



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia

**MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE
MIGUEL PEREIRA - RJ: abordagens metodológicas e sua
contribuição para a gestão territorial**

JÉSSICA BRITO GONÇALVES

Rio de Janeiro, RJ
2018

JÉSSICA BRITO GONÇALVES

**MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE MIGUEL
PEREIRA - RJ: abordagens metodológicas e sua contribuição para a gestão
territorial**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geologia do Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Geóloga.

Orientadores: Prof. DSc. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

M.Sc. Daniel Souza dos Santos (UFRJ)

Prof. DSc. Renato Filipe Faria Henriques (UMinho)

Prof. DSc. Paulo Jorge Silva Pereira (UMinho)

MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE MIGUEL PEREIRA - RJ:
abordagens metodológicas e sua contribuição para a gestão territorial

Jéssica Brito Gonçalves

Orientadores: Prof. DSc. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

M.Sc. Daniel Souza dos Santos (UFRJ)

Prof. DSc. Renato Filipe Faria Henriques (UMinho)

Prof. DSc. Paulo Jorge Silva Pereira (UMinho)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geologia do Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Geóloga.

Aprovada por:

Presidente: Prof. Dr^a. Katia Leite Mansur
(Orientadora)

Prof. Dr. Marcelo Eduardo Dantas
(Serviço Geológico do Brasil – CPRM)

Prof. Dr. Fábio Ferreira Dias
(Universidade Federal Fluminense – UFF)

Rio de Janeiro
Julho de 2018

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos”.

(Marcel Proust)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais Angelita Brito Gonçalves e Luis Fernando Alves Gonçalves que não mediram esforços em me proporcionar uma educação de qualidade, me apoiando e me incentivando sempre.

À toda minha família pelo apoio e incentivo no caminho que escolhi seguir.

Ao meu amigo e companheiro de vida Allan da Silva Andrade, pela compreensão e apoio de sempre, e por estar presente em todos os momentos, acompanhando de perto meu crescimento pessoal e profissional.

À Sônia Andrade e Luiz Chami por oferecerem sua casa em Miguel Pereira para o trabalho de campo, e por todo o apoio.

Ao meu amigo Estevão Bruno que conheci nos primeiros dias de aula, e à minha amiga de muitos anos Carolina Drummond, que sempre estiveram presentes, aconselhando e incentivando durante todos esses anos de amizade.

Agradeço à minha orientadora Kátia Leite Mansur pela confiança e orientação incansável, ajuda, ideais e sugestões durante a elaboração deste trabalho, estando sempre disponível nos momentos de dúvida.

Ao meu orientador Daniel Souza dos Santos por toda a ajuda, ideias e sugestões para a realização deste trabalho, e por toda a paciência e horas dedicadas no esclarecimento de diversas questões referentes ao trabalho.

A todos os professores do Departamento de Geologia pela transmissão de conhecimento sendo essências à minha formação como profissional.

Aos amigos conquistados durante a Graduação, que estiveram comigo nessa jornada e que contribuíram de alguma forma para o sucesso dessa trajetória.

Aos meus orientadores da Universidade do Minho/Braga/Portugal, professores Paulo Pereira e Renato Henriques pela imensa contribuição ao trabalho através de ideias e sugestões.

Ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em especial ao Marcelo Eduardo Dantas, pelo fornecimento de uma base GIS constituída de mapas do meio físico de Miguel Pereira, que foi indispensável para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Fundação COPPETEC pelas bolsas concedidas ao longo da graduação.

Por fim, agradeço a todos os demais amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação, muito obrigada!

RESUMO

GONÇALVES, Jéssica. **Mapeamento da Geodiversidade do município de Miguel Pereira - RJ: abordagens metodológicas e sua contribuição para a gestão territorial.** Rio de Janeiro, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

O desenvolvimento cada vez mais acelerado da sociedade ao longo dos anos causou uma intensificação das atividades humanas sobre o meio ambiente, o que gerou uma busca cada vez maior por uma relação sociedade-natureza mais sustentável. Neste sentido, os estudos referentes à preservação da Biodiversidade (diversidade biológica) ganharam destaque. Desde então, houve a necessidade de entender melhor o meio abiótico, que representa o substrato para o desenvolvimento do meio biológico, estando intrinsecamente relacionados. A Geodiversidade está relacionada à diversidade do meio abiótico, e junto com a Biodiversidade, constitui a diversidade do ambiente natural. Apesar dessa intrínseca relação, os estudos relacionados ao meio ambiente apresentam ainda um foco muito maior na Biodiversidade. Sendo assim, o conceito de Geodiversidade ainda está em processo de desenvolvimento teórico e metodológico, com a aplicação do conceito nos estudos ambientais, relacionados à conservação da natureza e gestão do território. Com o objetivo de contribuir com a divulgação do conceito e as discussões metodológicas com ênfase na gestão do território, este trabalho consistiu em uma abordagem conceitual e metodológica da Geodiversidade; utilizando como área de estudo o município de Miguel Pereira, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para isso, foram realizadas duas abordagens distintas e complementares de mapeamento da Geodiversidade: mapeamento quantitativo, com a criação de mapas de Índice de Geodiversidade do município através de diferentes testes metodológicos de quantificação; e mapeamento qualitativo, com a criação de um Mapa de Geodiversidade de Miguel Pereira. Ambos os produtos foram utilizados para uma análise do meio físico de forma complementar, permitindo obter informações acerca de seus elementos abióticos, e a relação entre eles. O mapeamento quantitativo mostrou uma resposta clara e objetiva dos elementos do meio físico, sendo possível observar as áreas de maior e menor riqueza no município a partir de métodos diferentes (*multiparts* e *singleparts*), indicando quais áreas podem ter potencial para conservação. Complementando estes resultados, o mapeamento qualitativo permitiu a definição de Unidades de Geodiversidade e as potencialidades e limitações ao uso de cada unidade, bem como seus serviços ecossistêmicos. Foram ainda indentificados, em escala de sítio, os serviços ecossistêmicos presentes em pontos identificados no mapeamento e visitados em campo. A utilização das duas metodologias em conjunto mostrou-se interessante, já que os pontos identificados no método quantitativo foram também utilizados na caracterização e interpretação das unidades, mostrando a relação entre os dois métodos. Além disso, foi possível determinar possíveis restrições das unidades para as áreas de maior riqueza no mapa quantitativo. Assim, a avaliação do meio físico de Miguel Pereira através de avaliação qualitativa e quantitativa mostrou um alto potencial para aplicação na gestão territorial, já que fornecem uma análise completa do meio físico.

Palavras-chave: Geodiversidade, Mapeamento, Miguel Pereira

ABSTRACT

GONÇALVES, Jéssica. **Mapeamento da Geodiversidade do município de Miguel Pereira - RJ: abordagens metodológicas e sua contribuição para a gestão territorial [Geodiversity mapping of Miguel Pereira municipality – RJ: methodological approaches and contribution to the territorial management]** Rio de Janeiro, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The growing development of society over the years has led to an intensification of human activities on the environment, which has generated an increasingly search for a more sustainable society-nature relationship. In this sense, studies related to the conservation of Biodiversity (biological diversity) have gained prominence. Since then, there has been a need to better understand the abiotic environment, which is the substrate for the development of the biological environment. Geodiversity is related to the diversity of the abiotic environment, and together with Biodiversity, constitutes the diversity of the natural environment. In spite of this intrinsic relation, the studies related to the environment still have a much greater focus on Biodiversity. Thus, the concept of Geodiversity is still in the process of theoretical and methodological development, with the application of the concept in environmental studies, related to nature conservation and territorial management. With the goal of contributing to the dissemination of the concept and the methodological discussions with emphasis on territorial management, this work consisted of a conceptual and methodological approach on Geodiversity; using as study area the municipality of Miguel Pereira, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. Two different and complementary approaches to Geodiversity mapping were carried out: quantitative mapping, with the creation of Geodiversity Index maps of the municipality through different methodological tests of quantification; and qualitative mapping, with the creation of a Geodiversity Map of Miguel Pereira. Both products were used for a physical analysis in a complementary way, allowing to obtain information about its abiotic elements, and the relation between them. The quantitative mapping showed a clear and objective response of the elements of the physical environment, being possible to observe the areas of greater and lesser richness in the municipality from different methods (multiparts and singleparts), indicating which areas may have conservation potential. Complementing these results, the qualitative mapping allowed the definition of Geodiversity Units and the potentialities and limitations to the use of each unit, as well as its ecosystem services. Ecosystem services were also identified, in site scale, at points identified in the mapping and visited in a fieldwork. The use of the two methodologies together proved to be interesting, since the points identified in the quantitative method were also used in the characterization and interpretation of the units, showing the relationship between the two methods. In addition, it was possible to determine possible restrictions of the units for the areas of greatest reachness in the quantitative map. Thus, the evaluation of the physical environment of Miguel Pereira through qualitative and quantitative evaluation showed a high potential for application in territorial management, since they provide a complete analysis of the physical environment

Key words: Geodiversity, Mapping, Miguel Pereira

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A Geodiversidade e os diversos setores em que pode ser aplicada (Silva, 2008)....	26
Figura 2. Estrutura conceitual da Geodiversidade (integrante da Diversidade Natural), e sua relação com Patrimônio Geológico e Geoconservação (Traduzido de Brilha, 2015)	26
Figura 3. Estrutura Organizacional de Planejamento elaborada para uma Unidade de Conservação (UC) (Santos,2004).....	28
Figura 4. Serviços ecossistêmicos de natureza abiótica (Traduzido de Gray, 2013)	30
Figura 5. Modelo de Bertrand (1972) para abordagem geossistêmica	38
Figura 6. Localização do Município de Miguel Pereira (Fonte de dados: IBGE).....	40
Figura 7. Localização das Unidades de Conservação (UC's) Federal e Estadual	41
Figura 8. Localização da Unidade de Conservação (UC) Rebio do Tinguá e da sua Zona de Amortecimento (MMA&IBAMA, 2006. Fonte: IBGE, 2000).....	42
Figura 9. Mapa de acesso ao Município de Miguel Pereira (Fonte: Google Earth)	43
Figura 10. Mapa tectônico da região Sudeste do Brasil - 1) Cráton do São Francisco; 2) Cinturão Brasília; 3) Terreno Cabo Frio; 4) Terreno Oriental – Domínio Costeiro; 5) Terreno Oriental - Arco Magmático Rio Negro; 6) Klippe Paraíba do Sul; 7) Terreno Ocidental; 8) Bacia do Paraná; 9) corpos alcalinos do Cretáceo Superior a Eoceno; 10) bacias do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB): A – São Paulo; B - Taubaté; C - Resende; D - Volta Redonda; E - Macacu; F - Itaboraí; G – Barra de São João; 11) sedimentos cenozóicos indiferenciados; 12) falhas reversas, nappes; 13) Alinhamento Magmático de Cabo Frio; 14) limites de grábens do RCSB (Riccomini <i>et al.</i> , 2004. Fontes: modificado de Riccomini, 1989; Ferrari, 1990; Mohriak & Barros, 1990; Heilbron <i>et al.</i> , 2000; e Ferrari, 2001).....	44
Figura 11. Mapa do Gráben do Rio Santana e rochas do embasamento subjacentes. As setas indicam o <i>Central Tectonic Boundary</i> (CTB), a linha de maior contraste reológico na área. As letras em vermelho (A) e (B) representam sedimentos do Paleógeno; algumas falhas mariores não foram marcadas por uma questão de clareza (Fonte: Gontijo-Pascutti <i>et al.</i> , 2010).....	46
Figura 12. Facetas Triangulares relacionadas às falhas de <i>trend</i> SE: (A) foto e (B) esboço (Gontijo-Pascutti <i>et al.</i> , 2010)	47
Figura 13. Mapa Geológico de Miguel Pereira, RJ, Brasil.....	48
Figura 14. Mapa Pedológico do município de Miguel Pereira	52
Figura 15. Mapa Geomorfológico do município de Miguel Pereira.....	56
Figura 16. Mapa Hidrográfico do município de Miguel Pereira	59

Figura 17. Matriz Vetorial (<i>Grid</i>) com resolução de 1000 x 1000 metros.....	62
Figura 18. Mapa Geomorfológico sobreposto por <i>grid</i> (1000 x 1000m) mostrando a contagem de ocorrências (padrões de relevo) em cada célula, com a geração de centroides (pontos) através de (A) <i>Multiparts</i> e (B) <i>Singleparts</i>	63
Figura 19. Mapa de pontos do campo (Fonte: Google Earth)	67
Figura 20. Mapa de subíndice Geológico através do método <i>multiparts</i>	71
Figura 21. Mapa de subíndice Geológico através do método <i>singleparts</i>	72
Figura 22. Mapa de subíndice Geomorfológico através do método <i>multiparts</i>	75
Figura 23. Mapa de subíndice Geomorfológico através do método <i>singleparts</i>	76
Figura 24. Mapa de subíndice Pedológico através do método <i>multiparts</i>	78
Figura 25. Mapa de subíndice Pedológico através do método <i>singleparts</i>	79
Figura 26. Mapa de subíndice Hidrográfico	81
Figura 27. Mapa de Índice de Geodiversidade através do método <i>multiparts</i> utilizando Valor Máximo Obtido.....	85
Figura 28. Mapa de Índice de Geodiversidade através do método <i>multiparts</i> utilizando Valor Máximo Possível	86
Figura 29. Mapa de Índice de Geodiversidade através do método <i>singleparts</i> utilizando Valor Máximo Obtido.....	88
Figura 30. Mapa de Índice de Geodiversidade através do método <i>singleparts</i> utilizando Valor Máximo Possível	89
Figura 31. Mapa de Geodiversidade de Miguel Pereira, RJ, Brasil	91
Figura 32. Mirante em Governador Portela com vegetação dificultando a visualização da paisagem (ponto Portela2)	94
Figura 33. Mirante na estrada Chaumière (ponto MP1).....	94
Figura 34. Mirante localizado na pousada Mirante da Serra (Ponto Mirante)	94
Figura 35. Ponto RJ1 na estrada RJ-125	96
Figura 36. Ponto MP3 de rocha milonitizada associada ao <i>Central Tectonic Boundary</i> (CTB) mostrando em a) pegmatito concordante e em b) falha normal subvertical	96
Figura 37. Cachoeira do Poção (Ponto Poção) mostrando em a) construções no entorno; em b) queda d'água da cachoeira; e em c) falha reversa	97
Figura 38. Hidrelétrica Vera Cruz (Pontos VeraCruz1 e VeraCruz2).....	98
Figura 39. Localidade de Conrado (Ponto Conrado4) mostrando em a) placas informativas; em b) queda d'água da cachoeira e muitos blocos de rochas; e em c) dique de diabásio com esfoliação esferoidal	99

Figura 40. Localidade de Conrado (Ponto Conrado1) mostrando terraços fluviais com dois níveis (4 metros e 1,5 metro), facetas triangulares e estratificação plano-paralela na borda do terraço.	101
Figura 41. Ponto Javary1 de rocha muito alterada e ocorrências de deslizamento	103
Figura 42. Ponto Javary2 com observação da paisagem composta de facetas triangulares, ocupações nas áreas colinosas e Lago de Javary	103
Figura 43. Lagoa das Lontras para atividades turísticas de observação da paisagem	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nomenclatura dos pontos visitados em campo e suas respectivas coordenadas	68
Tabela 2. Mapas de Índice de Geodiversidade obtidos através dos métodos <i>multiparts</i> e <i>singleparts</i>	82
Tabela 3. Síntese das Unidades de Geodiversidade informando suas potencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos	104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1. 1 Objetivos	18
1.1.1 Objetivos Específicos	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Evolução do Conceito de Geodiversidade e sua Importância	20
2.2 O Papel da Geodiversidade na Gestão Territorial	23
2.3 Métodos Quantitativos para Avaliação da Geodiversidade	31
2.4 Mapeamento da Geodiversidade	38
3 ÁREA DE ESTUDO	40
3.1 Localização	40
3.2 Geodiversidade	43
3.2.1 Geologia	43
3.2.1.1 <u>Geologia Regional</u>	43
3.2.1.2 <u>Miguel Pereira</u>	45
a) Unidade Itaocara	49
b) Batólito Serra das Araras	49
c) Batólito Serra dos Órgãos	49
d) Unidade Rio Negro	50
e) Diques Basálticos	50
f) Sedimentos Aluvionares	51
3.2.2 Pedologia	51
a) Latosolos	53
b) Argissolos	53
c) Neossolos	54
d) Cambissolos	54
3.2.3 Geomorfologia	54
a) Cinturão Orgênico do Atlântico	57
b) Coberturas Sedimentares Quaternárias	57
3.2.4 Hidrografia	58
4 MATERIAL E MÉTODOS	60
4.1 Material	60
4.2 Métodos	61
4.2.1 <i>Mapa de Índice de Geodiversidade</i>	61

4.2.2	<i>Mapa de Geodiversidade</i>	65
4.2.3	<i>Trabalho de campo</i>	65
5	RESULTADOS	68
5.1	Avaliação Quantitativa da Geodiversidade	69
5.1.1	<i>Subíndice Geológico</i>	69
	a) <i>Método Multiparts</i>	69
	b) <i>Método Singleparts</i>	70
5.1.2	<i>Subíndice Gemorfológico</i>	73
	a) <i>Método Multiparts</i>	73
	b) <i>Método Singleparts</i>	74
5.1.3	<i>Subíndice Pedológico</i>	77
	a) <i>Método Multiparts</i>	77
	b) <i>Método Singleparts</i>	77
5.1.4	<i>Subíndice Hidrográfico</i>	80
5.1.5	<i>Mapa de Índice de Geodiversidade</i>	82
5.1.5.1	<i>Método Multiparts</i>	83
	a) “Valor máximo obtido” (VMO)	83
	b) “Valor máximo possível” (VMP)	83
5.1.5.2	<i>Método Singleparts</i>	87
	a) “Valor máximo obtido” (VMO)	87
	b) “Valor máximo possível” (VMP)	87
5.2	Avaliação Qualitativa da Geodiversidade	90
5.2.1	<i>Mapa de Geodiversidade</i>	90
5.2.1.1	<i>Unidades de Geodiversidade</i>	92
	a) Batólito Serra dos Órgãos	92
	b) Escarpas de Borda de Planalto	92
	c) Relevo Serrano formado por Ortognaisses e Migmatitos	95
	d) Serra das Araras e Paracambi (Serra do Mar)	98
	e) Planícies de Inundação do rio Santana	100
	f) Planaltos Dissecados	101
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	105
6.1	Avaliação Quantitativa: Mapa de Índice de Geodiversidade	105
6.2	Avaliação Qualitativa: Mapa de Geodiversidade	109
6.3	Análise Integrada: Avaliação Qualitativa e Quantitativa	110

7 CONCLUSÃO.....	111
8 REFERÊNCIAS.....	114

1 INTRODUÇÃO

O meio em que vivemos é submetido a todo o momento a processos endógenos (como os movimentos no manto e no núcleo, controlados por energia térmica do interior da Terra) e exógenos (como o clima e as condições meteorológicas, controlados pela energia solar) (Silva, 2008). Porém, à medida que a sociedade foi crescendo e se desenvolvendo cultural e tecnologicamente, as atividades humanas foram se intensificando, principalmente no século XIX, e tem se tornado mais rápidas e mais difundidas ao longo do tempo. Atividades como desmatamento, agricultura e outros tipos de uso do solo vem causando diversas consequências no meio ambiente, que sofre impactos negativos significativos, incluindo alteração de sua dinâmica e equilíbrio natural (Kozłowski, 2004; Silva, 2008; Goudie, 2013). Por isso, tem surgido uma preocupação em torno dos diversos impactos negativos na natureza a fim de buscarem-se soluções para protegê-la ou, pelo menos, minimizá-los. Kozłowski (2004) destaca que manter o equilíbrio entre os elementos individuais do meio natural (elementos abióticos e bióticos) é importante para o estabelecimento de condições ambientais adequadas que darão suporte necessário ao desenvolvimento da vida.

A diversidade dos elementos abióticos (Geodiversidade) na Terra atingiu o seu máximo de desenvolvimento possivelmente no Arqueano (3,5-2,5 Ga), acompanhando o desenvolvimento da crosta continental primordial em consequência de processos tectônicos iniciais. Esses processos tectônicos deram origem a uma grande variedade de minerais e rochas, além de soerguimento de montanhas e evolução das formas de relevo. A Geodiversidade na Terra, então, começou muito antes da origem da vida e, conseqüentemente, da diversidade dos elementos bióticos (Biodiversidade), que atingiu seu máximo no Cambriano, a partir de 540 milhões de anos. Sendo assim, os fatores que contribuíram ao longo do tempo geológico para a Geodiversidade na Terra, são: atividade tectônica; diferenciação do clima, que contribuiu para os processos físicos superficiais, como intemperismo, erosão e sedimentação, além esculpir as diversas formas de relevo; e a evolução dos seres vivos e seus episódicos eventos de extinção em massa, que contribuiu para o registro fóssil (Gray, 2008).

De acordo com Gray (2008), o termo “*hotspot*”, muito utilizado para referir-se à áreas com grande variedade biológica, pode também referir-se à áreas com grande Geodiversidade. Estas áreas são caracterizadas por longas e complexas histórias geológicas (ex.: Grã-Bretanha); margens de placas (principalmente margens convergentes), devido ao desenvolvimento de novas rochas e formas de relevo a partir de processos exógenos e

endógenos; e áreas costeiras, onde há alto grau de exposição das rochas e diversos processos atuantes, sedimentos e formas de relevo.

Segundo Serrano & Ruiz Flaño (2007a), os elementos abióticos não só fornecem o sustento à vida, mas também apoiam a funcionalidade dos sistemas terrestres e marinhos, o que os tornam, não só um veículo de suporte, mas uma entidade em si. Devido à sua importância, sua conservação é muitas vezes necessária, sendo desenvolvidas atividades de conservação de habitats e paisagens. A Biodiversidade é, portanto, condicionada pela Geodiversidade, já que os organismos necessitam de condições abióticas indispensáveis para sua subsistência. Por exemplo, os processos de erosão e intemperismo das rochas, em conjunto com o relevo e o clima, contribuem para a formação dos solos que irão fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, da vida (Brilha, 2005; Silva, 2008). Dessa forma, a Geodiversidade está intimamente relacionada com os Serviços Ecossistêmicos; ou seja, desempenham papel fundamental no fornecimento de bens e serviços à sociedade, como por exemplo: regulação da qualidade da água e erosão dos solos, recursos minerais, regulação de condições climáticas, *habitat*, processos geomorfológicos, Geoturismo, entre outros (Alahuhta *et al.*, 2018; Gray *et al.*, 2013).

É notório que o meio biológico e o meio físico apresentam intrínseca conexão e, que não devem ser estudados separadamente; ou seja, estudos referentes ao meio ambiente devem abordar de maneira integradora a diversidade do meio biológico e a diversidade do meio físico, principalmente quando tais estudos são aplicados ao planejamento, gestão e ordenamento de um território. É muito comum nesses estudos que a Biodiversidade receba uma maior preocupação a cerca de sua preservação e conservação, em relação à Geodiversidade. Porém, segundo Carcavilla *et al.* (2008), a Geodiversidade constitui uma propriedade intrínseca do território, sendo um atributo característico dele e, conseqüentemente, apresenta relação com diversos outros aspectos (culturais, econômicos, climáticos, etc.), constituindo-se de igual importância na análise de um território.

O conceito de Geodiversidade é recente em sua aplicação, sendo o equivalente abiótico da Biodiversidade; ou seja, é a variedade natural (diversidade) de características geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de relevo, topografia, processos físicos), pedológicas e hidrológicas, incluindo suas assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para paisagens (Gray, 2013). Esse conceito passa a evoluir a partir da Convenção de Biodiversidade realizada no Rio de Janeiro, em 1992, onde diversos geocientistas reconheceram a importância de descrever o meio abiótico; e, estaria ligado inicialmente, à conservação da natureza e gestão de áreas protegidas (Serrano & Ruiz-Flaño,

2007a,b; Gray, 2008; Manosso, 2012). Posteriormente, em 1993, o termo “Geodiversidade” foi utilizado pela primeira vez em publicações na Alemanha e na Austrália (Gray, 2008). A partir daí, foram desenvolvidas propostas diferentes de definições para o conceito de Geodiversidade, cada uma mostrando uma abordagem diferenciada, na tentativa de encontrar uma definição que seja mais representativa da Geodiversidade e que sirva de referência. Alguns desses conceitos levam em conta apenas a diversidade geológica (Nieto, 2001; Carcavilla *et al.*, 2008); outras apresentam uma definição mais geográfica (Rojas-López, 2005); e outros autores apresentam uma definição mais ampla, e incluem, além de processos naturais (endógenos e exógenos), também processos antrópicos (Kozłowski, 2004; Serrano & Ruiz-Flaño, 2007a,b). Gray (2013), em sua definição da Geodiversidade, utiliza os elementos abióticos do meio natural (geologia, geomorfologia, solos e hidrografia) de forma integradora; sem considerar os processos de natureza antrópica.

Apesar das diversas tentativas de definição da Geodiversidade, a quantidade de trabalhos científicos com foco na Biodiversidade ainda é muito maior. Em consequência disso, segundo Manosso (2012), são ainda poucos os trabalhos que mostrem uma metodologia adequada para identificação, classificação, inventário, reconhecimento, valorização, divulgação e proteção da geodiversidade. Ainda em menor quantidade, são os trabalhos que apresentem uma metodologia de quantificação da Geodiversidade com replicabilidade do método para outras áreas.

Este trabalho tem como objetivo realizar uma abordagem conceitual e metodológica da Geodiversidade; utilizando como área de estudo o município de Miguel Pereira, no estado do Rio de Janeiro, Brasil.

O município de Miguel Pereira é um dos locais abrangendo parte de duas Unidades de Conservação integrais inseridas no bioma Mata Atlântica: uma de esfera federal (Reserva Biológica do Tinguá), e outra estadual (Reserva Biológica de Araras). A Reserva Biológica do Tinguá situa-se também nos municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Petrópolis, Queimados e Japeri; com área de 26.260 ha. Esta Unidade de Conservação apresenta grande importância biológica, com a necessidade de conservação da flora, vegetação e fauna (mamíferos, aves, répteis, anfíbios). Além da Biodiversidade, também apresenta grande diversidade abiótica composta de rochas do Cretáceo-Terciário e do Pré-Cambriano, além de sedimentos do Quaternário; diversas formas de relevo; diversos tipos de solos; e importante rede hidrográfica. A Zona de Amortecimento da Rebio do Tinguá é formada por Unidades de Conservação de Uso Sustentável, mais especificamente Áreas de Proteção Ambiental (APA's). O município de Miguel Pereira apresenta a APA do Rio Santana, inserida na APA

do Rio Guandu (esfera Estadual), com área de 23.595 ha (MMA/IBAMA, 2006). A Reserva Biológica de Araras (RBA) apresenta área de 3.838 ha (7,06% abrangendo Miguel Pereira), possuindo também grande importância biológica e abiótica (hidrografia, relevo, solos, rochas). Devido à proximidade das duas UC's, é possível a criação de um corredor ecológico conectando os dois grandes maciços da região Serrana Fluminense: Serra dos Órgãos e Serra do Tinguá; o que possibilita melhores condições de sobrevivência para inúmeras espécies (INEA, 2010).

Os produtos principais desta Monografia são os mapas quantitativos (Mapas de Índice de Geodiversidade) e qualitativo (Mapa de Geodiversidade, representando as unidades de Geodiversidade) do município. A relevância deste estudo reside em sua contribuição a questões relacionadas ao desenvolvimento de metodologias de quantificação da geodiversidade, que já vem sendo discutidas na comunidade científica; e, também, para o fortalecimento e divulgação do conceito de Geodiversidade. Além disso, a produção de mapas de Índice de Geodiversidade utilizando ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) podem servir como uma ferramenta útil para a gestão do território, permitindo observar, de forma clara e objetiva, as ocorrências e distribuição dos elementos da Geodiversidade na região em estudo.

Os mapas quantitativos e qualitativo da Geodiversidade podem auxiliar na identificação de áreas que apresentam maior Geodiversidade no município, verificando se as mesmas se encontram em zonas ocupadas pela população urbana ou próximas à Unidades de Conservação, por exemplo. Permitem, ainda, segundo Forte (2014), a identificação de áreas com maior potencial para conservação ou para o turismo. Tal conhecimento, chegando aos órgãos públicos e à população, pode auxiliar na prevenção e/ou mitigação de impactos negativos nessas áreas.

1. 1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é realizar o mapeamento qualitativo e quantitativo da Geodiversidade do Município de Miguel Pereira/Rio de Janeiro/Brasil, com a geração de um Mapa de Geodiversidade e Mapas de Índice de Geodiversidade; e analisar a utilização desses produtos para estudos de gestão territorial.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Reunir uma base de dados georreferenciada da Geodiversidade do município de Miguel Pereira;

- b) Criação de mapas de Índice de Geodiversidade do município de acordo com diferentes métodos de quantificação;
- c) Gerar um Mapa de Geodiversidade com a compartimentação da área em Unidades de Geodiversidade e integração dos elementos do meio físico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução do Conceito de Geodiversidade e sua Importância

A utilização do termo Geodiversidade em seu sentido atual como “diversidade dos elementos abióticos” começou na década de 90. A partir de então, o termo vem sendo utilizado principalmente por geólogos e geógrafos em várias partes do mundo. Ligado principalmente à conservação da natureza e gestão de áreas protegidas, cresceu a partir da introdução do conceito de Biodiversidade em 1988. Assim, é muito comum, na literatura, este termo estar relacionado aos termos “patrimônio geológico” e “geoconservação” (Serrano & Flaño, 2007a,b; Carcavilla *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2013).

Ainda assim, o termo “Biodiversidade” aparece com maior frequência, pois este está mais desenvolvido e reconhecido no meio científico, devido à importância que se deu ao longo dos anos à sua preservação e divulgação. Porém, a Geodiversidade (variedade abiótica) deveria ser considerada tão importante quanto a Biodiversidade (variedade biótica), já que ambas estão inter-relacionadas, constituindo a diversidade do ambiente natural (Matthews, 2014). Segundo Serrano & Ruiz Flaño (2007a), a Geodiversidade e a Biodiversidade se complementam, sendo diferentes entre si; e considerando ambas como elementos integrantes da “diversidade natural”, com a Geodiversidade como parte fundamental da mesma.

O termo “Geodiversidade” adquiriu ao longo do tempo diversos significados, devido às várias formas de definição e interpretação do mesmo (Carcavilla *et al.*, 2008). Sharples (1995) apresentou uma das primeiras definições da Geodiversidade, considerando em sua definição as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas, incluindo processos formados atualmente assim como processos antigos, evidenciados pela ocorrência de fósseis. A *Australian Heritage Commission* (2002) adotou esta definição de Sharples (1995), complementando-a.

Em outras definições, o conceito de Geodiversidade aparece com um caráter mais específico, relacionando-o principalmente com a diversidade geológica, como nas definições de Johansson *et al.* (1999), Nieto (2001) e Martínez *et al.* (2008), por exemplo. Carcavilla *et al.* (2008) considera também as características geológicas de um território como definidoras do estudo da Geodiversidade; e, além disso, considera a Geomorfologia como parte integrante dos aspectos geológicos. Outras definições tendem a destacar mais o elemento geográfico, como a descrita por Rojas-López (2005). Em contraste a essas definições mais restritivas, Gray (2004) apresentou uma definição mais ampla e integradora, considerando além das características geológicas, geomorfológicas e pedológicas; suas relações, propriedades, interpretações e sistemas.

Definições ainda mais amplas consideram também a influência de atividades antrópicas, além da variabilidade de elementos abióticos e processos exógenos e endógenos; como definido por Kozłowski (2004) e Serrano & Ruiz Flaño (2007a,b). Rojas-López (2005) além de fornecer uma definição geográfica do termo, também incluiu a influência antrópica. Porém, segundo Carcavilla *et al.* (2008) e Pereira *et al.* (2013), a inclusão das atividades antrópicas no conceito da Geodiversidade pode dificultar a aplicação prática do conceito; pois, torna-o muito mais amplo. Isso porque, as atividades humanas geram um conjunto de novos processos, depósitos, formas, etc., que acaba criando um fator de complexidade muito maior. Dessa forma, a aplicação prática do conceito, como a quantificação dos elementos da Geodiversidade baseando-se em sua distribuição espacial, frequência e diversidade, e posterior comparação com diferentes áreas, torna-se mais difícil; devido à problemática da decisão de quais componentes farão parte da Geodiversidade (Santos, 2016). Gray (2013) também destaca que é importante a utilização do conceito em uma perspectiva de conservação da natureza, devido às ameaças a Geodiversidade proveniente de atividades antrópicas.

Assim, muitos autores acham mais interessante avaliar a influência que as atividades antrópicas possuem sobre a Geodiversidade, ao invés de considerá-las como parte da mesma. Pois, a todo momento, estamos interagindo com o meio ambiente e modificando-o em diferentes níveis, positiva ou negativamente. Segundo Brilha (2005), a maior parte das ameaças à Geodiversidade originam-se da atividade humana, direta ou indiretamente. Como exemplos dessas ameaças, o autor cita: exploração de recursos geológicos; desenvolvimento de obras e estruturas; gestão de bacias hidrográficas; florestamento, desflorestamento e agricultura; atividades militares; atividades recreativas e turísticas; colheita de amostras geológicas para fins não científicos; e, também, desconhecimento dos valores da Geodiversidade por parte de responsáveis políticos, técnicos e público em geral. Por isso, muitos autores optam por não incluir a ação humana nas definições da Geodiversidade, concentrando-se apenas nos elementos abióticos da diversidade natural.

Algumas das definições mais relevantes e que tiveram contribuição importante para o desenvolvimento do conceito, além de subsídios para a aplicação prática do conceito estão descritas a seguir:

- **Sharples (1995)** – o autor definiu a Geodiversidade como “*a variedade (ou diversidade) de características geológicas (“bedrock”), geomorfológicas (formas de relevo) e solos, assembleias, sistemas e processos*”.

- **Johansson et al. (1999)** – em uma definição mais restrita aos elementos e processos geológicos, a Geodiversidade é definida como: “*variedade do substrato rochoso, depósitos, formas do terreno, e processos geológicos que formam as paisagens*”.
- **Nieto (2001)** – também com definição restrita à Geologia, a Geodiversidade é considerada como: “*o número e a variedade de estruturas e materiais geológicos, que constituem o substrato físico natural de uma região, na qual se estabelece a atividade orgânica, incluindo a antrópica*”.
- **Australian Heritage Commission (2002)** – em uma definição parecida com a de Sharples (1995), a Geodiversidade é “a variedade natural (diversidade) de características geológicas (“*bedrock*”), geomorfológicas (formas de relevo) e solos, assembleias, sistemas e processos. Inclui evidência do passado, ecossistemas e ambientes da história da Terra assim como uma variedade de processos atmosféricos, hidrológicos e biológicos agindo atualmente sobre as rochas, relevo e solos”.
- **Gray (2004)** – em uma definição mais ampla e integradora, Gray (2004) define a Geodiversidade como: “*o alcance natural da diversidade de características geológicas (rochas, minerais e fósseis), características geomorfológicas (formas terrestres e processos) e solos, incluindo suas relações, propriedades, interpretações e sistemas*”.
- **Kozłowski (2004)** – define a Geodiversidade como: “*a variedade natural da superfície terrestre, referente a aspectos geológicos e geomorfológicos, solos, águas superficiais, bem como outros sistemas criados como resultado dos processos naturais (exógenos e endógenos) e da atividade humana*”.
- **Rojas-López (2005)** – a Geodiversidade é a “*diversidade que vem da própria natureza (meio fisiogeográfico) e o que vem de processos sociais, como produção, liquidação e circulação (homem e suas atividades)*”.
- **Serviço Geológico do Brasil (2006)** - “*O estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico*”.
- **Serrano & Ruiz Flaño (2007a,b)** – apresenta a definição da Geodiversidade como sendo a “*variabilidade da natureza abiótica, incluindo elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, topográficos e processos*”.

físicos na superfície terrestre e nos mares e oceanos, juntamente com sistemas gerados por processos naturais, endógenos e exógenos, e humanos, que abrangem a diversidade de partículas, elementos e lugares”.

- **Gray (2013)** – Atualizando a sua definição de 2004, Gray (2013) define a Geodiversidade como a “*variedade natural (diversidade) de características geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de relevo, topografia, processos físicos), pedológicas e hidrológicas. Inclui suas assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para paisagens”.*

A definição de Gray (2013) é uma das mais aceitas atualmente. Não inclui a influência antrópica; restringindo-a apenas à variedade natural, o que facilita sua compreensão e aplicação em estudos práticos (Santos *et al.*, 2017).

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) também apresentou uma definição para a Geodiversidade semelhante à *Royal Society for Nature Conservation*, acrescentando a esta uma componente climática e, também, os valores da Geodiversidade (intrínseco, cultural, estético, econômico, científico, educativo e turístico). A adição desses valores em sua definição mostra-se interessante no sentido de expor os valores da Geodiversidade (apresentados inicialmente por Gray, 2004). Quando tais valores são de total conhecimento da população e órgãos públicos, dá-se maior importância à Geodiversidade, permitindo, assim, uma gestão do território mais adequada, com base em políticas de conservação da natureza e desenvolvimento sustentável.

