenção e integração das espécies de fauna e flora local. A zona corredor está presente em todas as zonas da depressão, na região do pampa do Município de São Gabriel, e seu regime de proteção deve ganhar mais valor que o de usos das zonas onde ela perpassa.

A zona de micro-corredores delimitada neste trabalho (figura 20), deverá passar por um longo período de recuperação, pois sua deterioração pode estar ultrapassando os limites de resiliência, desse ecossistema, motivo pelo qual essa zona recebe a denominação de zona de

recuperação dos micro-corredores. Após um longo período de recuperação ela poderá se tornar uma zona de proteção ou de conservação nas quais poderá ser admitido o uso moderado e auto-sustentado da biota, regulado de modo a assegurar a manutenção dos ecossistemas naturais.

#### Quadro 8 - Diretrizes de uso para Zonas de Recuperação

Zonas de Recuperação (Z5 e Z6)		
Usos Permitidos	Usos Tolerados	Usos Proibidos
Reflorestamento com espécies nativas, visando ao adensamento da vegetação e à recomposição flora local no entorno das áreas de vegetação natural	Agricultura, silvicultura e pecuária intensiva existentes, com manejo de mecanização, uso de defensivos, fertilizantes e pesticidas, condicionadas à passivo ambiental;	Expansão de qualquer atividade, bem como criação de novas atividades exploratórias na área até que seja reestabelecido seu equilíbrio ambiental e tenha diminuído sua vulnerabilidade em função da falta de vegetação.
Agricultura e pecuária sob condições de manejo que propiciem baixo consumo de recursos ambientais, promovam o desenvolvimento de tecnologias que associem alta produtividade e redução de impactos ambientais;	Atividades agro-silvo-pastoris existentes assegurado que haja redução de desconformidades como, utilização de áreas com declividade superior a 12 % para agricultura e 30% para outras atividades, com práticas de manejo que causem deterioração e poluição do solo e das águas	
Pecuária extensiva, pesca artesanal e agricultura de subsistência		

Org.: Arruda (2011).

## Zona de Recuperação e Uso Controlado (Z6)

A Z6, zona de recuperação e usos controlado, (figura 21), corresponde a uma área na porção central e leste do município, com aproximadamente 1632 km<sup>2</sup>, o que totaliza 28% do território municipal. Essa zona foi delimitada em uma área que cobre exatamente a mudança do relevo em São Gabriel. Nessa zona a amplitude altimétrica no sentido sul-norte é de 300 m. A vulnerabilidade apresentada é de moderadamente a vulnerável.

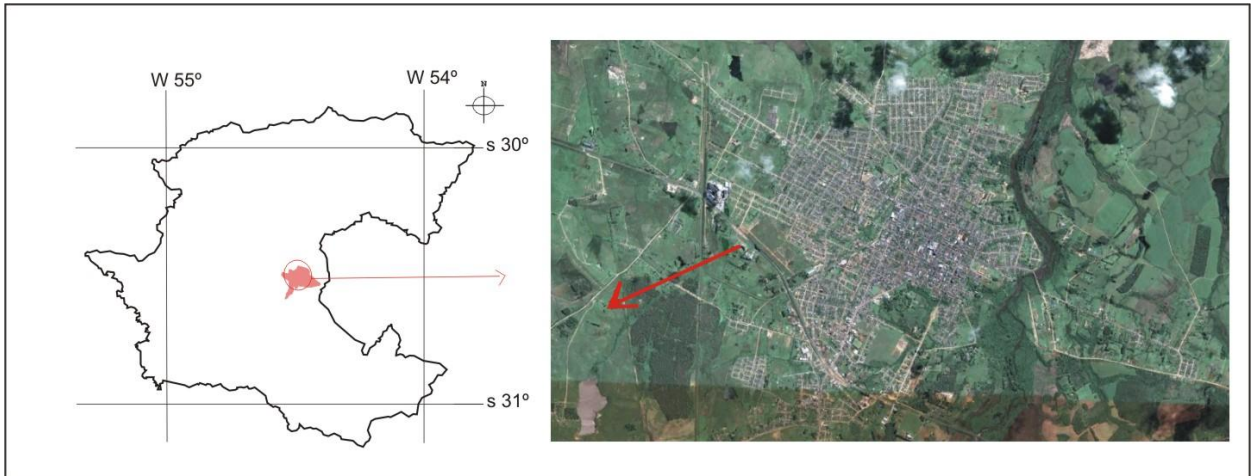
Os usos da terra nessa zona são basicamente agricultura, silvicultura e pecuária, e tem apresentado uma tendência à evolução pela análise multitemporal. Dessa forma, enquadrou-se essa zona como local de recuperação e usos controlado, para que seja proposto um planejamento detalhado desta área com vistas a reavaliar as atividades presentes.

### 4.7.6.1 Áreas de Recuperação Ambiental (AR2)

As áreas de recuperação ambiental rurais, compreendem ocorrências localizadas de usos que exijam intervenções de caráter corretivo, pois oferecem riscos a população urbana ou ao meio ambiente, podem ocorrer em todas as zonas. Neste trabalho foram pontuadas duas áreas ARA 1 e ARA2, ver figuras 23 e 24. A ARA 1, figura 22, se encontra localizada no distrito Suspiro, ao sul de São Gabriel próximo das nascentes do Vacacaí. Esta área corresponde a um área de lavra de Calcário, de 2 km<sup>2</sup>,

A ARA2, figura 23, corresponde a 10 km<sup>2</sup>, se encontra localizada dentro da zona 6, na divisão política de São Gabriel ela se encontra dividida entre os distritos do Suspiro ao sul e do Vacacaí ao norte. Seu enquadramento como área de recuperação, se deu em função do risco potencial que ela pode estar oferecendo, em função de sua localização, a montante da cidade, e de sua magnitude.

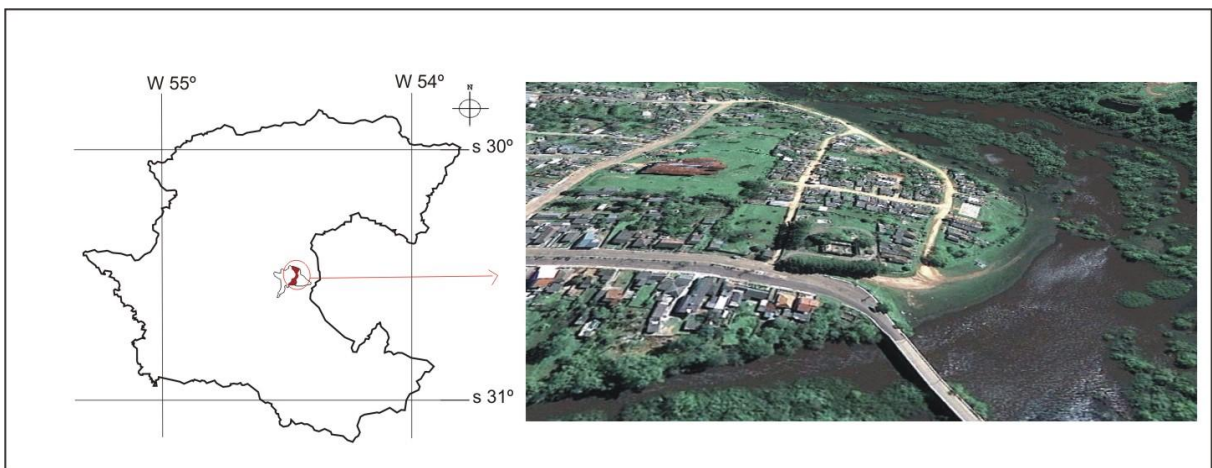
O muro de sustentação das comportas mede em torno de 500 m, e o comprimento total de barramento d'água em torno de 8 km, porém a altitude média da área da barragem está entre 150 a 200m e a altitude da área urbana entre 50 e 100m, (figura 24), na área de recuperação ambiental urbana, que corresponde á planície aluvial, com declividade inferior a 2%, que se localiza em linha reta 13km ao norte da barragem. Considerando essa situação de localização, de quantidade de barramento de água e as altitudes e declividades, essa área se enquadrou em risco potencial para São Gabriel, por isso é necessário que sua viabilidade seja revista e seja feito um levantamento detalhado da área e se realmente necessário seja recuperada a integridade e segurança da área.



Fonte: Google Earth

Org.: Arruda (2011).