Porém, apesar de existirem estas e outras definições para a Geodiversidade, ainda não há um acordo sobre qual definição poderia ser utilizada internacionalmente, e incluir a Geodiversidade na teoria e na prática da Conservação da Natureza. Assim, a implementação de medidas para a Geodiversidade a nível de estratégia global, torna-se muito mais difícil (Forte *et al.*, 2018; Crofts, 2014).

2.2 O Papel da Geodiversidade na Gestão Territorial

Em um contexto histórico, o planejamento do espaço estava ligado inicialmente a práticas de pesca ou agricultura em aldeias, que levavam em consideração aspectos ambientais como topografia e microclima para ordenamento do território. Até a formação das primeiras grandes cidades, o homem planejou o seu espaço com fins religiosos, estéticos e de conforto. Os anos 60 e 70 apresentaram maiores contribuições em relação ao uso do solo. Foi nos anos 60 também, com uma reunião realizada em 1968 (Clube de Roma), que

desenvolveu-se uma maior preocupação com o meio ambiente (até então as perdas ambientais não eram relevadas), havendo a incorporação de questões sociais, políticas, ecológicas e econômicas com uso racional dos recursos. Nos anos 70 e início dos anos 80, houve reformulação dos conceitos de planejamento, influenciados por estudos de impacto e uma tendência de elaboração de planejamentos regionais integrados. Questões como conservação e preservação dos recursos naturais, além da integração do homem com o meio, passaram a ser muito importantes em discussões sobre qualidade de vida da população (Santos, 2004).

Segundo Mafra & Silva (2004), os termos planejamento e gestão territorial aparecem inicialmente relacionados a teorias de localização, utilizando-se fatores como distância, custos de transporte e área de mercado em estudos de produção agrícola e localização industrial. Estes termos são utilizados atualmente para referir-se a intervenções realizadas sobre o território, através de planos e programas de ação, seja por meio do poder público, empresas, sociedade, etc. No caso do Brasil, destacam-se as intervenções do Estado e de grandes empresas através das chamadas políticas territoriais. Estas políticas territoriais possuem como objetivo o desenvolvimento e irão influenciar direta ou indiretamente no ordenamento de um território (organização espacial das sociedades humanas e suas atividades, Fonseca & Silva, 2012; Mafra & Silva, 2004). A necessidade de tais políticas mostra-se cada vez maior devido a diversos fatores, principalmente ao acelerado crescimento populacional e urbano, que vem causando consequências ao meio ambiente e, por conseguinte, à sociedade.

No Brasil, surgiu pela primeira vez (explicitamente) uma proposta de planejamento ambiental como forma de orientação para o ordenamento territorial; com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) em 1981 (Lei nº 6.938/81). Com ela, foram criados também, dentre outros órgãos, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a formulação de diretrizes de avaliação de impactos ambientais, zoneamentos ambientais, planejamento e gerenciamento, utilizando-se como unidades de planejamento as bacias hidrográficas. Segundo Santos (2004), são instrumentos do planejamento ambiental: os Zoneamentos, Estudos de Impacto Ambiental, Planos de Bacias Hidrográficas, Planos Diretores Ambientais, Planos de Manejo, Áreas de Proteção Ambiental (APA's), entre outros.

Os problemas urbanos tiveram início com o crescimento industrial e modernização da agricultura, que resultou em maior concentração da população em determinado local, devido à migração de pessoas às cidades com disponibilidade de mão-de-obra (Mafra & Silva, 2004). Ao longo dos anos, a escala dos problemas urbanos aumentou drasticamente com o aparecimento de grandes áreas metropolitanas. Atualmente, pode-se citar alguns problemas

urbanos enfrentados como carência do solo, dispersão desordenada, deterioração de condições de habitação, congestionamento de tráfego, poluição ambiental e exclusão social (Mafra & Silva, 2004). Assim, intervenções inadequadas no meio físico podem levar a mudanças irreversíveis, causando sérios problemas ao meio ambiente e aos seres vivos. As informações obtidas de estudos de Geodiversidade fornecem uma avaliação da intervenção do homem no meio físico e suas consequências na Biodiversidade. Por isso, o conhecimento da Geodiversidade (no seu sentido teórico e prático) é muito importante, no sentido de melhorar a relação sociedade-natureza e aumentar a qualidade de vida (Silva, 2008).

A Biodiversidade e a Geodiversidade, juntas, compõem a Diversidade Natural (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007a,b). As políticas de conservação da natureza, ao longo dos anos, levaram em conta apenas os aspectos biológicos do meio natural, não dando real importância aos elementos abióticos (Brilha, 2002). Somente nas últimas duas décadas é que a Geodiversidade ganhou maior reconhecimento por parte dos programas governamentais, além de grupos de pesquisa e trabalhos científicos (Manosso & Pellitero, 2012). Segundo Forte *et al.* (2012), entender a relação entre Biodiversidade e Geodiversidade, além de um melhor conhecimento do tipo e variação espacial desta última, contribui para a gestão territorial, em um ponto de vista prático e efetivo. Além disso, torna mais completa a proteção e gestão de áreas naturais. Isto implicaria em um aumento do turismo nestas áreas, em particular, do Geoturismo; tornando-o mais sustentável, o que traz maiores benefícios do ponto de vista ambiental, social e econômico.

Na Figura 1, pode-se observar os diversos setores em que a Geodiversidade pode ser aplicada. Desde a introdução do termo “Geodiversidade” na década de 90, sua aplicação prática tem ganhado mais espaço, principalmente, na gestão e proteção de áreas naturais. Por exemplo, a Geodiversidade (e os seus valores) é aplicada principalmente na gestão e proteção de áreas que possuam relevância científica, raridade ou beleza, como os Geoparques, permitindo, assim, a manutenção e conservação dos Geossítios (sítios do Patrimônio Geológico) no âmbito da Geoconservação; ou ainda, a descoberta de novos Geossítios, que são importantes integrantes do conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável (Nascimento *et al.*, 2008). A Figura 2, mostra as relações entre a Diversidade Natural (mais especificamente, a Geodiversidade), o Patrimônio Geológico e a Geoconservação, com destaque para a Geoconservação.



Figura 1: A Geodiversidade e os diversos setores em que pode ser aplicada (Silva, 2008).

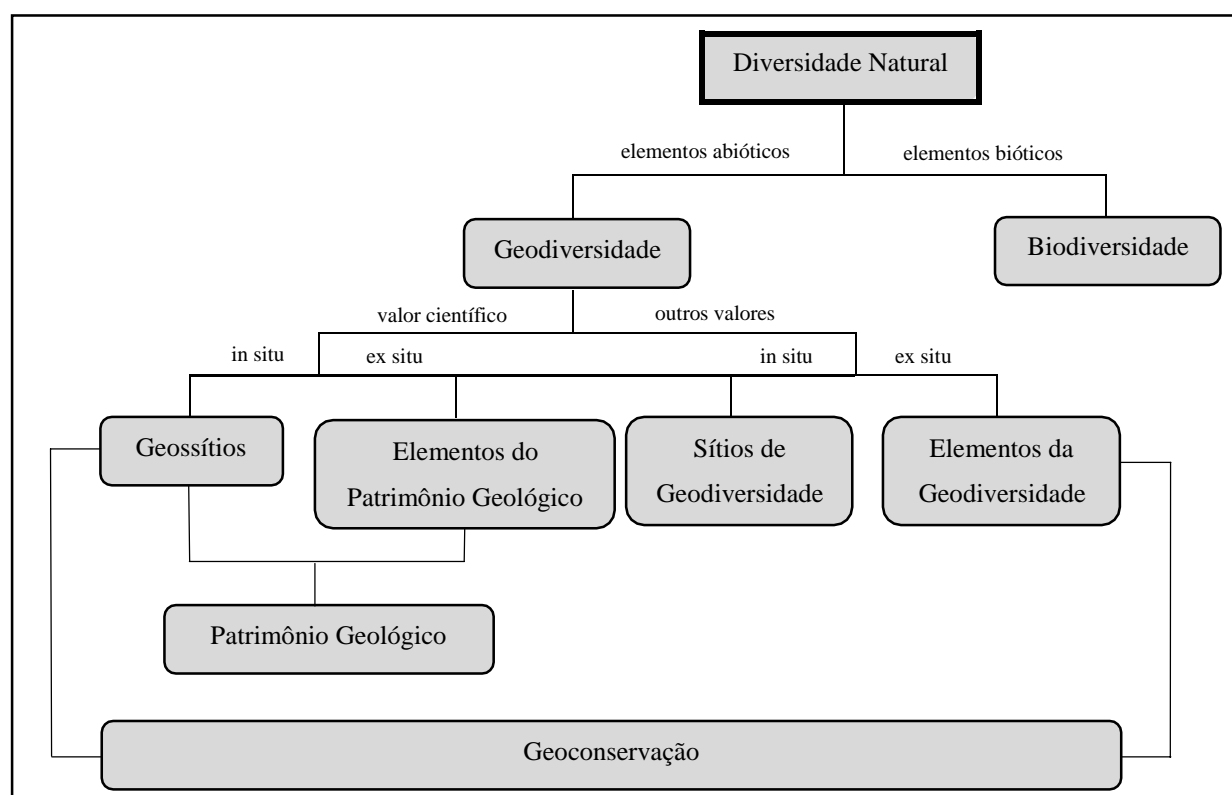


Figura 2: Estrutura conceitual da Geodiversidade (integrante da Diversidade Natural), e sua relação com Patrimônio Geológico e Geoconservação (Traduzido de Brilha, 2016).

Ainda em relação à aplicação da Geodiversidade na gestão e proteção de áreas naturais, pode-se citar como exemplo o município de Miguel Pereira, que abrange parte da Rebio do Tinguá e sua Zona de Amortecimento, e parte da Reserva Biológica de Araras. Foram delimitadas algumas APA's na Zona de Amortecimento da Rebio do Tinguá, destacando-se a APA do Rio Santana, presente no município. Segundo a Resolução Nº 10 da CONAMA de 1988, as APA's são definidas como *“unidades de conservação, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando a melhoria da qualidade de vida da população local e também objetivando a proteção dos ecossistemas regionais”*.

A Figura 3 mostra as fases de planejamento elaboradas para uma Unidade de Conservação (UC) e zona de amortecimento. Pode-se observar que, os elementos abióticos (Geologia, Geomorfologia, Solos, Hidrografia, Clima) são considerados desde a fase 1 do planejamento juntamente com diversos outros fatores. Na fase 2, de integração espacial dos dados, pode-se acrescentar, por exemplo, a elaboração de um Mapa de Índice de Geodiversidade (um dos produtos desta Monografia) na parte de tratamento dos dados, mostrando a diversidade e distribuição dos elementos abióticos para a região da UC a ser estudada, incluindo a zona de amortecimento. Sendo assim, integrando-se o resultado obtido deste Mapa com outros resultados de análises realizadas (fauna, clima, vegetação, etc.), obtém-se um produto completo para utilização em estudos de impacto na região da UC, por exemplo.

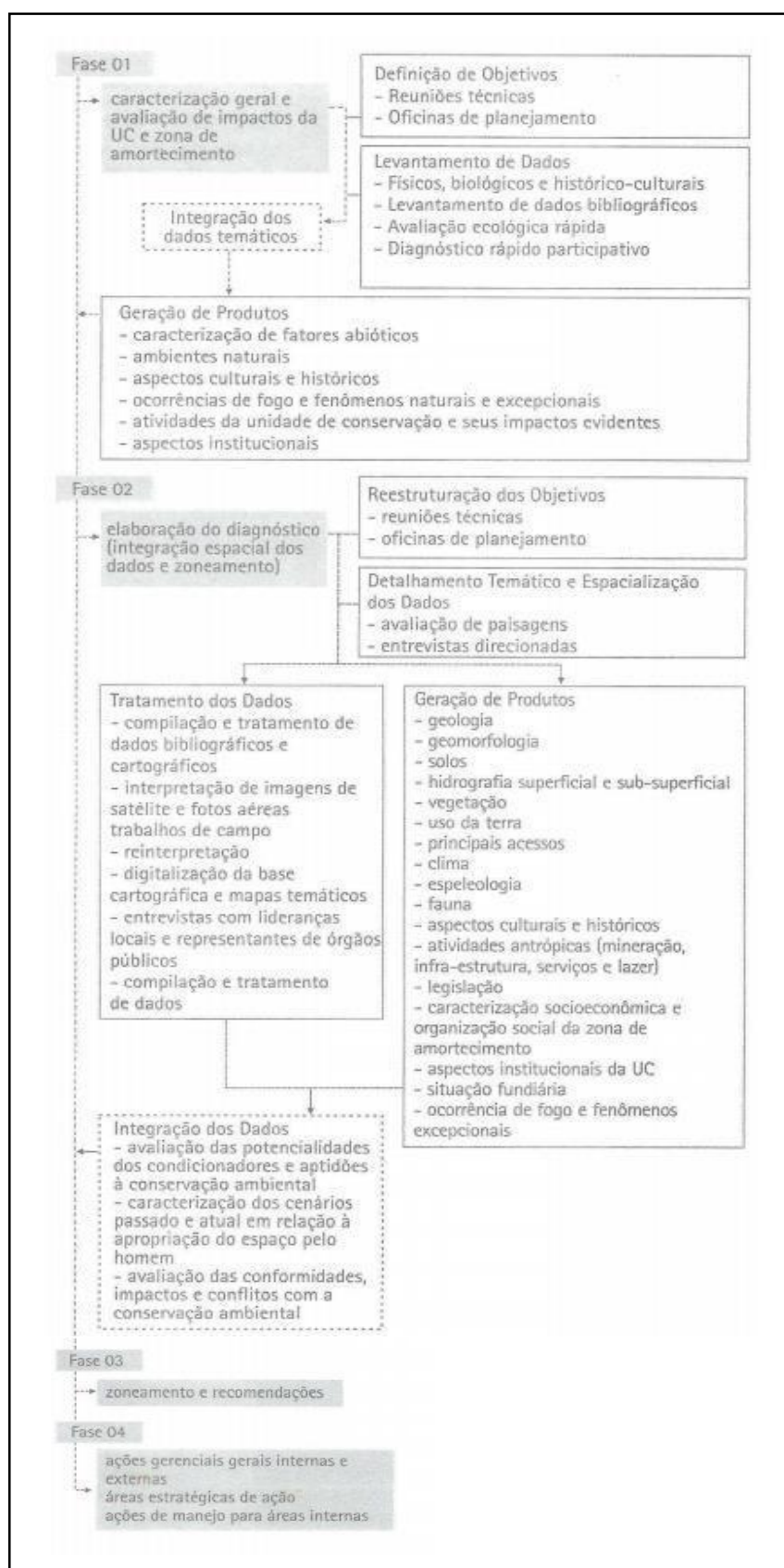


Figura 3: Estrutura Organizacional de Planejamento elaborada para uma Unidade de Conservação (UC) (Santos, 2004).

Em uma visão sistêmica e abrangente, Silva (2008) destaca que, para a realização de atividades que tenham como foco a análise do território com bases sustentáveis, deve-se considerar, além da diversidade natural (meio físico e meio biológico), também a “sociodiversidade” (questões sociais, culturais e econômicas). Neste sentido, a Geodiversidade permite que a relação entre sociedade e natureza torne-se mais benéfica. Isto é, permite que haja maior conscientização acerca do uso de recursos não-biológicos disponibilizados pela natureza, e melhor planejamento para uso e ocupação do território. Além disso, conhecer a Geodiversidade de uma região, permite analisar os melhores locais para uso e ocupação e, ainda, seu potencial geoturístico como atividade econômica sustentável.

Atualmente, tem-se valorado a Geodiversidade com base nos Serviços Ecossistêmicos, que representam os bens e serviços fornecidos pelos ecossistemas (constituídos por organismos vivos e componentes não-vivos em um habitat) para uso humano. Alguns desses serviços apresentam-se em escala global ou sub-global (por exemplo, circulações atmosféricas e oceânicas) e outros, em escala mais local; importantes na gestão local e regional. A Figura 4 mostra os diversos serviços ecossistêmicos de natureza abiótica fornecidos pela Geodiversidade (Gray *et al.*, 2013).

É notório que o estudo da Geodiversidade fornece os subsídios básicos para o planejamento, gestão e ordenamento de um território, constituindo um instrumento indispensável na definição e implantação de políticas públicas para os governos federal, estadual e municipal (Silva, 2008). Possui grande importância não só como uma ferramenta na realização de iniciativas de Geoconservação em áreas de interesse, mas também, para diversas outras aplicações a níveis local, regional ou global. O Mapa de Índice de Geodiversidade pode ser muito útil para aplicações locais e regionais, servindo de auxílio, por exemplo, a Planos Diretores Municipais (PDM's) e na elaboração de mapas Geoambientais, respectivamente. Os mapas Geoambientais possuem como objetivo a delimitação de diversos Domínios Geoambientais, onde ressalta-se potencialidades, limitações, vocações sócio-econômicas e problemas ambientais causados por intervenção desordenada do território (Dantas *et al.*, 2001).

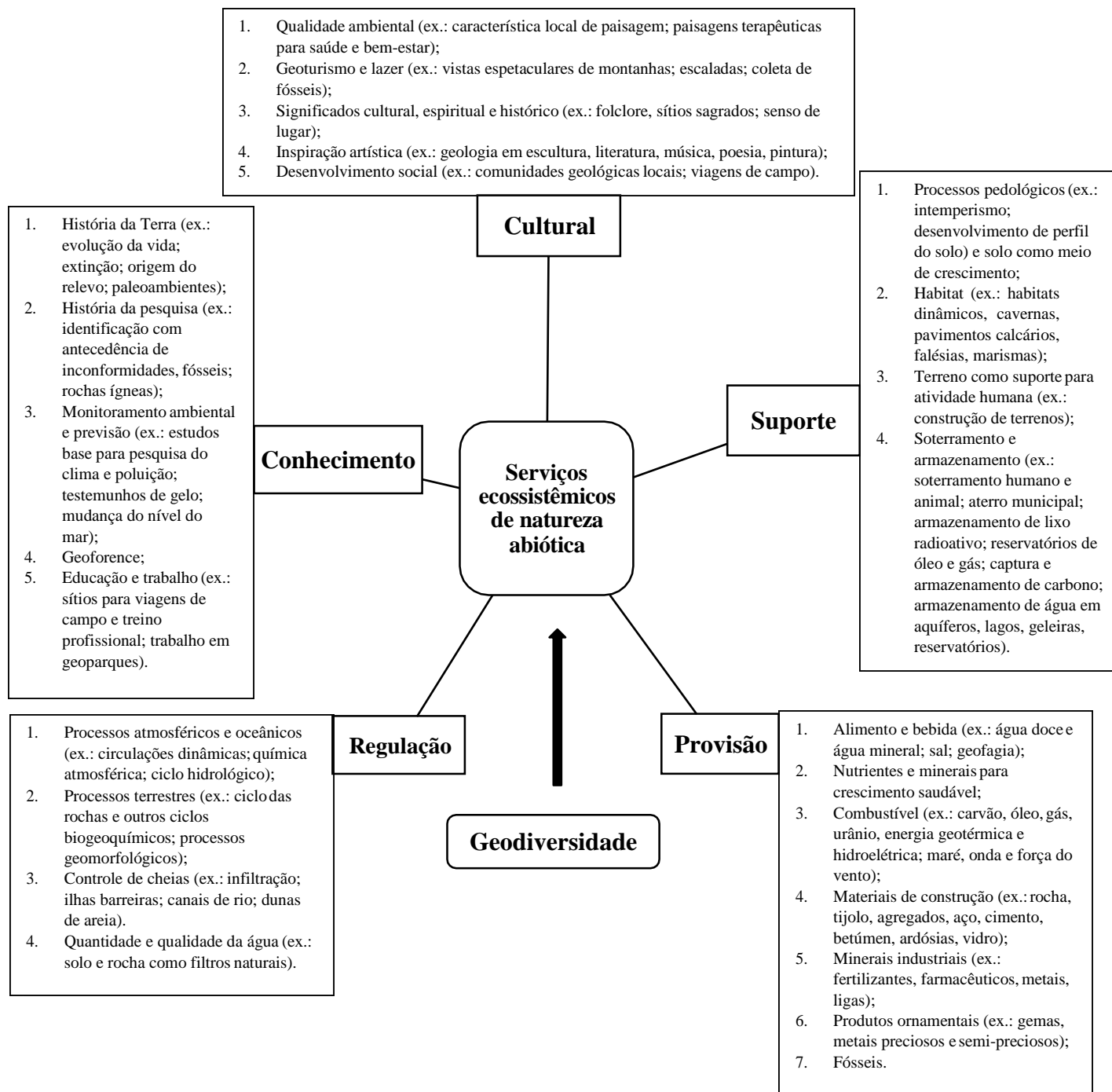


Figura 4: Serviços ecosistêmicos de natureza abiótica (Traduzido de Gray, 2013).

Porém, a Geodiversidade é ainda pouco utilizada em atividades de planejamento, gestão e ordenamento do território, em comparação à Biodiversidade. Um motivo para isso, pode ser devido a insuficientes bases teóricas e metodológicas para a avaliação da Geodiversidade aplicada a um território; como por exemplo, a quantificação da Geodiversidade com geração de um mapa de Índice de Geodiversidade. Segundo Forte (2014), um mapa de Índice de Geodiversidade permite o conhecimento sobre a distribuição espacial dos elementos da Geodiversidade em um território, essencial em termos de sua proteção e utilização; além de mostrar o nível de proteção necessário. Além disso, ainda não há um entendimento adequado dos diversos valores da Geodiversidade, que permitem identificar as áreas de maior interesse e que devem ser preservadas, impedindo ou mitigando possíveis problemas para o meio ambiente e a sociedade. Segundo Manosso & Pellitero (2012), a Geodiversidade possui informações imprescindíveis para a compreensão do passado do planeta, e dos processos atuantes na natureza atualmente; e que a perda de seus elementos gera a perda de parte dessa informação, dificultando a difusão de seu conhecimento e importância.

2.3 Métodos Quantitativos para Avaliação da Geodiversidade

Os estudos referentes à Biodiversidade estão mais consolidados no meio científico, apresentando diversos métodos de avaliação, em relação à Geodiversidade. Em contraste, os estudos que tenham como foco a Geodiversidade são mais recentes; por isso, ainda não há uma metodologia amplamente aceita para sua avaliação e quantificação. Isso porque, a avaliação da Geodiversidade apresentava, em um primeiro momento, uma maior aplicação em estudos de identificação e caracterização do patrimônio geológico (de forma mais qualitativa que quantitativa) que, segundo Pereira *et al.* (2013), é só uma pequena fração do conceito de Geodiversidade.

O desenvolvimento de uma metodologia de quantificação que considere os vários elementos da Geodiversidade e sua variabilidade espacial, aplicando-o na análise do território, ainda está em processo de implementação (Pereira *et al.* 2013). Assim, a maioria dos estudos realizados de avaliação da Geodiversidade até o momento, são essencialmente metodológicos (com foco principalmente na Geoconservação), necessitando ainda mais trabalhos que mostrem a aplicação dos resultados no planejamento, gestão e ordenamento de um território, a partir de uma metodologia desenvolvida.

A quantificação da Geodiversidade se concentrou inicialmente na componente biótica da natureza; com a necessidade de sua aplicação na gestão, proteção e conservação da

Biodiversidade, devido à correlação que há entre a diversidade de habitats e a riqueza e diversidade de espécies (Xavier da Silva *et al.*, 2001). Por exemplo, Xavier da Silva *et al.* (2001) utilizaram índices de Geodiversidade na avaliação da distribuição de espécies em escala de paisagem à partir de uma base de dados referente à porção oeste da Folha Manaus (SA-20, escala 1:1.000.000). Além disso, os autores também apresentaram uma matriz de correlações, que permite a análise sucinta de vários parâmetros ambientais, utilizando-se a Geomorfologia (um dos elementos da Geodiversidade) como parâmetro base. Assim, segundo os autores, a Geomorfologia funcionaria como condicionante para a distribuição de espécies.

Com o desenvolvimento de novos estudos, mais métodos para determinação de índices de Geodiversidade foram sendo apresentados considerando outros elementos da Geodiversidade, mas ainda com foco em um elemento específico. Por exemplo, Carcavilla *et al.* (2008) descreve que o estudo da Geodiversidade deveria basear-se na análise da diversidade, frequência, e distribuição de elementos geológicos, permitindo sua quantificação e comparação com diferentes áreas. Sendo assim, para Carcavilla *et al.* (2008), deve-se considerar para a quantificação da Geodiversidade, o número de diferentes objetos (classes) presentes na análise; o número ou abundância relativa de cada uma dessas classes; e a distribuição espacial dos objetos e relação entre eles. Serrano & Ruiz Flaño (2007a,b) analisaram os elementos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e edáficos, com a elaboração de um mapa Geomorfológico, para avaliação quantitativa da Geodiversidade na região de Tiermas-Caracena (Espanha). Para os autores, a avaliação da Geodiversidade deve começar com a definição da escala, que pode ser a nível de partícula, elementos, lugares e paisagem. Foram obtidas unidades geomorfológicas a partir do mapa geomorfológico, que constituíram a base desta avaliação; e um inventário de elementos físicos existentes neles. Serrano & Ruiz Flaño (2007a,b) determinaram o índice de Geodiversidade a partir da seguinte fórmula:

$$Gd = Eg R / \ln S$$

Onde: Gd = Índice de Geodiversidade; Eg = Número dos diferentes elementos físicos das unidades (geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e pedológicas); R = Coeficiente de rugosidade da unidade; S = Área superficial da unidade (km²).

Assim, o índice de Geodiversidade obtido relaciona a variedade dos elementos físicos com a rugosidade do relevo e área das unidades geomorfológicas. O resultado permitiria então, o estabelecimento de cinco classes de Geodiversidade (muito baixo a muito alto), como proposto por Kozłowski (2004) para uma área na Polônia. Porém, segundo Pereira *et al.*

(2013), tal abordagem parece sugerir que o conceito de Geodiversidade se limita à unidade geomorfológica. Além disso, esta determinação de coeficiente de rugosidade não é compatível com a avaliação da Geodiversidade de grandes áreas (centenas ou milhares) de quilômetros quadrados (Pereira *et al.*, 2013). Posteriormente, o o cálculo do índice de Geodiversidade de Serrano & Ruiz Flaño (2007a,b) foi utilizado também nos estudos realizados por outros autores como Hjort & Luoto (2010); Pellitero *et al.* (2010); Pellitero (2012); Manosso (2012); Najwer & Zwoliński (2014a); Manosso & Nóbrega (2016); Stepíšnik & Trenchovska (2016); entre outros.

Benito-Calvo *et al.* (2009) apresentaram um método diferente para avaliação da Geodiversidade da Península Ibérica. Os autores consideraram os elementos físicos litologia, estrutura, formas de relevo, processos e solos como base da paisagem e também para a definição da Geodiversidade. Obtiveram como resultados um mapa morfométrico, um mapa geológico simplificado e um mapa morfoclimático, estabelecendo-se um número de classes para cada um deles. No final, obteve-se um total de 419 classes a partir de uma operação de *overlay* em ambiente SIG. Zwoliński (2009) foi mais específico em sua análise quantitativa da Geodiversidade, aplicando-a à diversidade das formas de relevo na região de Cárpatos polacos. Seu mapa final teve como base os mapas referentes às formas de relevo, fragmentação das formas de relevo e preservação das formas de relevo, também em ambiente SIG. Mais tarde, sua metodologia foi utilizada por Argyriou *et al.* (2016) que fizeram algumas modificações e a adaptaram ao seu estudo.

Hjort & Luoto (2010) desenvolveram um sistema de quadrículas (“*Grid*”) para a quantificação da Geodiversidade (o índice de Geodiversidade foi calculado utilizando a fórmula de Serrano & Ruiz Flaño, 2007a,b) em uma área de 285 km² no norte da Finlândia; que mais tarde foi utilizado também no estudo realizado por Hjort & Luoto (2012). Os autores consideraram os elementos que estavam presentes ou ausentes nestas quadrículas. Para Hjort & Luoto (2010), esse sistema de quadrículas apresenta diversas vantagens como: estudo de unidades de mesma dimensão; utilização de formas numéricas que possibilitam sua quantificação, no lugar do uso de variáveis espaciais; importante ferramenta em planos de conservação e gestão de áreas em escala de paisagem; e pode ser utilizado para o entendimento das relações entre Geodiversidade e Meio Ambiente, e Geodiversidade e Biodiversidade.

A maioria dos trabalhos realizados atualmente apresentam como objetivo a identificação de áreas com altos índices de Geodiversidade (*Hotspots* de Geodiversidade), através de análise integrada do meio físico (Santos *et al.*, 2017). Apesar de já existirem alguns

trabalhos de quantificação da Geodiversidade, ainda não há uma metodologia amplamente aceita. Segundo Pereira *et al.* (2013), só depois de amplamente aceita uma metodologia, a Geodiversidade poderá ser considerada uma ferramenta útil para iniciativas de conservação da natureza e políticas de desenvolvimento sustentável e planejamento e uso da terra, por exemplo. Além disso, algumas questões relacionadas à forma como quantificar a Geodiversidade ainda são de difícil resolução e continuam sendo questionadas; como a definição da escala, os critérios a serem considerados na quantificação e como estes são influenciados pelo tamanho da área estudada, e a forma de apresentação dos resultados (mapa, tabela, etc., Pereira *et al.*, 2013).

Este trabalho tem como base a metodologia descrita por Pereira *et al.* (2013), que desenvolveu um Mapa de Índice de Geodiversidade considerando os elementos abióticos Geologia, Geomorfologia, Paleontologia, Pedologia e Ocorrências minerais, evitando-se superestimar um desses elementos em particular (o que é comum de ocorrer em diversos trabalhos). Esta metodologia é utilizada também por outros autores como Forte (2014), Silva *et al.* (2015), Santos *et al.* (2017); que a adaptaram às suas respectivas áreas de estudo e escalas de trabalho, e enriqueceram o método de quantificação da geodiversidade com suas contribuições.

Pereira *et al.* (2013) aplicaram seu método de avaliação da Geodiversidade no estado do Paraná/Brasil. Seus objetivos principais foram: 1- testar uma metodologia para avaliação da geodiversidade aplicável a escalas regional e nacional, não superestimando um componente em particular (ex.: litologia ou relevo), mas sim avaliar todos os componentes da geodiversidade; 2- produzir uma mapa de Índice de Geodiversidade para o estado do Paraná baseado no cálculo de índice de geodiversidade. Foram calculados índices numéricos parciais a partir da soma de unidades e ocorrências em áreas definidas por um *grid* sobre os mapas geológico, geomorfológico, paleontológico, pedológico e de ocorrências minerais. Posteriormente, foi obtido o índice de Geodiversidade a partir da soma desses índices parciais. Os autores testaram vários tamanhos de *grid*. O *grid* que mostrou maior diferenciação dos resultados (entre o valor máximo e mínimo obtidos no mapa de Índice de Geodiversidade) foi o de tamanho igual a 25 x 25 km (total de 371 células). Assim, os autores consideraram 5 classes para o estado do Paraná: 1- muito baixo (<11); 2- baixo (11-15); 3- medio (16-20); 4- alto (21-25); e 5- muito alto (>25); onde o valor mínimo obtido na contagem foi 5 e o máximo 33.

Para Pereira *et al.* (2013), o Mapa de Índice de Geodiversidade tem o potencial de se tornar uma ferramenta bastante útil em planos de gestão, pois considera os diferentes

elementos do meio físico de um território. Podem indicar áreas com alta geodiversidade (importante nos planos de uso e ocupação do território), definindo áreas prioritárias para conservação. Além disso, o mapa possui a vantagem de ser facilmente compreendido por não-especialistas na área de ciências da Terra.

Forte (2014) desenvolveu uma metodologia de quantificação da Geodiversidade para os municípios de Mafra (Portugal) e Morro do Chapéu (Brasil), descrita também em Forte *et al.* (2018). O método de quantificação seguiu 3 procedimentos: 1- sobreposição (*overlay*) de variáveis (*features*); 2- atribuição de centroides, ou pontos, a cada um dos novos polígonos criados; 3- análise kernel, resultando em um mapa no formato raster, que depois de reclassificado, permite leitura de áreas com maior ou menor geodiversidade. O diferencial deste método em relação aos outros já publicados, é que neste é realizada uma análise de densidade de pontos (*Kernel*) com aplicação de centroides gerados a partir do *overlay* inicial de variáveis (6 variáveis para o município de Mafra e 8 variáveis para o município de Morro do Chapéu). Enquanto que em outras metodologias, a contagem é feita de variáveis sobrepostas de acordo com um sistema de *grid*, ou seja, o número de variáveis presente na quadrícula independe da repetição ou posição das mesmas na mesma quadrícula.

Para o município de Mafra, o autor realizou as seguintes principais etapas para um dos seus testes: 1- utilização da ferramenta “*union*” para as variáveis Rede hidrográfica, Lagoas, Geologia (sem filões), Geomorfologia e Solos, que se sobrepõem; 2- utilização da ferramenta “*multiparts to singleparts*”, para evitar que vários polígonos com os mesmos atributos sejam considerados como um único grupo; 3- utilização da função “*feature to point*”, que atribui pontos (ou centroides) a cada um dos novos polígonos gerados, utilizando o centro representativo de cada um deles; 4- realização de análise de densidade pontual, ou *kernel density*. Essa função permite, a partir dos pontos, o cálculo da magnitude por unidade de área. Realizou-se uma classificação de informação geográfica, optando-se pela classificação “*Jenks*”, ou “*natural breaks*” e obtiveram-se 5 classes; 5- Por último, realizou-se um “*clip*” do arquivo raster resultante da análise kernel, utilizando-se a ferramenta “*Geospatial Modelling Environment*”. As mesmas etapas foram seguidas para o Município de Morro do Chapéu.

Complementando o método quantitativo exposto, foi ainda realizada uma análise estatística para geologia, geomorfologia e solos; que incluiu: cálculo do número de polígonos por classe, a sua área total e relativa, bem como a frequência de classe. Essas análises estatísticas auxiliariam na análise quantitativa da Geodiversidade, permitindo sua melhor leitura e compreensão. Além disso, foi realizado também o cálculo experimental da

geodiversidade intrínseca que, segundo o autor, possibilita a comparação com outras áreas onde se utilize o mesmo cálculo, levando-se em conta a área de análise:

$$G_i = C/S$$

$$57297/291 = 196,9 \text{ classes/Km}^2$$

Onde: G_i = Geodiversidade intrínseca

C = número de classes existentes em um território

S = Superfície territorial (Km^2)

Um valor elevado corresponde a uma maior geodiversidade por unidade de superfície; neste caso, unidade territorial. Segundo Forte (2014), os resultados obtidos de sua metodologia podem ser aplicados nos planos de ordenamento e gestão dos municípios de Mafra (Portugal) e Morro do Chapéu (Brasil), em um primeiro momento. O autor destaca que os mapas obtidos podem ser utilizados nos Planos Diretores Municipais (PDM's), além da utilização em Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Avaliação de Incidências Ambientais (AIncA).

Silva *et al.* (2015) realizaram um estudo de avaliação da Geodiversidade na bacia do Rio Xingu, abrangendo os estados do Pará e Mato Grosso. Seguindo a metodologia de Pereira *et al.* (2013), os autores desenvolveram um *grid* em uma escala de 1:25.000 cobrindo toda a bacia; gerando-se, assim, 2.462 quadrículas com uma área aproximada de 13,8 km^2 . Todo o processo foi realizado em ambiente SIG, utilizando-se uma base de dados composta pelos mapas Geológico, Geomorfológico, Paleontológico, Pedológico, Hidrográfico e de ocorrências minerais. Baseando-se na metodologia de contagem de ocorrências de elementos em cada célula do *Grid*, foram obtidos valores variando de 1 a 7, para o mapa de Índice Geológico; 2 a 14, para o mapa de Índice Geomorfológico; 1 a 5, para o mapa de Índice Pedológico; 0 a 5, para o mapa de Índice da diversidade de recursos minerais; e 0 a 5, para o mapa de Índice Paleontológico. O mapa de Índice Pedológico mostrou menos variação, que segundo os autores, é devido ao uso de mapa de solos em escala menos detalhada. O mapa de Índice de Geodiversidade apresentou total de ocorrências variando de 4 a 32, com um “hotspot” de geodiversidade ocorrendo na fronteira entre o Complexo Xingu e a Bacia Amazônica. Em contraste, a área da Bacia do Parecis apresentou menor índice de Geodiversidade. Segundo os autores, áreas com baixa geodiversidade apresentam características como relevo pouco dissecado e relativa homogeneidade de rochas e solos, o

que resulta em paisagens mais homogêneas e em baixos valores de diversidade dos elementos abióticos.

Segundo Silva *et al.* (2015), a aplicação desta metodologia mostra-se adequada na gestão do território, pois fornece uma visualização rápida e clara de áreas com baixa ou alta geodiversidade na Bacia em questão (Amazônica).

Santos (2016) aplicou uma metodologia de avaliação da Geodiversidade no município de Armação dos Búzios/RJ/Brasil, comparando-o com o mapa de vegetação da região para fins de comparação entre o meio físico e o meio biótico. O mapa de índice de Geodiversidade foi criado considerando os seguintes elementos do meio físico: geologia, geomorfologia, solos e hidrografia; avaliando-os de forma direta (sem utilização de elementos indicadores e análises subjetivas). Esses elementos da Geodiversidade avaliados, foram chamados de subíndices de Geodiversidade; que somados, darão origem a um mapa final chamado de Mapa de Índice de Geodiversidade. Assim, baseando-se na metodologia de Pereira *et al.* (2013), foi realizada sobreposição de uma matriz vetorial, em ambiente SIG, a cada um dos mapas representando os elementos da Geodiversidade. A partir dessa sobreposição, é possível contar o número de ocorrências em cada célula da matriz, gerando-se um índice de riqueza em cada uma destas células. A cada ocorrência de elementos foi atribuído 1 ponto na avaliação. Essa mesma metodologia foi aplicada para cada mapa de subíndice de Geodiversidade, que depois foram sobrepostos e somados dando-se origem ao mapa de Índice de Geodiversidade.

A matriz criada pelo autor apresentou resolução de 500x500m, a qual se mostrou adequada para as escalas dos mapas utilizados (levando-se em conta o mapa de escala menos detalhada: Mapa Pedológico, de escala 1:50.000). Obtido o mapa de índice de Geodiversidade, a partir da soma dos mapas de subíndices, foram definidas 5 classes com base nos valores máximo e mínimo alcançados: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. Depois disso, o mapa em formato de polígono foi convertido para um em formato de pontos, que a partir da interpolação através do método IDW (*Inverse Distance Weighting*), gerou uma superfície contínua (segundo a metodologia de Silva *et al.*, 2013).

Santos (2016), ao gerar também um mapa qualitativo (Mapa de Geodiversidade) da área, relacionou os resultados obtidos do meio físico com a Biodiversidade, observando uma relação direta entre eles, visto que as Unidades de Geodiversidade são ocupadas por tipos de vegetação específicos. Logo, é possível sugerir que áreas com maiores índices de Geodiversidade tendem a possuir maior Biodiversidade. Destaca ainda que, ao unir Geodiversidade com a Biodiversidade, tem-se a diversidade natural de forma integral, importante para o planejamento e gestão territorial. Mais tarde, esta mesma metodologia de

quantificação foi utilizada em Santos *et al.* (2017), relacionando dessa vez o mapa de Índice de Geodiversidade com o mapa de crescimento urbano deste mesmo município. Verificaram que, as áreas mais ricas estão bastante impactadas, ressaltando a importância da Geodiversidade no planejamento e gestão do território.

2.4 Mapeamento da Geodiversidade

O crescente uso do meio natural por uma sociedade cada vez mais modernizada, tanto para fins de ocupação do meio físico quanto para utilização dos seus recursos naturais, provocou uma busca cada vez maior pela sustentabilidade. Neste sentido, os estudos relacionados à Geologia Ambiental ganharam grande importância, já que podem contribuir efetivamente no desenvolvimento sustentável do meio em que vivemos. Tais estudos emergiram a partir da década de 80 aliados à utilização do conceito de paisagem por Geólogos com o objetivo de realizar estudos ambientais visando as demandas da sociedade (Silva & Dantas, 2010; Dantas *et al.*, 2015).

O conceito de paisagem, a partir dos anos 50, passa a ser abordado como um sistema natural (Geossistema), junto com a emergência da Teoria dos Sistemas. Sob esta influência, Sotchava (1960) formulou a Teoria dos Geossistemas, consistindo em uma análise estrutural, hierarquizada e sistêmica da paisagem a partir da sobreposição e interação das diversas “layers” que compõem o sistema geobiofísico (meio biótico e abiótico). Por outro lado, Bertrand (1972) realizou a análise e classificação das paisagens com base geossistêmica visando a compartimentação geológico-geomorfológica. Além disso, para Bertrand (1972), a paisagem compreende a interação entre exploração biológica, potencial ecológico e ação antrópica (Figura 5).

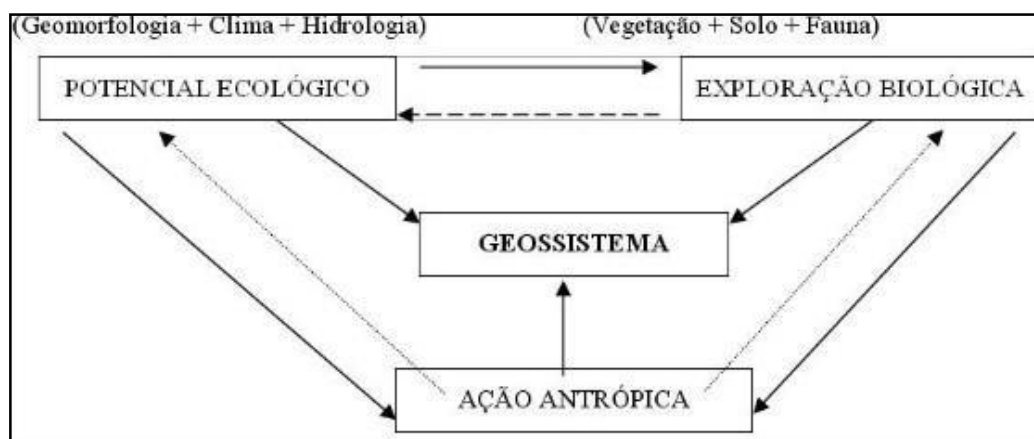


Figura 5: Modelo de Bertrand (1972) para abordagem geossistêmica.

Com o aparecimento do conceito de Geodiversidade, passou-se a ter um melhor conhecimento do meio físico, principalmente quando aplicado a estudos ambientais; sendo possível sua utilização em serviços de preservação do meio abiótico e planejamento territorial. A Geologia Ambiental possui aplicação, portanto, em estudos de gestão ambiental e planejamento e ordenamento territorial com análise sistêmica do meio físico (Silva & Dantas, 2010; Dantas *et al.*, 2015).

A criação do termo Geoambiental ampliou o campo de atuação dos profissionais das Geociências na análise do meio ambiente, possuindo diversas aplicações em diferentes áreas da Geologia. O estudo Geoambiental é uma integração de dados de relevo, substrato rochoso, água, solos, e uso e ocupação; sendo possível obter informações do território, como por exemplo: seu ambiente geológico de formação, potencialidades e limitações ao uso. Na literatura, podem ser encontrados diversos mapas estaduais e do Brasil, relativos aos estudos geoambientais; sendo o Mapa de Geodiversidade um desses produtos. Por exemplo, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) produziu alguns mapas de Geodiversidade os quais mostram os diversos aspectos do meio físico, fornecendo informações sobre adequabilidades/potencialidades e limitações ao uso e ocupação dos terrenos; seu comportamento em relação à diversos aspectos (poluição, turístico, etc.); e informações sócio-econômicas. Com isso, estes mapas tem importante contribuição no planejamento, gestão e ordenamento do território (Dantas *et al.* 2001; CPRM, 2006; Silva, 2008; Silva & Dantas, 2010).

Observa-se portanto, que a avaliação da Geodiversidade pode ser realizada com uma abordagem qualitativa, com a identificação e caracterização do meio físico através de uma análise integrada de seus elementos abióticos. O mapeamento qualitativo da Geodiversidade é, portanto, baseado na abordagem sistêmica já mencionada nos estudos anteriores de paisagem, contribuindo para estudos do meio geobiofísico e socioambientais; sendo uma ferramenta importante no planejamento, gestão e ordenamento do território (Santos *et al.*, 2018).

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

O município de Miguel Pereira está localizado no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Segundo dados do IBGE (2016), apresenta uma área de 289,183 km² e uma população estimada de 24.855 hab. É limitado a norte, noroeste e oeste, pelos municípios de Paty do Alferes, Vassouras e Engenheiro Paulo de Frontin; a sudoeste e sul pelos municípios Paracambi, Japeri e Nova Iguaçu; e a sudeste, leste e nordeste, pelos municípios de Duque de Caxias e Petrópolis (Figura 6).

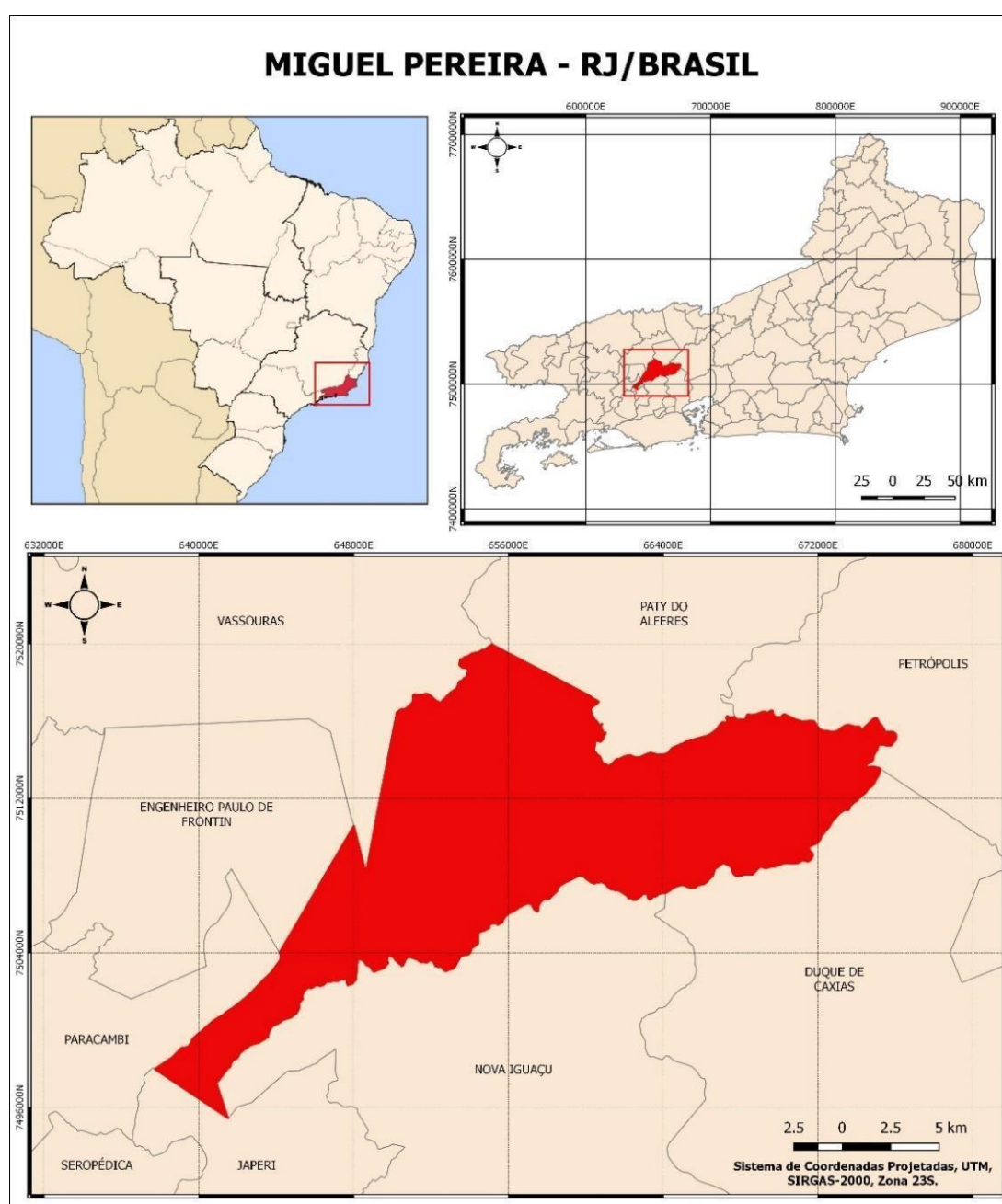


Figura 6: Localização do Município de Miguel Pereira (Fonte de dados: IBGE).

O município tem grande parte situada na Área de Proteção Ambiental (APA) Rio Guandu, além de abranger também parte das Unidades de Conservação de Proteção Integral Reserva Biológica do Tinguá (a sul) e Reserva Biológica de Araras (a leste), como mostrado na Figura 7. Localiza-se também na Zona de Amortecimento da Rebio do Tinguá, que se sobrepõe à APA Rio Guandu (Figura 8).

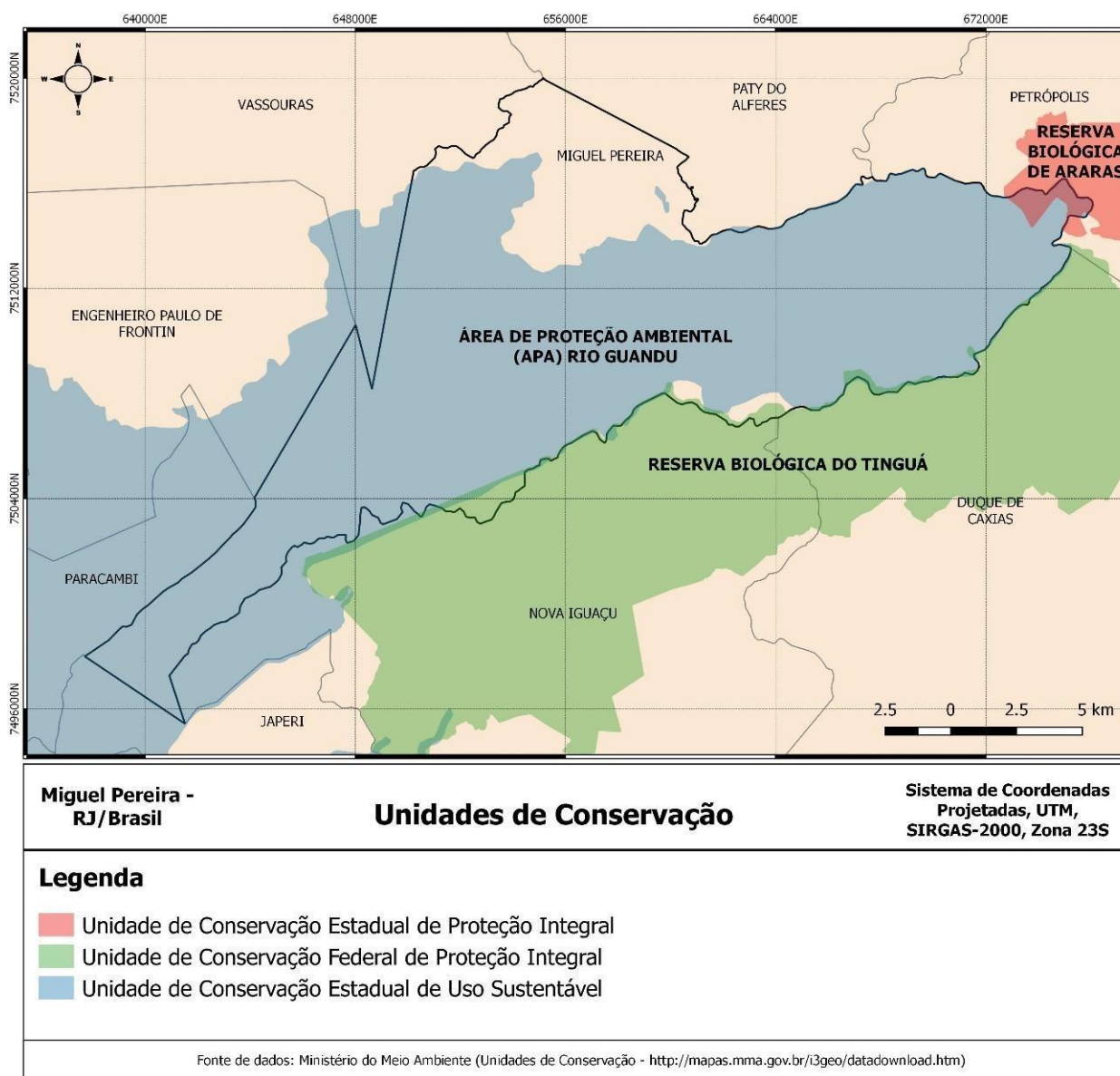


Figura 7: Localização das Unidades de Conservação (UC's) Federal e Estadual.

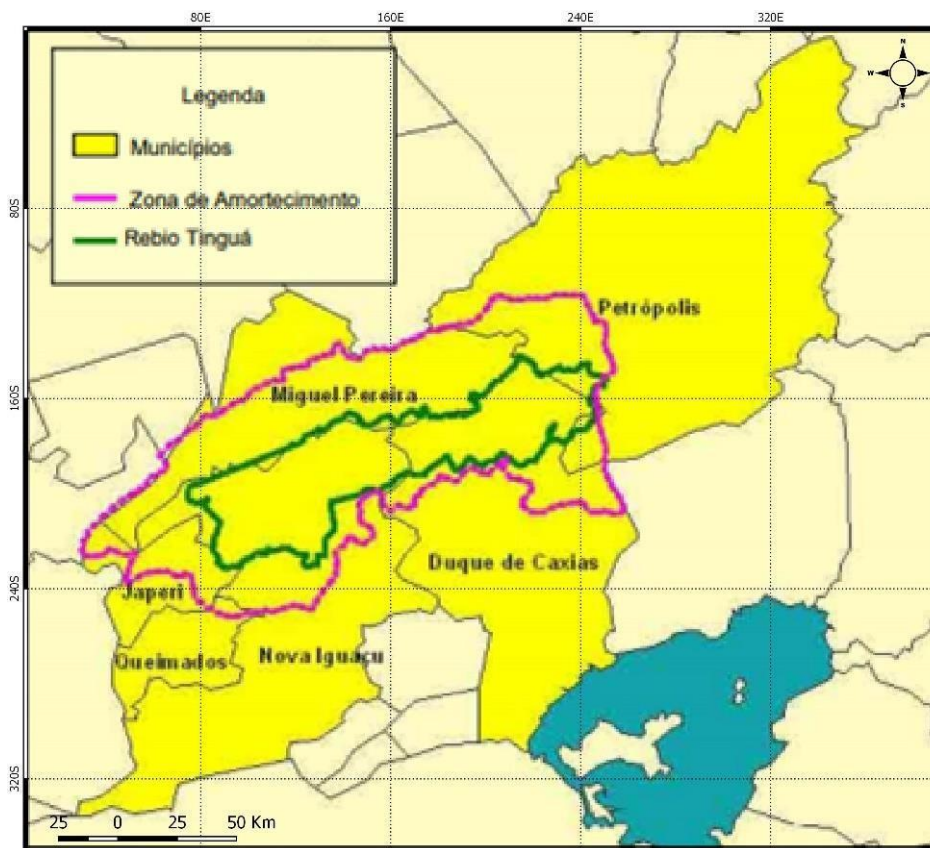


Figura 8: Localização da Unidade de Conservação (UC) Rebio do Tinguá e da sua Zona de Amortecimento (Modificado de MMA&IBAMA, 2006. Fonte: IBGE, 2000).

O município teve um expressivo crescimento urbano nas regiões de Governador Portela, Arcádia, Vera Cruz e Conrado após a chegada da estrada de ferro no século XIX, que ligava Japeri até Vassouras e Paraíba do Sul, no Vale do Rio Paraíba do Sul. Divide-se hoje em três distritos: Miguel Pereira (distrito sede), Governador Portela (segundo maior distrito) e Conrado. O primeiro e o segundo distritos estão situados na região do Vale do rio Paraíba do Sul, apresentando crescimento urbano mais expressivo e atraem novos moradores para a região através de atividades turísticas; e os demais núcleos (bairros Arcádia, Mangueiras, Santa Branca e Conrado), situam-se no Vale do Rio Santana (MMA&IBAMA, 2006).

O acesso principal ao Município saindo do centro do Rio de Janeiro, pode ser realizado através da Linha Vermelha em direção à BR-040. Depois segue-se pela BR-493 até a Estrada de Lages e, em seguida, pela Estrada Miguel Pereira/Rod. Ary Shiavo. Percorre-se a RJ-125 até o final (principal via de acesso ao município, distando 116 km do Rio de Janeiro e 72 km de Petrópolis), até chegar em Miguel Pereira (Figura 9).



Figura 9: Mapa de acesso ao Município de Miguel Pereira (Fonte: Google Earth).

3.2 Geodiversidade

3.2.1 Geologia

3.2.1.1 Geologia Regional

O município de Miguel Pereira está situado no estado do Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil. A província Mantiqueira, na qual o estado do Rio de Janeiro está geotectonicamente inserido, é paralela à costa atlântica do sudeste e sul do Brasil, de direção NE-SW, e possuindo uma área de aproximadamente 700.000 km² e comprimento de 3000 km. Compreende os orógenos Araçuaí, Ribeira, Brasília Meridional, Dom Feliciano e São Gabriel, estendendo-se do Uruguai até o sul da Bahia; e é afetada pelo Ciclo Orogênico neoproterozóico/cambriano (Brasiliano) na América do Sul oriundo da amalgamação do Supercontinente Gondwana Ocidental (Almeida *et al.*, 1981; Heilbron *et al.*, 2004;; Silva, 2001).

O estado do Rio de Janeiro está localizado na porção interna do Orógeno Ribeira, que apresenta *trend* estrutural NE-SW e estende-se por mais de 1400 km ao longo da costa S-SE do Brasil estando associado tectonicamente à sua evolução tectono-metamórfica (Figura 10).

É limitada ao norte pela Faixa Araçuaí, a W-NW pela porção meridional do Cráton do São Francisco, a SW pela Faixa Brasília Meridional e a sul pelo Cráton de Luiz Alves (Valladares *et al.*, 2012).

Para o Orógeno Ribeira, foram caracterizadas duas orogêneses: Brasileiro I (> 600Ma), na porção oriental do estado, e a Orogênese Rio Doce (ca 560Ma), na porção litorânea (Silva, 2001). Mais recentemente, Schmitt (2001) caracterizou mais uma orogênese além destas mencionadas, a Orogenia Búzios (ca 520Ma).

O Orógeno Ribeira é subdividido então, em cinco terrenos tectono-estratigráficos separados por falhas de empurrão e zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas: terrenos Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul, Embú (amalgamados há ca. 580 Ma) e o terreno denominado Cabo Frio, que foi acrescentado aos demais há ca. 520 Ma (Heilbron *et al.*, 2004).

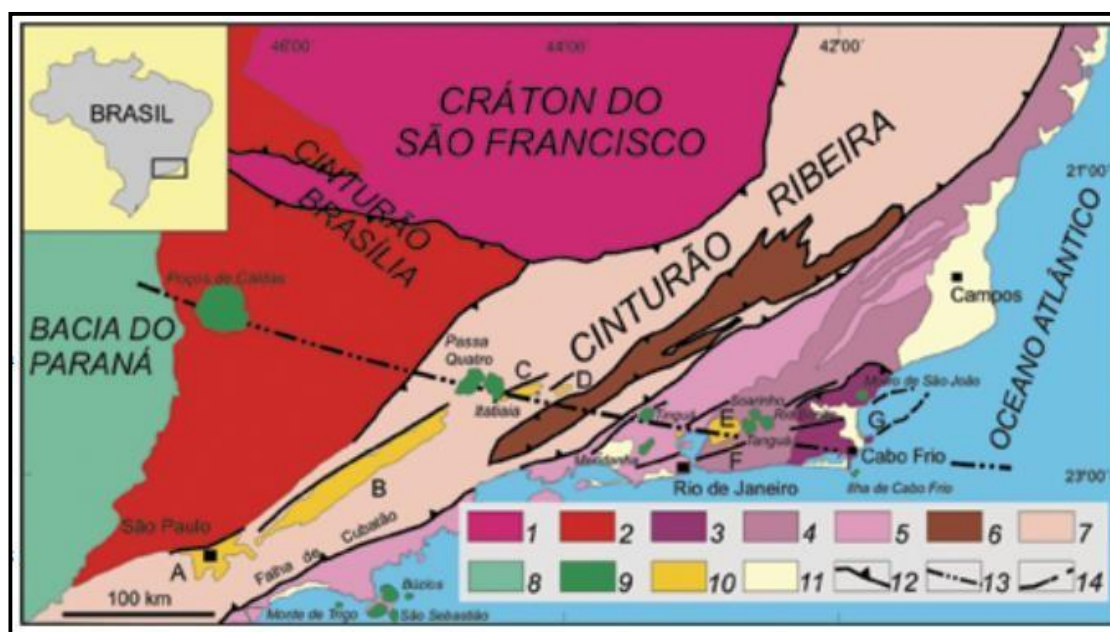


Figura 10: Mapa tectônico da região Sudeste do Brasil - 1) Cráton do São Francisco; 2) Cinturão Brasília; 3) Terreno Cabo Frio; 4) Terreno Oriental – Domínio Costeiro; 5) Terreno Oriental - Arco Magmático Rio Negro; 6) Klippe Paraíba do Sul; 7) Terreno Ocidental; 8) Bacia do Paraná; 9) corpos alcalinos do Cretáceo Superior a Eoceno; 10) bacias do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB): A – São Paulo; B - Taubaté; C - Resende; D - Volta Redonda; E - Macacu; F - Itaboraí; G – Barra de São João; 11) sedimentos cenozóicos indiferenciados; 12) falhas reversas, nappes; 13) Alinhamento Magmático de Cabo Frio; 14) limites de grábens do RCSB (Riccomini *et al.*, 2004. Fontes: modificado de Riccomini, 1989; Ferrari, 1990; Mohriak & Barros, 1990; Heilbron *et al.*, 2000; e Ferrari, 2001).

Depois de um período de estabilidade tectônica até a era Meso-Cenozoica, no Cretáceo Inferior, ocorreu um magmatismo intraplaca associado aos primeiros estágios da quebra do supercontinente Gondwana e da individualização da América do Sul e da África. Este magmatismo é representado por um enxame de diques de rochas basálticas (diabásios, basaltos e subordinadamente, gabros) com afinidade toleítica, integrando o Enxame de Diques da Serra do Mar (EDSM), paralelo às estruturas das rochas encaixantes associadas às unidades do Orógeno Ribeira (Almeida, 1983; Valladares *et al.*, 2012).

A reativação tectônica que ocorre no período entre o Cretáceo Superior e o Eoceno durante o desenvolvimento da margem continental brasileira (já com ambientes marinhos francos) relaciona-se com um pulso magmático alcalino na Província Serra do Mar e Alinhamento Magmático de Cabo Frio. O magmatismo alcalino seguiu idênticas direções do evento de intrusão de magma basáltico e seus derivados no estágio *rift* no Cretáceo Inferior. Este pulso magmático deu origem a diversos plútons e diques alcalinos. Dentre os plútons alcalinos, destaca-se o Maciço de Tinguá, que atinge cotas de até 1.600 metros, com cerca de 50 km² de área. Este plúton ocorre na região da UC Rebio do Tinguá, que abrange o limite sul do município de Miguel Pereira (Almeida, 1983; Valladares *et al.*, 2012; Silva, 2001).

3.2.1.2 Miguel Pereira

Uma zona de sutura de idade Pan-africana/Brasiliana, denominada em inglês *Central Tectonic Boundary* (CTB), separa o terreno oriental (composto principalmente de ortognaisses) do ocidental (composto principalmente de rochas metasedimentares, Almeida *et al.*, 1998). A noroeste desta zona encontra-se a Zona de Cisalhamento Arcádia-Areal (ZCAA) presente no município de Miguel Pereira. Esta zona de cisalhamento é uma zona milonítica com 500 a 1000 metros de largura, e marca um contraste reológico entre o bloco noroeste do terreno Ocidental, do bloco sudeste do terreno Oriental. A ZCAA possui forte controle na configuração do Gráben do Rio Santana, que é um resultado de sua reativação e forma-se ao longo de um segmento da Zona de Cisalhamento Arcádia-Areal (Figura 11). As falhas com *trend* para NE controlam a incisão do rio Santana que flui ao longo do eixo principal da bacia (Valladares *et al.*, 2012; Gontijo-Pascutti *et al.*, 2010).

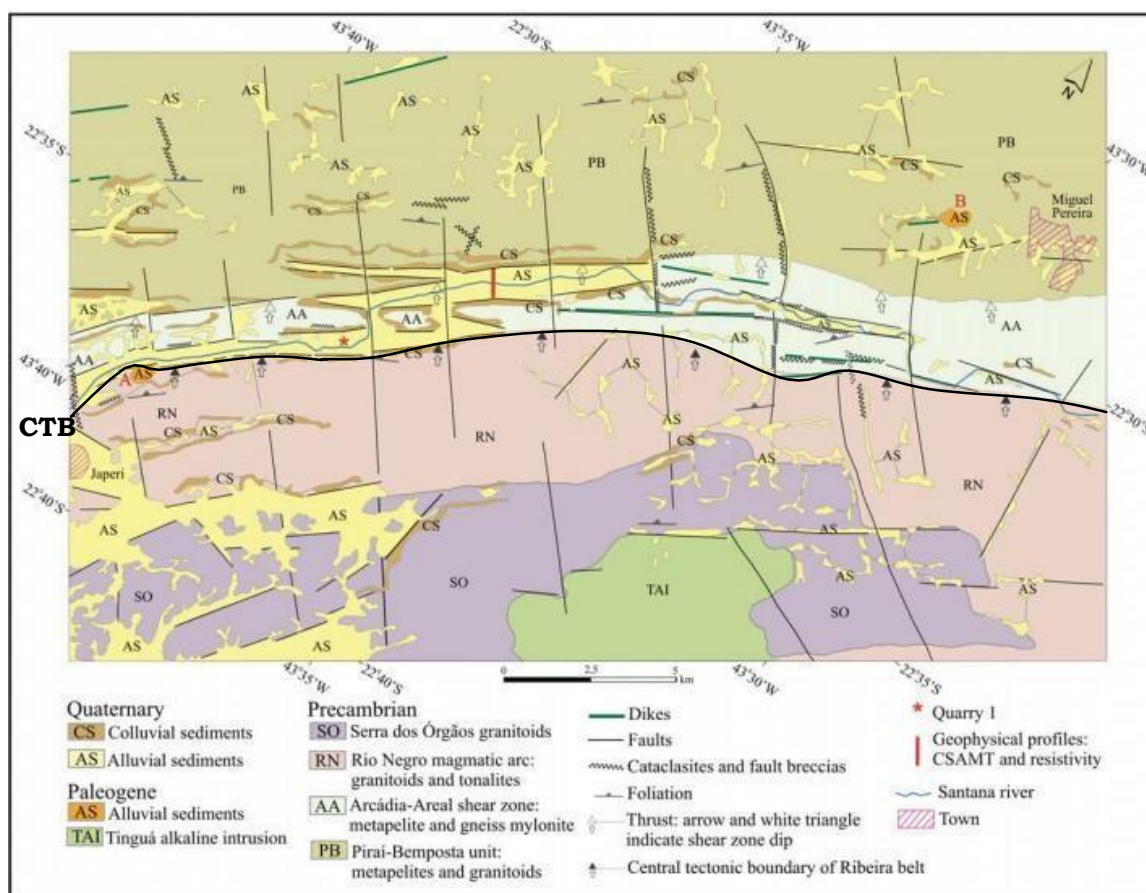


Figura 11: Mapa do Gráben do Rio Santana e rochas do embasamento subjacentes. As setas indicam o *Central Tectonic Boundary* (CTB), a linha de maior contraste reológico na área. As letras em vermelho (A) e (B) representam sedimentos do Paleógeno; algumas falhas maiores não foram marcadas por uma questão de clareza (Modificado de Gontijo-Pascutti *et al.*, 2010).

As formas de relevo chamadas Facetas Triangulares (Figura 12) separam o gráben dos horsts. Os horsts correspondem a NW, pela unidade Piraí-BemPosta e a SE, pelo Arco Magmático Rio Negro e a intrusão alcalina do Tinguá. Estas formas de relevo estão associadas nesta área às falhas da borda do gráben e dos depósitos coluvionais Quaternários. Os vários níveis dessas facetas sugerem que a reativação das falhas ocorreu em mais de um período (Gontijo-Pascutti *et al.*, 2010).

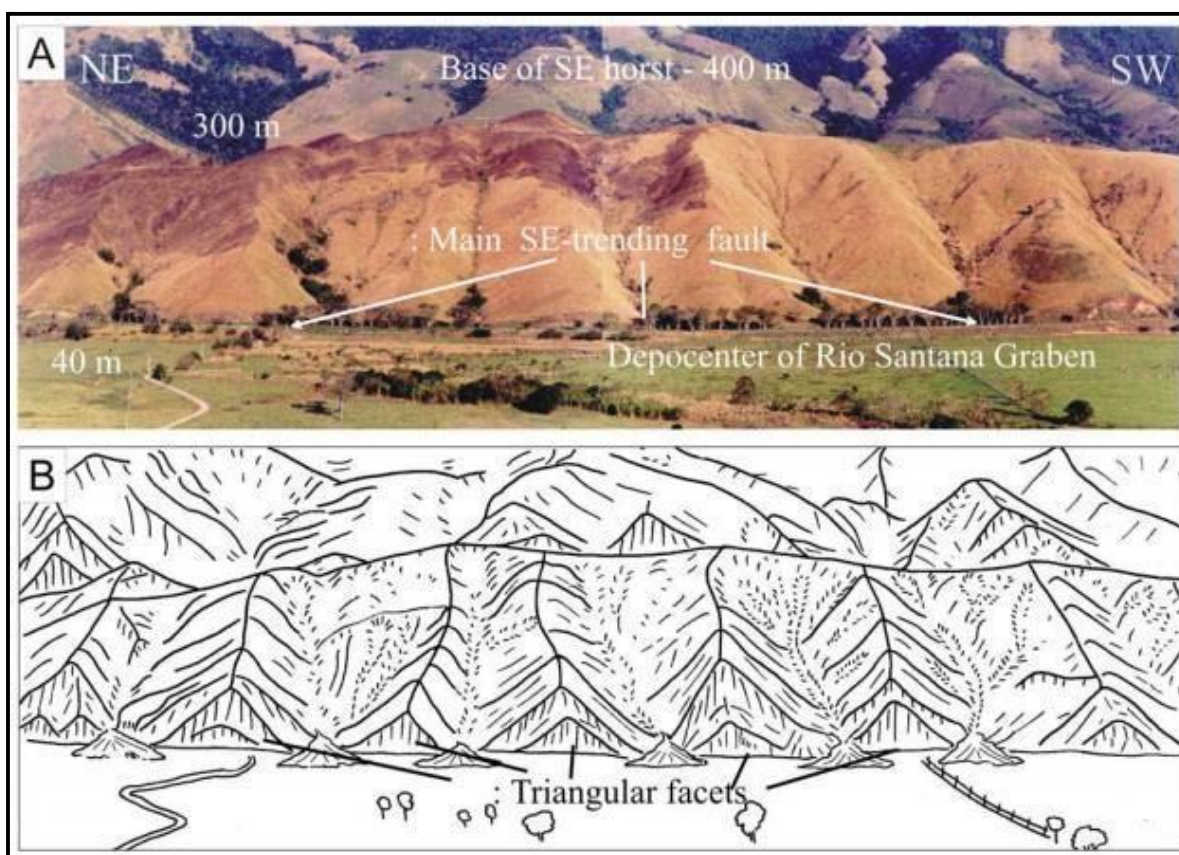
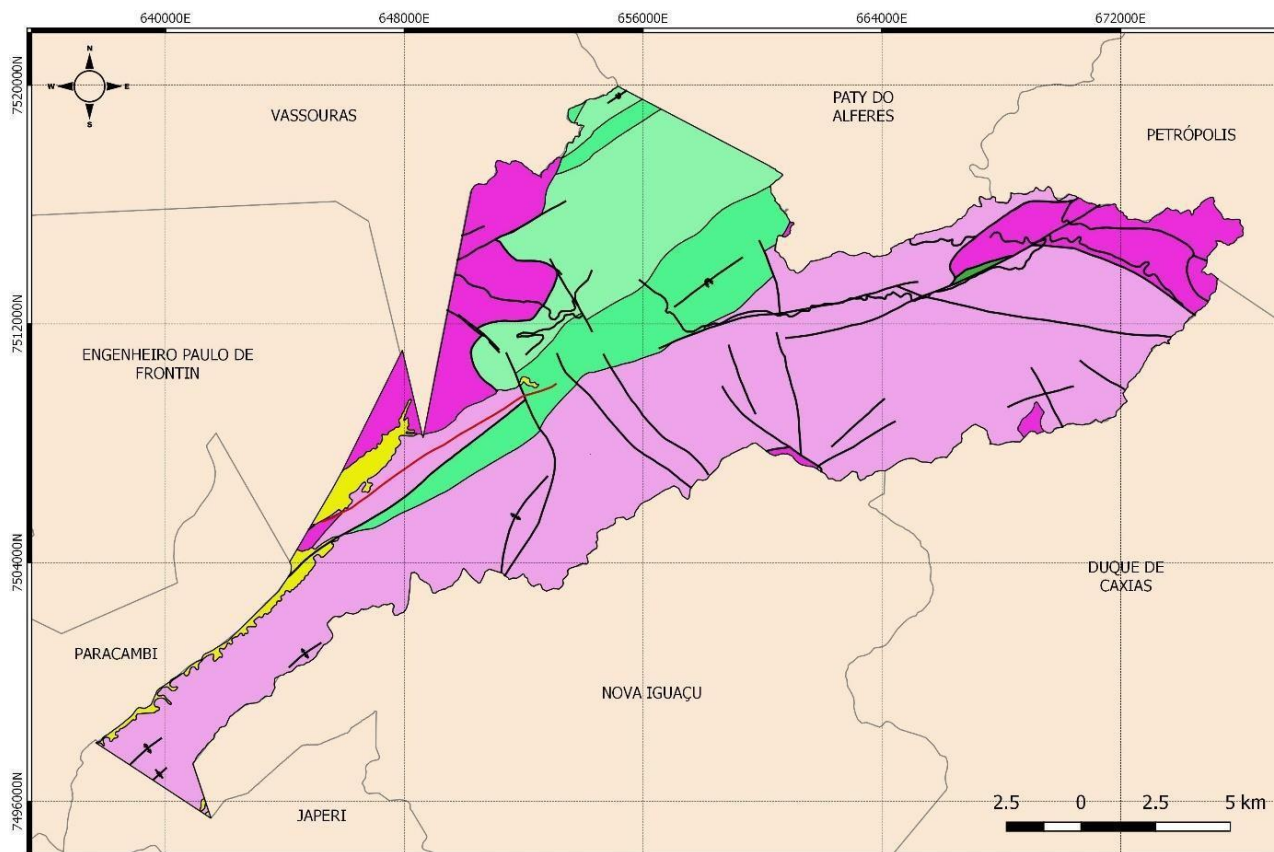


Figura 12: Facetas Triangulares relacionadas às falhas de *trend* SE: (A) foto e (B) esboço (Gontijo-Pascutti *et al.*, 2010).