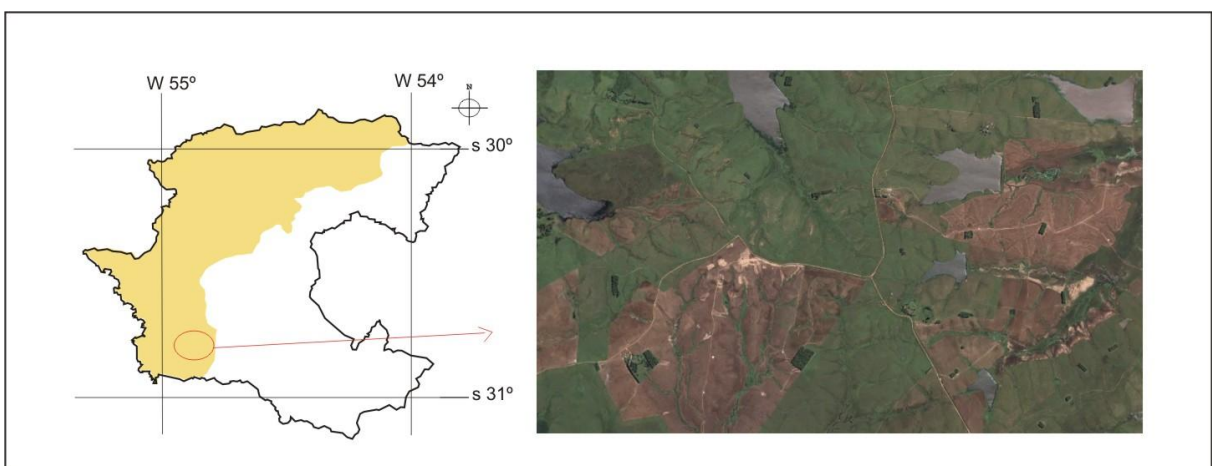
**Figura 15 – Imagem vertical da Área Urbana de São Gabriel**



Fonte: Google Earth

Org.: Arruda (2011).

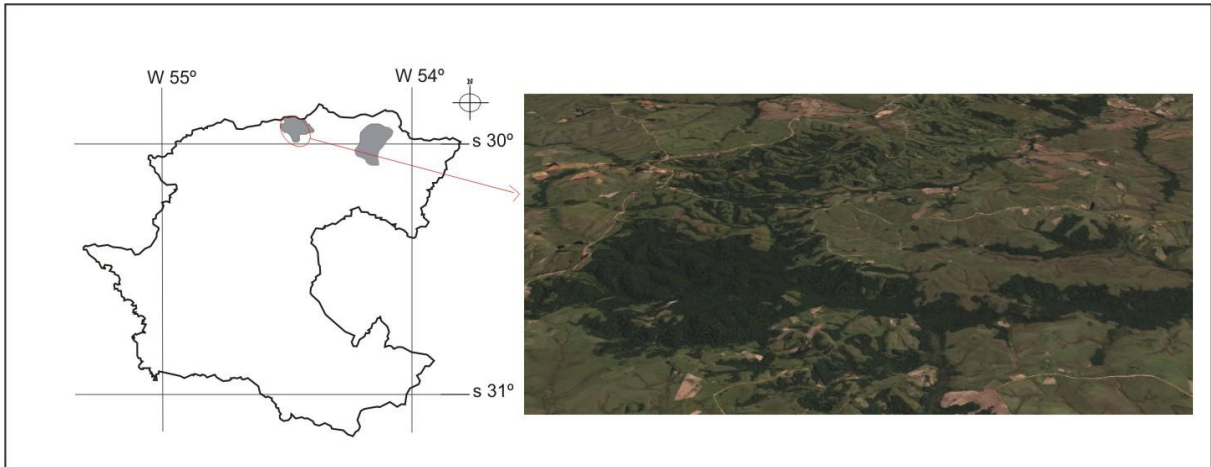
**Figura 16 – Imagem oblíqua na ARAU**



Fonte: Google Earth

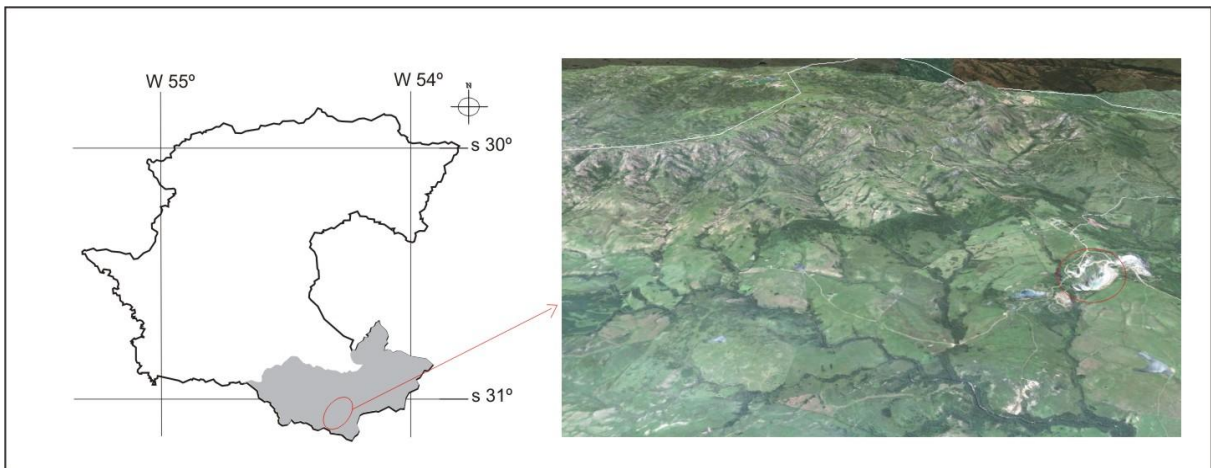
Org.: Arruda (2011).

**Figura 17 – Imagem vertical na Z2**



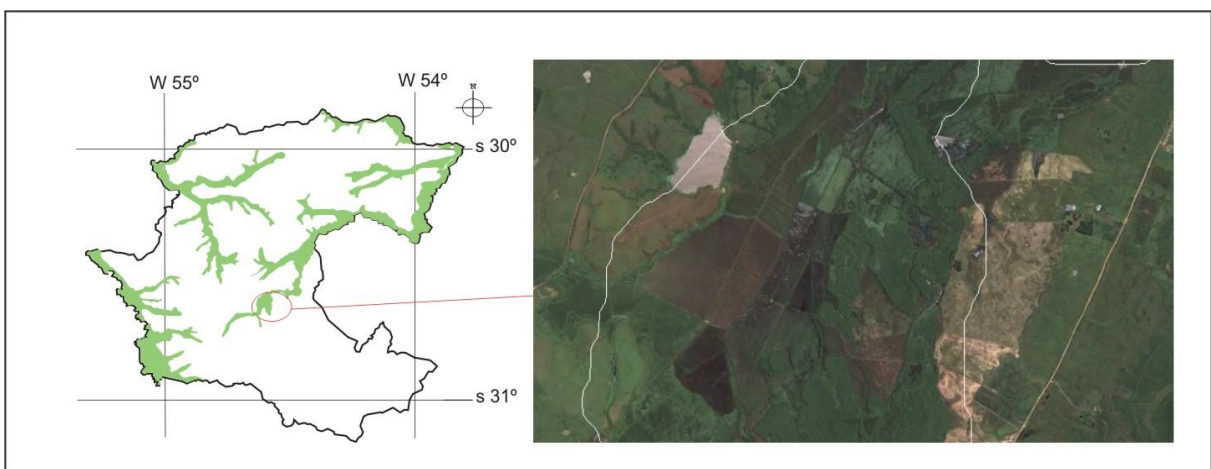
Fonte: Google Earth  
Org.: Arruda (2011).

**Figura 18 – Imagem oblíqua na Z3**



Fonte: Google Earth  
Org.: Arruda (2011).

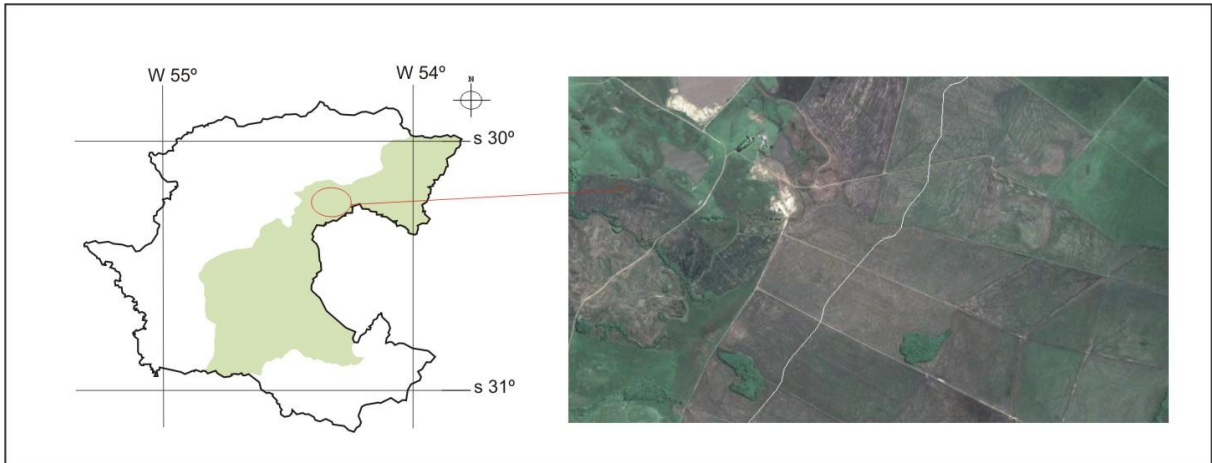
**Figura 19 – Imagem oblíqua na Z4**



Fonte: Google Earth  
Org.: Arruda (2011).