O mapa Geológico do Município de Miguel Pereira (Figura 13) resultou da integração entre o mapa litológico fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e as estruturas vetorizadas das folhas geológicas fornecidas pelo Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ). O mapa apresenta escala de 1:50.000 e abrange as Folhas Paracambi (SF-23-Q-III-2), Miguel Pereira (SF-23-Z-B-I-3), Vassouras (SF-23-Z-A-III-4) e Cava (SF-23-Z-B-4-1), produzido pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM), no ano de 1982; e fazendo parte do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Estas folhas representam as plantas utilizadas para preparação das bases cartográficas, que contém as informações geológicas. As Folhas Miguel Pereira e Cava fazem parte de um conjunto de Folhas ao qual recebeu o nome de “Bloco Três Rios”; a Folha Paracambi pertence ao “Bloco Paracambi”; e a Folha Vassouras pertence ao “Bloco Valença”.



**Miguel Pereira -
RJ/Brasil**

Mapa Geológico

Escala 1:50.000

**Sistema de Coordenadas
Projetadas, UTM,
SIRGAS-2000, Zona 23S**

Legenda

Sedimentos aluvionares (Depósitos de argila, areia e cascalho)

Dique de Diabásio

Granitoides (Batólito Serra das Araras e Batólito Serra dos Órgãos)

Gabro (Batólito Serra dos Órgãos)

Ortognaisses e migmatitos (Unidade Rio Negro)

Biotita-gnaisses (Unidade Itaocara)

Gnaisses xistosos intercalados com quartzitos (Unidade Itaocara)

FALHA VERTICALIZADA

DOBRA SINFORMAL INVERTIDA

DOBRA ANTIFORMAL INVERTIDA

DOBRA SINFORMAL

DOBRA ANTIFORMAL

Fonte de dados: Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Folhas Paracambi/ Miguel Pereira/ Vassouras/ Cava. SF-23-Q-III-2/SF-23-Z-B-I-3/SF-23-Z-A-III-4/SF-23-Z-B-4-1. DRM-RJ, 1982.

Figura 13: Mapa Geológico de Miguel Pereira, RJ, Brasil.

a) Unidade Itaocara

A Unidade Itaocara representa uma sequência pre-cambriana (Neoproterozoico) que ocorre no estado do Rio de Janeiro com uma extensão de mais de 250 km. Na porção central do estado, a unidade é injetada por granitóides do Batólito Serra dos Órgãos e pelos granitoides da Serra das Araras. É constituída litologicamente por biotita gnaisse, anfibólio-biotita gnaisse, migmatitos destes gnaisses e gnaisse granítico, que passam com frequência a milonito-gnaisse, mais raramente a milonito-xisto ou blastomilonito. Possui litologias subordinadas como quartzito, mármore e rochas calciossilicatadas. Esta unidade é dividida em duas partes pelo Batólito Serra das Araras. A parte da unidade que se localiza a leste do batólito, é cortada intrusivamente por este, e ocorre no município de Miguel Pereira como biotita-gnaisses, com orientação NE-SW. Ocorre ainda, dobra antiformal invertida no extremo norte do município, no limite com Paty do Alferes (DRM/RJ, 1982).

b) Batólito Serra das Araras

A Suíte Serra das Araras possui direção NE-SW e estende-se desde a cidade de Itaperuna (nordeste do estado do RJ) até a cidade de Angra dos Reis (sudoeste do estado do RJ), apresentando um extensão de aproximadamente 300 km. Mas é na parte sudoeste do estado que apresenta maior expressão, recebendo o nome de Serra das Araras. Representa um magmatismo tardi-colisional de idade Neoproterozoica e posiciona-se entre as unidades Itaocara (NW) e Rio Negro (SE). (Silva, 2001).

O Batólito Serra das Araras é interpretado como um batólito granítico extensamente cataclasado. O caráter intrusivo das rochas granitoides que ocorrem na Serra das Araras, a generalizada migmatização nas encaixantes, a grande extensão e o grau de deformação, permitem considerar essas rochas como constituindo um maciço plutônico de dimensões batolíticas. Esta unidade é representada no município de Miguel Pereira em contato com as rochas das unidades Itaocara e Rio Negro na região noroeste do município (DRM/RJ, 1982).

c) Batólito Serra dos Órgãos

A suíte Serra dos Órgãos é o maior batólito granítico exposto no estado com um comprimento de aproximadamente 140 km e 20 km de largura. Nos seus limites oeste e sul é envolvido pelos ortognaisses do Complexo Rio Negro, no qual é intrusivo; a norte é envolvido pela Serra do Paquequer e a nordeste, é intrusivo nos paragnaisses do Complexo Paraíba do Sul. Se alonga na direção NE-SW e está relacionada à deformação transpressiva na etapa final do Ciclo Brasileiro (Silva, 2001).

As encaixantes do batólito são rochas migmatizadas, atribuídas à unidade Rio Negro, e que, ao distanciar-se dele, passam gradualmente para a unidade Itaocara. Assim, a unidade Rio Negro é considerada como parte da Unidade Itaocara que foi migmatizada e granitizada por influência da formação do batólito. As rochas de idade Neoproterozoica que ocorrem na região à leste do município de Miguel Pereira são caracterizadas por granitoides e pequena ocorrência de Gabro (Marcos da Costa), que parece ser resultado da diferenciação do magma do batólito, de caráter local (DRM/RJ, 1982).

d) Unidade Rio Negro

O complexo Rio Negro se originou do metamorfismo de rochas plutônicas pré a tardi-colisionais geradas durante o Ciclo Brasileiro, há 630-600 milhões de anos. Estende-se por mais de 300 km ao longo do Terreno Oriental, apresentando pelo menos três séries de evolução magmática (Tupinambá *et al.*, 2012). É subdividido em duas unidades: Unidade Rio Negro e Unidade Duas Barras (Silva, 2001). Em Miguel Pereira, há ocorrência apenas da primeira.

A Unidade Rio Negro é caracterizada por rochas extensamente migmatizadas, e envolve o Batólito Serra dos Órgãos na sua porção mediana e meridional, com direção NE-SW, estendendo-se por aproximadamente 160 km e cerca de 4 km de largura. No município, as rochas desta unidade foram caracterizadas como gnaisses xistosos intercalados com quartzitos, e ortognaisses e migmatitos; com ocorrências de dobras sinformais (normal e invertida) e antiformais (DRM/RJ, 1982).

e) Diques Basálticos

O enxame de diques basálticos de afinidade toleítica no Cretáceo Inferior (ca. 140-120 Ma), cronologicamente correlatos ao magmatismo basáltico da Bacia do Paraná, são essencialmente diabásios, basaltos e subordinadamente gabros, e não mostram um controle litológico preferencial com relação às encaixantes. Estão associadas a falhamentos de direção NE, sugerindo um posicionamento verticalizado e, por analogia, esta é a orientação do plano de falha (Valladares *et al.*, 2012; DRM/RJ, 1982).

O dique de diabásio que ocorre em Miguel Pereira tangencia o Rio Santana próximo à foz do Rio Santa Branca, na região de Arcádia, e continua até a região de Conrado. O dique observado na região de Arcádia apresenta ainda esfoliação esferoidal.

f) Sedimentos Aluvionares

Os sedimentos aluvionares que ocorrem na parte oeste do município de Miguel Pereira são caracterizados por depósitos quaternários de argila, areia e cascalho, relacionados à planície de inundação do Rio Santana. Estes depósitos podem ser observados na região de Conrado onde há presença de terraços fluviais associados também ao Rio Santana.

3.2.2 Pedologia

O Mapa Pedológico de Miguel Pereira fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), apresenta escala 1:100.000. O mapa foi elaborado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), em 2011, ajustando-se a escala de mapeamento de solos do Estado do Rio de Janeiro, inicialmente na escala de 1:250.000, realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 2003.

O mapeamento realizado da diversidade dos solos de Miguel Pereira apresenta quatro ordens de solo (Argissolo, Cambissolo, Latossolo e Neossolo) e outras diversas classificações (subordem, textura, horizonte, etc.). A Figura 14 mostra o Mapa Pedológico de Miguel Pereira na escala 1:100.000. As cores adotadas no mapa seguem a convenção de cores do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007).

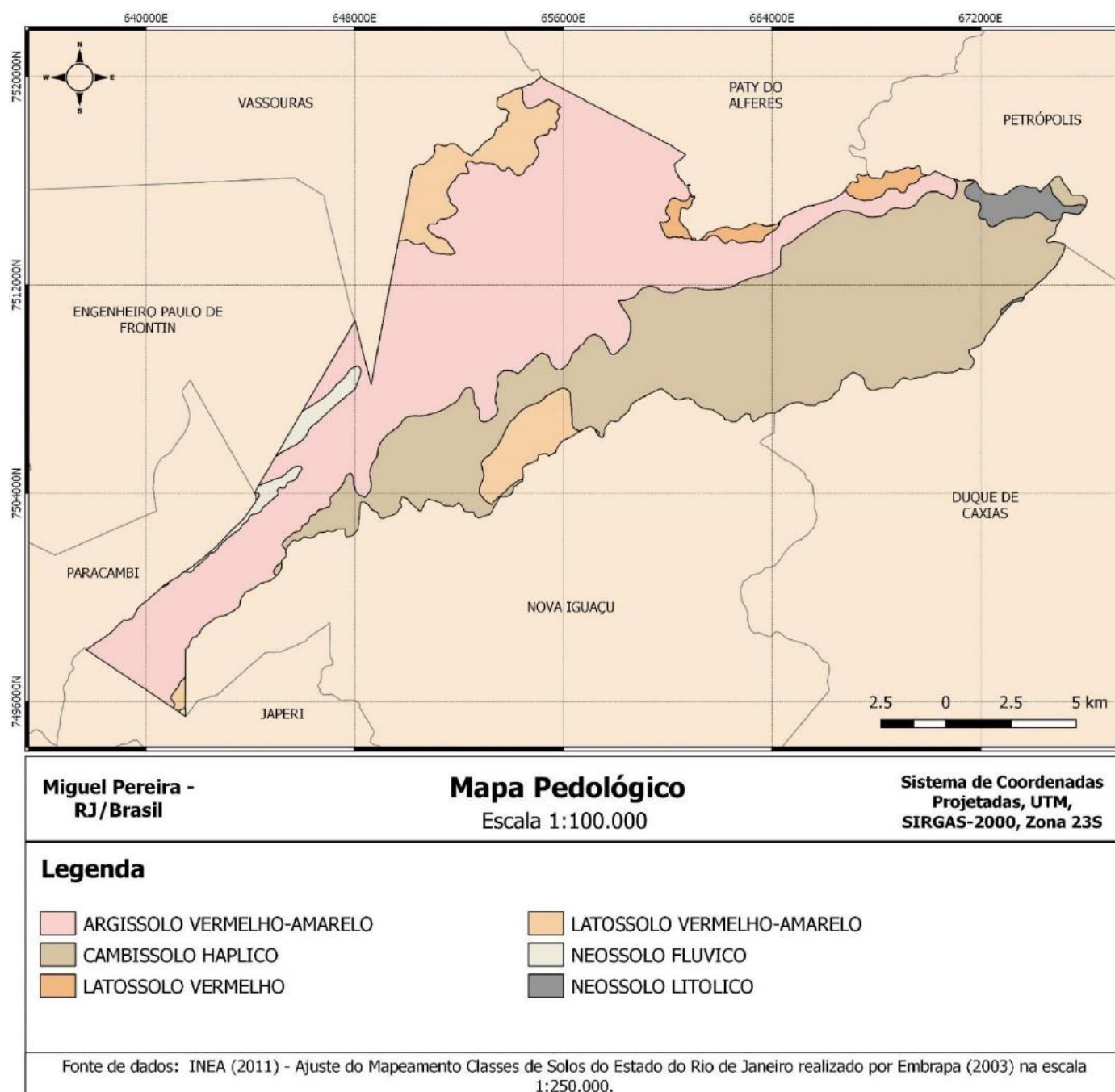


Figura 14: Mapa Pedológico do município de Miguel Pereira.

a) Latossolos

Traduzindo do Latim, o termo “Latossolo” (*lat*) significa “material altamente alterado”. Por isso, os solos classificados como “Latossolos” são em geral muito intemperizados, apresentando pouca diferenciação de horizontes; sendo sua formação associada a processos chamados de “laterização” ou “dessilicificação”. Estes tipos de solos se desenvolvem em ambientes com clima tropical quente e úmido. Solos minerais (minerais muito resistentes), com boa drenagem e com perfis muito profundos e homogêneos, pois situam-se em áreas com intensa movimentação do solo por processos de bioturbação. Muito pobres em nutrientes vegetais, estes solos podem ser utilizados na agricultura devido à condições físicas como: relevo com inclinação suave; pouco suscetíveis à erosão hídrica; favoráveis ao trabalho das máquinas agrícolas; boas propriedades internas pela alta friabilidade e permeabilidade (IBGE, 2007; Lepsch, 2010). Em Miguel Pereira, ocorrem a subordem dos Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo principalmente nas regiões planálticas do município.

A subordem dos Latossolos Vermelhos originam-se de rochas básicas e podem possuir baixa ou alta fertilidade natural; ou seja, podem ser distróficos ou eutróficos, respectivamente. São caracterizados por uma coloração vermelha, geralmente apresentam grande profundidade, baixa fertilidade natural e alta concentração de nutrientes; além disso, são homogêneos e com boa drenagem. A subordem dos Latossolos Vermelho-Amarelos são caracterizados por apresentar cores vermelho-amareladas. Assim como os Latossolos Vermelhos, também são profundos, com boa drenagem e normalmente baixa fertilidade natural (IBGE, 2007; Lepsch, 2010).

b) Argissolos

Esta ordem de solos se apresenta bastante intemperizada, assim como os Latossolos, com a diferença de apresentarem uma maior diferenciação dos horizontes. Ocorre em relevo muito variável, de montanhoso a suave ondulado. Geralmente ocorrem associados aos Latossolos pois se desenvolvem também em condições de clima tropical úmido. Do latim (*argilla*), significam “solos com processo de acumulação de argila”. Os Argissolos são solos heterogêneos, com aumento de argila em profundidade. São geralmente pouco profundos a profundos, com alta ou baixa saturação por bases, arenosos ou argilosos em superfícies, com transições graduais ou abruptas de textura. Quando não estão situados em áreas montanhosas, com alto declive, podem ser utilizados para agricultura (IBGE, 2007; Lepsch, 2010). A

subordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos ocorre em grande extensão no município, em áreas de relevo montanhoso a suave.

c) Neossolos

A ordem dos Neossolos (do grego, *néos*, novo, moderno; conotativo de solos jovens, em início de formação) apresentam pouca ou nenhuma evidência de horizontes pedogenéticos subsuperficiais, constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura). São solos bastante resistentes ao intemperismo e se formam em materiais praticamente inertes, sem argilas (IBGE, 2007; Lepsch, 2010). No município de Miguel Pereira ocorrem as subordens dos Neossolos Litólicos (na região do Batólito Serra dos Órgãos) e Flúvicos (nas áreas de planície de inundação do Rio Santana).

Os Neossolos Litólicos são solos rasos, predominantes em áreas do Brasil com relevo movimentado e declives fortes. Já os Neossolos Flúvicos, ocorrem em relevos aplainados, constituídos por sucessão de camadas de natureza aluvionar, sem relação pedogenética entre si. Estes solos, ao contrário dos Neossolos Litólicos, apresentam espessura suficiente para uso agrícola; porém, estão sujeitos a constantes inundações nas planícies (Lepsch, 2010).

d) Cambissolos

A ordem dos Cambissolos (do latim, *cambiare*, solos em formação (transformação)) são chamados de solos embriônicos, apresentando poucas características diagnósticas. São solos pouco profundos (normalmente até 1 metro), com drenagem acentuada a imperfeita, com argilas de atividade média a alta, discreta variação de textura e quantidades relativamente altas de minerais primários intemperizáveis, como ocorrências de fragmentos de rochas (IBGE, 2007; Lepsch, 2010). Segundo Lepsch (2010), grande parte desses solos ocorrem sob vegetação natural, em áreas montanhosas de difícil acesso e manejo, muito utilizados em pastagens ou reflorestamento onde o declive é mais acentuado. Porém, não apresentam muita utilidade para a agricultura, pois apresentam pouca espessura, pedregosidade e baixa saturação por bases. Somente a subordem dos Cambissolos Háplicos ocorrem no município de Miguel Pereira, nas áreas de relevo mais acidentado (região serrana). Segundo Lepsch (2010), são solos muito comuns, com características e ocorrências muito diversas.

3.2.3 Geomorfologia

Em um contexto regional, a Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro é bem diversificada, originada de eventos tectônicos e fases de relativa calma tectônica desde o Mesozoico, além da ocorrência de variações climáticas no período Quaternário. As variadas

formas de relevo se apresentam como serras com escarpas pronunciadas, serras e morros reafeiçoados, algumas vezes isolados, morros e colinas, e planícies aluvionares e marinhas (Dantas, 2000).

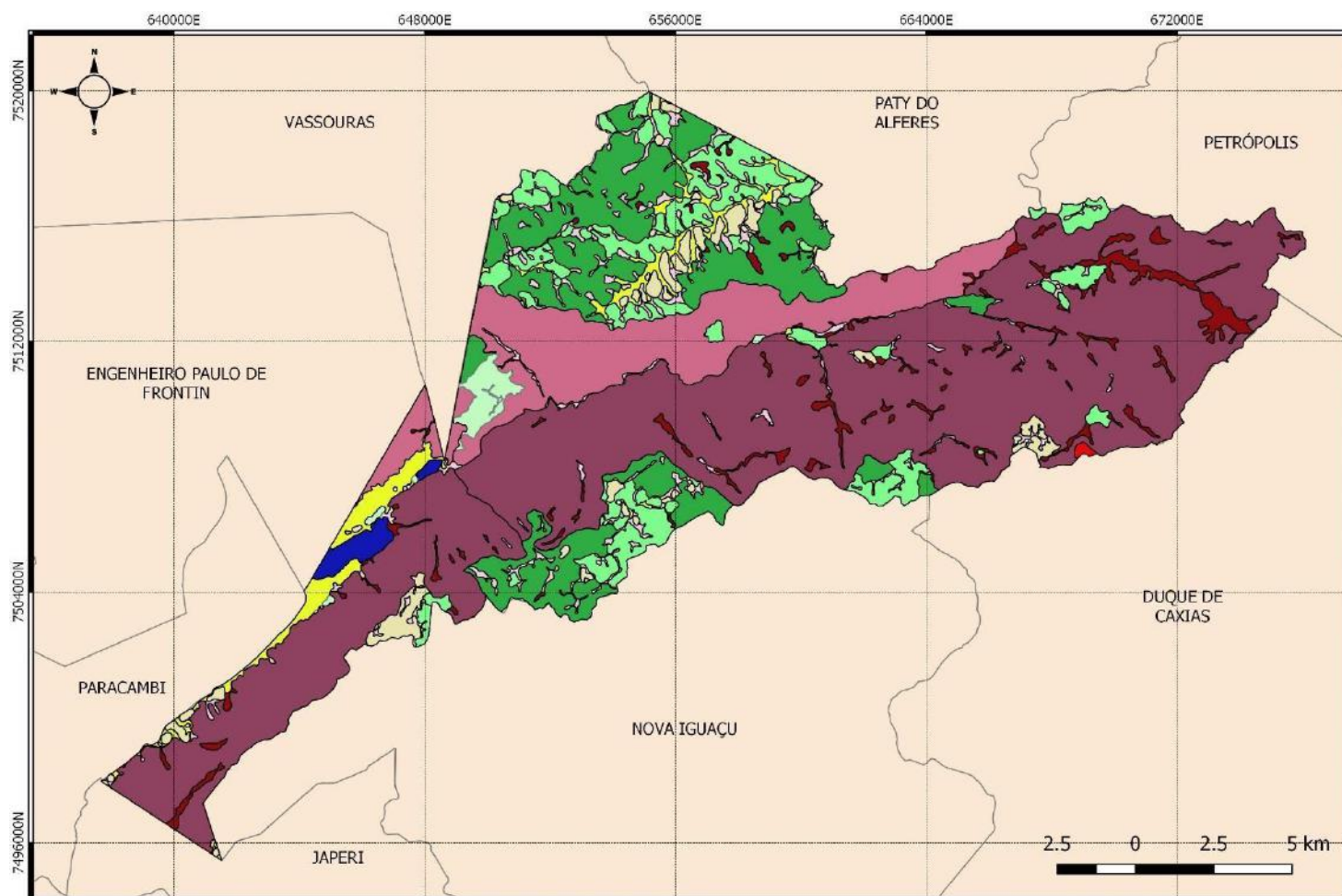
Segundo Dantas (2000), o estado do Rio de Janeiro pode ser compartimentado em unidades morfoestruturais e morfoesculturais, que receberam influência dos eventos tectônicos de abertura do Oceano Atlântico e foram modeladas por processos de erosão e sedimentação ao longo do Cenozóico Superior.

A Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico é composta por Maciços Costeiros e Interiores; Maciços Alcalinos Intrusivos; Superfícies Aplainadas nas Baixadas Litorâneas; Escarpas Serranas; Planaltos Residuais; Depressões Interplanálticas; Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos Escalonados. As rochas metamórficas e ígneas dessa unidade morfoestrutural compreendem a Faixa Ribeira, e são de idade pré-cambriana a eopaleozóica.

A Unidade Morfoestrutural Bacias Sedimentares Cenozoicas se subdivide nas Unidades Morfoesculturais: Tabuleiros de Bacias Sedimentares; Planícies Fluviomarinhas (Baixadas); e Planícies Costeiras. As rochas sedimentares que compõem essa Unidade Morfoestrutural são de idade eoceno-zóica e constituem as bacias tafrogências continentais resultantes da tectônica extensional gerada no início do Cenozóico. A Unidade é ainda constituída de sedimentos inconsolidados que constituem as baixadas e planícies costeiras gerados pelos ciclos transgressivos e regressivos da linha de costa durante o Quaternário.

Segundo Shinzato *et al* (2016), o município de Miguel Pereira apresenta duas Unidades Morfoestruturais: a) Cinturão Orogênico do Atlântico, que abrange a Escarpa de Paracambi e a Depressão Interplanáltica do Médio Vale do rio Paraíba do Sul, sustentados por rochas ígneo-metamórficas de idade pré-cambriana que sofreram reativação no Meso-Cenozóico com a abertura do Oceano Atlântico; e b) Coberturas Sedimentares Quaternárias, compreendendo planícies e terraços fluviais que margeiam os rios principais, e rampas de alúvio-colúvio associadas ao domínio de mar-de-morros; assim como rampas de colúvio-depósito de tálus proveniente das vertentes de maior declividade adjacentes.

O mapa Geomorfológico segundo o mapeamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em escala 1:25.000, é apresentado na Figura 15.



**Miguel Pereira -
RJ/Brasil**

Mapa Geomorfológico

Escala 1:25.000

**Sistema de Coordenadas
Projetadas, UTM,
SIRGAS-2000, Zona 23S**

Legenda

Colinas	Inselbergs e outros relevos residuais	Planícies de Inundação
Cristas isoladas e serras baixas	Morros Altos	Rampas de Alúvio-Colúvio
Domínio Serrano	Morros Baixos	Rampas de Colúvio/Depósitos de Tálus
Escarpas de borda de planalto	Morrotes	

Fonte de dados: Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Figura 15: Mapa Geomorfológico do município de Miguel Pereira

a) Cinturão Orogênico do Atlântico

As unidades morfoesculturais identificadas nesta unidade através do mapeamento realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) correspondem a Escarpas Serranas, Depressões Interplanálticas, Planaltos Residuais, e Depressões Tectônicas.

As Escarpas Serranas compreendem as Unidades Geomorfológicas Serra da Bandeira (Serra do Mar), Vale encaixado do alto curso do rio Santana e Escarpas das Serras das Araras e Paracambi (Serra do Mar). Constituem-se de Domínio Serrano e Escarpas de borda de Planalto com uma grande quantidade de rampas de colúvio/depósito de tálus e alúvio-colúvio (em menor quantidade) associadas. Ocorrem ainda Inselbergs (relevo residual) no Vale encaixado do rio Santana (Pico do Couto).

As Depressões Interplanálticas compreendem a Unidade Geomorfológica Depressão Interplanáltica do Médio Vale Paraíba do Sul presente na porção norte do município, que é constituída de formas de relevo mais suaves (colinas, morros) e rampas de colúvio e alúvio-colúvio associadas às rochas de idade Neoproterozoica presentes nesta unidade. Ocorrem também planícies de inundação nas áreas rebaixadas. Já os Planaltos Residuais ocorrem na porção sul do município, compreendendo as Unidades Geomorfológicas Planalto do Alto Rio São Pedro e Planalto da Serra da Bandeira, com ocorrências destes mesmos padrões de relevo.

As depressões tectônicas estão presentes na região oeste do município, compreendendo a Unidade Geomorfológica Depressão do Rio Santana composta de cristas isoladas e serras baixas, e preenchidas por depósitos aluvionares.

b) Coberturas Sedimentares Quaternárias

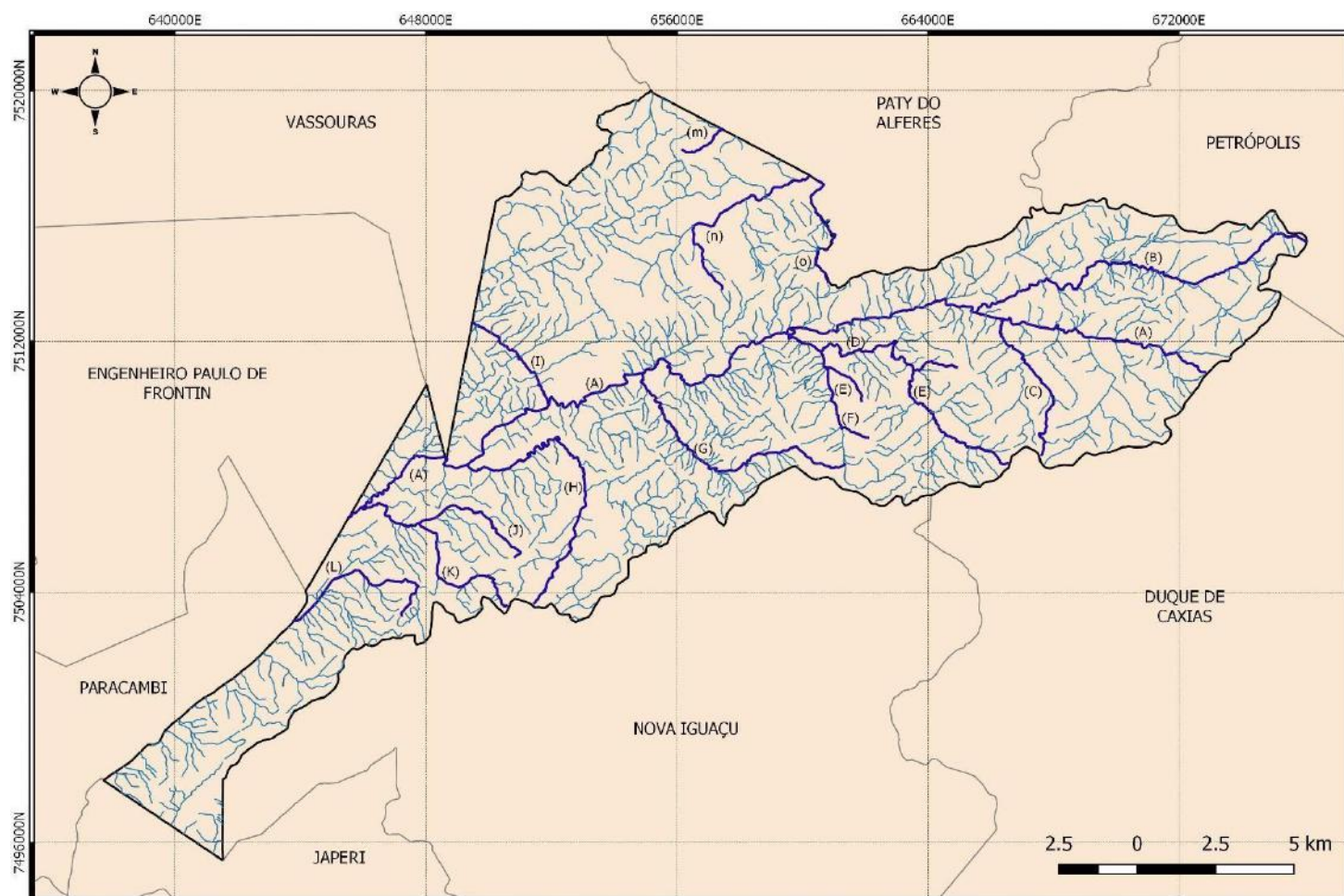
A unidade apresenta planícies e terraços fluviais margeando o principal rio do município (rio Santana) e rampas de alúvio-colúvio associadas ao relevo de maior declividade no entorno.

O vale do rio Santana possui extensão de 4 km e até 500 metros de largura, na direção NE-SW, associado ao Gráben do rio Santana originado da reativação da ZCAA (Madeira & Borghi, 1999). A Unidade Morfoescultural identificada para este Gráben no município corresponde às Planícies Fluvio-marinhas (Baixadas), que compreendem a Unidade Geomorfológica Baixada do Rio Santana constituída de planícies de inundação nas áreas rebaixadas presentes na região à oeste do município.

3.2.4 Hidrografia

A rede hidrográfica do município de Miguel Pereira é formada por uma variedade de canais de regime temporário e permanente; não apresentando nenhuma bacia hidrográfica significativa. Dentre os rios de regime permanente, o principal é o Rio Santana, um dos afluentes do Rio Guandu que abrange diversos municípios (MMA & IBAMA, 2006). O Mapa Hidrográfico do município é apresentado na Figura 16 segundo uma base de dados disponível no site do IBGE, na escala 1:25.000.

Seus recursos hídricos superficiais são importantes para o município e adjacências, principalmente pela presença da APA do Rio Santana (Unidade de Conservação de Uso Sustentável) no município de Miguel Pereira; apresentando uma área de 23.595 ha, e inserida na Zona de Amortecimento da Rebio do Tinguá. Como está inserida em uma zona de amortecimento, é importante que haja um controle em relação às intervenções antrópicas (principalmente a expansão urbana) (MMA & IBAMA, 2006).



Miguel Pereira -
RJ/Brasil

Mapa Hidrográfico

Escala 1:25.000

Sistema de Coordenadas
Projetadas, UTM,
SIRGAS-2000, Zona 23S

Legenda

- Drenagem
- Rios identificados

- | | | |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| (A) Rio Santana | (G) Córrego das Palmeiras | (m) Córrego Santo Antônio |
| (B) Rio Facão | (H) Rio Santa Branca | (n) Rio do Saco |
| (C) Rio Glória | (I) Rio São João da Barra | (o) Córrego das Pedras |
| (D) Rio Vera Cruz | (J) Córrego Mangueiras | |
| (E) Rio das Andorinhas | (K) Rio Cachoeirão | |
| (F) Córrego das Pedras | (L) Córrego Floresta | |

Fonte de dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Endereço eletrônico: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais>.

Figura 16: Mapa Hidrográfico do município de Miguel Pereira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação da metodologia descrita neste trabalho tem como objetivo criar um produto final representando a Geodiversidade do município de Miguel Pereira. Para isso, foram utilizados os mapas Geológico, Geomorfológico, Pedológico e Hidrográfico de Miguel Pereira, em diferentes escalas. Estes mapas foram utilizados para aplicar um método quantitativo e outro qualitativo de avaliação da Geodiversidade do município.

A aplicação do método quantitativo foi baseada no trabalho de Pereira *et al.* (2013), e consiste basicamente em contar as ocorrências de Geodiversidade ao sobrepor uma malha regular sobre cada um dos mapas e somar as ocorrências no interior de cada célula, através de ferramentas de geoprocessamento. Já o método qualitativo visa a definição de Unidades de Geodiversidade a partir da integração dos elementos do meio físico do município. Sendo assim, foram aplicados dois métodos para obtenção de dois produtos (Quantitativo e Qualitativo), abordando o conceito de Geodiversidade de duas formas distintas e complementares.

Foi realizada uma etapa de trabalho de campo para validar os resultados dos mapas criados. Foram observadas em campo (em escala de paisagem e de sítio) as áreas de maior e menor índice representadas nos mapas preliminares. Assim, foi possível verificar sua utilização como uma ferramenta útil para o planejamento, gestão e ordenamento territorial.

4.1 Material

O presente trabalho foi realizado, em sua maior parte, utilizando-se técnicas de Geoprocessamento; além de uma etapa de trabalho de campo. Para a geração dos mapas Quantitativo e Qualitativo da Geodiversidade de Miguel Pereira, foram utilizados os seguintes dados:

- Mapa Pedológico (Ajuste do Mapeamento Classes de Solos do Estado do Rio de Janeiro da escala 1:250.000 (Embrapa, 2003) para escala 1:100.000 (INEA, 2011);
- Mapa Geológico: integração entre o mapa litológico fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e as estruturas vetorizadas das folhas geológicas originalmente em formato *raster* fornecidas pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM). Tanto o mapa litológico quanto as estruturas tem como fonte o Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (Folhas Paracambi/ Miguel Pereira/ Vassouras/ Cava. SF-23-Q-III-2/SF-23-Z-B-I-3/SF-23-Z-A-III-4/SF-23-Z-B-4-1. Escala: 1:50.000. DRM-RJ, 1982).

- Mapa Geomorfológico (Escala: 1:25.000), fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM);
- Mapa Hidrográfico (Escala: 1:25.000), disponível pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no endereço eletrônico: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais>.

A maior parte deste trabalho foi realizada em software QGIS 2.18.5, com algumas etapas específicas sendo realizadas com ArcMap 10.2.2.

4.2 Métodos

4.2.1 Mapa de Índice de Geodiversidade

A partir de uma adaptação do método apresentado por Pereira *et al.* (2013), a avaliação quantitativa da Geodiversidade do município de Miguel Pereira consistiu em verificar a riqueza e distribuição dos elementos do meio físico, a partir da quantificação dos subíndices de Geodiversidade (geológico, geomorfológico, pedológico e hidrográfico) e posterior sobreposição desses mapas em ambiente SIG. O resultado desta sobreposição é um mapa de Índice de Geodiversidade.

Os resultados obtidos podem ser utilizados em diversas aplicações (geoconservação, geoturismo, educação, etc.), incluindo a integração com estudos de Biodiversidade. Porém, no presente trabalho, foi considerada apenas a análise dos elementos abióticos com aplicação no planejamento, gestão e ordenamento Territorial.

Os mapas representando a Geodiversidade do município de Miguel Pereira utilizados, foram avaliados individualmente através de técnicas de geoprocessamento; e gerando-se, assim, os mapas de subíndices Geológico, Geomorfológico, Pedológico e Hidrográfico. Santos *et al.* (2017) apresentaram uma adaptação do método de Pereira *et al.* (2013). O presente trabalho tem por objetivo aprimorar essa adaptação através da realização de testes metodológicos que permitam comparar diferentes formas de aplicação dos métodos.

Conforme o método de Pereira *et al.* (2013), foi gerada uma matriz vetorial (*grid*, Figura 17) que foi sobreposta em cada mapa com o objetivo de quantificar o número de ocorrências em cada célula da matriz. Como ainda não há um consenso sobre a definição do tamanho da célula, alguns autores a definem de acordo com a escala do mapeamento (Pellitero *et al.* 2014; Santos *et al.*, 2017). Neste trabalho, escolheu-se a resolução de 1000 x 1000 metros para a matriz; ou seja, espaçamento de 1km para as células do *grid*. Esta

resolução está de acordo às escalas dos mapas em questão, sendo escolhida com base no mapa de menor detalhe, representado pelo mapa Pedológico (escala 1:100.000).