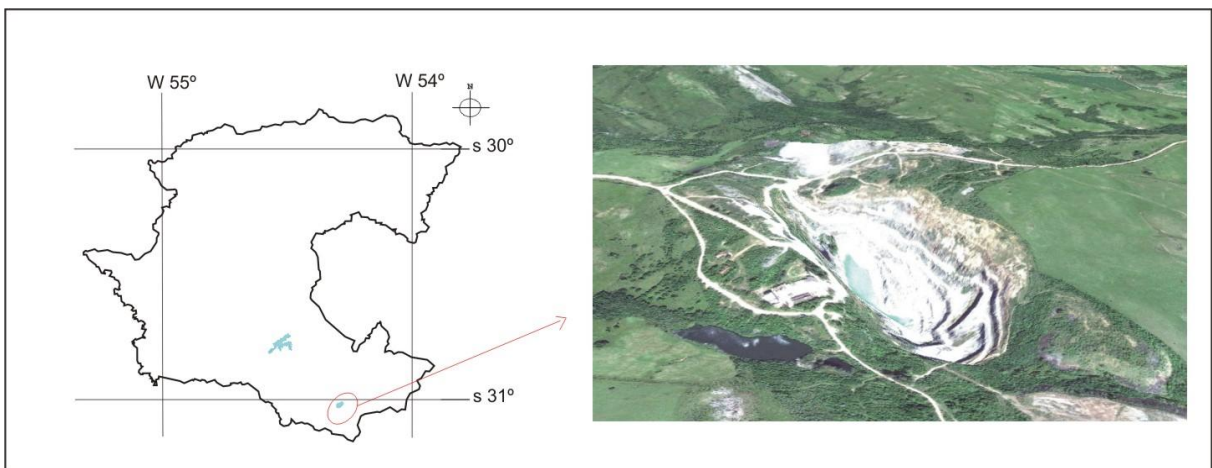
**Figura 20 – Imagem vertical na Z5**





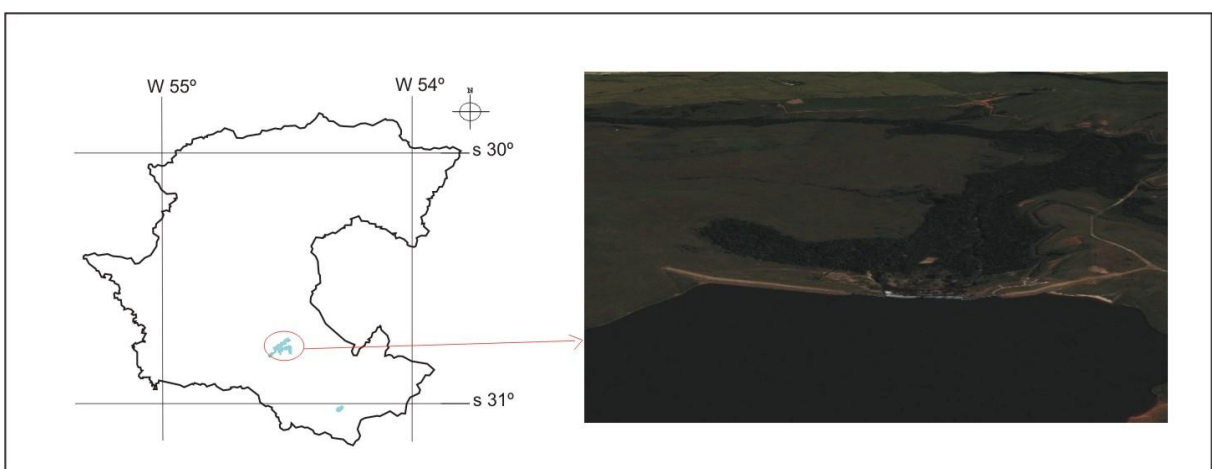
Fonte: Google Earth  
Org.: Arruda (2011).

**Figura 21 – Imagem vertical na Z6**



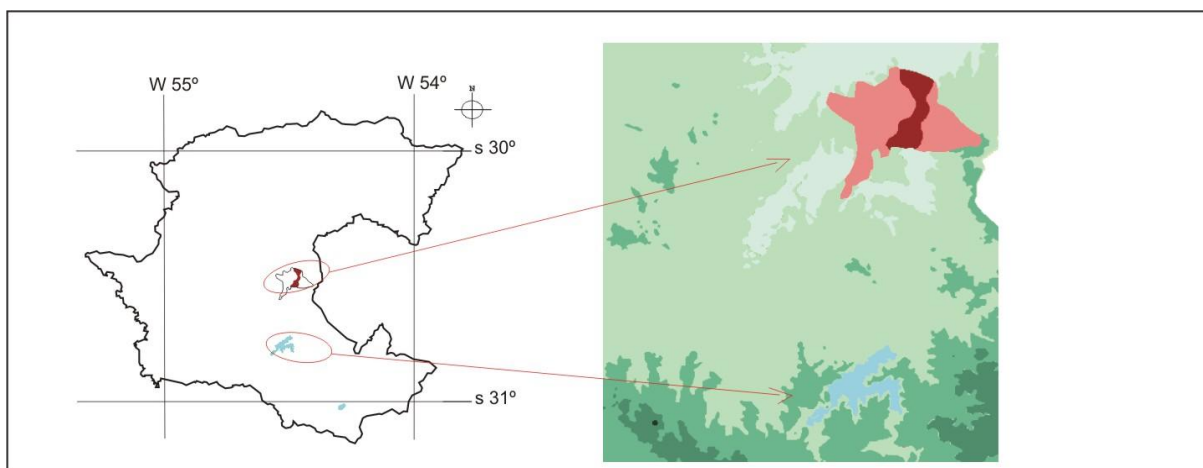
Fonte: Google Earth  
Org.: Arruda (2011).

**Figura 22 – Imagem oblíqua da ARA 1**



Fonte: Google Earth  
Org.: Arruda (2011).

**Figura 23 – Imagem oblíqua na ARA 2**



Fonte: Google Earth

Org.: Arruda (2011).

**Figura 24 – Hipsometria na ARA2**



## 5 CONSIDERAÇÕES

Toda ação antrópica causa algum efeito sobre o ambiente, muitas vezes provocando alterações críticas nas estruturas e processos biológicos, que repercutem diretamente nos componentes físicos e químicos que compõem as paisagens naturais. Pelo que se observa nos modelos de uso e ocupação das terras, a deterioração ou as alterações causadas ao meio, estão diretamente ligadas à capacidade produtiva dos diferentes espaços geográficos.

O uso dos recursos naturais sem nenhum parâmetro de orientação ou planejamento desencadeia uma série de desconformidades deteriorantes ao meio, como: o desmatamento, a poluição e contaminação de nascentes e rios, a extinção de espécies da fauna e da flora, a erosão e perda da produtividade dos solos, entre outros.

Estas desconformidades são percebidas em todas as escalas, isto é, desde o nível local até o global. Ciente dos problemas e sabendo da necessidade de promover mudanças a partir de uma escala local, buscou-se analisar, de forma integrada, os elementos naturais e os transformados pela ação antrópica, que compõem o espaço geográfico do Município de São Gabriel, por meio, da criação de um banco de dados geográficos georreferenciados, com uso das tecnologias de informação geográfica.

Nesse contexto, com o intuito de identificar e quantificar as mudanças ocorridas na cobertura e uso da terra no Município, compilou-se e elaboraram-se mapas temáticos de cobertura e uso da terra numa perspectiva multitemporal para as datas de 1986 e 2010, que permitiu identificar e monitorar mudanças ocorridas ao longo do tempo, possibilitando empreender alternativas para adequar os usos e manejo da terra, com objetivo de preservar e recuperar os recursos naturais existentes na unidade territorial em estudo.

Concomitantemente, realizou-se a compilação e elaboração dos mapas temáticos de geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, solos e vegetação, os quais constituíram as informações sobre o município, que em etapa posterior permitiram a elaboração dos mapa síntese, de vulnerabilidade, potencialidades e conflitos, em que se destacaram as áreas com potencial agrícola e as áreas que precisam manter-se preservadas, de acordo com o que prevê a legislação pertinente.

Quanto à metodologia utilizada, salienta-se a grande contribuição de Tricart, pela proposta taxonômica hierarquizando a paisagem em três níveis, estável, intergrades e instável. Sothava

pela visão de compartimentação da paisagem em ambientes homogêneos e heterogêneos. E Crepani pela metodologia das unidades territoriais básicas, que proporciona uma maior agilidade para se obter o resultado esperado, resultado este que subsidia o ordenamento e gestão territorial de maneira planejada e sustentável, com o intuito de evitar problemas de ocupação desordenada.

Um problema a considerar quanto a este modelo para análise da vulnerabilidade está relacionado à atribuição de “pesos” às variáveis. Os pesos que indicam a contribuição de cada uma das variáveis, como o relevo, os solos, etc., na determinação do grau de vulnerabilidade de uma área. No entanto, esta avaliação é geralmente “arbitrária e subjetiva”, inferência feita por Spörl e Ross (2004), pois é complicado avaliar o quanto cada uma destas variáveis contribui para se estabelecer o grau de estabilidade/vulnerabilidade, no entanto mesmo com esta dificuldade encontrada não pode ser retirado o crédito da qualidade e aplicabilidade da mesma.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, este modelo de vulnerabilidade ambiental representou um importante instrumento para tomada de decisões e constituiu parte fundamental para análise e síntese cartográfica, sem as quais não seria possível, a análise integrada, a individualização das zonas ambientais e seus devidos usos, tampouco avaliar os conflitos e as potencialidades. Esta metodologia possibilitou desenvolver os quatro níveis da pesquisa geográfica, propostos por Libault, os quais cumprem perfeitamente as etapas de um zoneamento ambiental.

Quando ao uso de SIG para análise da paisagem, pode-se dizer que é uma ferramenta de grande valia, pois possibilitou a concretização da metodologia proposta. Além disto, existem alguns pontos a considerar quanto à análise da paisagem com SIG. Como por exemplo, que uso do SIG apesar de ser contemporâneo, e fazer parte das inovações da tecnologia da geoinformação, satisfazem antigos preceitos geográficos de análise integrada da paisagem, vislumbrados por Bertalanffy, Sotchava e Bertrand, quanto ao paradigma geossistêmico, o caráter dinâmico da paisagem e a relação homem x natureza, bem como da ecologia de paisagem pela visão vertical, tudo isso se tornou possível a partir dos sistemas de informações geográficas.

Finalmente após ter sido realizada uma análise integrada da paisagem do município pode-se chegar ao objetivo final esperado desta pesquisa com plenitude, a realização do zoneamento ambiental para São Gabriel com base nas vulnerabilidades, nas potencialidades da terra e nos conflitos de uso. Essa proposta de zoneamento delimitou seis zonas ambientais, a saber, Z1 e Z2, zonas de desenvolvimento, zona 1, zona de desenvolvimento urbano, a zona 2, zona de desenvolvimento agrícola, as zonas Z3 e Z4, zonas de proteção ambiental, zona 3, zona de proteção do ecossistema florestal, e zona 4, zona de proteção das nascentes do Vacacaí e duas

zonas de recuperação, zonas Z5 e Z6, zona 5 corresponde a zonas de micro-corredores de vegetação de galeria do entorno dos rios, e zona 6, zona de recuperação e uso controlado.

O zoneamento ambiental é um projeto que tem por objetivo diagnosticar a situação da área de estudo, verificar a tendência e até o prognóstico, fornecendo dessa forma subsídio para o planejamento e posterior gestão ambiental da área. A partir desta visão que se tem de zoneamento ambiental, pode-se considerar que os objetivos aqui propostos foram atingidos.

Quanto a São Gabriel, posteriormente a este zoneamento, pode-se dizer que o município apresenta uma configuração espacial que pode ainda se manter sustentável, sem causar danos irreparáveis ao ecossistema local e sem oferecer risco aos seus habitantes, pois sua configuração ainda apresenta potencialidades para a agricultura, principal base econômica do município. Além disto, seu território é demasiado extenso e apresenta muitas outras potencialidades, sendo possível reinventar-se, ajustando as atividades que são conflitantes, a capacidade do ambiente, através de um planejamento ambiental adequado, e de sua devida gestão.

São Gabriel se comparada a outros municípios não apresenta problemas que envolvam grandes ações, porém medidas mitigadoras são necessárias para solucionar as desconformidades observadas.

Dessa forma encerra-se aqui essa etapa da nossa jornada, em que buscou-se analisar a paisagem de forma integrada e propor zonas ambientais de uso sustentável para São Gabriel.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRAE, Franz Heinrich. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: Imprensa Universitária - UFSM, 1978.

ANDRAE, Franz Heimrich. **Ecologia florestal**. Santa Maria, 2001.

ASSAD, Eduardo Delgado. **Sistema de informacoes geograficas :aplicacoes na agricultura**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1993. 274 p.

ARRUDA, Hilda Mirian da Rocha Ferrony. **Evolução do uso da terra com ênfase aos plantios florestais no Município de São Gabriel/RS no período de 1986 a 2008**. 2008. 66 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ARRUDA, Hilda Mirian da Rocha Ferrony; CASSOL, Roberto. A importância da aplicação de um zoneamento ambiental em São Gabriel/RS: uma proposta metodológica. **Revista Anual Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 14, n. 1, Ed. Especial, p. 23-31, 2010.

AZEVEDO, Ricardo José Gontijo; MATIAS, Lindon Fonseca. Geoprocessamento como instrumento de gestão do território: considerações teóricas. In: XVI Encontro nacional de Geógrafos – **Anais ENG 2010**. 25 a 31 jul. 2010. Porto Alegre, 2010.

BARBOSA, C. C.; Câmara, G.; Medeiros J. S.; Crepani, E.; Novo, E.; Cordeiro, J. P. C., **Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico Econômico**, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 1998.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Disponível em: <<http://www.professorcezar.adm.br/Textos/AbordagemSistemicaAdm.pdf>> Acesso em: dez. 2009.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. In: Cadernos de ciências da terra. São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, 13. Inst. de Geografia-USP. São Paulo. 1981.

BOLFE, Édson Luis. Anais - I I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, 10 a 12 de novembro de 2004. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgrsr2/pdfs/poster25.pdf>> Acesso em: outubro de 2009.

BUZAI, G. D. La exploración geodigital. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2000.

BUZAI, G. D El rol de la geotecnologia em el processo de transicion sociocultural a finales Del siglo XX. Anais GIS BARSIL 96. Curitiba: Sagres, 1996. p. 719-739.

CABRERA, A. L; WILLINK, A. **Biogeografia de America Latina**. Washington, DC: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1973.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CASSETI, V. & Nascimento, M.A.L.S. **A importância da geomorfologia nos estudos de risco urbano: o caso de Goiânia**. Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada, Porto Alegre, p. 374-81, 1991.

CARNEIRO, Carlos Marx Ribeiro. **Curso básico de sensoriamento remoto**. Brasília: IBDF/PNUD/FAO, 1980. 198 p.

CASTRO, Frederico do Valle Ferreira. **Cartografia Temática**. Belo Horizonte, 2004.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova contribuição científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Pensamento Cultrix Ltda, 1996. 256 p.

CPRM. 2006. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. Projeto Geologia do Brasil ao Milionésimo. CD-ROM.

CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 13 abr. 2011.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Sistemas dinâmicos: As Abordagens da Teoria do caos e da geometria fractal em Geografia. In: VITTE, A. C. & GUERRA, A. J. T. (org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2004.

CHORLEY, R.J. **A geomorfologia e a teoria dos Sistemas**. Notícia Geomorfológica. Campinas, v.11, n. 21, 1971.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; Duarte, V.; Curso de sensoriamento remoto aplicados ao zoneamento ecológico-econômico [CD-ROM]. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8 Salvador, 1996. Anais. São Paulo: Image Multimídia, 1996. Seção de Comunicações Técnico-Científica

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. 2001. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento territorial. São José dos Campos. **SAE/INPE**. (INPE-8454 RPQ/722).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de. Imagens fotográficas derivadas de MNT do projeto SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**: São José dos Campos, 2004.

COSTA, Fábio Rodrigues da; ROCHA, Márcio Mendes. Geografia: conceitos e paradigmas – apontamentos preliminares. **Rev. GEOMAE**. Campo Mourão, PR v.1n.2 p.25 - 56 2ºSem, 2010.

DAL'ASTA, Ana Paula. **Elaboração de Zoneamento Geoambiental para o perímetro urbano de Santa Maria-RS**. 2009, 176 f. Dissertação (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

DE BIASI, Mário. A Carta Clinográfica. Os Métodos de Representação e sua Confecção. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DECIAN, Inajara dos Anjos da Silva. Aplicação de geotecnologias no planejamento de unidade político-administrativa municipal. 2005. 79f. Dissertação (mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In Progress Made in Geomorphological Mapping. Brno, 35-66, 1967.

DGC – Diretoria de Geociências IBGE. Cartas Geológicas.

EMBRAPA, Agência de Informação Embrapa Podzólicos / Argissolos. Disponível em: <[www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../AG01\\_97\\_10112005101957.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/.../AG01_97_10112005101957.html)> acesso em: 16 dez. 2010.

FERREIRA, M. C. Considerações teórico-metodológicas sobre as origens e a inserção do Sistema de Informação Geográfica na Geografia. In: VITTE, A. C. (Org.). **Contribuições à história e à epistemologia da Geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 101-126.

FIGUEIRÓ, A. S. Aplicação do zoneamento ambiental no estudo da paisagem: uma proposta metodológica. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1997.

FITZ, P. R. Grupo de Pesquisa em ciências da geoinformação: projeto. Canoas: Unilasalle, 2002.

FITZ, P. R. Novas tecnologias e os caminhos da ciência geográfica. Canoas, Centro Universitário La salle. Disponível em: <<http://www.unilasalle.edu.br/canoas/>>. Acesso em: 11 de maio de 2009.