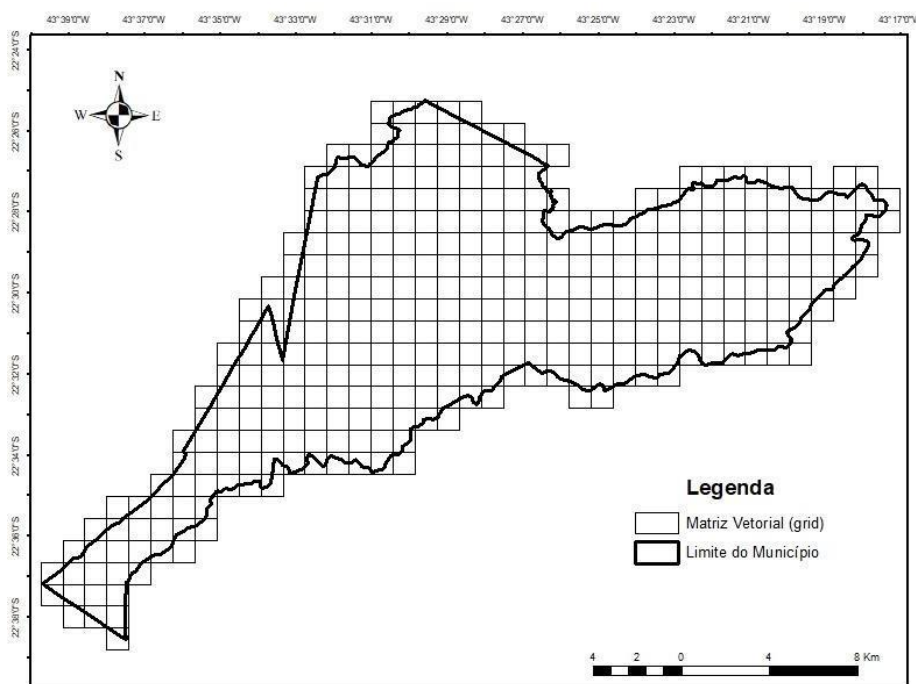


Figura 17: Matriz Vetorial (*Grid*) com resolução de 1000 x 1000 metros.

Após a sobreposição desta matriz vetorial em capa mapa de subíndice de Geodiversidade, é possível a contagem de ocorrências em cada célula da matriz, com cada ocorrência representando um ponto na avaliação. Depois de realizado este procedimento para cada um dos mapas, foi realizada uma operação de *join* vinculando as tabelas de atributos, somando-se os valores; gerando-se, assim, o Mapa de Índice de Geodiversidade.

Para a definição dos parâmetros a serem considerados na quantificação para cada subíndice, levou-se em conta aqueles que apresentam maior nível de detalhe, permitindo obter uma avaliação mais detalhada de cada mapa e não subjugar um elemento em relação aos outros. Assim, para o subíndice Geomorfológico, escolheu-se o parâmetro “Padrões de Relevo”; para o subíndice Geológico, escolheu-se os parâmetros “Litologia” e “Estruturas” de forma integrada; o parâmetro “Subclasses de Solos” foi escolhido como de maior detalhe para o subíndice Pedológico. Para o subíndice Hidrográfico, optou-se realizar a avaliação de uma forma diferente. Ao invés de contar ocorrências, foi realizada a análise de densidade de drenagem, a partir do mapa de rede de drenagem disponibilizada pelo IBGE.

A quantificação de cada subíndice de Geodiversidade consistiu em dois procedimentos: *multiparts* e *singleparts*; a fim de analisar métodos diferenciados de

contagem. A quantificação de cada subíndice foi realizada atribuindo-se centroides para cada polígono a ser contado em cada célula da matriz. Este procedimento foi realizado de duas formas: a) contabilizando, uma única vez, cada geometria apresentando os mesmos atributos em cada célula da matriz (“*multiparts*”); e b) contabilizando cada geometria, incluindo suas repetições, em cada célula da matriz (“*singleparts*”), também utilizado por Forte (2014). Assim, foram testados neste trabalho, o método *singleparts* de Forte (2014) e o método de Pereira *et al.* (2013), seguido por Santos *et al.* (2017).

Após a etapa de criação do *grid*, gerou-se os centroides considerando, primeiramente, o processo de *multiparts*; que já é realizado automaticamente ao gerar-se os centroides. Neste procedimento, então, conta-se automaticamente as geometrias presentes em cada célula, mas não considerando suas repetições; ou seja, contando-se somente uma vez sua ocorrência em cada célula. Para o procedimento de “*singleparts*”, utilizou-se a ferramenta “*multipart to singleparts*” no software QGIS 2.18.5. Assim, conta-se cada geometria presente em cada célula, incluindo suas repetições (diversidade geométrica). Evita-se portanto, que polígonos com os mesmos atributos sejam considerados como um único grupo (Figura 18).

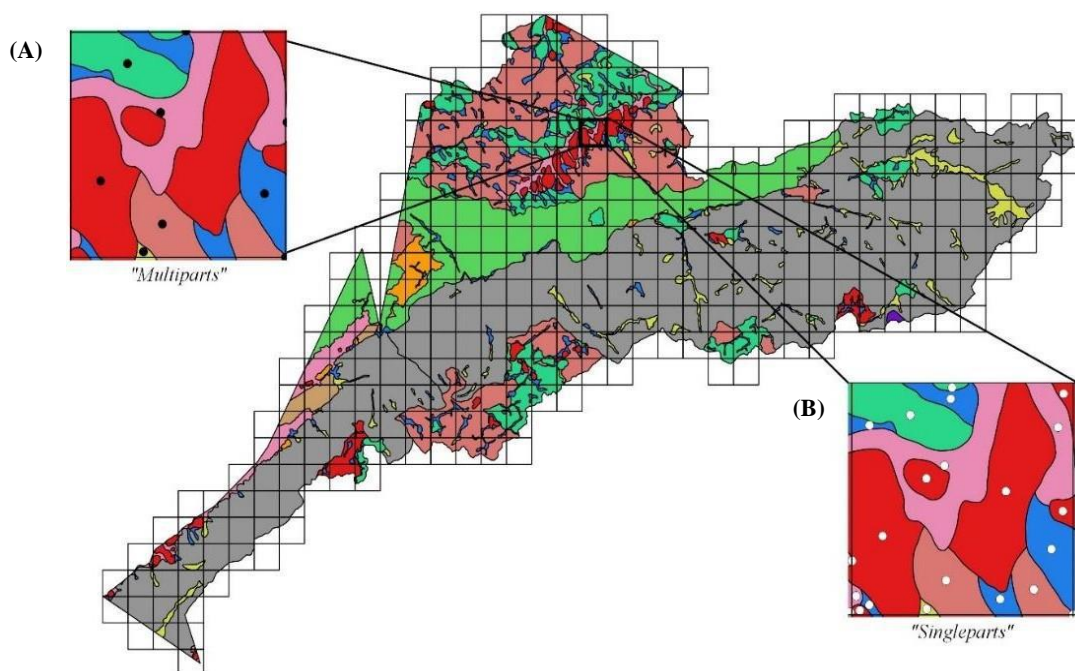


Figura 18: Mapa Geomorfológico sobreposto por *grid* (1000 x 1000m) mostrando a contagem de ocorrências (padrões de relevo) em cada célula, com a geração de centroides (pontos) através de (A) *Multiparts* e (B) *Singleparts*.

O método de quantificação para o subíndice Hidrográfico diferiu um pouco dos outros subíndices, e apresentou metodologia diferente de todos os autores consultados. Foi realizada a quantificação da Hidrografia pelo método de densidade de drenagem, definido por Horton (1932, 1945) e utilizado por outros autores como Bandara, 1974; Tarboton *et. al.*,1992. Escolheu-se este método pois fornece informação sobre o escoamento superficial, permitindo identificar áreas onde este é elevado; sendo importante tanto para fins de aproveitamento e conservação dos recursos hídricos quanto para proteção contra possíveis eventos causados pelo alto escoamento superficial (ex.: inundações, escorregamentos, etc.).

Neste método, utiliza-se uma fórmula que estabelece a relação entre comprimento total dos canais e a área. Para o cálculo do comprimento dos canais, foi utilizada a ferramenta “*Sum line lengths*”. Este algoritmo utiliza uma camada em formato de polígono (neste caso, o *grid*) e outra no formato de linhas (neste caso, a Hidrografia), e calcula o comprimento total das linhas que atravessam cada polígono. Assim, para o cálculo da densidade, foi realizada uma conta simples no “*field calculator*” dividindo-se o valor do comprimento total obtido em cada célula do *grid* pela sua área (1km²).

Os mapas de subíndices de Geodiversidade obtidos para ambos os métodos (*multiparts* e *singleparts*) e o subíndice Hidrográfico foram sobrepostos para obter a quantificação final de Índice de Geodiversidade, para cada método. Definiu-se, nesta etapa, um intervalo de classes para cada mapa de Índice de Geodiversidade, utilizando-se o “Valor Máximo Possível” (VMP) e o “Valor Máximo Obtido” (VMO), para avaliar qual o melhor intervalo para representação da Geodiversidade. O VMO é representado pela célula que apresentou pontuação mais alta a partir da soma dos quatro subíndices (Geomorfológico, Pedológico, Geológico e Hidrográfico). O VMP é obtido a partir da soma de cada valor máximo de cada subíndice, ou seja, representaria a célula da matriz onde todos os subíndices alcançaram o valor máximo. A análise desses dois tipos de intervalos de classe é importante pois mostram resultados diferentes para o Mapa de Índice de Geodiversidade. Isso porque, as células que apresentam o VMO muitas vezes podem mostrar um valor total abaixo das células de determinados subíndices (mesmo que estes apresentem valor total mais baixo). Ou seja, o fato de a célula do VMO apresentar o índice mais alto, não significa que todos os subíndices alcançaram valor alto nesta célula, mas sim que a soma de todos os subíndices foi superior. Assim, a classificação final foi definida em intervalos iguais, de acordo com o VMO e VMP para cada índice, em: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

Após a definição do intervalo de classes é realizada a conversão do mapa em formato de matriz para um mapa de superfície contínua em isolinhas. Para isso, inicialmente o formato

vetorial de polígonos é convertido em pontos, onde cada ponto se localiza no centro de cada célula da matriz. Em seguida, este mapa de pontos passa por um processo de interpolação (IDW, conforme descrito em Silva *et al.* 2013), gerando-se então um mapa em superfície contínua.

4.2.2 Mapa de Geodiversidade

A criação do Mapa de Geodiversidade, com base nos mapas desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) a partir da definição de unidades pela análise integrada do meio físico, tem por base uma visão holística e de sustentabilidade, ressaltando as potencialidades e limitações ao uso das unidades. Avaliou-se ainda, no presente trabalho, seus serviços ecossistêmicos (em escala de paisagem e em escala de sítio).

A análise integrada dos elementos abióticos (Geologia, Geomorfologia, Hidrografia e Solos) em escala de paisagem, permite obter o Mapa de Geodiversidade a partir da definição de unidades. Da mesma forma que em Santos *et al.* (2018), foi utilizado o mapa Geomorfológico como base para a definição das unidades de Geodiversidade, pois dentre os mapas utilizados é o de escala mais detalhada. Apesar disso, não foi dada maior importância à Geomorfologia. Como este é o mapa de maior detalhe, permite uma melhor definição das Unidades ao associar as formas de relevo com a Geologia, Solos e Hidrografia, não ressaltando um aspecto em particular.

Dessa forma, a obtenção do Mapa de Geodiversidade de Miguel Pereira consistiu primeiramente na sobreposição dos mapas geológico, geomorfológico, pedológico e hidrográfico através da ferramenta *overlay*, para realizar uma associação entre eles. Esta associação consistiu em relacionar, por exemplo, depósitos de argila, areia e cascalho – Neossolo Flúvico – planícies de inundação, ou Domínio Serrano – ortognaisses e migmatitos – Argissolos/Cambissolos. A Hidrografia foi considerada apenas na caracterização das unidades; pois nenhuma unidade apresentou esta como fator primordial para sua definição. Como resultado desta integração, foram definidas Unidades de Geodiversidade que foram descritas e classificadas de acordo com suas características, originando o Mapa de Geodiversidade de Miguel Pereira.

4.2.3 Trabalho de campo

Após a etapa de criação dos mapas, foi realizada uma etapa de trabalho de campo com o objetivo de validar os mapas gerados e observar como a diversidade dos elementos do ambiente físico está expressa na paisagem e em escala de sítio. Além disso, foi realizada

também uma caracterização mais detalhada em relação ao mapa qualitativo, com a observação dos locais que apresentem serviço ecossistêmico (Cultural, Conhecimento, Suporte, etc.) em escala de sítio, e das potencialidades e limitações ao uso de cada Unidade de Geodiversidade, e seus serviços ecossistêmicos (escala de paisagem). No trabalho de campo foram utilizados dispositivos móveis Android e IOS e o aplicativo Avenza Maps, onde é possível visualizar mapas em formato PDF georreferenciados, permitindo navegar *offline* via GPS. Dessa forma, a etapa de trabalho de campo foi otimizada permitindo encontrar os pontos de interesse mais rapidamente.

Ao todo, foram visitados 26 pontos no município de Miguel Pereira (Figura 19). Os pontos foram definidos previamente com base nas áreas de maior e menor índice dos mapas quantitativos, assim como nas áreas que permitissem uma melhor caracterização das unidades de Geodiversidade do mapa qualitativo. A etapa de trabalho de campo também permitiu testar o uso dos mapas quantitativos no planejamento do campo, buscando-se avaliar se seria possível encontrar os pontos previamente definidos e se estes possuem alguma importância no sentido de apresentar aspectos relevantes da Geodiversidade. Os pontos foram denominados de acordo com sua localidade ou com alguma característica do local, de acordo com a Tabela 1:

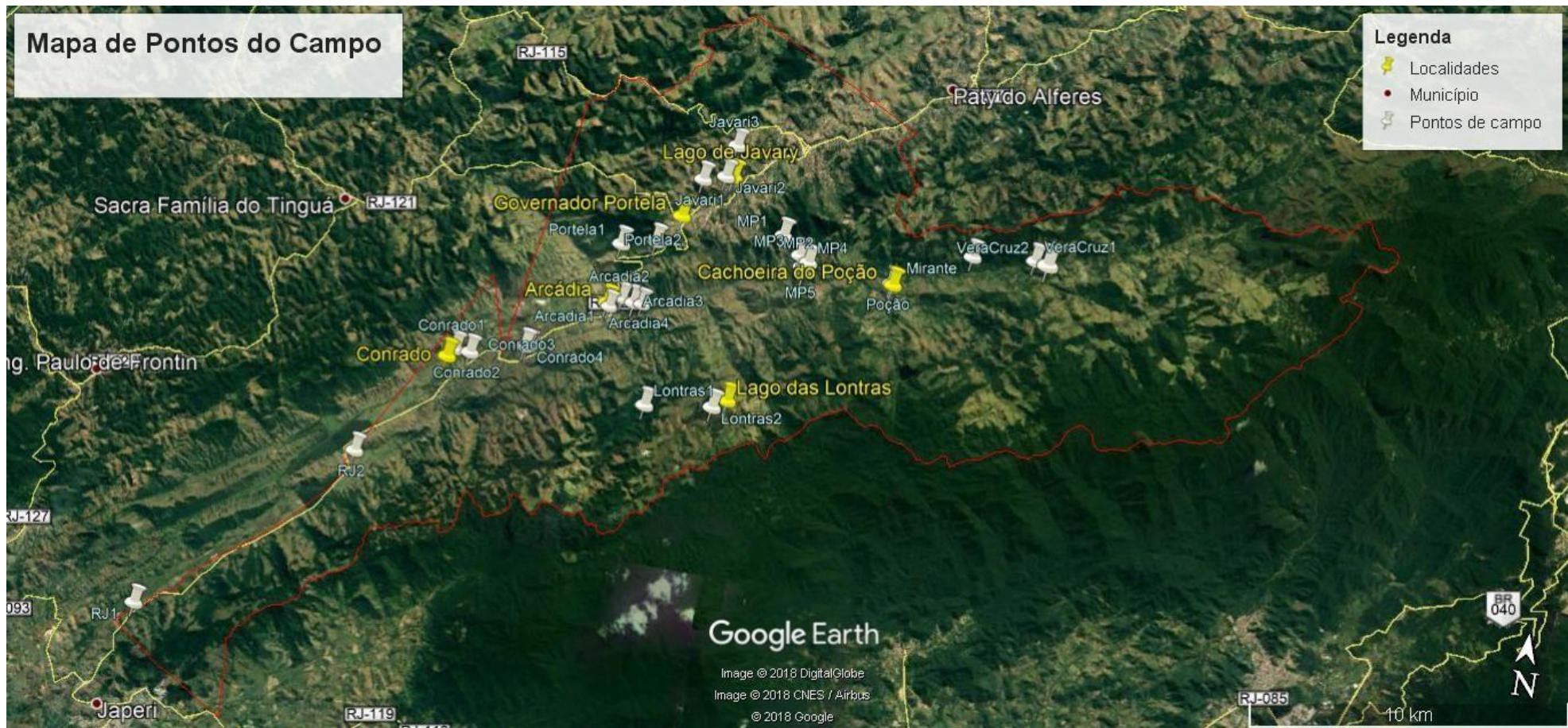


Figura 19: Mapa de pontos do campo (Fonte: Google Earth).

PONTOS	COORDENADAS (Referencial Geodésico SIRGAS 2000/Zona UTM 23S)
RJ1	0638179 / 7498107
RJ2	0644364 / 7503908
Conrado1	0647028 / 7507588
Conrado2	0647522 / 7507550
Conrado3	0649259 / 7508001
Conrado4	0649333 / 7508013
Arcadia1	0651745 / 7509698
Arcadia2	0652118 / 7510015
Arcadia3	0652502 / 7509885
Arcadia4	0652775 / 7509922
Portela1	0651842 / 7511666
Portela2	0652947 / 7511895
Lontras1	0653397 / 7506713
Lontras2	0655528 / 7506965
Javari1	0654147 / 7514054
Javari2	0654849 / 7514249
Javari3	0655057 / 7515274
MP1	0656951 / 7512668
MP2	0657668 / 7511797
MP3	0657562 / 7512143
MP4	0657855 / 7511958
MP5	0657747 / 7511642
Poção	0660575 / 7511689
Mirante	0663027 / 7512920
VeraCruz1	0665002 / 7513066
VeraCruz2	0665397 / 7512897

Tabela 1: Nomenclatura dos pontos visitados em campo e suas respectivas coordenadas.

5 RESULTADOS

5.1 Avaliação Quantitativa da Geodiversidade

A partir da metodologia descrita, foi criado o Mapa de Índice de Geodiversidade tanto para o método *multiparts* quanto para *singleparts*, integrando-se os mapas de subíndices da Geodiversidade. Observou-se, assim, a distribuição espacial da riqueza do meio físico do Município como um todo.

Os resultados obtidos com ambos os métodos de quantificação, foram utilizados posteriormente na etapa de trabalho de campo, com o objetivo de validar as áreas de maior e menor índice tanto no sentido de expressão na paisagem quanto em escala de sítio.

5.1.1 Subíndice Geológico

O Município de Miguel Pereira apresenta uma diversidade litológica caracterizada por rochas ígneas pertencentes ao Batólito Serra das Araras e Serra dos Órgãos, e rochas metamorfizadas e migmatizadas das Unidades Rio Negro e Itaocara de idade Neoproterozoica; além da presença também de sedimentos aluvionares (depósitos de argila, areia e cascalho) do Quaternário. Além disso, o município apresenta também a ocorrência de diques basálticos, falhas e dobras decorrentes dos eventos do Pan-Africano-Brasiliano e da reativação da Zona de Cisalhamento Arcádia-Areal.

a) Método *Multiparts*

A quantificação do subíndice Geológico (unidades litológicas e estruturas) apresentou valores de um a seis para o método *multiparts* (Figura 20), no qual os valores mais altos aparecem próximo às localidades de Conrado e Arcádia.

Os pontos observados em campo mais representativos destas áreas de valor mais alto, são: RJ2, Conrado3, Conrado4, Arcadia2, Arcadia3 e Arcadia4. Estes pontos localizam-se próximo a ocorrência de falhas verticalizadas e de um dique de diabásio. Este dique possui ocorrência bastante significativa no município, sendo observado em campo nos pontos Conrado3, Conrado4, Arcadia2 e Arcadia3; continuando para oeste e seguindo o mesmo *strike* destes pontos. No ponto RJ2 foram observadas também facetas triangulares, que são as formas de relevo associadas às falhas de borda do Gráben do Rio Santana. Além disso, todos estes pontos localizam-se próximo ao contato entre diferentes unidades litológicas pertencentes ao Batólito Serra das Araras, Unidade Rio Negro e Unidade Itaocara, além dos depósitos de argila, areia e cascalho. Os índices mais baixos (um e dois) apresentam maior

ocorrência no município e representam as áreas com pouca ou nenhuma estrutura, e mais homogêneas litologicamente.

b) Método Singleparts

A quantificação deste subíndice pelo método *singleparts* apresentou valores de um a oito (Figura 21). Os valores mais altos (seis, sete e oito) ocorrem também nas mesmas áreas observadas no método *multiparts* (Conrado e Arcádia); e, também, nas localidades de Governador Portela e na região próxima à Hidrelétrica Vera Cruz, à leste do município. Como neste método conta-se a diversidade geométrica em cada célula da matriz, as células representadas nestas áreas (Governador Portela e Hidrelétrica) apresentaram índice mais alto devido à maior concentração de falhas verticalizadas em cada célula em comparação ao restante do município.

Os pontos observados em campo nas localidades de Governador Portela e Hidrelétrica Vera Cruz, são representados por: Portela1, Portela2, VeraCruz1 e VeraCruz2. Nestes pontos foi possível observar apenas as facetas triangulares, associadas a estas falhas; não havendo mais a ocorrência do dique de diabásio observado em Conrado e Arcádia. Os índices mais baixos (um a três) apresentam maior representatividade no município, relacionados às áreas litologicamente mais homogêneas e com pouca ou nenhuma estrutura; como no método *multiparts*.

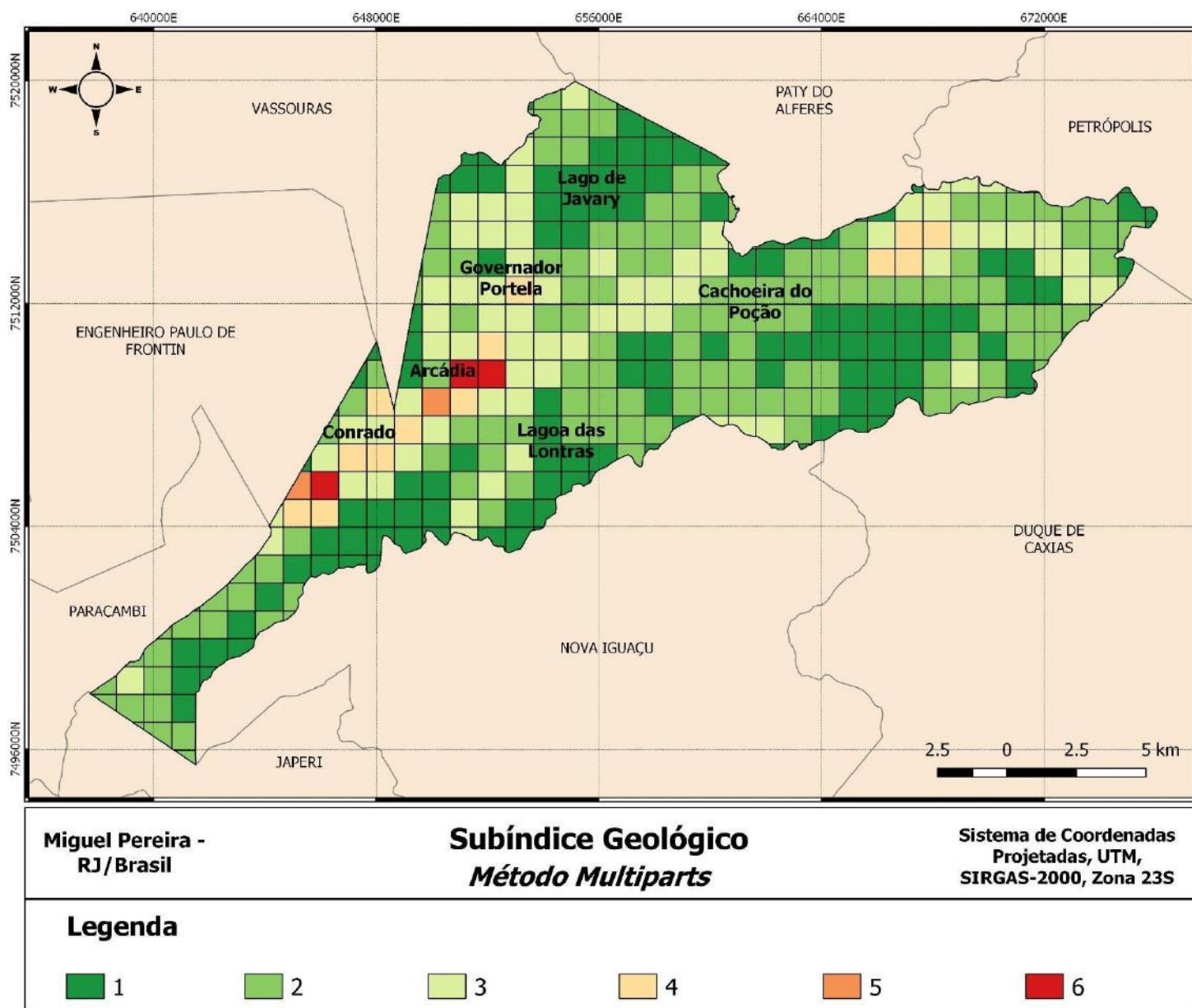


Figura 20: Mapa de subíndice Geológico através do método *multiparts*.

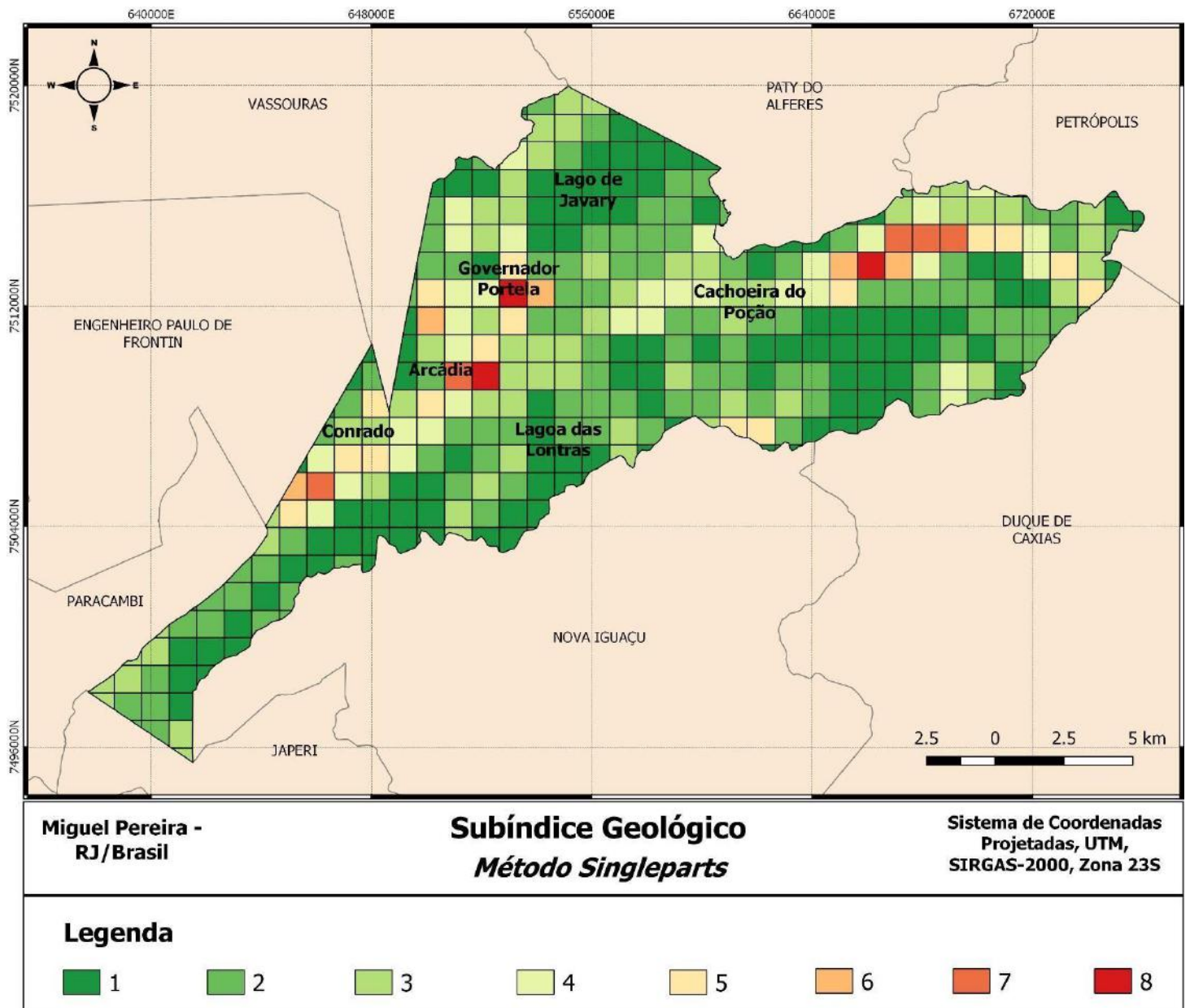


Figura 21: Mapa de subíndice Geológico através do método *singleparts*.

5.1.2 Subíndice Geomorfológico

A variada geomorfologia de Miguel Pereira é formada por relevos influenciados pelos eventos tectônicos do Brasiliano e esculpidos por processos recentes (Cenozoico Superior). Considerou-se para a quantificação deste subíndice o parâmetro que representa maior detalhe no mapa, ou seja, os padrões de relevo.

a) Método *Multiparts*

Realizando-se o procedimento “*multiparts*”, a quantificação dos padrões de relevo do subíndice Geomorfológico apresentou valor de um a seis (Figura 22), sendo o valor mais alto (seis) observado em dez células da matriz. Os valores mais baixos (um e dois) aparecem em vários locais no município, sendo o valor dois de maior predominância. Os maiores valores (cinco e seis) podem ser observados nas células localizadas próximas aos pontos observados em campo que são mais representativos destas células: RJ1, RJ2, Conrado1, Javari1, Javari2, MP1, Mirante e Lontras2.

O ponto RJ1 está localizado em uma área caracterizada pela presença de facetas triangulares, rampas de alúvio-colúvio e colinas no bloco rebaixado. A área do ponto RJ2 é caracterizada pela presença de planícies de inundação e grande desnível de relevo pois, assim como no ponto anterior, está localizada em um local de Domínio Serrano em contato com áreas baixas. O ponto Conrado1 localiza-se em área rebaixada entre o Domínio Serrano e as Escarpas de Borda de Planalto. É possível observar neste local, além das rampas de alúvio-colúvio próximas às áreas de maior declive, a presença de dois níveis de terraços fluviais: um de aproximadamente 4 metros (terraço mais antigo) e outro de mais ou menos 1,5 metros (terraço mais novo). Na área mais baixa dos terraços é possível observar o leito do rio Santana. No entanto, estes terraços não estão indicados no mapa Geomorfológico, apenas tendo sido observados em campo; ou seja, eles não contribuíram para o índice alto desta área.

Na área mais a norte do município, próximo ao Lago de Javari, encontram-se os pontos Javari1, Javari2 e MP1. Na área onde estão localizados estes pontos concentram-se o maior número de células com valores 5 e 6 no mapa de subíndice. Esta alta concentração de células de valor alto pode estar relacionada à variedade de padrões de relevo observados no local; dominada por um relevo de morros e colinas e alta declividade. O ponto MP1 representa um mirante localizado na estrada do Chaumière, com vista para o Vale do Rio Santana e a presença de morros em diferentes níveis altimétricos relacionados às Escarpas

de Borda de Planalto e Domínio Serrano. É possível ter uma boa observação neste ponto das facetas triangulares, colinas e o rio Santana na parte mais baixa.

No ponto Mirante é possível observar também valores altos de diversidade geomorfológica. Este Mirante localiza-se dentro de uma pousada, denominado de Mirante da Serra. Esta área está inserida no Domínio Serrano, na unidade Geomorfológica do Vale Encaixado do Alto Curso do Rio Santana, apresentando alta declividade e, por isso, várias unidades diferentes, o que causa altos valores de subíndice.

Finalmente, o ponto Lontras2, localizado na Lagoa das Lontras, está relacionado à região do mapa de subíndice mais a sul, onde estão localizadas também as células de valor mais alto. Esta área está inserida no planalto do Alto Rio São Pedro, dominada também por uma alta variedade de padrões de relevo; conferindo à região altos valores de subíndice no mapa quantitativo.

b) Método Singleparts

O subíndice Geomorfológico obtido através da contagem de cada geometria presente em cada célula (*singleparts*), apresentou variação de um a vinte ocorrências, não ocorrendo células com valor dezesseis, dezoito e dezenove (Figura 23). O mapa obtido através deste método apresentou os valores mais altos (doze a vinte) apenas nas áreas dos pontos Javari1, Javari2 e MP1, Mirante e Lontras2; ou seja, apresentou uma quantidade menor de células de valor alto em comparação com o método *multipart*. Os valores mais baixos (um a seis) ocorrem em maior predominância no município.

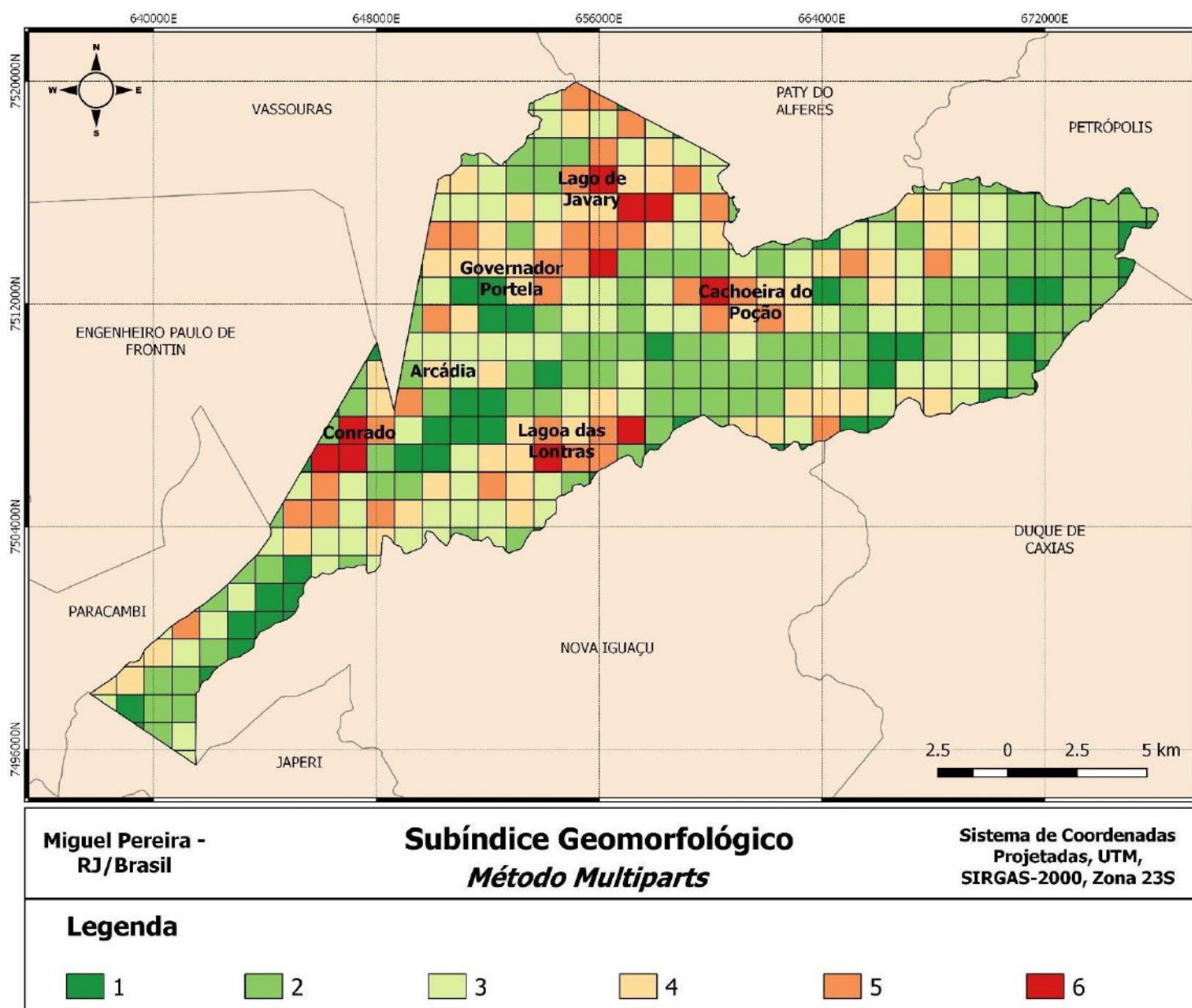


Figura 22: Mapa de subíndice Geomorfológico através do método *multiparts*.