FITZ, P. R. Geografia ou ciência da geoinformação. Canoas, centro Universitário de La Salle. Disponível em: :<<http://www.unilasalle.edu.br/canoas/>>. Acesso em: 12 de maio de 2009.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. Geomorfologia Ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand, 2006.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) Geomorfologia e meio ambiente. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 394 p.

GOMES, J.M.; Velho, L. **Computação Visual: Imagens**. Rio de Janeiro, SBM, 1995.

JENSEN, John, R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Trad. José Carlos Epiphanyo (coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

IBGE, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia** (Coord. Bernardo de Almeida Nunes et al). Série Manuais Técnicos em Geociências. Número 5, R. de Janeiro, 1995.

IBGE. **Malha Municipal Digital 2001**. Mapeamento das Unidades Territoriais. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#TOPO](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TOPO)>. Acesso em: 13 abr. 2011.

IBGE. Mapa da vegetação do Brasil e Mapa dos biomas do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, projeto RADAMBRASIL, **2004**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> acesso em 13 abr. 2011.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: em 13 abr. 2011.

IBGE. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. **Manuais Técnicos em Geociências**. n. 7, 2. ed., **2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/.shtm>>. Acesso em: em 13 abr. 2011.

IBGE. **Contagem da População 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

KAUL, P.F.T. **Introdução Geografia do Brasil**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1990.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: oficina de Textos, 2009. 424p. (Tradução Hermann Kux)

LIBAULT, André. **Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica**. Métodos em Questão. 1, IGEOG USP, 1971.

LIBAUT, André. **Geocartografia**. São Paulo: USP, 1975.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. 4º ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.



LOCH, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. 1. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006. v. 1. 313 p.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991.

MARTINELLI, M. **Mapas e gráficos: construa-os você mesmo**. São Paulo: Editora Moderna, 1998.

MARTINELLI, M. **As representações gráficas da geografia: os mapas temáticos**. São Paulo: Edição do Autor (tese de livre-docência), 1999.

MARTINELLI, M. **Os mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003.

MARTINELLI, M. **Cartografia temática: caderno de mapas**. São Paulo: EDUSP, 2003.

MARTINELLI, M. . **A cartografia de síntese na geografia física**. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada Geografia, tecnociência, sociedade e natureza", 2005, São Paulo. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada Geografia, tecnociência, sociedade e natureza", 2005.

MATIAS, Lindon Fonseca. **Sistema de Informações Geográficas (SIG): teoria e método para representação do espaço geográfico**. São Paulo: FFLCH/USP, 2001. (Tese de Doutorado)

MATIAS, Lindon Fonseca. **Por uma economia política das geotecnologias**. Scripta Nova: Revista electrónica de Geografia y Ciencias Sociales. Vol. VIII, núm. 170 (52), Universidad de Barcelona, 2004.

MARTINS, Viviane Chaves. **Uso da terra no município de Itaara-rs com imagens do satélite CBERS 2**. Santa Maria: 2004. 54 p.

MARCELINO, E. V. **Mapeamento de Áreas Susceptíveis a Escorregamento no Município de Caraguatatuba (SP) usando Técnicas de Sensoriamento Remoto**. 2004. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos**. Caderno Didático n. 1. Santa Maria: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

MEDEIROS, J.S. de; TOMÁS, D.D.; SIMÕES, M. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Sociedade Brasileira de Cartografia, XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. 1995.

MEDEIROS, José Simeão de. **Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: Tecnologias de apoio à gestão do território**. 1999. 217p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – USP, São Paulo, 1999.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: Modelos e Aplicações Ambientais**. 1º Ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 593p.

MILANO, M. S. **Unidades de Conservação: Conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo e administração**. Curitiba, 1993. 65 p.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

MORAES, A. C. R. **Geografia: pequena história crítica**. São Paulo, Hucitec: 1981.

MOREIRA, Andreise. **Planejamento Ambiental do Município de Barra Bonita, SC, na Perspectiva das Tecnologias de Informação Geográfica**. 2009, 217 f. Dissertação (Mestrado em geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. 2º Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

NUNES, Gustavo Manzon. **Sistemas de informações geográficas aplicados no diagnóstico de fragmentos florestais da sub-bacia hidrográfica do Rio Vacacai-Mirim**. Santa Maria: 2004 xv, 96 f.

OLIVEIRA, C. **Curso de cartografia moderna**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

OLIVEIRA, M. A. T. de. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand, 1999. P.57 – 100.

OLIVEIRA, Lindomário Barros de. Et al. **Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.33 no.5 Viçosa Sept./Oct. 2009

PALSKY, G. **Des chiffres et des cartes. La cartographie quantitative au XIXe siècle.** Paris, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques: 1996.

PENCK, W. **Die morphologische analyse. Ein kapitel der physikalischen geologie.** Stuttgart:J.Engelhorn's Nachf, 1924.

PENTEADO, M. M. **Estudo geomorfológico do sítio urbano de Rio Claro (SP).** Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 21, n. 42, p. 23-56, 1981.

Prefeitura Municipal de São Gabriel. – Web site da prefeitura Municipal de São Gabriel. Disponível em: <<http://www.saogabriel.rs.gov.br/portal/>>. Acesso em 2009.

PDDUA – Plano diretor de desenvolvimento urbano e ambiental de São Gabriel. Disponível em: <<http://www.saogabriel.rs.gov.br/portal/>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

PITOMBEIRA, Sheila Cavalcante. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Ceará -Instrumento Jurídico de Proteção da Zona Costeira do Ceará.** Fortaleza, 2007. Disponível em:[http://www.labomar.ufc.br/PDFS/trabalhos/61\\_Sheila\\_Cavalcante\\_Pitombeira.pdf](http://www.labomar.ufc.br/PDFS/trabalhos/61_Sheila_Cavalcante_Pitombeira.pdf)>Pesquisado em: 17/11/2009.

RAMBO, Balduino S.J. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul.** Ensaio de Monografia Manual, 3d. São Leopoldo: Ed. Unissinos, 2005.

RAMGRAB, G.E.; Toniolo, J.A.; Ferrera, J.A.; Machado, J.L.F.; Branco, P.M.; Suffer, T. 2000. **Principais recursos minerais do Rio Grande do Sul.** In: Geologia do Rio Grande do Sul. ed. Holz, M. & De Ros, L.F. Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, 445p.

Relatório para a Elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental/PDDUA, São Gabriel/RS, 2007. Anexo ao – Web site da prefeitura de São Gabriel. Disponível em: <[http://www.saogabriel.rs.gov.br/site/index.php?meio=plano\\_diretor](http://www.saogabriel.rs.gov.br/site/index.php?meio=plano_diretor)>. Acesso em: mar. 2009.

ROCHA, J. S. M. **Mosaicos aerofotogramétricos.** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1975. 30p.

ROCHA, J. S. M **Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Santa Maria, UFSM, 1991. 181 p.

ROCHA, J. S. M. **Área de Proteção Ambiental (APA) de Osório - Morro da Borússia**. Osório: Prefeitura Municipal de Osório, 1995. 188 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. Brasília, Supercor Produtos Gráficos Ltda., MMA. 1997, 446 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Avaliações de Impactos e Passivos Ambientais**. 3<sup>a</sup> ed. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2006. 479 p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1991, 85p.

ROSS, J. S. **Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Rev. Geografia. São Paulo, IG-USP, 1992

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003.

RUMOS 2015, Secretaria do Planejamento e Gestão. Porto Alegre, 2005. Disponível em:<  
[http://www.seplag.rs.gov.br/conteudo\\_puro.asp?cod\\_menu\\_pai=&cod\\_tipo\\_conteudo=&cod\\_menu=490](http://www.seplag.rs.gov.br/conteudo_puro.asp?cod_menu_pai=&cod_tipo_conteudo=&cod_menu=490)>Acesso em: 13 abr. 2011.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo : Hucitec, 1996.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico científico informacional**. 4ed. São Paulo: Hucitec, 1998.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 186p.

SPÖRL, Christiane; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

SIBCS/EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa - Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.

SILVA, Lauro Leal da. **Ecologia: Manejo de Áreas Silvestres**. Santa Maria: MMA, FNMA, FATEC, 1996. 352 p.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Ed. da Unicamp, 1999.

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Ed. da Unicamp, 2003.

SILVA, Xavier da; ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SILVA, R. M. ; SALES, J. J. G. . **O ensino de Cartografia Temática como um instrumento perceptivo no Ensino de Geografia**. In: X Encontro de Iniciação à Docência da UFPB, 2007, João Pessoa. X Encontro de Iniciação à Docência da UFPB. João Pessoa : PRG/PRAC/UFPB, 2007. v. 1.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Lunar, 1977.

SOTCHAVA, V.B. **Por uma Teoria de Classificação de Geossistemas de Vida Terrestre**. Biogeografia, 14. Inst. de Geografia-USP. São Paulo. 1978.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission Home page. Disponível em<  
<http://srtm.usgs.gov/>> acesso em 13-04-2011.