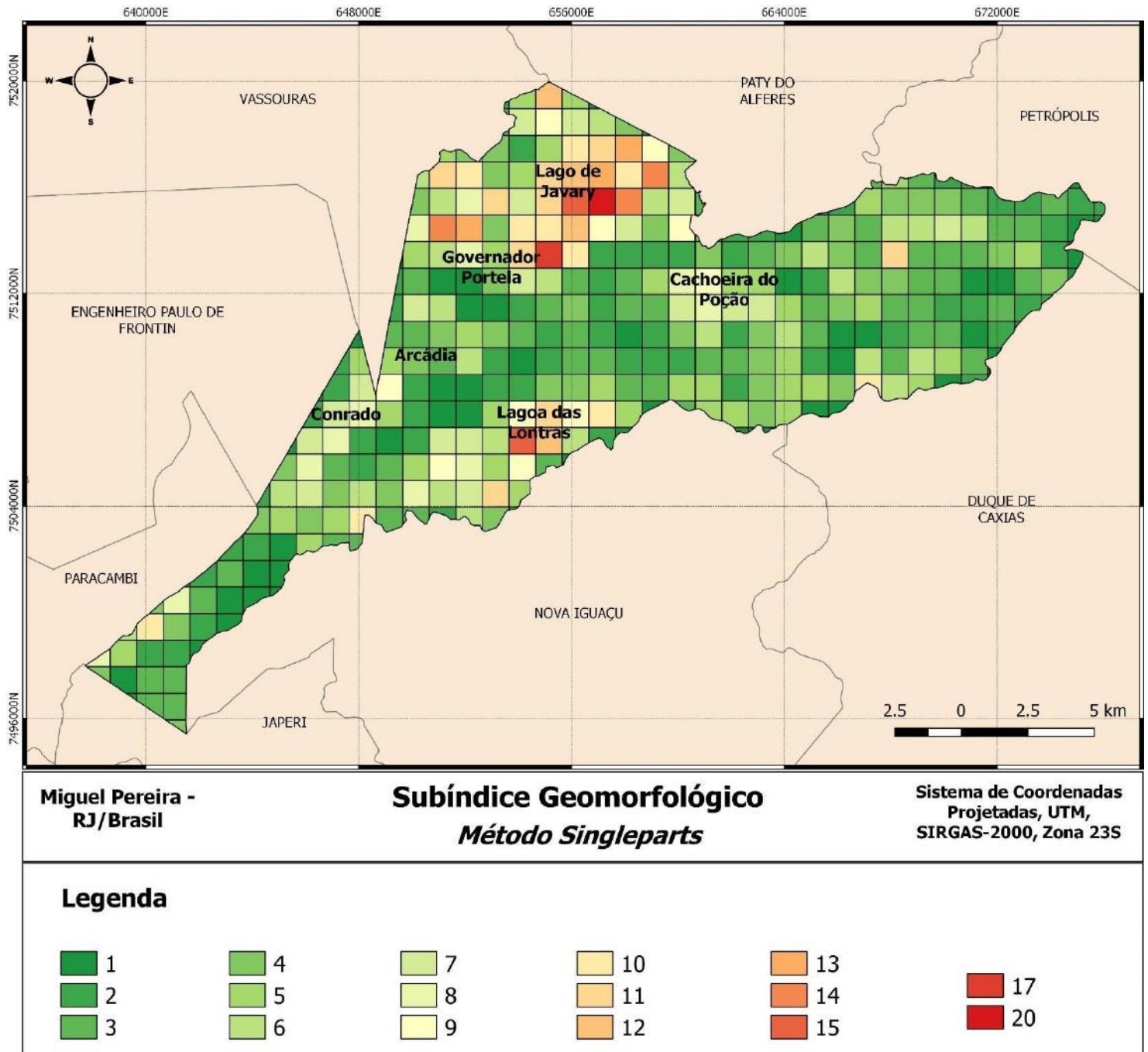


Figura 23: Mapa de subíndice Geomorfológico através do método *singleparts*.

5.1.3 Subíndice Pedológico

A diversidade pedológica de Miguel Pereira é representada por solos que refletem a diversidade geológica e geomorfológica do município. Caracteriza-se pela presença de Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelo, Argissolos Vermelho e Vermelho-Amarelo, Cambissolos Háplico e Neossolos Flúvico e Litólico; além de um total de dezessete subclasses de solos. A quantificação do elemento pedologia baseou-se no parâmetro de maior detalhe no mapa, representado pelas subclasses.

a) Método *Multiparts*

A quantificação das subclasses de solos através do método “*multiparts*”, apresentou valores variando de um a cinco nas células da matriz (Figura 24). No geral, os valores mais baixos (um e dois) apresentaram maior predominância no município. Os valores de médio a alto (3 a 5) podem ser observados em locais onde há o contato de uma maior variedade de solos, relacionados aos depósitos quaternários e ao relevo acidentado do Domínio Serrano. Isto pode ser observado tanto nos pontos visitados na etapa de trabalho de campo (como por exemplo, os pontos Lontras2, Conrado2, MP2) quanto no mapa de subíndice obtido.

b) Método *Singleparts*

As subclasses de solos, quando quantificadas utilizando-se a ferramenta “*multipart to singleparts*”, também apresentaram valores de ocorrência entre um e cinco para cada célula da matriz (Figura 25). A quantificação dos solos através deste método mostrou também que os valores mais baixos (um e dois) predominam no município. Os valores de médio a alto (três a cinco) ocorrem nos mesmos locais observados para o método anterior, mas em maior quantidade de células da matriz. Além disso, sua ocorrência se dá também em locais de contato entre diferentes tipos de solos de depósitos quaternários e do Domínio Serrano.

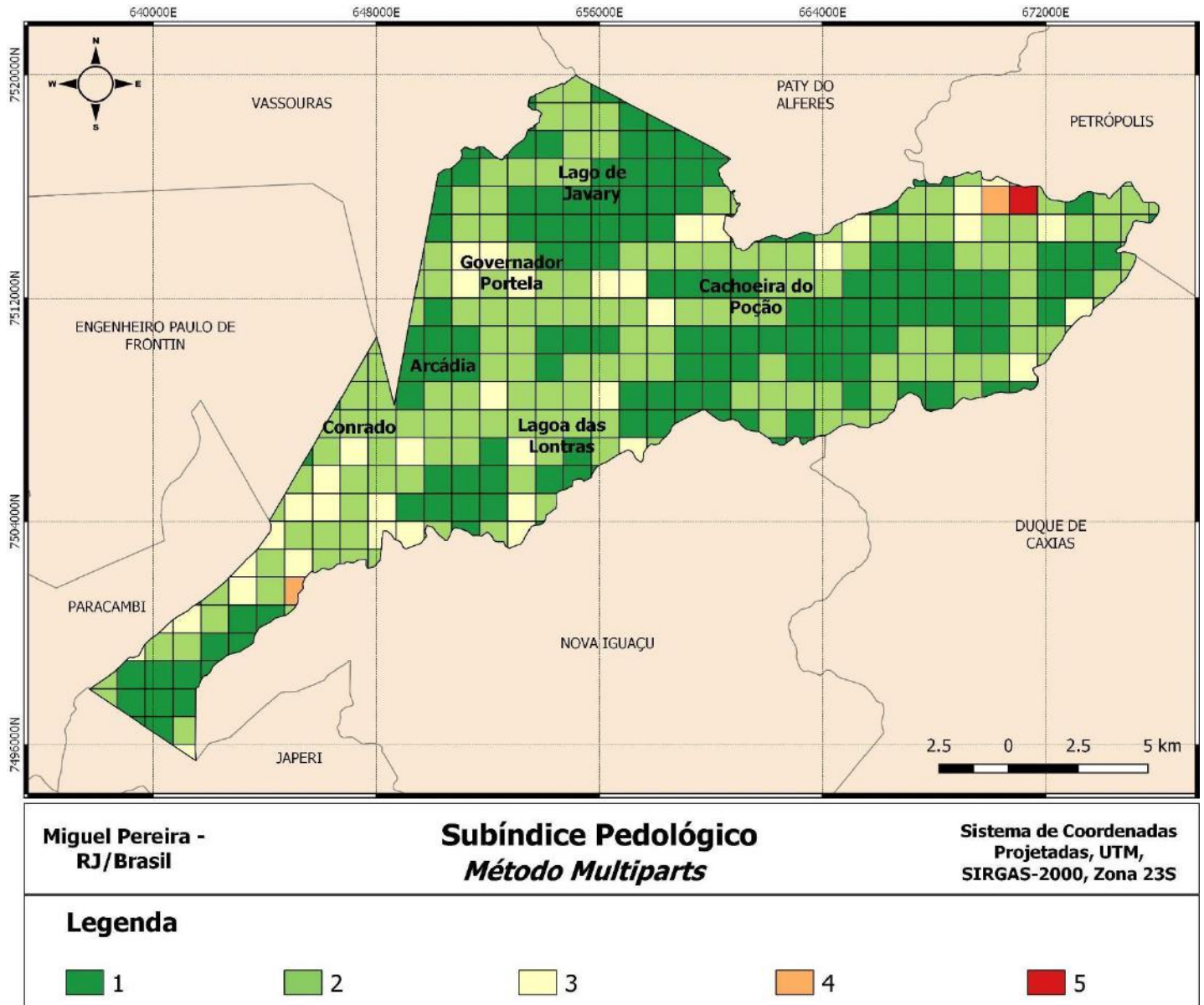


Figura 24: Mapa de subíndice Pedológico através do método *multiparts*.

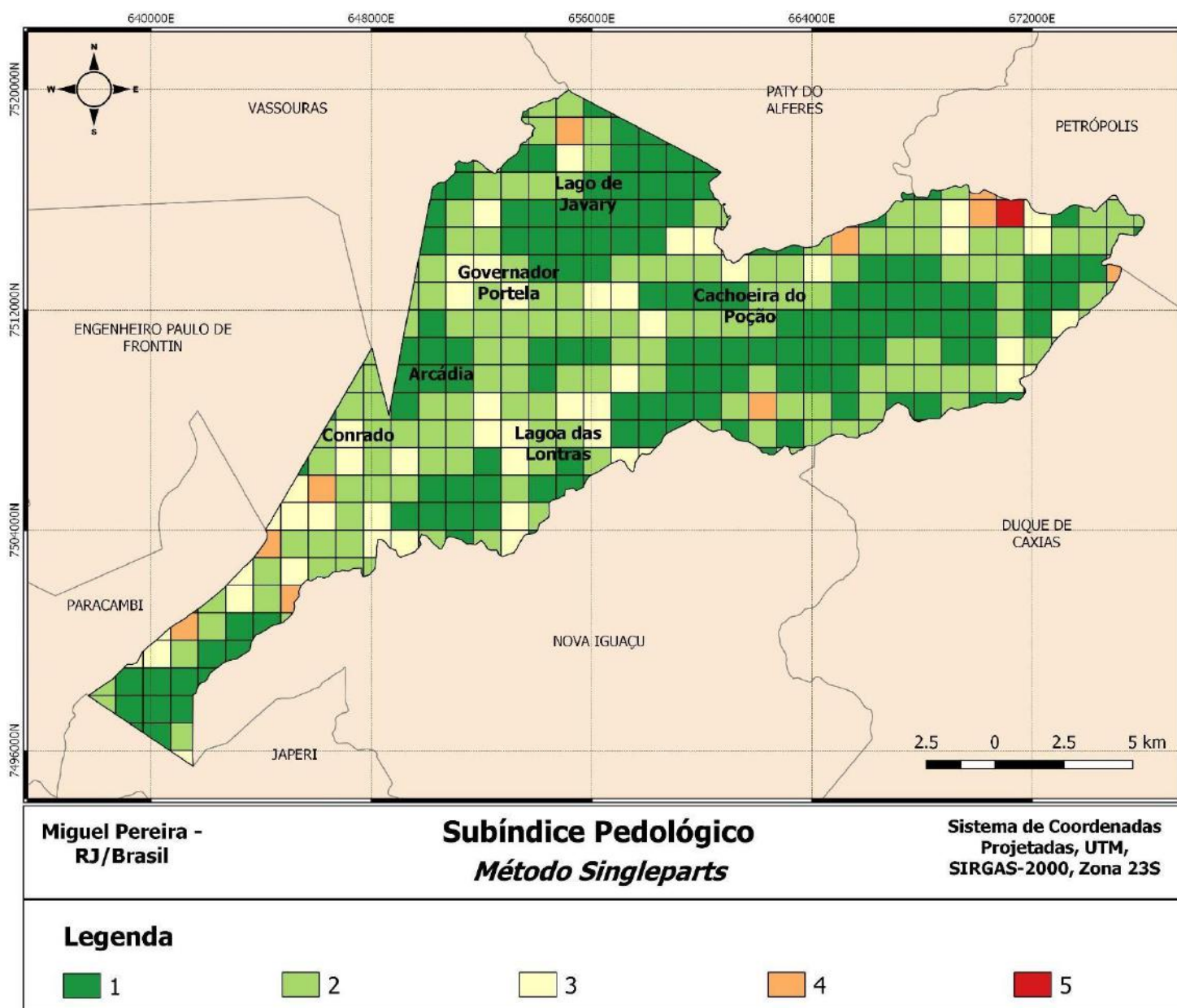


Figura 25: Mapa de subíndice Pedológico através do método *singleparts*.

5.1.4 Subíndice Hidrográfico

A hidrografia de Miguel Pereira é composta por uma rede de drenagem constituída por uma série de canais de regime temporário e permanente. O principal rio de regime permanente no município é representado pelo rio Santana, o qual atravessa todo o município pelo Vale encaixado do alto curso do rio Santana, e constitui um dos principais afluentes do rio Guandu.

Diferente do procedimento realizado para quantificação dos outros subíndices, a Hidrografia foi quantificada uma única vez, sem utilizar o processo de *multiparts* e *singleparts*. Após quantificação através do método de densidade de drenagem, obteve-se o subíndice Hidrográfico com células variando de zero a seis (Figura 26). Os maiores índices obtidos (cinco e seis) ocorrem principalmente nas áreas de maior declive, com vales bastante encaixados; representando áreas de maior escoamento superficial. Os índices mais baixos (zero a dois) correspondem às áreas de relevo plano e rebaixado. Estas áreas apresentam menor escoamento superficial e possuem maior representatividade no município.

Foi possível observar em campo alguns pontos apresentando quantificação do subíndice Hidrográfico de médio a alto. O ponto RJ2 corresponde, no mapa, à área representada pelos valores 4 e 5. Esta área é caracterizada por um forte desnível de relevo e muitos canais de drenagem em contato com o rio principal (atribuída à presença do rio de regime permanente Córrego Floresta e seus afluentes). O ponto Portela1 corresponde à área no mapa com valor 4. Esta área é representada por um vale encaixado do rio São João da Barra e por um domínio Serrano de encostas íngremes. A parte central do mapa e em direção à leste do município verifica-se valores 4 e 5, correspondendo a alguns pontos observados em campo: O ponto MP1 está localizado em um mirante na estrada do Chaumière (Javari, Miguel Pereira), com vista para o Vale do Rio Santana e declividades muito altas, representada por um Domínio Serrano e Escarpas de borda de planalto. Outro ponto com representatividade 4 e 5 no mapa é a Cachoeira do Poção, localizada em uma região com possível controle estrutural; o ponto Mirante está localizado no Mirante da Serra, estrada paralela ao rio Santana, que nessa altura encontra-se bastante encaixado. Nas áreas mais próximas às duas células de valor mais alto (6), encontram-se os pontos: Vera Cruz1 e Vera Cruz2 representados pela localização de uma hidrelétrica (antigo nome Usina Vera Cruz) e sua barragem, respectivamente; e nas coordenadas está localizado o ponto Lontras2 (Lagoa das Lontras), em uma região de alta densidade de drenagem, próximo ao rio Córrego das Palmeiras (afluente do Rio Santana).

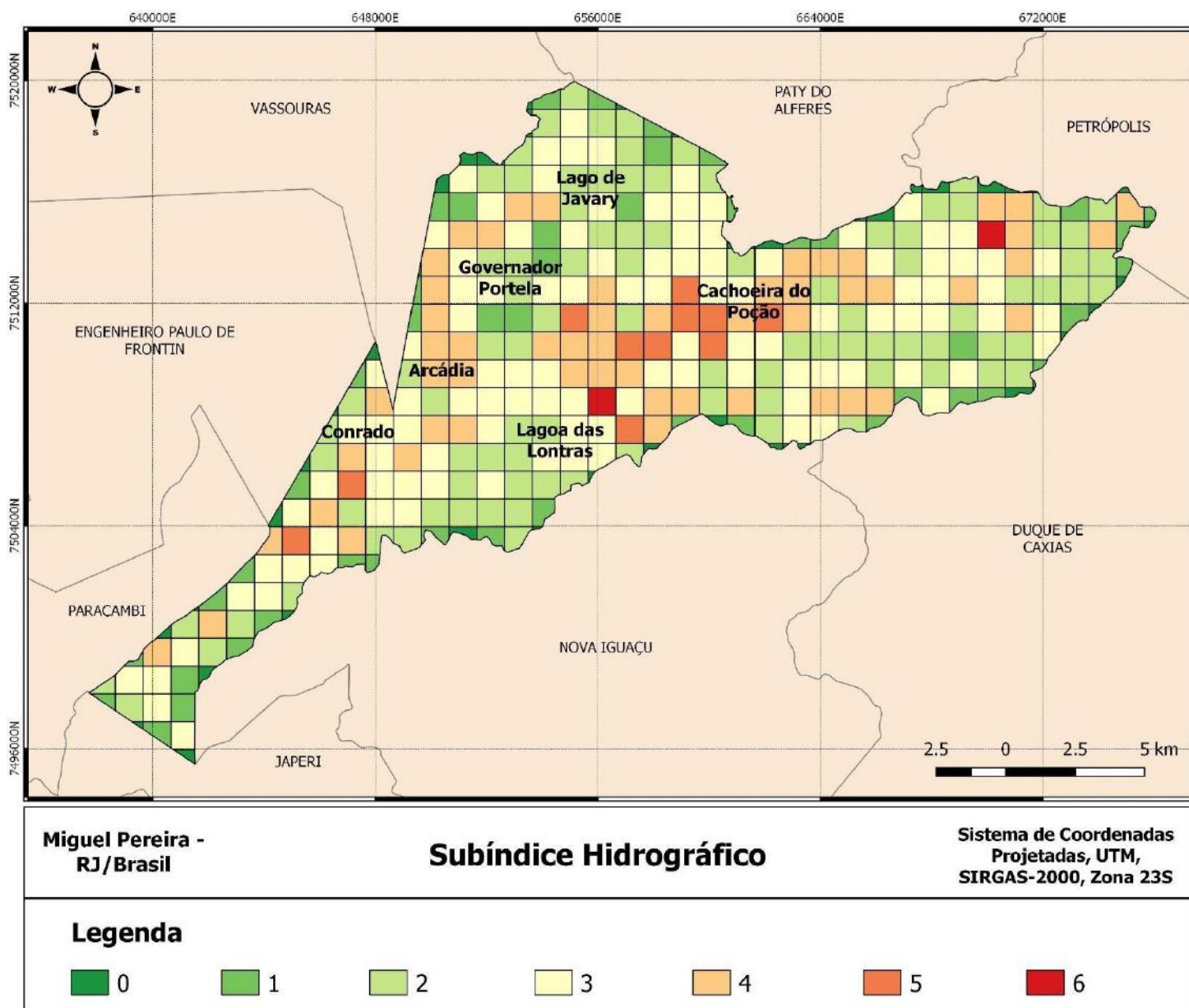


Figura 26: Mapa de subíndice Hidrográfico.

5.1.5 Mapa de Índice de Geodiversidade

Através da soma dos subíndices de Geodiversidade (Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Hidrografia), foi possível obter um mapa de Índice de Geodiversidade representando o índice e a distribuição total de riqueza do município. Neste trabalho, foram obtidos dois mapas de Índice de Geodiversidade do município de Miguel Pereira para cada método realizado (*multipart* e *singleparts*), totalizando quatro mapas; pois cada um deles foi, ainda, avaliado segundo o “Máximo valor obtido” e o “Máximo valor Possível” (Tabela 2). A diferença entre eles está na sua classificação final, já que o intervalo entre os valores mínimo e máximo do índice final muda para cada mapa.

	Mapa de Índice de Geodiversidade	
	<u>“Valor Máximo Obtido”</u> (VMO)	<u>“Valor Máximo Possível”</u> (VMP)
Método <i>Multipart</i>	1 mapa	1 mapa
Método <i>Singleparts</i>	1 mapa	1 mapa

Tabela 2: Mapas de Índice de Geodiversidade obtidos através dos métodos *multipart* e *singleparts*.

Após obter os valores de índice de Geodiversidade para cada um dos mapas, foram definidas classes de Geodiversidade (Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito alto) para uma melhor representação do índice, além de facilitar a visualização de sua riqueza no município e comparação entre os mapas de Índice Geodiversidade gerados. A identificação das áreas de maior e menor riqueza através da etapa de trabalho de campo, possibilitou a descoberta de sítios interessantes, tanto pela diversidade de elementos encontrada quanto pelos valores da Geodiversidade presentes (científico, educativo etc.).

5.1.5.1 Método *Multiparts*

a) “Valor máximo obtido” (VMO)

Através da soma dos subíndices de Geodiversidade quantificados pelo método *multiparts*, foi possível obter um resultado total para cada célula da matriz (“Valor Máximo Obtido” - VMO). O índice final apresentou valor mínimo igual a 3 e valor máximo 17, que foram divididos em intervalos iguais dentro das seguintes classes de Geodiversidade: Muito Baixo (3 - 5), Baixo (6 - 8), Médio (9 - 11), Alto (12 - 14) e Muito Alto (> 14) (Figura 27).

As áreas classificadas com índice Muito Alto, encontram-se principalmente próximo às localidades de Conrado, Arcadia e Lagoa das Lontras; locais com maior variedade de elementos abióticos. As áreas de índice Alto possuem uma maior distribuição no município que a classe anterior, ocorrendo nas mesmas localidades de índice Muito Alto, em Governador Portela, e na região à leste do município entre o Vale Encaixado do Alto Curso do Rio Santana e as Escarpas das Serras das Araras e Paracambi (Serra do Mar). As áreas que apresentam índice de Geodiversidade Médio possuem maior predominância em relação às outras classes, e estão distribuídas por todo o município. As áreas consideradas com índice Baixo também estão distribuídas por todo o município; porém, possuem menor concentração. As áreas de índice Muito Baixo ocorrem de forma pontual, em pequenas áreas nas regiões próximas aos limites do município.

b) “Valor máximo possível” (VMP)

A obtenção do “Valor Máximo Possível” (VMP) foi realizada identificando-se o valor máximo para cada subíndice; os quais foram somados, totalizando-se 23. Assim, este valor representa o número máximo de elementos de Geodiversidade que pode ocorrer em determinada célula da matriz, sendo o potencial máximo de Geodiversidade no município. A classificação da Geodiversidade após a soma dos subíndices e considerando o VMP (23), resultou nas seguintes classes: Muito Baixo (3-6), Baixo (7-10), Médio (11-14), Alto (15-18) e Muito Alto (> 18) (Figura 28).

O mapa de Índice de Geodiversidade obtido através do método *multiparts* e utilizando-se o VMP, apresentou somente as classes Muito Baixo, Baixo, Médio e Alto. Ou seja, a classe Muito Alto não foi representada no mapa indicando que não houve nenhuma célula da matriz alcançando esta classe de Geodiversidade no município de Miguel Pereira.

As áreas identificadas como índice Alto de Geodiversidade são representadas pelas regiões de Conrado, Arcadia e Lagoa das Lontras, mesmas áreas com índice Muito Alto no

mapa de VMO. As áreas de índice Médio ocorrem por todo o município mas não possuem muita representatividade como no mapa de VMO. Neste caso, as áreas com índice Baixo foram predominantes, ocorrendo em uma grande extensão no município. Os pontos realizados em campo que representam este índice Baixo estão localizados na região do Lago de Javari, que no mapa de VMO apresentam índice Médio. As áreas de índice Muito Baixo limitam-se às regiões mais homogêneas (pouca diversidade de elementos), principalmente próximas aos limites do município.

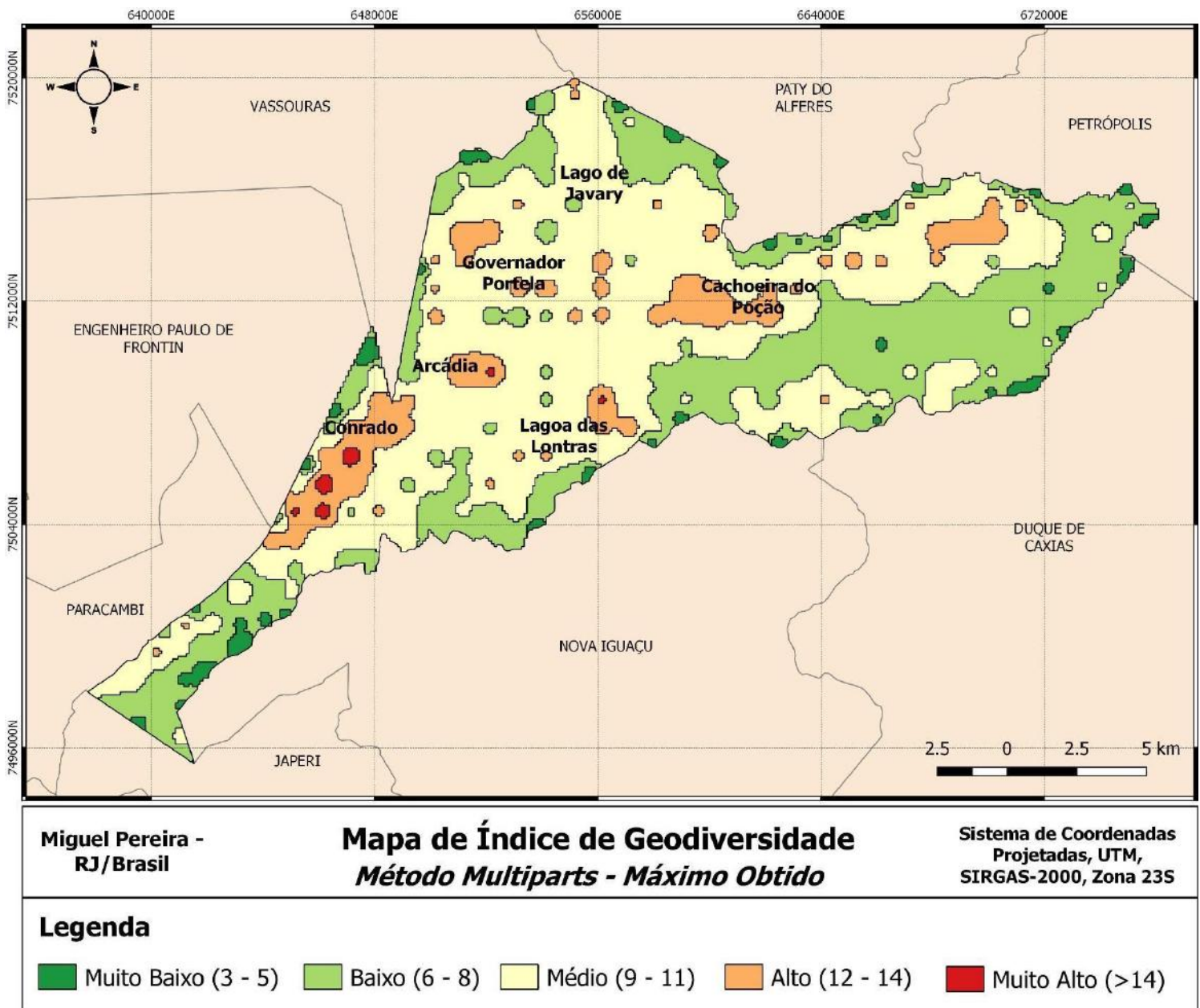


Figura 27: Mapa de Índice de Geodiversidade através do método *multiparts* utilizando Valor Máximo Obtido.

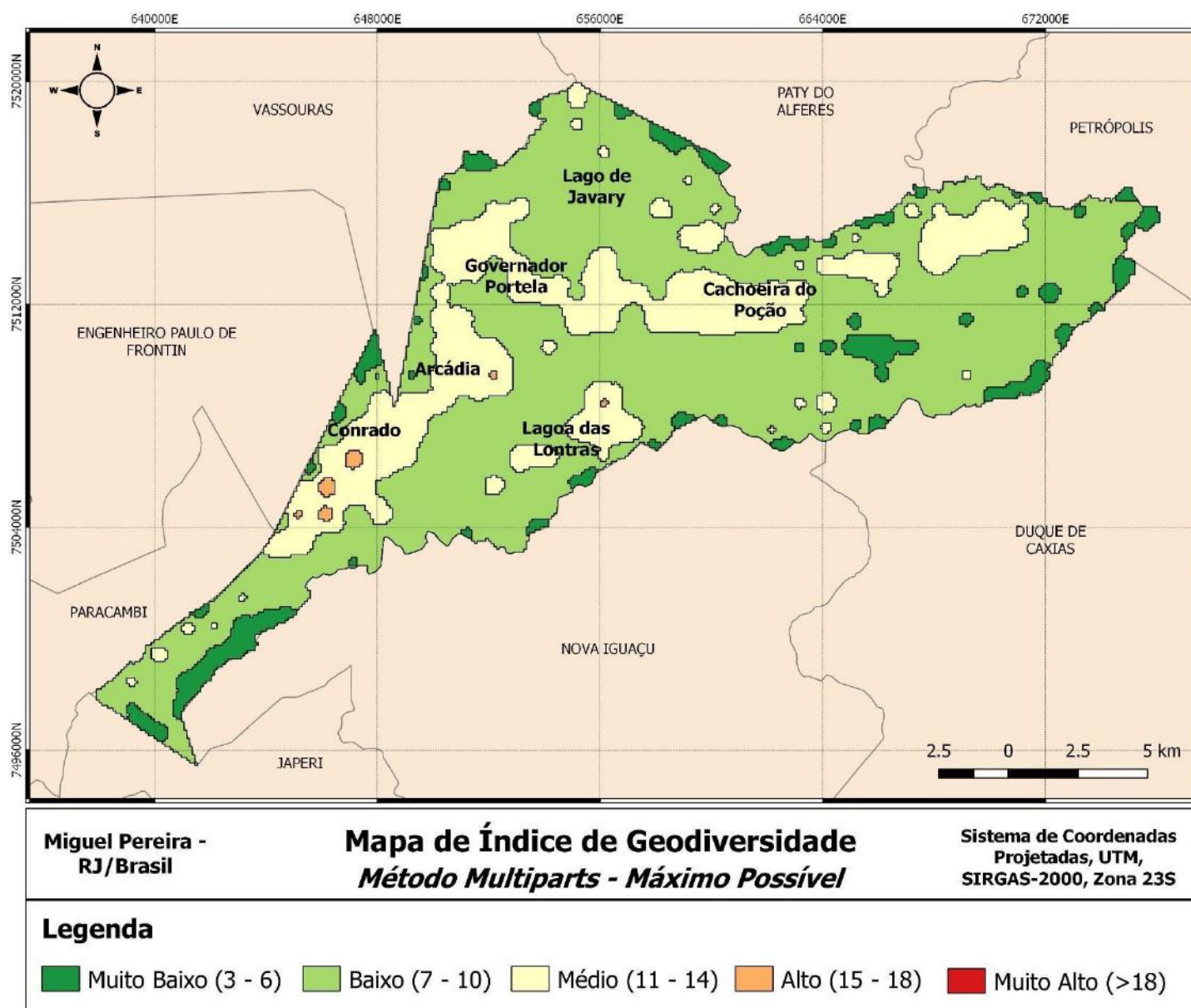


Figura 28: Mapa de Índice de Geodiversidade através do método *multiparts* utilizando Valor Máximo Possível.

5.1.5.2 Método *Singleparts*

a) “Valor máximo obtido” (VMO)

O índice final a partir da soma dos subíndices de Geodiversidade quantificados através deste método, apresentou valor mínimo igual a 3 e valor máximo 24. Seu valor máximo é maior que no método *multiparts* (17), já que no método *singleparts* conta-se todos os elementos presentes em cada célula, inclusive suas repetições. Foram definidas então, as seguintes classes para o índice final obtido: Muito Baixo (3-6), Baixo (7-10), Médio (11-14), Alto (15-18) e Muito Alto (>18) (Figura 29).

A classe definida como Muito Alto apresenta ocorrência muito semelhante às áreas com índice Alto do método *multiparts*; com uma maior concentração de células na área a norte do município nas localidades de Governador Portela e Lago de Javari, onde há uma grande diversidade de padrões de relevo. As áreas de índice Alto ocorrem nas mesmas localidades que a classe anterior, mas em maior quantidade e mais distribuídas. As áreas com índice de Geodiversidade Médio estão distribuídas por todo o município; mas ao contrário do método *multiparts*, não é a classe predominante. A classe predominante neste caso, é a definida como Baixo, ocorrendo também em todo o município e representando as células com menor quantidade de elementos cada, normalmente associadas às regiões com baixa diversidade de padrões de relevo. Assim como no método *multiparts*, as áreas com índice Muito Baixo ocorrem de forma pontual, principalmente nas áreas limite do município.

b) “Valor máximo possível” (VMP)

O mapa de Índice de Geodiversidade gerado através do método *singleparts* e considerando o VMP (39) foi classificado da seguinte forma: Muito Baixo (3 – 9), Baixo (10 – 16), Médio (17 – 23), Alto (24 – 30) e Muito Alto (> 30) (Figura 30).

A classe definida como Muito Alto não foi alcançada por nenhuma célula da matriz, não sendo representada no mapa. Apenas uma célula localizada próximo à região de Governador Portela é considerada de índice Alto, devido à presença de grande diversidade de padrões de relevo. As áreas de índice de Geodiversidade Médio estão mais distribuídas no município e coincidem com as áreas que apresentaram índice Alto/Muito Alto no mapa obtido neste método *singleparts* para VMO. As áreas de índice Baixo e Muito Baixo estão distribuídas por todo o município; porém o índice de Geodiversidade Baixo é predominante.

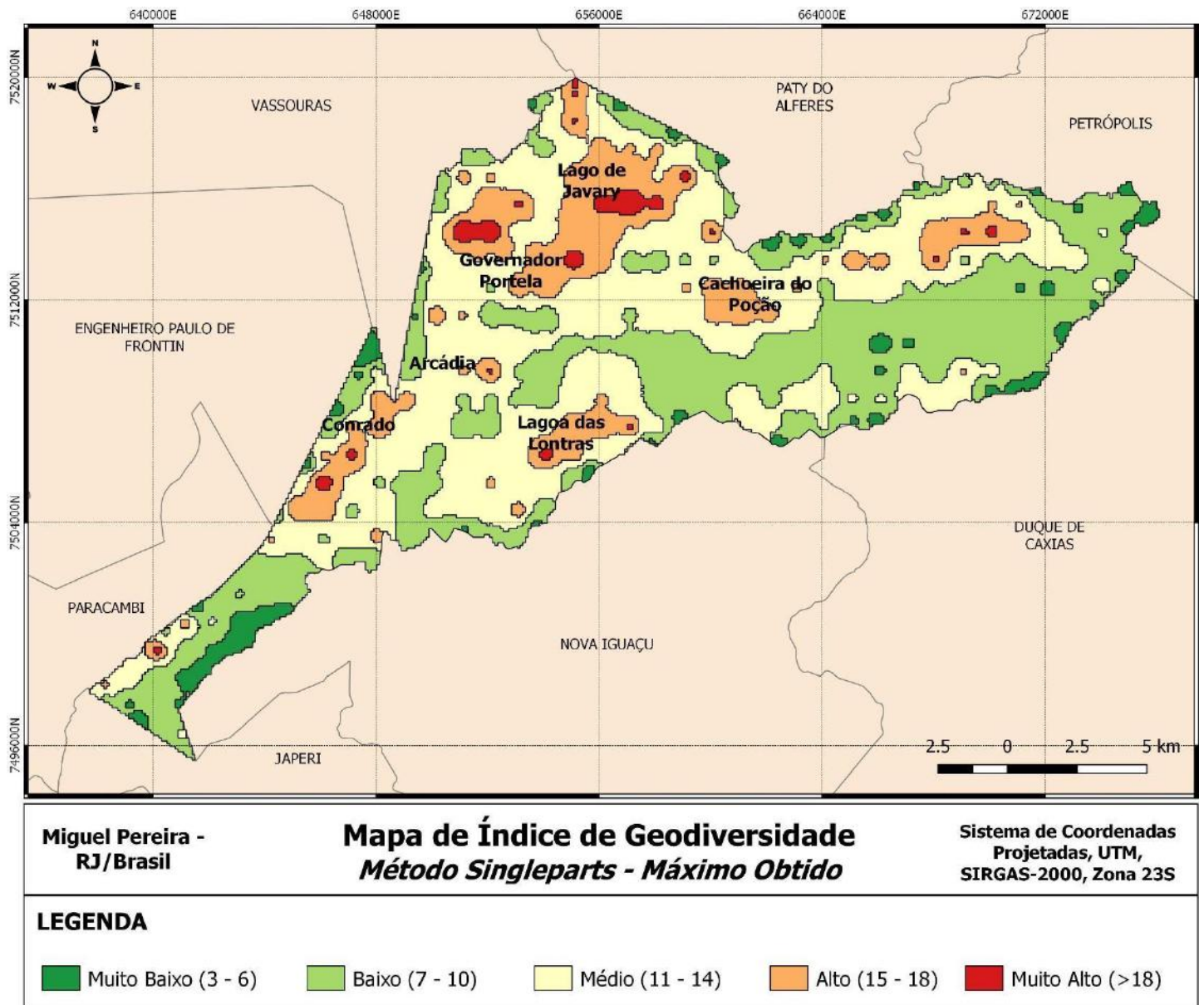


Figura 29: Mapa de Índice de Geodiversidade através do método *singleparts* utilizando Valor Máximo Obtido.