TRENTIN, Carline Biasoli. Desenvolvimento De Uma Metodologia Para Sistematização Do Mapeamento De Áreas Potenciais A Erosão Usando Imagens Modis E Dados Do Srtm – Área De Estudo: Rio Grande Do Sul, 2008. Disponível em: < <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18%4080/2008/12.04.17.52/doc/Carline%20Trentin.pdf>> Acesso em: 29/04/2010.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Metodologia para mapeamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo, 2005.

TRENTIN, R. Definição de unidades geoambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Itu. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

TRICART, J. **Principes et méthodes de l geomorphologie**. Paris:Masson Ed., 1965, 201p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREM (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente), 1977.

TRICART, J. **Géomorphologie applicable**. Paris: Masson, 1978, 204 p.

TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. **Ecogeography and Rural Management: A Contribution to the International Geosphere-Biosphere Programme**. Essex. Longman Scientific & Technical. 1992.

TUTORIAL SPRING, 2010. Disponível em:<[www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/banco.html)> Último acesso em: 13 abr. 2011.

VERDUM, Roberto. Os geógrafos frente às dinâmicas socioambientais no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**. São Paulo, n. 16, p. 91-94, 2005.

VITTE, Antônio Carlos. **Contribuições à História e à Epistemologia da Geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 294p.

ZACHARIAS, A. A. 2006. 200f. A Representação Gráfica das Unidades de Paisagem no Zoneamento Ambiental: um estudo de caso no município de Ourinhos/SP. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, UNESP, Rio Claro. 2006.

ZACHARIAS, A.A. As Categorias de Análise da Cartografia no Mapeamento e Síntese da Paisagem. **Revista Geografia e Pesquisa**, Ourinhos, v.2, nº 1, p. 33-56, 2008.

ZACHARIAS, Andréa Aparecida. **Representação Gráfica das Unidades de Paisagem no Zoneamento Ambiental**. 1º Ed. São Paulo: UNESP, 2010. 211p.

ZACHARIAS, A.A.; MARTINELLI, M; CUNHA, C, E, L. PIROLI, L, M. **A cartografia de síntese no planejamento e gestão ambiental.** Comunicação coordenada. **In:** XIII SGBFA *SIMPÓSIO* BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2009. Disponível em:<[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/comunicacao\\_coordenada/001.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/comunicacao_coordenada/001.pdf)> acesso em: 13 abr. 2011.





## **Anexo 1 – Legislação pertinente ao zoneamento ambiental**

### **1.1 Legislação pertinente ao zoneamento ambiental, (ROCHA, 1997).**

- Artigo 30 da Constituição Federal, de 5 de Outubro de 1988.

### **1.2 Resolução nº. 10 do CONAMA, 14/02/1988.**

Artigo 2º: visando o cumprimento dos objetivos, as APAs terão sempre um zoneamento ecológico-econômico.

Parágrafo único: o zoneamento acima referido estabelecerá normas de uso, de acordo com as condições locais bióticas, geológicas, agropastoris, extrativistas, culturais e outras.

### **1.3 Instrumentos Jurídicos para Gestão Ambiental**

A Lei Federal nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, tem como princípios, entre outros, “Controle e zoneamento das atividades potenciais ou efetivamente poluidoras”; e é da competência do CONAMA o zoneamento ambiental.

Em relação ao Capítulo III – do zoneamento ambiental,

Art. O Poder Público estabelecerá zoneamento ambiental, em bases nacional, regionais, estaduais e municipais.

Art. O zoneamento ambiental contemplará a caracterização ambiental da área, a qual incluirá:

- O potencial ambiental;
  - Os efeitos das atividades agrárias, urbanas, industriais e de infra-estruturas e o estado de preservação do meio ambiente natural;
  - Os riscos ambientais e sociais;
  - A avaliação do grau de sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais;
- 1- A indicação de medidas de controle ou minimização dos efeitos da ocupação e da exploração dos recursos naturais e de restrições de uso;
  - 2- A indicação de alternativas de desenvolvimento regional e sub-regional compatíveis com a sustentabilidade e a vulnerabilidade dos sistemas ambientais;
  - 3- O prognóstico das alternativas de uso;

4- A indicação das atividades já existentes na área que, por incompatibilidade com o zoneamento, deverão ser recolocadas ou compensadas.

Art.25- O zoneamento ambiental, sem prejuízo de outro tratamento legal estabelecido pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, será aprovado:

Pelo CONAMA, no caso do zoneamento nacional e regional;

Pelos conselhos estaduais de meio ambiente, tratando-se dos zoneamentos ambientais estaduais;

Pelo conselho de meio ambiente do Distrito Federal, em relação ao respectivo zoneamento ambiental;

Pelos conselhos municipais de meio ambiente, tratando-se de zoneamento ambiental municipal elaborado fora do âmbito do plano diretor previsto no art. 182 da Constituição Federal.

Art. 26. A aprovação do zoneamento ambiental só poderá ser efetuada após, no mínimo, uma audiência pública, cujos resultados, quando tecnicamente pertinentes, serão incorporados ao zoneamento.

1º O edital de convocação para a audiência pública deverá ser publicado no diário oficial do Estado em que esta se realizará e em pelo menos um jornal local e regional de grande circulação, no mínimo trinta dias antes da realização da audiência.

2º Durante o período entre a publicação do edital e a realização da audiência pública, o zoneamento ambiental ficará à disposição do público interessado.

Art. 27. O zoneamento ambiental é um instrumento determinante para:

I - a elaboração e a execução dos planos nacionais e regionais de ordenação do território e de desenvolvimento econômico e social previstos no inciso IX do art. 21 da Constituição Federal;

II - a formulação e a implementação de políticas públicas.

Art. 28. Condiciona-se à efetiva compatibilidade de empreendimento ou atividade com o zoneamento ambiental, a concessão:

De qualquer financiamento, empréstimo ou incentivo pelo Poder Público ou com recursos públicos;

**Anexo 2 - Fotografias de Arquivo Pessoal tiradas em trabalho de Campo realizado em áreas Urbanas e Rurais no Município de São Gabriel**



**Fotografia 1 –Moradias às margens do Rio Vacacaí**  
**Localização - Lat. 6640370.57 m S, Long. 759056.91 m E, Fuso 21, (Pto.urb.1)**



**Fotografia 2 –Moradias em área de risco de inundação**  
**Localização - Lat. 6642009.61 m S, Long. 758872.79 m E, Fuso 21, (Pto.urb.2)**



**Fotografia 3- Margens á oeste do Rio Vacacaí**

**Localização - Lat. 6640370.57 m S, Long. 759056.91 m E, Fuso 21, (Pto.urb.1)**



**Fotografia 4 –Planície de inundação lado oeste do Rio Vacacaí**

**Localização - Lat. 6642009.61 m S, Long. 758872.79 m E, Fuso 21, (Pto.urb.2)**





**Fotografia 5 - Planície de inundação do Rio Vacacaí**  
**Localização - Lat. 6640370.57 m S, Long. 759056.91 m E, Fuso 21, (Pto.urb.1)**



**Fotografia 6 - Vegetação pioneira de influência lacustre - Rio Vacacaí**  
**Localização - Lat. 6642009.61 m S, Long. 758872.79 m E, Fuso 21, (Pto.urb.2)**





**Fotografia 7 - Vegetação pioneira de influência lacustre - Rio Vacacaí**  
**Localização - Lat. 6642009.61 m S, Long. 758872.79 m E, Fuso 21, (Pto.urb.2)**



**Fotografia 8 - Vegetação pioneira de influência lacustre - Rio Vacacaí**  
**Localização - Lat. 6642009.61 m S, Long. 758872.79 m E, Fuso 21, (Pto.urb.2).**



**Fotografia 9 - Estradas locais no distrito do Vacacaí**  
**Localização – Lat. 6615512.98 m S, long. 748698.81 m E, Fuso 21, (Pto.rur.5)**



**Fotografia 10 - Estradas locais no distrito do Vacacaí**  
**Localização - Lat. 6611635.38 m S, Long. 747368.83 m E, Fuso 21, (Pto.rur.6)**





**Fotografia 11 – Pontes sobre Rio Pedroso**

**Localização – Lat. 6627842.02 m S, long. 752187.99 m E, Fuso 21, (Pto.rur.2)**



**Fotografia 13 - Erosão**

**Localização – Lat. 6625903.20 m S, long. 752351.10 m E, Fuso 21, (Pto.rur.3)**





**Fotografia 12 – Erosão**

**Localização – Lat. 6625903.20 m S, long. 752351.10 m E, Fuso 21, (Pto.rur.3)**



**Fotografia 14 - Extensas áreas de agricultura junto às estradas**

**Localização – Lat. 6620438.44 m S, long. 750782.50 m E, Fuso 21, (Pto.rur.9)**





**Fotografia 15 - Padrão de culturas com barramento d'água para irrigação**  
**Localização – Lat. 6619225.14 m S, long. 750517.91 m E, Fuso 21, (Pto.rur.9)**



**Fotografia 16 - Floresta exótica antiga**  
**Localização – Lat. 6629663.19 m S, long. 752275.96 m E, Fuso 21, (Pto.rur.1)**