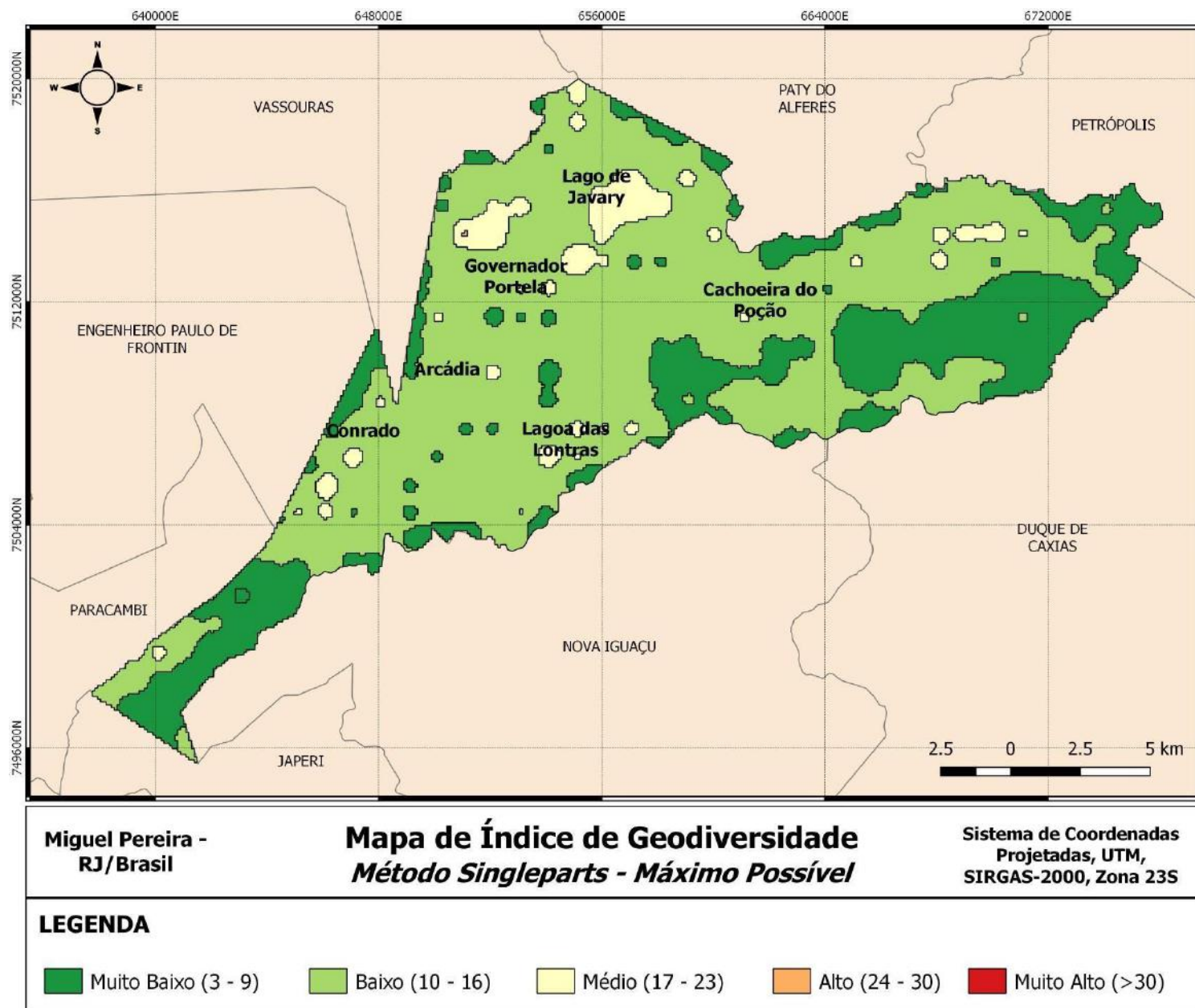


Figura 30: Mapa de Índice de Geodiversidade através do método *singleparts* utilizando Valor Máximo Possível

5.2 Avaliação Qualitativa da Geodiversidade

5.2.1 Mapa de Geodiversidade

O Mapa de Geodiversidade do município de Miguel Pereira (Figura 31) é apresentado em Unidades de Geodiversidade, representando a análise integrada dos elementos abióticos. A compartimentação da área em unidades de Geodiversidade é útil em questões de planejamento e gestão do território, já que é possível observar as potencialidades e limitações ao uso de cada unidade, além de seus serviços ecossistêmicos. Além disso, foi possível verificar os serviços ecossistêmicos em escala de sítio em determinados pontos visitados em campo, os quais estão inseridos em alguma Unidade de Geodiversidade. Esta definição em escala de sítio é também importante na gestão e proteção de áreas que apresentem valor (científico, educativo, turístico, etc.) com base nos serviços ecossistêmicos, sendo possível o estabelecimento de possíveis Geossítios.

Uma síntese das informações de elementos abióticos (Geologia, Geomorfologia, Solos) para cada unidade, suas potencialidades e limitações ao uso, e seus serviços ecossistêmicos pode ser visualizada na Tabela 3. A Hidrografia não foi inserida na tabela, já que foi utilizada apenas na caracterização das unidades.

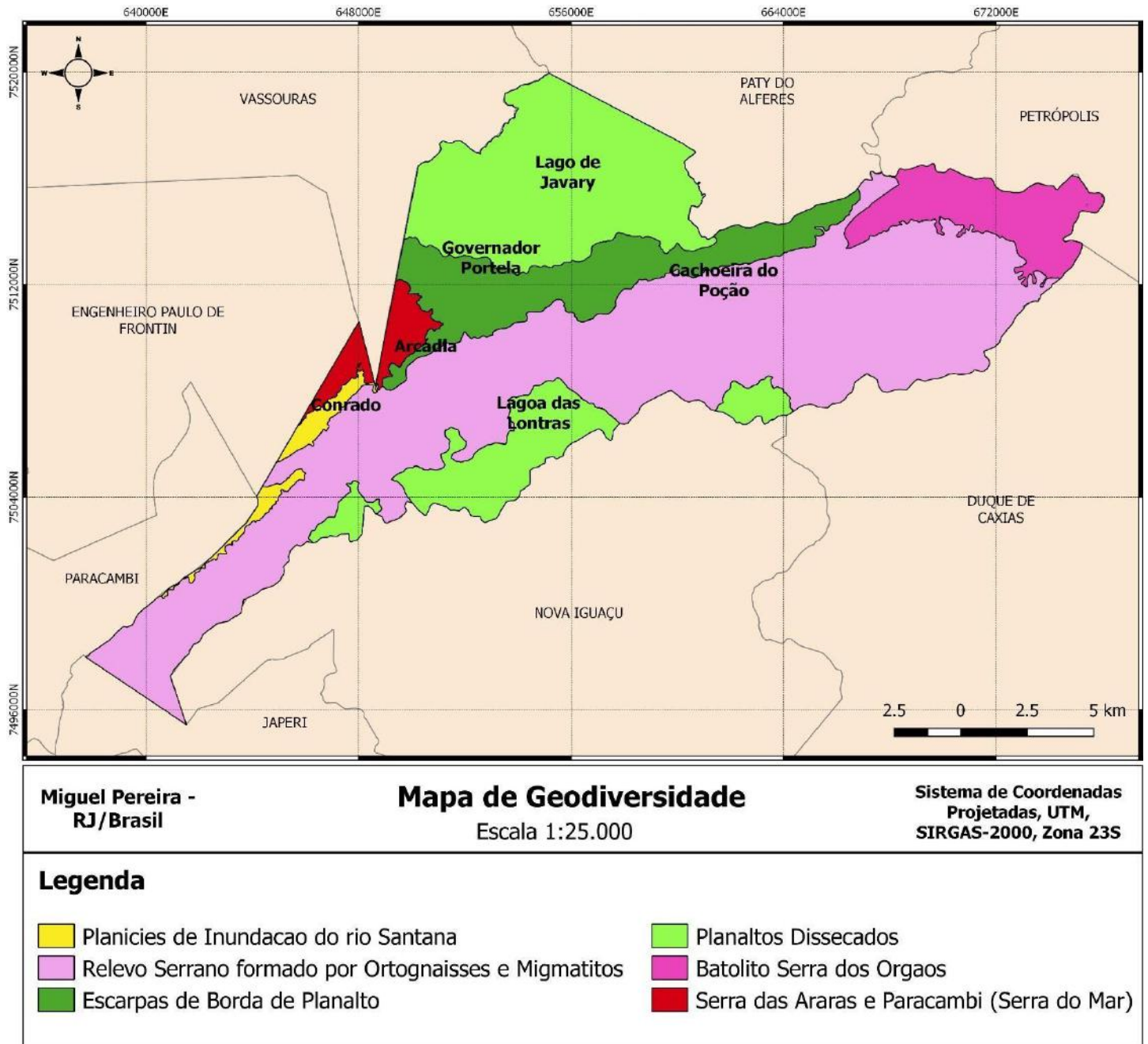


Figura 31: Mapa de Geodiversidade de Miguel Pereira, RJ, Brasil.

5.2.1.1 Unidades de Geodiversidade

a) **Batólito Serra dos Órgãos**

O Batólito Serra dos Órgãos constitui uma unidade formada por Granitoides e limitada por falhas verticalizadas que o separam das suas rochas encaixantes migmatizadas e metamorfizadas. Forma Cambissolos Háplicos, característicos das áreas montanhosas e de alta declividade, com vegetação natural; e Neossolos Litólicos, característicos de áreas com forte declive. Próximo a esta unidade está o rio Facão que se aproveita das zonas falhadas para encaixar seu leito.

Pontencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos:

- Potencialidades: A unidade possui potencial para atividades de conservação ambiental e pesquisa científica; já que está em uma área florestada e abrangendo parte da Reserva Biológica de Araras (Unidade de Conservação Estadual de Proteção Integral).
- Limitações: Como é uma unidade com altas declividades e inserida em parte de uma Unidade de Conservação, a região é inadequada para ocupação urbana. Apresenta solos pouco espessos e de baixa fertilidade. Além disso, por fazer parte da Unidade de Conservação de Proteção Integral, atividades como extrativismo, ecoturismo, etc. são também inadequadas.
- Serviços Ecossistêmicos: a unidade possui serviço ecossistêmico de Conhecimento, já que há a possibilidade de pesquisa científica e monitoramento/conservação ambiental; e, também, serviço ecossistêmico de Regulação, pois é importante em serviços como regulação do ciclo hidrológico, processos geomorfológicos, qualidade da água, etc.

b) **Escarpas de Borda de Planalto**

Esta unidade consiste predominantemente de rochas metamorfizadas e migmatizadas do Pré-Cambriano, formando um relevo íngreme (escarpas). Estruturas (falhas) associadas ao Gráben do Rio Santana controlam a formação das escarpas nesta unidade. Além disso, há também a presença de dobra sinformal revirada. É bordejada pelo rio Santana que atravessa o município aproveitando a zona rebaixada. Formam Argissolos Vermelho-Amarelos que ocorrem em relevo variável, podendo ocorrer em áreas montanhosas como as dessa unidade.

Pontencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos:

- Potencialidades: Esta unidade é adequada para atividades turísticas e educacionais, já que é possível observar os elementos constituintes da paisagem (facetas triangulares, relevo com níveis altimétricos variados, vale encaixado do rio Santana) em mirantes localizados em pontos estratégicos. Além disso, o tipo de solo presente (Argissolos Vermelho-Amarelos) podem ser utilizados para agricultura quando não estão situados nas áreas montanhosas. Atualmente, a unidade é utilizada para visitação turística aos mirantes, ocupação urbana nas áreas de relevo mais suave (colinosas), e atividades de pecuária e agricultura.
- Limitações: Inadequada para ocupação urbana nas áreas de maior declividade (relevo íngreme) e, também, nas áreas de menor declividade (zonas de atingimento), devido à muita ocorrência de depósito de tálus.
- Serviços Ecossistêmicos: a unidade possui serviço ecossistêmico Cultural e de Conhecimento, já que há a possibilidade de visitação aos mirantes com vistas para as áreas montanhosas e para o vale encaixado do rio Santana, com observação também das facetas triangulares nas Escarpas, bordejada pelo rio.

A unidade apresenta alguns pontos com a presença de mirantes onde é possível observar a paisagem, atribuindo também serviços ecossistêmicos a estes pontos. Os mirantes localizam-se em Governador Portela (ponto Portela2, Figura 32), estrada Chaumi re (Ponto MP1, Figura 33) e em uma estrada paralela ao rio Santana onde localiza-se a pousada Mirante da Serra (ponto Mirante, Figura 34). O mirante na localidade de Governador Portela apresenta muita vegeta o dificultando a visualiza o da paisagem, comprometendo o Valor Est tico do ponto. No mirante na estrada Chaumi re,   possível observar as facetas triangulares, morros com diferentes níveis altimétricos e o vale encaixado do rio Santana. Assim, o ponto possui serviços ecossistêmicos Cultural e Conhecimento. A paisagem visualizada está com a vegeta o original altamente deteriorada, decorrente das atividades antrópicas que vem ocorrendo historicamente na região. Portanto, este ponto permite também a visualiza o dos intensos impactos ambientais que atingem não são esta área, mas boa parte de todo o sudeste brasileiro. Observa-se, também, que a ocupa o urbana ocorre nas áreas colinosas (menor declive), onde há baixo risco de eventos como inunda o ou movimentos de massa. O mirante localizado na pousada Mirante da Serra, localiza-se dentro da propriedade, cercada por portões, limitando o acesso. No mirante,   possível observar a paisagem serrana, apresentando também serviços ecossistêmicos Cultural e Conhecimento.



Figura 32: Mirante em Governador Portela com vegetação dificultando a visualização da paisagem (ponto Portela2).



Figura 33: Mirante na estrada Chaumière (ponto MP1).



Figura 34: Mirante localizado na pousada Mirante da Serra (Ponto Mirante).

c) Relevo Serrano formado por Ortognaisses e Migmatitos

A unidade é dominada por áreas montanhosas constituídas predominantemente por ortognaisses e migmatitos. O rio Santana presente na área rebaixada, localiza-se entre esta unidade e a unidade de Escarpas de Borda de Planalto. Há uma ocorrência pontual de relevo residual (Inselberg), constituído litologicamente por Granitoides. Ocorre também falhas verticalizadas e dobras antiformais e sinformais na unidade. É possível, ainda, a ocorrência de rochas alcalinas do Maciço do Tinguá (tinguaítos), já que a Reserva Biológica do Tinguá abrange a região sul desta unidade. Como é uma área de alta declividade, o acesso às áreas mais afastadas do vale encaixado do rio Santana é difícil (por exemplo, o acesso ao Inselberg e às rochas alcalinas). Ocorrem na área Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos.

Pontencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos:

- Potencialidades: a unidade é adequada para ocupação nas áreas de menor declive, e atividades turísticas (cachoeiras), educacionais, aproveitamento dos recursos hídricos e atividades agrícolas nas áreas rebaixadas onde há presença de Argissolos Vermelho-Amarelos. Além disso, as áreas de maior declividade e com vegetação mais bem preservada permitem atividades como ecoturismo e conservação ambiental. Na região da Rebio, é possível pesquisa científica, principalmente ligada ao tinguaíto (alto valor para história da ciência) e conservação ambiental. Atualmente, a unidade é utilizada para ocupação urbana principalmente nas áreas rebaixadas e colinosas, e também para construção de barragens, como a Hidrelétrica Vera Cruz, em áreas de maior declividade (mais propícias para essa finalidade), para captação da água do rio Santana. Atividades agrícolas são também realizadas tanto nas áreas rebaixadas como nas de maior declive.
- Limitações: As áreas de relevo mais íngreme são inadequadas para ocupação urbana, devido sua declividade. São também inadequadas para ocupação e outras atividades as áreas compreendidas dentro dos limites da UC. Além disso, há contaminação da água do rio utilizada pela Hidrelétrica, devido às atividades agrícolas.
- Serviços Ecossistêmicos: esta unidade possui serviço ecossistêmico de Suporte (utilização da Geodiversidade para construção de linha de trem), Cultural (Geoturismo e lazer), Conhecimento (monitoramento ambiental, educação e trabalho, história da ciência), e Provisão (fornecimento de energia para a população).

Em alguns pontos desta unidade foram identificados serviços ecossistêmicos atribuídos a estes pontos. No ponto RJ1 (Figura 35) localizado na estrada RJ-125, no começo do município, é possível observar facetas triangulares e colinas no bloco rebaixado. A Geodiversidade nesse local possui serviço ecossistêmico de Conhecimento, já que é possível observar as facetas triangulares.

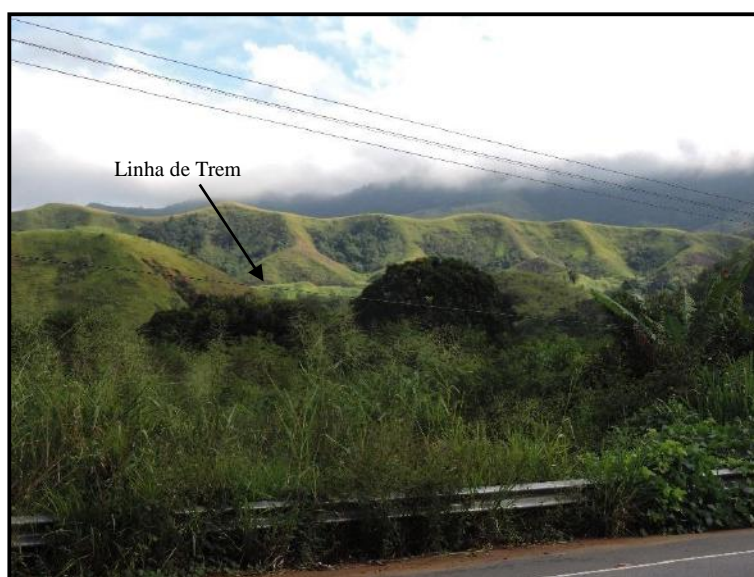


Figura 35: Ponto RJ1 na estrada RJ-125.

O ponto MP3 (Figura 36) é um local interessante para estudo de Geodiversidade local (em escala de afloramento), apresentando alta relevância. Isso porque, neste ponto é possível observar rocha milonitizada associada ao *Central Tectonic Boundary* (CTB); pequenas falhas normais subverticais; pegmatitos concordantes; minerais como granada, silimanita, biotita e quartzo orientado; e fraturas preenchidas. Possui, portanto, serviço ecossistêmico de Conhecimento.

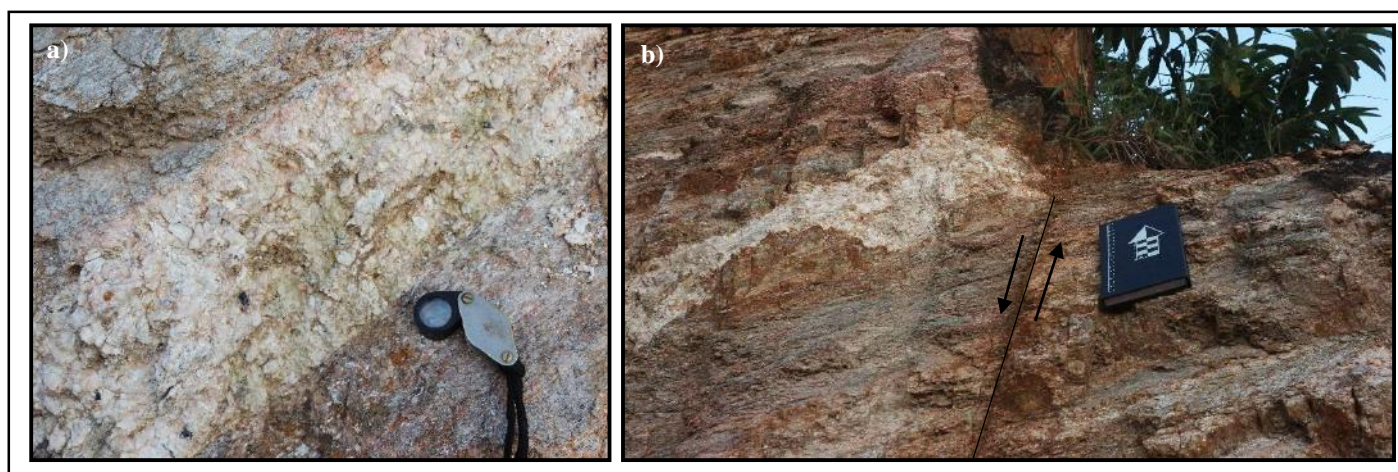


Figura 36: Ponto MP3 de rocha milonitizada associada ao *Central Tectonic Boundary* (CTB) mostrando em a) pegmatito concordante e em b) falha normal subvertical

A Cachoeira do Poção (ponto Poção, Figura 37) apresenta serviço ecossistêmico Cultural. Devido ao alto valor turístico do local, há muitas construções no entorno prejudicando sua naturalidade. Há ocorrência de pequenas falhas reversas, rochas de granulometria fina e muito pegmatito. Localmente, possui índice de Geodiversidade baixo.

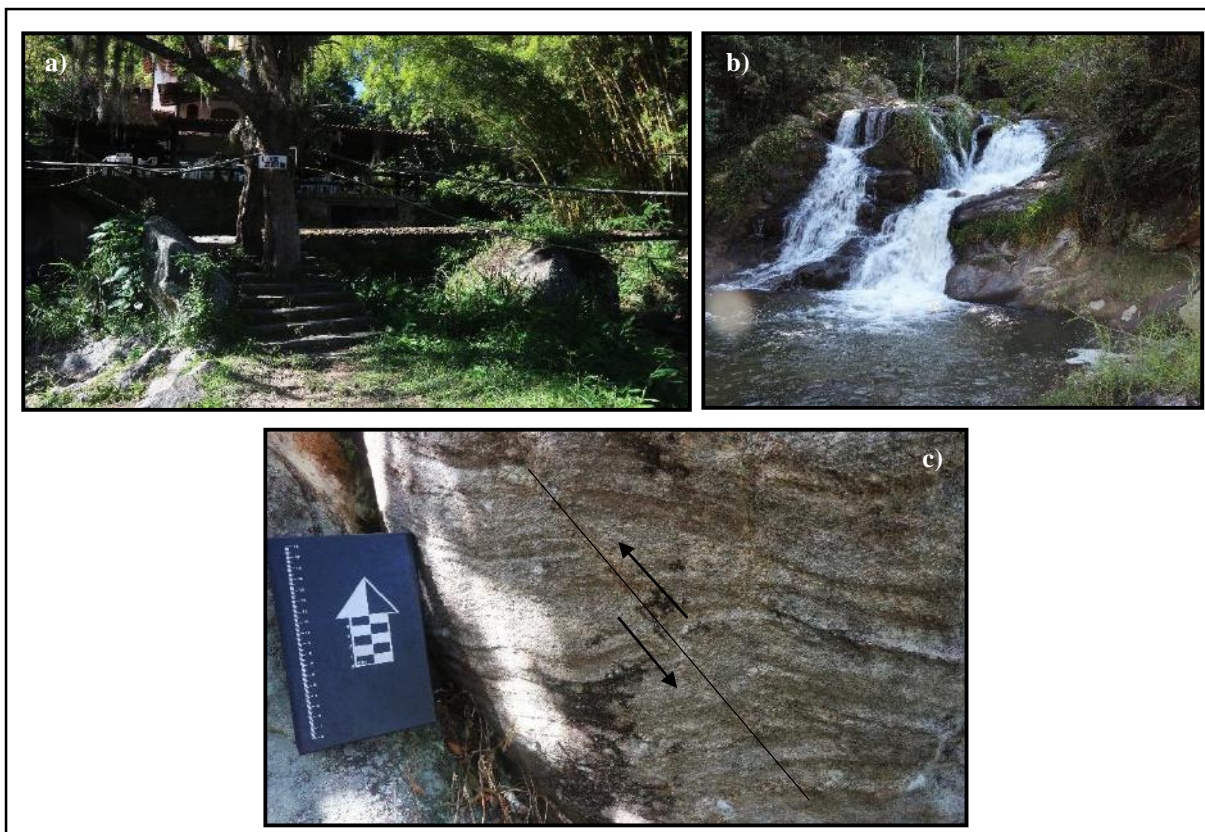


Figura 37: Cachoeira do Poção (Ponto Poção) mostrando em a) construções no entorno; em b) queda d'água da cachoeira; e em c) falha reversa.

Os pontos VeraCruz1 e VeraCruz2 (Figura 38) localizam-se na Hidrelétrica Vera Cruz, onde a declividade do local é propícia ao desenvolvimento de Hidrelétricas. Esta Hidrelétrica produz energia renovável para a Light, com a captação e retorno da água do rio Santana (baixo impacto), apresentando plano de reflorestamento. Neste local, o rio é contaminado devido à ocupação no entorno, dificultando o trabalho da Hidrelétrica. Possui serviço ecossistêmico de Conhecimento, Suporte e Provisão, já que é possível observar a utilização da Geodiversidade para geração de energia para a população.



Figura 38: Hidrelétrica Vera Cruz (Pontos VeraCruz1 e VeraCruz2).

d) Serra das Araras e Paracambi (Serra do Mar)

A Serra das Araras e Paracambi apresenta um relevo íngreme composto por escarpas e, também, por morros altos e morrotes, constituídos litologicamente por Granitoides. Ocorrem Argissolos Vermelho-Amarelos que pode ocorrer também nas áreas com maior declividade. A unidade é limitada por falhas verticalizadas por onde correm os rios Santana e São João da Barra.

Pontencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos:

- Potencialidades: A unidade é adequada para ocupação urbana nas áreas de menor declive e atividades turísticas e científicas, ligadas a visitação de cachoeiras e observação de um dique de diabásio de grande extensão na área. Argissolos Vermelho-Amarelos podem ser utilizados também para agricultura nas áreas rebaixadas. Atualmente, é utilizada para ocupação urbana nas áreas rebaixadas e visitação turística nas cachoeiras.
- Limitações: A unidade possui áreas inadequadas para ocupação urbana onde há alta declividade.
- Serviços Ecossistêmicos: É atribuído serviço ecossistêmico Cultural e de Conhecimento à esta unidade, devido às possíveis atividades de Geoturismo e Lazer, e de pesquisa científica.

O ponto Conrado4 (Figura 39), localizado na região de Conrado e próximo ao limite desta unidade com a de Planícies de Inundação do rio Santana, é caracterizado pela presença

de cachoeira onde há a confluência entre o rio Santana e o rio Santa Branca. Esta cachoeira possui diversidade litológica com a presença de gnaisses xistosos intercalados com quartzitos. Possui serviço ecossistêmico Cultural e Conhecimento, com a presença de placas informativas para não jogar lixo, e preservar a natureza. Próximo a este ponto, é possível a observação de dique de diabásio com esfoliação esferoidal, como observado na Figura 39 (c), com grande extensão na área.



Figura 39: Localidade de Conrado (Ponto Conrado4) mostrando em a) placas informativas; em b) queda d'água da cachoeira e muitos blocos de rochas; e em c) dique de diabásio com esfoliação esferoidal.

e) Planícies de Inundação do rio Santana

Esta unidade é formada por sedimentos aluvionares quaternários compostos de argila, areia e cascalho. As Planícies de Inundação localizam-se na Baixada do rio Santana e formam Neossolos Flúvicos que geralmente ocorrem em relevos planos com natureza aluvionar e suscetíveis a inundações.

Pontencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos:

- Potencialidades: na unidade podem ser realizadas atividades agrícolas (boa aptidão do solo) e educacionais/científicas (observação de terraços fluviais e desenvolvimento de modelos de evolução da Paisagem); além de um possível potencial mineral para extração de argila, areia e cascalho; porém, são necessários estudos de viabilidade, impacto ambiental para esta finalidade. Atualmente, possui densa ocupação urbana já que é uma região de planície e propícia para atividades agrícolas.
- Limitações: apesar de seu uso agrícola, Neossolos Flúvicos são suscetíveis a inundações, que podem conferir risco às ocupações presentes no entorno. Algumas áreas com declividade mais alta na região apresentam limitação à ocupação urbana.
- Serviços Ecossistêmicos: a unidade apresenta serviço ecossistêmico de Conhecimento, já que é possível a realização de atividades educacionais e científicas; e, também, Provisão e Suporte, devido ao uso dos terraços e solos (Neossolos Flúvicos) para agricultura.

O ponto Conrado1 (Figura 40), na localidade de Conrado, apresenta a ocorrência de terraços fluviais com dois níveis: um de quatro metros e outro de um metro e meio. Além disso, há a presença de estratificação plano-paralela nas bordas do terraço, onde na área mais baixa corre o rio Santana. Atrás dos terraços, é possível observar também as facetas triangulares, no relevo de declividade mais alta. Observou-se, também, utilização dos terraços para atividades agrícolas. Assim, o local é muito interessante para estudo de Geodiversidade em escala de detalhe; possuindo serviços ecossistêmicos de Conhecimento, Suporte e Provisão, representando um ponto de alta relevância como Geossítio.

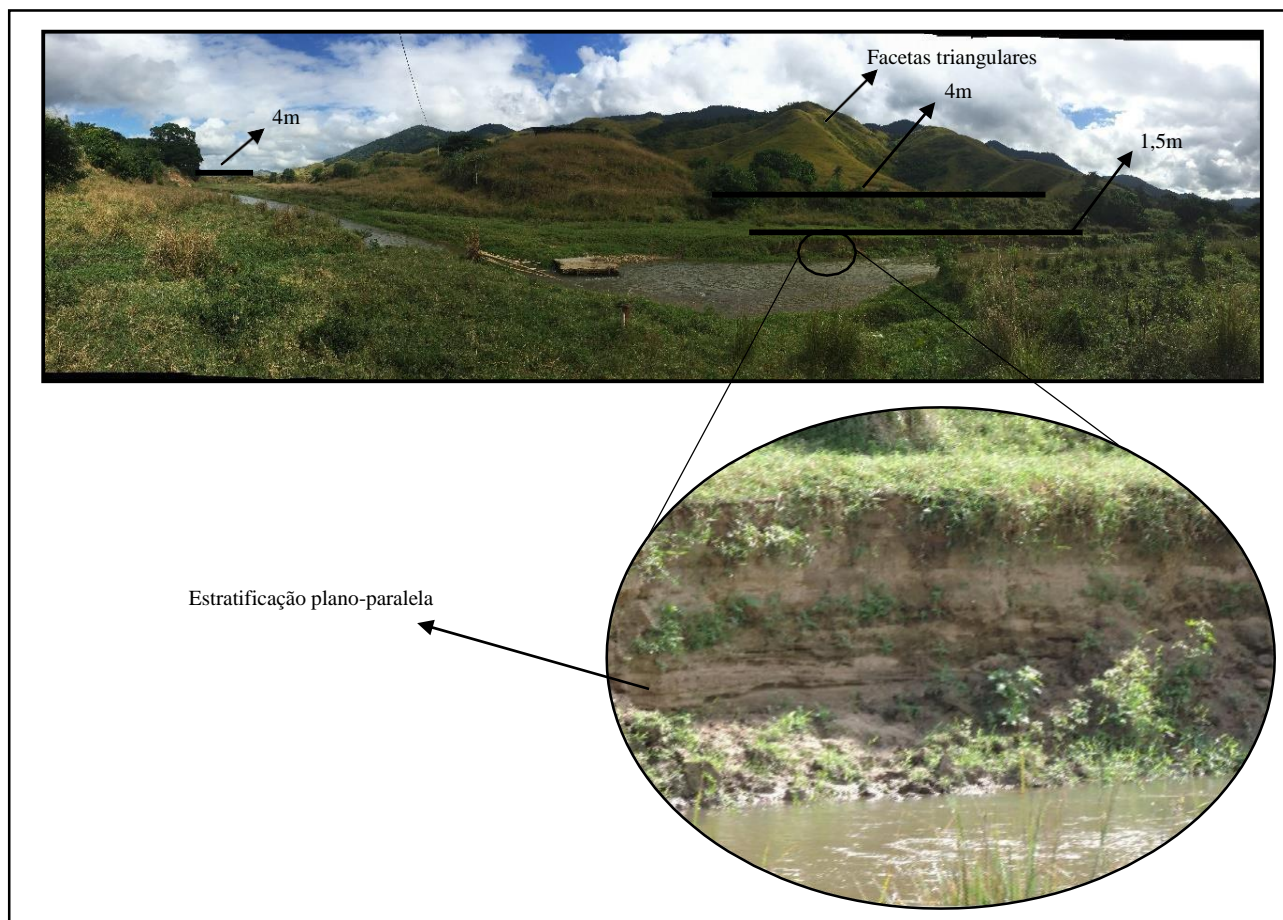


Figura 40: Localidade de Conrado (Ponto Conrado1) mostrando terraços fluviais com dois níveis (4 metros e 1,5 metro), facetas triangulares e estratificação plano-paralela na borda do terraço.

f) Planaltos Dissecados

A unidade de Planaltos Dissecados é formada por zonas de morros e colinas, com rampas associadas, e com presença de planícies de inundação. Formadas principalmente por rochas metamorfizadas e migmatizadas formando Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelos e Cambissolos Hápicos. Os Argissolos ocorrem em relevo variável e normalmente associados aos Latossolos. Os Cambissolos ocorrem nas áreas que apresentam maior declividade, com presença de vegetação natural.

Pontencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos:

- Potencialidades: é possível realizar atividades turísticas nesta unidade, com observação da paisagem composta de relevo mais íngreme e áreas dissecadas onde há a presença de lagoas artificiais que são utilizadas para visitação turística. É possível também a ocupação em áreas de menor declive e atividades agrícolas em áreas rebaixadas. Atualmente, possui densa ocupação urbana nas áreas de relevo mais suave (colinas) e algumas ocupações nas áreas com relevo mais acidentado. A unidade é muito utilizada também para visitação turística no Lago de Javary e Lagoa das Lontras.
- Limitações: em alguns locais de mais alta declividade nesta unidade, que apresentam algumas ocupações urbanas, podem ocorrer deslizamentos; já que é uma unidade com grande quantidade de rampas de alúvio-colúvio. As áreas com relevo mais suave, não apresentam tal risco.
- Serviços Ecossistêmicos: o serviço ecossistêmico desta unidade é o Cultural, pois proporciona atividades de turismo e lazer.

Os pontos Javary1 e Javary2 localizam-se próximos ao Lago de Javary. No ponto Javary1 (Figura 41), há a ocorrência de rocha muito alterada com presença de granada. É importante destacar que um morador do local alertou sobre ocorrência de deslizamento no passado. Quando a Prefeitura foi notificada, foi realizada uma pequena obra de contenção mas que não está sendo suficiente para conter o deslizamento, apresentando risco à população do entorno. Em Javary2 (Figura 42), é possível a observação da paisagem onde nota-se que a ocupação urbana ocorre nas zonas de menor declividade e amplitude (colinas), cercadas de zonas de maior declive. O local apresenta serviço ecossistêmico Cultural, onde seria interessante a construção de um mirante. Por fim, a região da Lagoa das Lontras (Figura 43), na região a sul do município, apresenta uma pequena barragem formando um lago, com áreas de maior declividade no entorno, conferindo ao local também serviço ecossistêmico Cultural.



Figura 41: Ponto Javary1 de rocha muito alterada e ocorrências de deslizamento.



Figura 42: Ponto Javary2 com observação da paisagem composta de facetas triangulares, ocupações nas áreas colinosas e Lago de Javary.



Figura 43: Lagoa das Lontras para atividades turísticas de observação da paisagem.