**Fotografia 17 - Florestamento de exóticas recentes ao longo das estradas**  
Localização – Lat. 6619225.14 m S, long. 750517.91 m E, Fuso 21, (Pto.rur.4)



**Fotografia 18 - Padrão dos florestamentos de exóticas recentes**  
Localização – Lat. 6619225.14 m S, long. 750517.91 m E, Fuso 21, (Pto.rur.4)



**Fotografia 19 – Divisa entre os Distritos vacacaí e Suspiro**  
**Localização – Lat. 6609805.18 m S, long. 745415.97 m E, Fuso 21, (Pto.rur.7)**



**Fotografia 20 – Barragem Jaguari**  
**Localização – Lat. 6619225.14 m S, long. 750517.91 m E, Fuso 21, (Pto.rur.4)**





**Fotografia 21 – Paisagem nativa (campos ou estepe), no Distrito Vacacaí  
Localização – Lat. 6612381.78 m S, long. 747669.42 m E, Fuso 21, (Pto.rur.8)**



**Fotografia 22 – Paisagem nativa (campos ou estepe), no Distrito Vacacaí  
Localização – Lat. 6612381.78 m S, long. 747669.42 m E, Fuso 21, (Pto.rur.8)**



**Fotografia 23 – Paisagem Nativa no Distrito Vacacaí**  
**Localização – Lat. 6609805.18 m S, long. 745415.97 m E, Fuso 21, (Pto.rur.7)**



**Fotografia 24 – Paisagem nativa (campos ou estepe), no Distrito Vacacaí**  
**Localização – Lat. 6612111.71 m S, long. 747547.62 m E, Fuso 21, (Pto.rur.6)**

---

**APÊNDICES**

## Apêndice 1 – Exemplo de programas elaborados para Ponderação

### Programa 1

```

{
//Programa para conversao de mapas tematicos em mapas numericos atraves do operador
PONDERE

//Declaracao das variaveis
//Declaracao das variaveis de entrada que receberao os PIs Geologia, Geomorfologia, Solos e
Vegetacao

Tematico EntradaGeologia ("T_Geologia2");
Tematico EntradaGeomorfologia ("T_Geomorfologia");
Tematico EntradaSolos ("T_Solos2");
Tematico EntradaVegetacao ("T_Vegetacao2");

//Declaracao das variaveis que receberao os PIs ponderados de Geologia, Geomorfologia,
Solos e Vegetacao

Numerico GeologiaPonderado ("MNT_ponderados");
Numerico GeomorfologiaPonderado ("MNT_ponderados");
Numerico SolosPonderado ("MNT_ponderados");
Numerico VegetacaoPonderado ("MNT_ponderados");

//Declaracao das variaveis que receberao as tabelas com os temas seus respectivos valores de
estabilidade/vulnerabilidade

Tabela TabGeologia (Ponderacao);
Tabela TabGeomorfologia (Ponderacao);
Tabela TabSolos (Ponderacao);
Tabela TabVegetacao (Ponderacao);

//Instanciacao
//Recuperacao dos PIs de Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetacao

EntradaGeologia = Recupere (Nome = "geologia");
EntradaGeomorfologia = Recupere (Nome = "geomorfologia");
EntradaSolos = Recupere (Nome = "solo");
EntradaVegetacao = Recupere (Nome = "veg");

//Associacao das variaveis que receberao os PIs ponderados, com os novos PIs

```



```

GeologiaPonderado = Novo(Nome ="geol_pond", ResX = 0.0008330000, ResY =
0.0008330000, Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
GeomorfologiaPonderado = Novo(Nome ="geom_pond", ResX = 0.0008330000, ResY =
0.0008330000, Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
SolosPonderado = Novo(Nome ="solo_pond", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000,
Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
VegetacaoPonderado = Novo(Nome ="veg_pond", ResX = 0.0008330000, ResY =
0.0008330000, Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);

```

```
//Associacao das variaveis que receberao as tabelas de ponderacao
```

```

TabGeologia = Novo (CategoriaIni = "T_Geologia2",
                    "DepAluv" : 2.30,
                    "FmSTecla" : 2.40,
                    "FmRosSul" : 2.10,
                    "FmRioRasto" : 2.60,
                    "SGEstrNova" : 2.80,
                    "FmIrati": 2.10,
                    "FmRioSul" : 2.00,
                    "CxArroioIlhas" : 2.00,
                    "CxVacacai" : 2.80,
                    "CxCambai" : 2.30,
                    "SIRamada" : 2.00,
                    "G_Guata" : 2.60);

```

```

TabGeomorfologia = Novo (CategoriaIni = "T_Geomorfologia",
                        "Planicie_Aluvio_Coluvionar": 3.00,
                        "Planaltos_Residuais": 2.50,
                        "Planaltos_Rebaixado_Marginal": 2.30,
                        "Depressao_Rio_Jacui": 2.30,
                        "Depressao_Rio_Ibicui": 2.30);

```

```

TabSolos = Novo (CategoriaIni = "T_Solos2",
                 "PLe" : 2.00,
                 "BT" : 2.00,
                 "BV" : 2.70,
                 "PEa" : 1.90,
                 "PVd" : 3.00,
                 "PEd" : 1.90,
                 "PBPa" : 3.00,
                 "PBPe" : 3.00,
                 "Rd" : 3.00,
                 "Re" : 3.00);

```

```
TabVegetacao = Novo (CategoriaIni = "T_Vegetacao2",
```

```

        "Area_Tensao": 2.00,
        "Estepe": 3.00,
        "Florest_Est_Dec": 1.00,
        "Veget_Pioneira": 1.50);
//Execucao da operacao de ponderacao

GeologiaPonderado = Pondere (EntradaGeologia,TabGeologia);
GeomorfologiaPonderado = Pondere (EntradaGeomorfologia,TabGeomorfologia);
SolosPonderado = Pondere (EntradaSolos,TabSolos);
VegetacaoPonderado = Pondere (EntradaVegetacao,TabVegetacao);
}

```

## Programa 2

```

{
//Programa para conversao de mapas tematicos em mapas numericos atraves do operador
PONDERE

//Declaracao das variaveis
//Declaracao das variaveis de entrada que receberao os PIs Geologia, Geomorfologia, Solos e
Vegetacao

Tematico EntradaHipsometria ("T_HipsoT");
Tematico EntradaDeclividade ("T_Decl5");
Tematico EntradaUso ("T_Uso10");

//Declaracao das variaveis que receberao os PIs ponderados de Geologia, Geomorfologia,
Solos e Vegetacao

Numerico HipsometriaPonderado ("MNT_ponderados");
Numerico DeclividadePonderado ("MNT_ponderados");
Numerico UsoPonderado ("MNT_ponderados");

//Declaracao das variaveis que receberao as tabelas com os temas seus respectivos valores de
estabilidade/vulnerabilidade

Tabela TabHipsometria (Ponderacao);
Tabela TabDeclividade (Ponderacao);
Tabela TabUso (Ponderacao);

//Instanciacao
//Recuperacao dos PIs de Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetacao

EntradaHipsometria = Recupere (Nome = "hipso");

```

```
EntradaDeclividade = Recupere (Nome ="decl");
EntradaUso = Recupere (Nome ="clas86_5-T");
```

```
//Associacao das variaveis que receberao os PIs ponderados, com os novos PIs
```

```
HipsometriaPonderado = Novo(Nome ="hipso_pond", ResX = 0.0008330000, ResY =
0.0008330000, Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
DeclividadePonderado = Novo(Nome ="decl_pond", ResX = 0.0008330000, ResY =
0.0008330000, Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
UsoPonderado = Novo(Nome ="uso_pond", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000,
Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
```

```
//Associacao das variaveis que receberao as tabelas de ponderacao
```

```
TabHipsometria = Novo (CategoriaIni = "T_HipsoT",
"50-100 m" : 1.00,
"100-150 m" : 1.00,
"150-200 m" : 1.50,
"200-250 m" : 2.00,
"250-450 m": 3.00);
```

```
TabDeclividade = Novo (CategoriaIni = "T_Decl5",
"0-2%" : 3.00,
"2-5%" : 1.00,
"5-12%" : 1.00,
"12-30%" : 2.00,
"30-47%" : 3.00);
```

```
TabUso = Novo (CategoriaIni = "T_Uso10",
"Floresta" : 1.00,
"Campo" : 2.50,
"Cultura" : 2.70,
"Floresta2" : 2.00);
```

```
//Execucao da operacao de ponderacao
```

```
HipsometriaPonderado = Pondere (EntradaHipsometria,TabHipsometria);
DeclividadePonderado = Pondere (EntradaDeclividade,TabDeclividade);
UsoPonderado = Pondere (EntradaUso,TabUso);
}
```

## Apêndice 2 – Exemplo de programas elaborados para Média Ponderada

### Programa 1

```

{
//Calculo da media dos quatro PIs numericos naturais

//Declaracoes

Numerico EntradaGeologia      ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaGeomorfologia ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaSolos         ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaVegetacao     ("MNT_ponderados");
Numerico Media4PI             ("MNT_ponderados");

//Instanciacao

EntradaGeologia      = Recuperar (Nome = "geol_pond");
EntradaGeomorfologia = Recuperar (Nome = "geom_pond");
EntradaSolos         = Recuperar (Nome = "solo_pond");
EntradaVegetacao     = Recuperar (Nome = "veg_pond");

//Novo PI de Saida

Media4PI = Novo (Nome = "media4Pi", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000,
Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);

//Operacao Aritimetica(+, e /)

Media4PI = (EntradaGeologia+EntradaGeomorfologia+EntradaSolos+EntradaVegetacao)/4;

```

### Programa 2

```

{
//Calculo da media dos quatro PIs numericos naturais

//Declaracoes
Numerico EntradaGeologia      ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaGeomorfologia ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaSolos         ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaDeclividade   ("MNT_ponderados");
Numerico EntradaOrientacao    ("MNT_ponderados");
Numerico Media5PI             ("MNT_ponderados");

//Instanciacao
EntradaGeologia      = Recuperar (Nome = "geol_pond");
EntradaGeomorfologia = Recuperar (Nome = "geom_pond");
EntradaSolos         = Recuperar (Nome = "solo_pond");

```

```
EntradaDeclividade = Recupere (Nome = "decl_pondAptAgr");
EntradaOrientacao = Recupere (Nome = "orient_pondAptAgr");
```

```
//Novo PI de Saida
```

```
Media5PI = Novo (Nome = "media5Pi", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000,
Escala = 185532, Min = 0, Max = 3);
```

```
//Operacao Aritimetica(+, e /)
```

```
Media5PI =
```

```
(EntradaGeologia+EntradaGeomorfologia+EntradaSolos+EntradaDeclividade+EntradaOrientacao)/5;
```

```
}
```

### Apêndice 3 – Exemplo de programas elaborados para Fatiamento

#### Programa 1

```
FATIAMENTO DE MEDIA PONDERADA
```

```
//CRIA PI TEMATICO NOVO
```

```
forcaR = Novo (Nome = "forc_r_SG", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000, Escala = 185532, Repres = Raster);
```

```
//CRIA TABELA PARA FATIAMENTO (associa intervalo de valores e classes tematicas)
```

```
FatiaNumTem = Novo(CategoriaFim= "T_Vulnerabilidade",
```

```
                  [1.00,1.40] : "est-alt_pot",
```

```
                  [1.40,1.80] : "mod_est-pot_mod_alt",
```

```
                  [1.80,2.20] : "intermediaria",
```

```
                  [2.20,2.60] : "mod_vul-pot_mod_baixo",
```

```
                  [2.60,3.00] : "vuln-baixo_pot");
```

```
//OPERACAO: GERA PI TEMATICO A PARTIR DE NUMERICO E TABELA DE FATIAMENTO
```

```
forcaR = Fatie (forcSG, FatiaNumTem);
```

```
}
```

#### Programa 2

```
//DECLARACOES
```

```
Digital    arenat ("MNT_ponderados");
```

```
          //VUL_MED espacializada
```

```
Tematico  aretema ("T_Area_Nat");
```

```
Tabela    FatiaNumTem (Fatiamento);
```

```
//RECUPERA PI NUMERICO
```

```
arenat = Recupere (Nome = "media2Pi_Us02Us01");
```

```
//CRIA PI TEMATICO NOVO
```

```
aretema = Novo (Nome = "arenat1", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000, Escala =
185532, Repres = Raster);
```

```
//CRIA TABELA PARA FATIAMENTO (associa intervalo de valores e classes tematicas)
```

```
FatiaNumTem = Novo(CategoriaFim= "T_Area_Nat",
                    [1.00,1.40] : "1",
                    [1.40,1.80] : "2",
                    [1.80,2.20] : "2",
                    [2.20,2.60] : "2",
                    [2.60,3.00] : "3");
```

```
//OPERACAO: GERA PI TEMATICO A PARTIR DE NUMERICO E TABELA DE
FATIAMENTO
```

```
aretema = Fatie (arenat, FatiaNumTem);
}
```

### Programa 3

```
{
//FATIAMENTO DE NUMERICO PONDERADO
```

```
//DECLARACOES
```

```
Digital aptidao ("MNT_ponderados"); //VUL_MED espacializada
Tematico aptitema ("T_AptAgri");
Tabela FatiaNumTem (Fatiamento);
```

```
//RECUPERA PI NUMERICO
```

```
aptidao = Recupere (Nome = "media3Pi_AptiAgri");
```

```
//CRIA PI TEMATICO NOVO
```

```
aptitema = Novo (Nome = "apti_agr3", ResX = 0.0008330000, ResY = 0.0008330000, Escala
= 185532, Repres = Raster);
```

```
//CRIA TABELA PARA FATIAMENTO (associa intervalo de valores e classes tematicas)
```

```
FatiaNumTem = Novo(CategoriaFim= "T_AptiSolos",
                    [1.00,1.40] : "1",
                    [1.40,1.80] : "2",
                    [1.80,2.20] : "2",
```

```
[2.20,2.60] : "2",
[2.60,3.00] : "3");
```

```
//OPERACAO: GERA PI TEMATICO A PARTIR DE NUMERICO E TABELA DE
FATIAMENTO
```

```
apitema = Fatie (aptidao, FatiaNumTem);
}
```

#### **Apêndice 4 – Exemplo de programas elaborados para cruzamento de PI's**

##### **Programa1**

```
// cruzamento 3 PI's TEMATICOS
```

```
{
```

```
//Definindo as variáveis e suas categorias
```

```
Tematico veg("T_Vegetacao2"), uso2("T_Uso10"), decl("T_Decl5"), nat("T_APA");
```

```
//Recuperando planos
```

```
veg=Recupere (Nome = "veg");
uso2=Recupere (Nome = "uso2");
decl=Recupere (Nome = "decl");
```

```
//Criando novo plano
```

```
nat=Novo(Nome="APA2", ResX=0.0008330000, ResY=0.0008330000, Escala=185532);
```

```
//Definindo as relações entre classes
```

```
nat = Atribua (CategoriaFim = "T_APA")
```

```
{
    "1": (veg.Classe == "Area_Tensao" && uso2.Classe == "Floresta" && decl.Classe
    == "0-2%"),
    "2": (veg.Classe == "Area_Tensao" && uso2.Classe == "Floresta" && decl.Classe
    == "2-5%"),
    "3": (veg.Classe == "Area_Tensao" && uso2.Classe == "Floresta" && decl.Classe
    == "5-12%"),
    "4": (veg.Classe == "Area_Tensao" && uso2.Classe == "Floresta" && decl.Classe
    == "12-30%"),
    "5": (veg.Classe == "Area_Tensao" && uso2.Classe == "Floresta" && decl.Classe
    == "30-47%")
};
}
```

## Programa 2

```
// Zoneamento Ambiental cruz varios PIs
{
//Definindo as variaveis e suas categorias

Tematico veg("T_Vegetacao2"), vulnerabilidade("T_Vulnerabilidade"),
declividade("T_Decl15"), zon("T_Potencialidades");

//Recuperando planos

veg          =Recupere (Nome = "veg");
vulnerabilidade =Recupere (Nome = "vulnerab_utb_D");
declividade   = Recupere (Nome = "decl");

//Criando novo plano

zon= Novo (Nome= "pontencD", ResX=0.0008330000, ResY=0.0008330000,
Escala=185532);

//Definindo as relações entre classes

zon = Atribua (CategoriaFim = "T_Potencialidades")
{
    "pot_agr": (veg.Classe == "Estepe" && vulnerabilidade.Classe ==
"intermediaria" && declividade.Classe == "2-5%"),
    "pot_agr": (veg.Classe == "Estepe" && vulnerabilidade.Classe ==
"intermediaria" && declividade.Classe == "5-12%"),
    "pot_silv": (veg.Classe == "Estepe" && vulnerabilidade.Classe ==
"intermediaria" && declividade.Classe == "12-30%")
};
}
```

## Programa 3

```
// Zoneamento Ambiental cruz varios PIs
{
//Definindo as variaveis e suas categorias

Tematico uso("T_Usos10"), vulnerabilidade("T_Vulnerabilidade"), zon("T_ConflitoUso");

//Recuperando planos

uso          =Recupere (Nome = "uso2");
vulnerabilidade =Recupere (Nome = "vulnerab_utb_D");

//Criando novo plano

zon= Novo (Nome= "uso_vulnD2", ResX=0.0008330000, ResY=0.0008330000,
Escala=185532);
```



```
//Definindo as relações entre classes
```

```
zon = Atribua (CategoriaFim = "T_ConflitoUso")
    {
        "Ruim": (uso.Classe == "Floresta2" && vulnerabilidade.Classe ==
"vulneravel"),
        "Neutro": (uso.Classe == "Cultura" && vulnerabilidade.Classe ==
"vulneravel"),
        "Ruim": (uso.Classe == "Floresta2" && vulnerabilidade.Classe ==
"mod_vulneravel"),
        "Neutro": (uso.Classe == "Cultura" && vulnerabilidade.Classe ==
"mod_vulneravel")
    };
}
```