<i>Unidade de Geodiversidade</i>	<i>Geologia</i>	<i>Geomorfologia</i>	<i>Solos</i>	<i>Potencialidades</i>	<i>Limitações</i>	<i>Serviços ecossistêmicos</i>
<u><i>Batólito Serra dos Órgãos</i></u>	Granitoides e falhas verticalizadas	Domínio Serrano	Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólico	Conservação ambiental e pesquisa científica	Alta declividade para Ocupação urbana; solos pouco espessos e de baixa fertilidade; atividades como extrativismo, ecoturismo, etc.	Conhecimento e Regulação
<u><i>Escarpas de Borda de Planalto</i></u>	Rochas metamorfizadas e migmatizadas; falhas verticalizadas e dobra sinformal revirada	Escarpas de Borda de Planalto originadas por estruturas de falha	Argissolos Vermelho-Amarelos	atividades turísticas; educacionais; e atividades agrícolas em áreas rebaixadas.	Ocupação urbana nas áreas de alta declividade (relevo íngreme) e baixa declividade (zonas de atingimento).	Cultural e Conhecimento
<u><i>Relevo Serrano formado por Ortognaisses e Migmatitos</i></u>	Ortognaisses e Migmatitos; Granitoides (Inselberg); falhas verticalizadas e dobras antiformais e sinformais	Domínio Serrano	Argissolos Vermelho-Amarelos e Camissolos Háplicos	Atividades turísticas e educacionais; aproveitamento dos recursos hídricos; ecoturismo, conservação ambiental, e atividades agrícolas nas áreas rebaixadas. Na área da UC: conservação ambiental, pesquisa científica.	Áreas de alta declividade para ocupação urbana; contaminação da água do rio Santana; região da UC inadequada para ocupação e outras atividades.	Cultural; Conhecimento; Suporte e Provisão
<u><i>Serra das Araras e Paracambi (Serra do Mar)</i></u>	Granitoides e falhas verticalizadas	Escarpas, Morros Altos e Morrotes	Argissolos Vermelho-Amarelos	Atividades turísticas; científicas; ocupação urbana e atividades agrícolas nas áreas rebaixadas.	Áreas de alta declividade para ocupação urbana	Cultural e Conhecimento
<u><i>Planícies de Inundação do rio Santana</i></u>	Sedimentos aluvionares quaternários (argila, areia e cascalho)	Planícies de Inundação	Neossolos Flúvicos	Atividades agrícolas e educacionais/científicas	Inundações nas planícies; áreas com declividade alta para ocupação	Conhecimento; Suporte e Provisão
<u><i>Planaltos Dissecados</i></u>	Rochas metamorfizadas e migmatizadas	Morros, colinas, rampas de alúvio-colúvio; rampas de colúvio/depósito de tálus; planícies de inundação	Argissolos Vermelho-Amarelos; Latossolos Vermelho e Vermelho-Amarelos; Cambissolos Háplicos	Atividades turísticas; ocupação urbana e atividades agrícolas nas áreas rebaixadas.	Deslizamento em alguns locais de maior declividade que apresentam ocupação urbana	Cultural

Tabela 3: Síntese das Unidades de Geodiversidade informando suas potencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 Avaliação Quantitativa: Mapa de Índice de Geodiversidade

A avaliação quantitativa é uma abordagem recente nos estudos de Geodiversidade. Apesar de haver um avanço conceitual significativo referente a esse termo, ainda há a necessidade de realizar mais testes e aprimoramentos em relação aos métodos de avaliação quantitativa; estando ainda em fase de aperfeiçoamento e consolidação (Carcavilla *et al.*, 2008; Forte, 2014; Santos, 2016). São vários os métodos de avaliação quantitativa da Geodiversidade que tenham aplicação na realidade de um território, mas ainda não há uma replicabilidade desses métodos para outras áreas, não havendo ainda uma metodologia totalmente aceita para sua avaliação, principalmente para fins de gestão (Carcavilla *et al.*, 2008).

A avaliação quantitativa da Geodiversidade realizada neste trabalho baseou-se principalmente na metodologia de Pereira *et al.* (2013), e nas principais metodologias desenvolvidas até o momento que utilizam uma malha vetorial (*grid*) em software de geoprocessamento para quantificação dos elementos do meio físico (Jačková & Romportl, 2008; Pellitero *et al.*, 2014; Silva *et al.* 2013, 2015; Santos *et al.*, 2017) . Santos *et al.* (2017) apresentaram uma adaptação do método de Pereira *et al.* (2013). O presente trabalho, com base nas adaptações de Santos *et al.* (2017), buscou realizar modificações que permitissem a aplicação de dois métodos de quantificação (*multipart* e *singleparts*) para verificar a diferença dos resultados obtidos nesses dois métodos. Além disso, também foram avaliadas duas formas de classificação final do índice de Geodiversidade: VMO e VMP, para ambos os métodos; considerando, assim, o potencial máximo de Geodiversidade da área.

Este trabalho foi desenvolvido em escala de paisagem (uma das quatro escalas para análise da Geodiversidade propostas por Serrano & Ruiz Flaño, 2007), utilizando Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Hidrografia como representantes do meio físico do município de Miguel Pereira. Assim como em Pereira *et al.* (2013), foram obtidos os subíndices utilizando o sistema de *grid* para gerar o índice final de Geodiversidade. Porém, como em Santos *et al.* (2017), foram considerados aspectos diferentes na quantificação. Por exemplo, “ocorrências minerais” e “ocorrências fossilíferas” não foram considerados; isso porque, o primeiro não parece ser compatível com a quantificação em escala de paisagem realizada neste trabalho, e assim como ocorrido em Santos *et al.*, 2017, não há ocorrência de fósseis no município. O subíndice Geomorfológico foi quantificado considerando os Padrões de Relevo, como em Santos *et al.* (2017); já que este é a representação mais detalhada da Geomorfologia do município, sendo mais adequado para a escala do trabalho (1:100.000).

Para o subíndice Pedológico, foram consideradas as subclasses de solos (e não ordem ou subordem de solos como em Pereira *et al.* (2013) e Santos *et al.* (2017), respectivamente) que também é a representação mais detalhada no mapa e mais adequada para a escala em questão. Além disso, a metodologia de quantificação para o subíndice Hidrográfico diferiu desses autores.

Alguns autores como Pereira *et al.* (2013); Silva *et al.* (2013; 2014); e Araujo (2016) propuseram métodos eficientes de quantificação da Hidrografia. Neste trabalho, optou-se quantificá-la através de densidade de drenagem; pois mostra-se um método satisfatório e direto para análise do escoamento superficial no município de Miguel Pereira, que é composto por uma variedade de rios principais e afluentes. Com essa informação do escoamento superficial é possível identificar as áreas importantes para uso ou conservação dos recursos hídricos, principalmente aquelas ameaçadas pela expansão urbana; ou até contra possíveis escorregamentos, inundações causados pelo alto escoamento superficial.

Forte (2014) apresentou um método de quantificação da Geodiversidade através de análise *Kernel*, utilizando em uma das etapas o processo de *singleparts*, contando-se a diversidade geométrica em cada célula, ou seja, separando polígonos com mesmas características em entidades diferentes (Forte, 2014). No presente trabalho, não foi realizada análise *Kernel*, mas sim a quantificação da Geodiversidade através da criação de um *grid*. No entanto, apesar da diferença, foi interessante inserir o método *singleparts*, permitindo realizar uma análise comparativa com o *multiparts*. O intervalo entre os valores máximo e mínimo dos subíndices de Geodiversidade obtidos através do método *singleparts* mostrou-se muito diferente para cada subíndice. Por exemplo, o subíndice Geomorfológico apresentou valores de um a vinte, enquanto os outros subíndices apresentaram valores muito menores (até oito, para o subíndice Geológico). Isso porque, neste método conta-se as ocorrências e suas repetições dentro de cada célula do *grid*. Como foram considerados os Padrões de Relevo para contagem do subíndice Geomorfológico, algumas células apresentaram vários tipos de Padrões; que somado às repetições de cada Padrão na célula, obteve-se valores altos de quantificação. Isto acaba fazendo com que a Geomorfologia seja supervalorizada, dando uma falsa impressão que determinados locais no município de Miguel Pereira apresentam uma diversidade Geomorfológica muito maior em relação aos outros elementos. No método *multiparts* isto não ocorre; a diferença entre os valores máximo e mínimo para cada subíndice mostrou-se semelhante, não valorizando determinado elemento.

Uma questão importante na avaliação da Geodiversidade é a definição da escala do mapa final de Índice de Geodiversidade, e do tamanho a ser definido para cada célula do

grid. Neste trabalho, como os mapas representando os elementos abióticos de Miguel Pereira não estão na mesma escala, esta foi definida com base no mapa de menor detalhe (Mapa Pedológico, escala 1:100.000), como definido em Pellitero *et al.* (2014) , e seguido por Santos *et al.* (2017). Assim, definiu-se o tamanho de 1000 x 1000 metros para cada célula do *grid*. No entanto, observou-se na quantificação, que o subíndice Pedológico apresentou menor variação em relação aos outros. Tal fato também foi observado em Santos *et al.* (2017), onde o mapa Pedológico também era o de menor escala; o que pode estar relacionado, portanto, a esta diferença na escala dos mapas.

A classificação final do Índice de Geodiversidade foi definida escolhendo-se cinco classes de Geodiversidade: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto. Esta definição de classes permite uma leitura mais fácil e objetiva dos resultados, passando uma clara informação das áreas com mais alta ou mais baixa Geodiversidade.

Os mapas finais de Índice de Geodiversidade mostraram índices mais altos para o método *singleparts* do que para o método *multiparts*, tanto para o VMO quanto para o VMP. Em relação aos mapas de VMO, o método *singleparts* mostrou valores classificados como Muito Alto em áreas que, quando observadas em campo, não mostraram muita Geodiversidade. Por exemplo, os pontos visitados próximo ao Lago de Javari (Javari1, Javari3) e à Hidrelétrica Vera Cruz (VeraCruz1, VeraCruz2) são abrangidos por esta classificação mas, na verdade, observou-se que a Geomorfologia é a maior responsável por estes valores muito altos; já que, há uma grande quantidade de Padrões de Relevo nestas áreas. Como são áreas com relevo muito acidentado, há a ocorrência de muitas rampas de alúvio-colúvio, ou seja, um mesmo padrão de relevo repetidas vezes. Isto acaba aumentando o índice, mas na verdade, a área não apresenta muita diversidade. No método *multiparts*, estas mesmas áreas apresentaram média Geodiversidade, pois são áreas com relevo acidentado e a Geomorfologia acaba condicionando estes valores médios; mas ainda assim, não mostram índices muito altos como no método *singleparts*.

O VMP representa o máximo potencial de Geodiversidade de uma área ao somar-se os valores máximos obtidos em cada subíndice. Assim, ao somar-se os valores máximos dos subíndices e considerando o resultado como limite superior da legenda, a classificação final apresentou valores mais altos que através do VMO. O VMP fornece o potencial máximo de uma área, diferente do VMO; e no caso do município de Miguel Pereira, nenhuma célula alcançou esse potencial máximo, não havendo células classificadas como Muito Alto. As células que antes possuíam esta classificação tornaram-se células com classificação alta (*multiparts*) e/ou média (*singleparts*) de Geodiversidade. Sendo assim, os mapas obtidos

pelo método *singleparts* tanto para VMO quanto para VMP, apresentaram classificação em geral baixa de Geodiversidade para o município de Miguel Pereira. Já para o método *multiparts*, o mapa obtido através do VMO apresentou classificação média de Geodiversidade para o município; e classificação baixa de Geodiversidade através do VMP.

A classificação final do Índice de Geodiversidade utilizando o VMP pode ser útil para a comparação entre áreas diferentes, utilizando valores qualitativos (Muito Baixo, Baixo, Medio, etc.), em casos que as bases cartográficas não são as mesmas; ou seja, não apresentam mesma escala, mesmo nível de detalhe. Somente se essas condições se apresentarem as mesmas para as duas áreas, seria possível a comparação através de valores numéricos. A comparação entre áreas diferentes é interessante para políticas de planejamento e gestão territorial e de conservação da natureza. Como é sempre muito difícil obter bases cartográficas em mesma escala, a comparação entre áreas diferentes pode ser possível definindo-se o VMP e a classificação utilizando-se valores qualitativos.

Os resultados da quantificação da Geodiversidade foram apresentados em Mapas de Índice de Geodiversidade que permitiram a identificação de áreas com maior ou menor riqueza do meio físico no município de Miguel Pereira. O método de quantificação baseado na contagem de ocorrências mostra-se ser de aplicação simples, e os mapas obtidos de fácil interpretação (podendo ser compreendidos também por não-geocientistas); o que faz do método uma forma direta e eficiente para a avaliação da riqueza do meio físico, indo de encontro ao que foi observado em trabalhos prévios como Hjort & Luoto (2010). Sua aplicação simples e fácil interpretação também está de acordo com a observação de Santos *et al.* (2017), ao destacar que a avaliação da Geodiversidade precisa ser o mais simples possível para aplicação da mesma metodologia em diferentes áreas, como uma ferramenta útil e bem difundida. Para Hjort & Luoto (2010), a utilização de um *grid* na quantificação da Geodiversidade pode ser importante para planos de conservação e gestão, já que permite a identificação de áreas prioritárias do ambiente físico, em escala de paisagem; como observado nas áreas de índice mais alto no presente trabalho. Assim, o mapa de Índice de Geodiversidade pode ser muito útil principalmente para o planejamento, gestão e ordenamento territorial já que é a representação clara e objetiva dos elementos do meio físico de um determinado território; como observado também por Pereira *et al.* (2013).

6.2 Avaliação Qualitativa: Mapa de Geodiversidade

O Mapa de Geodiversidade de Miguel Pereira, outro produto importante desta monografia, mostra Unidades de Geodiversidade definidas a partir da análise integrada do meio físico. A distribuição dos elementos abióticos (Geologia, Geomorfologia, Solos e Hidrografia) no território permite a compartimentação em Unidades de Geodiversidade através da integração entre esses elementos para cada Unidade, analisando como um influencia o outro (Santos *et al.*, 2018).

Através de uma correlação entre os mapas existentes (Geológico, Geomorfológico, Pedológico e Hidrográfico) e informações complementares coletadas na etapa de trabalho de campo, foi possível definir classes e delimitar as Unidades de Geodiversidade. Porém, a Hidrografia não representou um fator primordial para definição de cada unidade, sendo importante na caracterização das unidades. Esta definição baseia-se, então, no conceito de Geodiversidade segundo Gray (2013) correspondendo à variedade geológica, geomorfológica, pedológica e hidrológica.

O método para criação do Mapa de Geodiversidade, baseia-se nos mapas de Geodiversidade desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Porém, foi utilizada uma escala mais detalhada com base no mapa Geomorfológico (escala 1: 25.000), assim como Santos *et al.* (2018). Assim, além das potencialidades e limitações apresentadas nos mapas da CPRM, o presente trabalho incluiu também os serviços ecossistêmicos, já que, dentro dos estudos de Geodiversidade, um tema cada vez mais crescente é justamente o destaque que os elementos do meio físico possuem nos serviços ecossistêmicos (Gray, 2013; Gray *et al.*, 2013).

Informações adicionais sobre os serviços ecossistêmicos em escala de sítio foram utilizadas também para caracterizar cada unidade, mostrando quais pontos observados em campo apresentavam determinado valor (científico, educativo, etc.) com base nesses serviços. Assim, os pontos observados são importantes na compreensão das unidades, já que fornecem informações mais detalhadas destas, sendo possível a identificação de potenciais geossítios.

Os resultados mostraram que o município de Miguel Pereira apresenta áreas propícias para desenvolvimento de núcleos urbanos onde há menor declividade e amplitude de relevo (colinas). Por outro lado, áreas com alta declividade ou sujeitas à inundação mostram-se uma limitação à ocupação urbana. Além disso, foi possível definir quais áreas apresentavam potenciais ou limitações para determinadas atividades como extrativismo, ecoturismo, científica, turística, etc. Foram identificados também, quais serviços

ecossistêmicos cada unidade pode fornecer, tais como Cultural, Conhecimento, Regulação, Suporte e Provisão; que também foram utilizados na caracterização em escala de sítio. Com base nesses serviços definidos por Gray (2013), foi possível identificar geossítios interessantes durante o trabalho de campo; como por exemplo, um geossítio de alta relevância na localidade de Conrado (unidade Planícies de Inundação do rio Santana), devido à sua alta Geodiversidade e alto valor educativo.

Dessa forma, observa-se que a avaliação qualitativa da Geodiversidade mostrou resultados interessantes, complementando os resultados obtidos na avaliação quantitativa. A definição das potencialidades e limitações ao uso de cada Unidade de Geodiversidade e seus serviços ecossistêmicos (em escala de paisagem e em escala de sítio), constitui assim, um importante produto para o planejamento, gestão e ordenamento do território.

6.3 Análise Integrada: Avaliação Qualitativa e Quantitativa

Os resultados da avaliação qualitativa complementam aqueles observados para a avaliação quantitativa. Isso porque, os pontos identificados na etapa de trabalho de campo, com a ajuda dos mapas de Índice de Geodiversidade, foram importantes tanto para validar as áreas de maior ou menor riqueza representadas nos mapas, quanto na interpretação do Mapa de Geodiversidade. Ou seja, estes pontos foram utilizados também na caracterização de cada Unidade de Geodiversidade do mapa qualitativo, mostrando os serviços ecossistêmicos observados para cada ponto, bem como na determinação das potencialidades, limitações e serviços ecossistêmicos de cada unidade a partir da análise da paisagem. Além disso, a observação de determinados afloramentos (rochas, estruturas, minerais, etc.), por exemplo, permitiram também a compreensão da Geologia da unidade como um todo.

Apesar de haver diferenças nos resultados dos mapas quantitativos de acordo com os diferentes métodos, foi possível identificar uma série de áreas com alto índice de Geodiversidade, como as presentes nas localidades de Conrado, Arcádia, Lagoa das Lontras, Governador Portela e Cachoeira do Poção, até a região que faz limite com Petrópolis. Ao relacionar estas áreas de índices mais altos com o Mapa de Geodiversidade da avaliação qualitativa, verifica-se que estas áreas podem apresentar restrições quanto às potencialidades das unidades. Por exemplo, a localidade de Conrado, por apresentar índice alto (tanto em escala de paisagem quanto em escala de sítio) pode não ser adequada para atividades de agricultura, ocupação; o que vai de acordo também com a limitação da unidade (suscetível à inundação).

A área de maior riqueza na região da Lagoa das Lontras concentra-se na unidade Planaltos Dissecados, podendo apresentar restrições quanto ao potencial da unidade para ocupação e atividades agrícolas, já que segundo a avaliação quantitativa é uma área de alto índice de Geodiversidade. É uma área localizada próxima aos limites da Rebio do Tinguá, e da ocorrência do tinguáito, o que reforça estas restrições.

As áreas de índice alto nas localidades de Arcádia, Governador Portela e Cachoeira do Poção situam-se no limite entre duas ou mais unidades, que apresentam diferentes potencialidades e limitações. Sendo assim, cada uma dessas áreas de índice alto vai apresentar propostas diferentes para cada unidade que as limitam.

A região após a localidade da Cachoeira do Poção, perto do limite com Petrópolis, situa-se na unidade Serra dos Órgãos e representa também uma área de índice alto. Quanto às potencialidades desta unidade, a região não apresenta restrições, já que apresenta potencial para atividades de conservação ambiental, pesquisa científica e diversas limitações por abranger parte de uma UC (Reserva Biológica de Araras).

A partir desses resultados da quantificação, estas áreas podem ter importância por apresentarem índice de riqueza alto, necessitando investigação para as medidas de uso de cada unidade. Os resultados de ambos os métodos de mapeamento da Geodiversidade mostram, portanto, que cada um tem a sua forma de representar a Geodiversidade de uma área e sua importância, sendo produtos complementares; e, quando utilizados em conjunto, constituem uma análise completa do ambiente físico, muito importante na gestão territorial.

7 CONCLUSÃO

A importância do conceito de Geodiversidade e sua utilização em estudos ambientais vem crescendo significativamente desde a definição do conceito. Desde então, vem sendo aplicado a diversos estudos, principalmente relacionados à conservação da natureza e gestão territorial. Isto possibilitou o desenvolvimento de diversas metodologias para avaliação da Geodiversidade, gerando muitas discussões metodológicas e conceituais. No entanto, os métodos ainda passam por um processo de desenvolvimento, já que ainda existe uma série de dificuldades, como replicar o mesmo método para áreas distintas sem adaptações significativas. Por isso, é importante que sejam realizados mais estudos para testar outros métodos a fim de colaborar e aprimorar sua aplicação. O objetivo deste trabalho foi realizar uma metodologia de mapeamento da Geodiversidade para contribuir com a divulgação do conceito e as discussões metodológicas com ênfase na gestão do território.

A metodologia de quantificação da Geodiversidade realizada neste trabalho para o município de Miguel Pereira baseou-se em alguns dos principais métodos propostos até então, realizando uma adaptação de métodos anteriores. Foram obtidos Mapas de Índice de Geodiversidade através de diferentes métodos, utilizando-se uma base georreferenciada de mapas geológico, geomorfológico, pedológico e hidrográfico representando o meio físico. Foram levados em consideração neste método alguns fatores como: a escala dos mapas e a escolha do tamanho das células do *grid* (escolhendo-se o mapa de menor escala - Pedológico, escala 1:100.000), o nível de detalhe de cada mapa (parâmetros a serem utilizados na quantificação) e o intervalo de classes na legenda dos mapas. Realizou-se uma metodologia objetiva baseada na contagem de ocorrências de elementos; para obter um resultado claro e de fácil interpretação, não valorizando um aspecto da Geodiversidade em particular.

Os testes metodológicos realizados para a quantificação (*multiparts* e *singleparts*) foram importantes por contribuírem na discussão em torno do aprimoramento da metodologia e obtenção dos mapas, mostrando os diferentes resultados obtidos para cada método. O mapa de Índice de Geodiversidade pode representar uma importante ferramenta no planejamento e gestão do território, já que fornece uma informação clara e objetiva da riqueza do ambiente físico, permitindo fácil interpretação dos resultados. Assim, é possível observar as áreas com maior ou menor Geodiversidade, podendo ser dada maior atenção às áreas com maior diversidade dos elementos abióticos. Estas áreas onde a Geodiversidade é maior podem representar locais de importante interesse científico, turístico ou de conservação (principalmente aquelas inseridas em UC's de proteção integral).

O mapa de Geodiversidade foi obtido através de uma abordagem qualitativa da Geodiversidade em escala de paisagem, realizando-se uma análise integrada do meio físico (geologia, geomorfologia, solos e hidrografia); permitindo, assim, definir Unidades de Geodiversidade. O produto obtido apresenta uma resposta clara da integração dos elementos abióticos, mostrando as diferentes potencialidades e limitações de cada unidade, assim como indicando possíveis usos como ocupação urbana, atividades turísticas, etc. Além das potencialidades e limitações, a inserção dos serviços ecossistêmicos trouxe a possibilidade de enriquecer ainda mais o produto, já que cada unidade apresenta contextos diferentes neste sentido. Foram identificados também os serviços ecossistêmicos em escala de sítio, os quais deram uma importante contribuição na avaliação qualitativa. O mapa de Geodiversidade mostra, portanto, a importância do conceito de Geodiversidade realizando-se análise integrada do meio físico para definição das unidades, com base holística e de

sustentabilidade, representando importante contribuição no planejamento e gestão do território.

Assim, a análise do meio físico de Miguel Pereira e a relação entre os seus elementos, através de avaliação qualitativa e quantitativa, permitiu obter resultados interessantes acerca de sua Geodiversidade, podendo ser utilizados em trabalhos futuros no município. As duas formas de avaliação da Geodiversidade representam uma abordagem completa do conceito, apresentando resultados que se complementam. Este produto completo mostra-se importante para os estudos de gestão territorial, por fornecerem uma análise completa do meio físico, auxiliando na compreensão da sua diversidade e distribuição no espaço e permitindo que a interação entre sociedade e natureza aconteça de forma mais sustentável. É necessário, entretanto, que mais estudos sejam realizados para aplicação do conceito de Geodiversidade em políticas de gestão territorial e conservação da natureza, para que seja possível maior divulgação e compreensão do conceito e aceitação de um método que seja aplicável a diferentes áreas.

8 REFERÊNCIAS

ALAHUHTA, J.; ALA-HULKKO, T.; TUKIAINEN, H.; PUROLA, L.; AKUJÄRVI, A.; LAMPINEN, R.; HJORT, J. The role of geodiversity in providing ecosystem services at broad scales. **Ecological Indicators**, v.91, p. 47-56, agosto. 2018.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. A. Brazilian Structural Provinces: An Introduction. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v.17, n.1-2, p. 1-29, abril. 1981.

ALMEIDA, F. F. M. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da plataforma sul-americana. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.13, n.3, p. 139-158, setembro. 1983.

ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; TROUW, R. Geometric and Kinematic Analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, **Anais...**, BH, SBG-MG, 1998. v.1, p. 32.

ARGYRIOU, A. V.; SARRIS, A.; TEEUW, R. M. Using geoinformatics and geomorphometrics to quantify the geodiversity of Crete, Greece. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.51, p. 47–59, setembro. 2016.

AUSTRALIAN HERITAGE COMMISSION. **Australian Natural Heritage Charter for the conservation of places of natural heritage significance**. 2ª ed. Australia: Commonwealth of Australia, 2002.

BANDARA, C. M. M. Drainage Density and Effective Precipitation. **Journal of Hydrology**, v.21, p. 187-190. 1974.

BENITO-CALVO, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; MAGRI, O.; MEZA, P. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.34, p. 1433–1445, julho. 2009.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: ensaio metodológico. **Cadernos de Ciência da Terra**, São Paulo, v.13, p. 1-27. 1972.

BRILHA, J. Geoconservation and protected areas. **Environmental Conservation**, v.29, n.3, p. 273-276, setembro. 2002.

BRILHA, José. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. Braga: Palimage Editores, 2005.

BRILHA, José. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, v.8, n.2, p. 119-134, junho. 2016.

CARCAVILLA, L.; DURÁN, J.J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Geodiversidad: concepto y relación com el patrimonio geológico. *In*: VII CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 2008, Espanha. **Geo-Temas**, 2008. v.10, p. 1299-1303.

CONGRESSO NACIONAL. Lei Nº 6.938, de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**. Palácio dos Três Poderes, BRASÍLIA, 31 de ago. de 1981. Seção 1, p. 16509.

CONCELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 10 de dezembro de 1988. **Diário Oficial da União**. Palácio dos Três Poderes, Brasília, 14 de dez. 1988. Seção 1, p. 13660-13661.

CROFTS, R. Promoting Geodiversity: Learning lessons from Biodiversity. **Proceedings of the Geologists' Association**, v.125, n.3, p. 263-266, julho. 2014.

DANTAS, M.E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. *In*: SILVA L. C., **Projeto Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2001. p. 1-59.

DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A.I.M.; SILVA, C.R.; PIMENTEL, J.; LUMBRERAS, J.F.; CALDERANO, S.B. Diagnóstico geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. *In*: DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; MEDINA, A. I. M.; SILVA, C. R.; PIMENTEL, J. LUMBRERAS, J. .F.; CALDERANO, S. .B. **Estudo Geoambiental do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2001. p. 1-24.

DANTAS, M.E.; ARMESTO, R.C.G.; SILVA, C.R.; SHINZATO, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terrae Didatica**, v.11, n.1, p. 4-13, outubro. 2015.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: Folhas Paracambi/ Miguel Pereira/Vassouras/Cava. SF-23-Q-III-2/SF-23-Z-B-I-3/SF-23-Z-A-III-4/SF-23-Z-B-4-1**. Escala 1:50.000. Niterói (RJ): Div. De Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, 1982. (Doc. Interno).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa Pedológico**. Escala: 1:250.000. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2003.

FONSECA, A. W. B.; SILVA, M. C. P. 2012. Planejamento, gestão do território, políticas públicas e seus rebatimentos no espaço rural brasileiro. *In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA*, Uberlândia (MG). UFU, 2012. p. 1-20.

FORTE, J.; BRILHA, J.; PEREIRA, D.; NOLASCO, M. Quantitative evaluation of geodiversity: development of methodological procedures with application to territorial management. **Geophysical Research Abstracts**, v.14. 2012.

FORTE, J. P. **Avaliação quantitativa da geodiversidade: desenvolvimento de instrumentos metodológicos com aplicação ao ordenamento do território**. Braga (Portugal), 2014. 347f. Tese (Doutoramento em Ciências) - Especialidade de Geologia, Universidade do Minho, 2014.

FORTE, J. P.; BRILHA, J.; PEREIRA, D. I.; NOLASCO, M. Kernel Density Applied to the Quantitative Assessment of Geodiversity. **Geoheritage**, v.10, n.2, p. 205-217, janeiro. 2018.

GONTIJO-PASCUTTI, A.; BEZERRA, F. H. R.; TERRA, E. L.; ALMEIDA, J. C. H. Brittle reactivation of mylonitic fabric and the origin of the Cenozoic Rio Santana Graben, southeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v.29, n.2, p. 522–536, março. 2010

GOUDIE, Andrew. **The human impact on the natural environment : past, present and future**. 7ª ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.

GRAY, Murray. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. England: Wiley-Blackwell, 2004.

GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. **Proceedings of the Geologists' Association**, v.119, p. 287-298. 2008.

GRAY, Murray. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2ª ed. England: Wiley-Blackwell, 2013.

GRAY, M., GORDON, J. E., & BROWN, E. J. Geodiversity and ecosystem approach: The contribution of geosciences in delivering integrated environmental management. **Proceedings of the Geologists' Association**, 124, n.4, p. 659-673, junho. 2013.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. *In: BARTORELLI, A.;*

CARNEIRO, C.D.R.; NEVES, B.B.B. (Eds). **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida**. 2004. p. 204-234.

HJORT, J. & LUOTO, M. Geodiversity of high latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**, v.115, n.1-2, p. 324-333, fevereiro. 2010.

HJORT, J.; HEIKKINEN, R.K.; LUOTO, M. Inclusion of explicit measures of geodiversity improve biodiversity models in a boreal landscape. **Biodiversity and Conservation**, v.21, n.13, p. 3487–3506, dezembro. 2012.

HORTON, R. E. Drainage-basin characteristics. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v.13, n.1, p. 350-361, junho. 1932.

HORTON, R. E. Erosional Development of Streams and their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, n.3, p. 275-370, março. 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa Hidrográfico**. Escala: 1:25.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais>. Acesso em: 14 fev. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Infográficos: Dados gerais de municípios. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/ibge-Cidades-Infográficos-rio-de-janeiro-miguel-pereira-dados-gerais.html>. Acesso em: 21 de ago. de 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Plano de Manejo Reserva Biológica de Araras – RBA**. Rio de Janeiro: INEA, 2010.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Mapa Pedológico**. Escala 1:100.000. Ajuste do Mapeamento Classes de Solos do Estado do Rio de Janeiro da escala 1:250.000 (Embrapa, 2003) para escala 1:100.000. Rio de Janeiro: INEA, 2011.

JACŤKOVÁ, K.; ROMPORTL, D. The relationship between Geodiversity and habitat richness in Šumava National Park and Křivoklátsko Pla (Czech Republic): A Quantitative Analysis Approach. **Journal of Landscape Ecology**, v. 1, n.1, p. 23-38, outubro. 2008.

JOHANSSON, C.E.; ANDERSEN, S.; ALAPASSI, M. Geodiversity in the Nordic countries. **ProGeo News**, 1999. Study & Protection of the Geological Heritage, p. 1-9.

KOZLOWSKI, S. Geodiversity: The concept and scope of geodiversity. **Przegląd Geologiczny**, v.58, n.8/2, p. 833-837. 2004.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MADEIRA, C. V.; BORGHI, L. 1999. Estrutura dos Depósitos Sedimentares Quaternários da Bacia Hidrográfica do Rio Santana, Miguel Pereira, Estado do Rio de Janeiro. *In: Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*. Rio de Janeiro: UFRJ, 1999. p. 8-22.

MAFRA, Francisco; SILVA, J. Amado. **Planejamento e Gestão do território**. Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto (Portugal): Sociedade Portuguesa de Inovação, 2004.

MANOSSO, F.C. **Potencialidades da paisagem na região da Serra do Cadeado-PR: abordagem metodológica das relações entre a estrutura geocológica, a geodiversidade e o geoturismo**. Paraná, 2012. 183f. Tese (Doutorado em Geografia) -Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2012.

MANOSSO, F. C.; PELLITERO, R. Geodiversidade: Considerações Sobre Quantificação e Avaliação da Distribuição Espacial. *In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. p. 90-100.

MANOSSO, F.C.; NÓBREGA, M.T. Calculation of geodiversity from landscape units of the Cadeado Range Region in Paraná, Brazil. **Geoheritage**, v.8, p. 189-199. 2016.

MARTÍNEZ, E. D.; MONDÉJAR, F. G.; PERELLÓ, J. M. M.; BOVÉ, C. S. La conservación de la naturaleza debe incluir la geodiversidad y el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. **BoletínEUROPARC25**, 2008. Tribuna de opinión, p. 54-60.

MATTHEWS, T.J. Integrating geodiversity and biodiversity conservation: theoretical foundations and conservation recommendations in a European Union context. **Geoheritage**, v.6, n.1, p. 57-70, março. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de Manejo Reserva Biológica do Tinguá – RJ**. Brasília: MMA/IBAMA, 2006.

NAJWER, A. & ZWOLIŃSKI, Z. Semantyka i metodyka oceny georóżnorodności – przegląd i propozycja badawcza. **Landform Analysis**, v.26, p. 115–127. 2014.

NASCIMENTO, Marcos; RUCHKYS, Ursula.; MANTESSO-NETO, Virginio. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**. Rio Grande do Norte: UFRN, 2008.

NIETO, L.M. Patrimônio geológico, cultura y turismo. **Boletín del Instituto de Estudios Ginnenses**, v.182, p.109-122. 2001.

PELLITERO, R.; González-Amuchastegui, M. J.; Ruiz-Flaño, P.; SERRANO, E. Geodiversity and Geomorphosite Assessment Applied to a Natural Protected Area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). **Geoheritage**, v.3, n.3, p. 163-174. 2010.

PELLITERO, R. **Geomorfología, paleoambiente cuaternario y geodiversidad en el macizo de Fuentes Carrionas-Montaña Palentina**. Espanha, 2012. 1059f. Tesis Doctoral - Departamento de Geografía, Universidad de Valladolid, Facultad de Filosofía y Letras, 2012.

PEREIRA, D.I; PEREIRA, P.; BRILHA, J. SANTOS, L. Geodiversity Assessment of Parana State (Brazil): An Innovative Approach. **Environmental Management**, v.52, n.3, p. 541-552, setembro. 2013.

RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. *In*: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R; BRITO NEVES, B. B. (Org.). **Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.

ROJAS-LÓPEZ, J. Los desafíos del estudio de la geodiversidade. **Revista Geográfica Venezolana**. v.46, n.1, p. 143-152, janeiro. 2005.

SANTOS, D. S. **Mapeamento da Geodiversidade e relação com a Biodiversidade no Município de Armação Dos Búzios, RJ**. Rio de Janeiro, 2016. 145f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, D. S.; MANSUR, K. L.; GONÇALVES, J. B.; ARRUDA JUNIOR, E. R.; MANOSSO, F. C. Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in

Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**, v.85, p.184-195, agosto. 2017.

SANTOS, D. S.; MANSUR, K. L.; ARRUDA-JUNIOR, E. R.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Geodiversity Mapping and Relationship with Vegetation: A Regional-Scale Application in SE Brazil. **Geoheritage**, artigo online, p. 1-17. 2018.

SANTOS, Rozely Ferreira. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos. 2004.

SCHMITT, R.S. **A Orogenia Búzios: um evento tectônico-metamórfico Cambro-Ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico Cabo Frio, Faixa Ribeira-sudeste do Brasil**. Rio de Janeiro, 2001. 273f. Tese (Dourado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

SERRANO, E.C.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity: A theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, v.62, n.3, p. 140-147. 2007a.

SERRANO, E.C.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversidad: Concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la A.G.E.**, 45: 79–98. 2007b.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geodiversidade do Brasil**. Escala 1:2.500.000. Brasília: SGM-MME/CPRM, 2006. CD-ROM [legenda expandida].

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geomorfológico**. Escala: 1:25.000. Rio de Janeiro: CPRM. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Rio-de-Janeiro-5082.html>. Acesso em: fev. de 2017.

SHARPLES, C. Geoconservation in forest management – principles and procedures. **Tasforests**, v.7, p. 37-50. 1995.

SHINZATO, E.; ESTRELLA, L.G.; DANTAS, M.E. Mapa Geomorfológico do Município de Miguel Pereira –RJ. *In*: 48º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 2016. Pôster.

SILVA, Cassio Roberto. **Geodiversidade do Brasil: Conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

SILVA, C.R., DANTAS, M.E. Mapas Geoambientais. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL*, 7, 2010. Maringá/PR. ABGE, 2010. p. 1-17.

SILVA, J. P.; PEREIRA, D. I.; AGUIAR, A. M.; RODRIGUES, C. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. *Journal of Maps*, v.9, n.2, p. 1-9. 2013.

SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. *Geoheritage*, v.7, n.4, p. 337-350, dezembro. 2015.

SILVA, L. C. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro**. 2ª edição. Brasília: CPRM, 2001.

SOTCHAVA, V. O estudo dos Geossistemas. *In: (16) Métodos em Questão*. São Paulo: USP, 1960. p. 1-51.

STEPIŠNIK, U.; TRENCHOVSKA, A. A proposal of quantitative Geodiversity: evaluation model on the example of upper pivka karst, Slovenia. *Razprave*, v.46, p. 53-65. 2016.

TARBOTON, D. G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. A physical basis for drainage density. *Geomorphology*, v.5, p. 59-76. 1992.

TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. 2012. Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *In: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. p. 140-151.

VALLADARES, C. *et al.* **Geologia e recursos minerais da folha Três Rios: SF.23-Z-B-I, Escala 1:100.000**. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

XAVIER-DA-SILVA, J.; PERSSON, V. G.; LORINI, M. L.; BERGAMO, R. B. A.; RIBEIRO, M. F.; COSTA, A. J. S. T.; IERVOLINO, P.; ABDO, O. E. 2001. Índices de Geodiversidade: aplicações de SGI em estudos de Biodiversidade. *In: GARAY, I.; DIAS, B. (orgs.). Conservação da Biodiversidade em ecossistemas tropicais*. Petrópolis: Editora Vozes. p. 299-316.

ZWOLIŃSKI, Z. The routine of landform geodiversity map design for the Polish Carpathian Mts. *Landform Analysis*, v.11, p. 77-85. 2009.

